

딥스쿼트 동작 수행능력에 따른 발목관절 배측굴곡가동범위와 정적균형능력 비교

손호희

부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과

Analysis of Ankle Joint Dorsiflexion ROM and Static Balance in Persons with and without Heel off During a Deep Squat Task

Ho-Hee Son

Catholic University of Pusan, College of Health Sciences, Department of Physical Therapy

Purpose Deep squatting is a common position for Asians during activities of daily living. The purpose of this study is to investigate that ankle joint could contribute during deep squatting. **Methods** 44 healthy normal participants(20 men, 24 women) were recruited for this study. Whether they were able to perform the deep squat position with their heels on the ground or not, participants allocated into two groups (referred to as heels on ground(HG) squat(n=22(13 men, 9 women)), heels off(HO) squat(n=22(7 men, 15 women))). **Results** In this study, active/passive ankle joint dorsiflexion range of motion and static balance were assessed. There were significant difference in ankle joint dorsiflexion ROM except right ankle passive ROM. Also heels off squat group showed a significant reduction in static balance. **Conclusion** These findings show that individuals who can't perform the deep squat position exhibit reduced ankle ROM and static balance. Thus, deep squat position might be recommended as a simple task to evaluate ankle joint flexibility and static balance.

Key words Deep squat position, ankle dorsiflexion, static balance, squat, heel

책임 저자 Ho-Hee Son (sonhh@cup.ac.kr)

논문 접수일 2016년 8월 9일

수정 접수일 2016년 9월 25일

게재 승인일 2016년 10월 28일

This paper was supported by RESEARCH FUND offered from Catholic University of Pusan

1. 서론

딥스쿼트 자세는 산업체 작업 활동, 농업활동, 체육활동뿐만 아니라 좌식생활을 하는 아시아인들에게 특히 흔한 자세이다. 우리는 일상생활 중에서 정원활동이나 공중화장실에서의 좌변기 사용을 위해, 어린이와 눈높이를 맞추기 위해, 낮은 위치의 물건에 닿기 위해 딥스쿼트 자세를 취하게 된다. 쪼그려앉기 자세로 불리는 이 자세는 아시아인들에게 선호되는 자세로 'Asian squatting'¹⁾ 또는 'Japanese toilet squatting position'²⁾이라고도 불린다.

스포츠 동작에서 흔히 사용하는 스쿼트 자세는 양 무릎에 체중을 가하여 무릎관절 굽힘이 150° 이상 일어나야 하는 움직임이므로 무릎 관절의 기능을 평가하는 가장 흔한 운동과제 중 하나로 사용되어 왔으며³⁾ 무릎관절 손상 이후 재활 운동방법의 하나로도 흔히 사용되고 있다.⁴⁾ 따라서 그동안 스쿼트 자세와 엉덩관절 및 무릎관절과 관련된 운동학과 운동역학에 대한

생역학적 연구가 많이 있어왔다.^{5,6)} 이에 비해 딥스쿼트 자세는 양 다리를 어깨너비 만큼 벌린 다음 상체를 세운상태로 뒷꿈치를 바닥에 붙인 채로 무릎과 엉덩관절을 굽혀 최대한 아래로 내려간 자세이다.⁷⁾ 엉덩, 무릎, 발목관절의 충분한 가동범위와 근력뿐만 아니라 체간의 안정성이 필요한 운동이다.⁸⁾ 딥스쿼트 자세 또한 하지의 관절범위가 최대로 일어나야 하는 운동이므로 각각의 관절의 가동범위를 살펴보는 것보다 간편하게 하지 기능을 검사할 수 있는 방법으로 사용되기도 한다. 따라서 딥스쿼트 자세 가능유무가 하지의 기능적 움직임을 위한 평가도구로서 타당성인지에 관한 연구⁹⁻¹¹⁾ 등도 많이 있어 왔다.

그러나 많은 연구가 엉덩관절과 무릎관절의 운동학적 변화를 살펴보거나 재활 시 운동의 방법으로 딥스쿼트 동작을 활용하여 그 효과를 살펴보았을 뿐, 발목관절의 가동범위와의 관련성, 또는 정적균형능력을 평가하기 위한 도구로서의 타당성에 관한 연구는 거의 없다. 딥스쿼트 자세는 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절이 함께 작용하여 일어나는 움직임이므로(multi-joint

movement)¹²⁾, 무릎관절 뿐만 아니라 발목 관절과의 관련성에 대한 연구도 필요하다. 특히, 발과 발목관절의 근력과 가동범위는 균형과 기능적 능력에 높은 연관성이 있으며¹³⁾, 발목관절가동범위의 제한이 있는 경우, 나이가 들수록 정적균형능력이 떨어지고 이로 인한 낙상의 위험이 높은 것으로 알려져있다.¹⁴⁾

지금까지의 딥스쿼트 자세에 관한 연구는 나이와 관련된 딥스쿼트 자세에서의 운동학적 변화³⁾, 엉덩관절 전치환술¹⁵⁾, 무릎 인대 손상 또는 무릎 연골 손상으로 인한 관절 전치환술 이후의 재활시 딥스쿼트 자세와의 관계^{16,17)}, 운동선수의 손상과 관련된 재활에서의 평가도구로서의 타당성에 관한 연구¹⁰⁾ 등은 있었으나 발목관절의 가동범위와의 관련성, 또는 정적균형능력을 평가하기위한 도구로서의 타당성에 관한 연구는 거의 없다.

본 연구에서는 딥스쿼트 자세 가능 유무에 따른 발목관절의 관절가동범위와 정적균형능력을 비교해보고 이를 통해 딥스쿼트 자세가 무릎관절의 기능뿐만 아니라 발목관절가동범위의 제한 및 정적균형능력을 알아보는 운동과제로 적합한지에 대해 알아보고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

연구의 대상자는 연구의 목적과 과정, 연구의 의의에 대해 설명을 들었으며 실험에 동의한 20대 건강한 성인(남성 20명, 여성 24명)을 대상으로 하였다. 연구대상자의 선별 과정에서 비만(23<BMI)이거나, 엉덩관절, 무릎관절, 발목관절 등 하지 또는 허리의 통증이 있거나, 기타 정형외과적 수술 병력, 관절의 변형이 있는 자는 제외하였다.

연구대상자는 3회에 걸쳐 딥스쿼트 자세를 취하도록 하였으며, 두 발을 어깨너비로 벌리고 선자세에서 뒷꿈치가 땅에 닿은 채로 최대한 무릎을 굽혀 아래로 내려가도록 지시하였다.¹⁾ 이때 손으로 허벅지를 짚거나 하는 어떠한 지지도 허용하지 않도록 하였다.³⁾ 대상자의 뒷꿈치가 완전히 바닥에 닿은 채로 딥스쿼트 자세를 수행할 경우 뒷꿈치가 닿는 군(heels on ground(HG) squat(n=22(13 men, 9 women))), 뒷꿈치가 바닥에서 떨어지는 경우 닿지 않는 군(heels off(HO) squat (n=22(7 men, 15 women)))으로 배치하였다. 연구대상자의 인구학적 정보에서 집단간의 유의한 차이는 나타나지 않았다 (Table 1).

2. 측정방법

(1) 발목관절 발등굽힘 가동범위

발목관절의 능동 및 수동 배측굴곡 가동범위는 관절측각계를

Table 1. General characteristics of subjects (N=44)

Variations	HG (n=22)	HO (n=22)
Age	22.27±1.96	21.09±1.38
Height	167.23±7.90	165.65±8.54
Weight	58.95±9.75	61.09±9.24
BMI	20.94±2.04	22.26±2.33

HG, heels on ground; HO, heels off, BMI, Body mass index

사용하여 측정하였다. 연구대상자는 엎드린 자세에서 무릎을 90° 굽혀 체중을 부하하지 않은 상태의 수동과 능동 발등굽힘 각도를 측정하였다.¹⁸⁾ 모든 동작은 3회 실시하여 평균값을 사용하였다.

(2) 정적균형능력 평가

이 연구에서 연구 대상자의 발목의 정적 균형을 측정하기 위해 균형 능력 측정기구인 Biorescue(AP1153 Biorescue, France)를 사용하였으며 3번의 측정값의 평균값으로 하였다. 균형 능력 측정 및 훈련 시스템은 환자 및 일반인, 운동선수 등을 대상으로 균형 능력을 정적 및 동적으로 측정하기 적합한 장비이며, 특정한 움직임 동안 압력 중심의 이동 경로 선을 관찰하여 이동 경로 선의 길이와 평균 속도와 면적 등을 알 수 있다.

3. 통계 방법

딥스쿼트 동작 시 발뒤꿈치가 바닥에 닿는 군(HG)과 닿지 않는 군(HO)으로 나누어 두 그룹의 발목관절 배측굴곡 가동범위와 정적균형능력을 비교하였다. 수집된 자료의 정규성 검정을 실시한 후, 정규분포를 만족하여 독립 t 검정을 실시하였다. 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 발목관절 배측굴곡 가동범위

딥스쿼트 동작 시 발뒤꿈치가 바닥에 닿는 군(HG)과 닿지 않는 군(HO)의 능동 및 수동 발목관절 가동범위를 측정한 결과 Table 2와 같이 나타났다. 오른 발목관절의 수동 배측굴곡 가동범위를 제외한 모든 가동범위에서 유의한 차이가 있었다 ($p<.05$).

2. 정적 균형능력

딥스쿼트 동작 시 발뒤꿈치가 바닥에 닿는 군(HG)과 닿지 않는 군(HO)의 바이오레스큐를 이용한 정적 균형능력 평가 결과 Table 3과 같이 나타났다. 선자세에서 앞, 뒤, 좌, 우의 모든 방향으로 유의한 차이가 있었다($p<.05$)

Table 2. Means and standard deviations of active and passive ankle joint dorsiflexion range of motion between groups

Variances	HG (n=22)	HO (n=22)	t	p
AROM-R	15.64±3.17	12.55±3.90	2.88	0.01*
AROM-L	16.84±4.47	12.95±3.71	3.14	0.00*
PROM_R	20.77±4.92	18.73±4.73	1.41	0.17
PROM-L	21.64±4.72	18.32±4.44	2.40	0.02*

Mean±standard deviation; *, $p < .05$; HG, heels on ground; HO, heels off; AROM, Active range of motion; PROM, Passive range of motion; R, Right; L, Left

Table 3. Means and standard deviations of balance test between groups

Variances	HG (n=22)	HO (n=22)	t	p
Left	6547.92±503.32	4036.42±359.94	4.06	0.00*
Right	6528.17±547.07	3946.30±382.15	3.87	0.00*
Forward	7758.85±697.10	4496.27±396.75	4.07	0.00*
Backward	5347.97±438.45	3502.29±365.34	3.23	0.00*
Total	13091.98±1039.94	7990.61±732.13	4.01	0.00*

Mean±standard deviation; *, $p < .05$; HG, heels on ground; HO, heels off

IV. 고찰

스쿼트 자세는 하지관절의 충분한 가동범위, 체간의 안정성이 요구되는 동작이므로¹⁶⁾ 평소 무릎관절이나 엉덩관절의 기능을 간편하게 평가하기 위해, 또는 보행과 더불어 무릎의 기능을 평가하기 위한 운동과제로 가장 흔하게 사용되고 있다³⁾. 또한 스쿼트 자세는 노화¹⁴⁾, 체중¹⁶⁾, 근력¹⁹⁾, 관절의 유연성⁷⁾, 근골격계 질환¹⁵⁾ 등의 요인과 유의한 상관관계가 있는 것으로 알려져 있다. 그러나 스쿼트 동작시의 무릎관절의 운동학과 운동역학에 관한 연구는 많은 편임에 비해^{6),17)}, 딥스쿼트 동작과 발목관절의 관련성에 대한 연구는 많지 않다.

본 연구는 딥스쿼트 동작 가능 유무에 따라 발목관절 가동범위와 정적 균형능력에 차이가 있는 지를 알아보기 위해 20대 정상 성인을 대상으로 딥스쿼트 동작시 발뒤꿈치가 바닥에 완전히 닿는 그룹과 닿지 않는 그룹을 대상으로 나누어 측정을 실시하였다. 그 결과 딥스쿼트 동작 시 발뒤꿈치가 바닥에 완전히 닿는 그룹이 발목관절 능동 배측굴곡 가동범위와 정적균형능력이 유의하게 큰 것으로 나타났다. Kathiresan 등(2010)⁷⁾은 젊은 20대 성인을 대상으로 발목의 관절 유연성과 스쿼트 자세 시 무릎 굽힘각도와 유의한 상관관계를 밝혔으며, 스쿼트 자세가 가능하지 않은 경우 발목의 발등굽힘이 감소되어 있다고 하였다. 본 연구에서는 스쿼트 자세가 아닌 딥스쿼트 자세를 활용하여 연구를 진행하였으며 딥스쿼트 자세가 불가능한 그룹에서 발목관절 가동범위뿐만 아니라 정적균형 또

한 감소되어 있는 것을 발견하였다. Varekova 등(2011)¹⁰⁾도 여성 배구 운동선수들의 대단위 관절가동성(gross joint mobility)을 평가하기 위한 도구의 하나로 딥스쿼트 동작을 사용하였으며 딥스쿼트 동작의 가능유무에 영향을 미치는 요인이 나이나 과거의 병력이 아닌 종아리근육의 단축이라고 설명하여 본 연구의 결과와 유사하다고 할 수 있다.

스쿼트 동작은 간단히 무릎관절의 기능을 평가하기 위한 기초검사로 다양하게 활용하고 있다. Macrum 등(2012)²⁰⁾은 발목의 발등굽힘이 제한되어 있는 경우 스쿼트 동작 시 무릎의 관절 굽힘각도가 감소되고, 무릎의 밖굽이 각도가 증가한다고 하였으며 Kim 등(201)¹⁹⁾도 스쿼트 동작과 하지관절 유연성과의 유의한 상관관계를 설명하였다. 이처럼 스쿼트 동작은 다양한 연구에서 활용되고 있으며 하지의 기능적 운동 평가도구(functional movement screen testing; FMS)의 하위항목으로서 신뢰도가 타당도가 검증되었다.²¹⁾ 또한 Choi와 Shin(2016)²²⁾은 딥스쿼트 동작이 포함된 기능적 운동평가도구(FMS)를 사용하여 만성적인 발목불안정성이 있는 환자의 기능적 제한을 검사하기 위한 도구로서 적합하다고 하였다. 일반적으로 스쿼트 자세가 무릎관절이 150° 정도 굽힘되는 것²³⁾에 비해 딥 스쿼트 자세는 종아리와 허벅지가 완전히 밀착되도록 굽힘되는 자세이므로 발목관절의 발등굽힘 각도 또한 더욱 증가하게 된다. 따라서 스쿼트 자세가 노인, 근골격계 변형 및 질환 환자의 관절 평가 도구로 적합한 것에 비해 딥스쿼트 자세는 무릎의 질환이나 병변이 없이 젊고 건강한 성인의 발목관절 유연성을 평가하기 위한

도구로 추천할 수 있을 것으로 생각된다.

관절의 운동성을 평가하기 위한 대단위 검사도구는 해당 근골격계의 검진뿐만 아니라 추가적인 분석을 위한 중요한 정보를 제공해주기도 한다. 임상에서 검사 시간을 단축시키며, 상대적으로 쉬우면서도 충분한 정보를 준다는 장점이 있다.¹⁰⁾ 이러한 목적에서 볼 때, 딥스쿼트 동작은 무릎관절의 기능뿐만 아니라 발목관절의 기능을 검사하기 위한 간단한 도구로도 활용할 수 있을 것이다. 또한 본 연구의 결과에서 딥스쿼트 자세를 취할 때 발뒤꿈치가 바닥에서 떨어지는 경우 관절 가동범위 뿐만 아니라 정적균형능력 또한 유의하게 감소되어 있는 것을 볼 때 딥스쿼트 자세 가능 유무를 통해 정적균형능력을 간편하게 평가하기에도 적합할 것으로 생각된다.

이 논문에서는 딥스쿼트 자세와 발목관절, 정적균형능력 사이의 관련성에 대해 알아보려고 하였다. 그러나 연구의 대상자가 젊고 근골격계의 변형 또는 질환이 없는 20대 성인을 대상으로 하였으므로 향후 노화 또는 근골격계 질환에 따른 영향에 대한 추가적인 연구가 필요할 것이다. 본 연구의 결과를 통해 향후 딥스쿼트 자세를 임상에서 활용하여 손쉽게 발목관절의 기능을 평가하고 또한 정적 균형능력을 예측하는 객관적이고 유용한 도구로 사용할 수 있을 것으로 기대한다.

참고문헌

- Smith SM, Cockburn RA, Hemmerich A, et al. Tibiofemoral joint contact forces and knee kinematics during squatting. *Gait Posture*. 2008;27(3):376-86.
- Yamamura M, Miki H, Nakamura N, et al. Open-configuration MRI study of femoro-acetabular impingement. *J Orthop Res*. 2007;25(12):1582-8.
- Fukagawa S, Leardini A, Callewaert B, et al. Age-related changes in kinematics of the knee joint during deep squat. *Knee*. 2012;19(3):208-12.
- Toutoungi DE, Lu TW, Leardini A, et al. Cruciate ligament forces in the human knee during rehabilitation exercises. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2000;15(3):176-87.
- Bagwell JJ, Snibbe J, Gerhardt M, et al. Hip kinematics and kinetics in persons with and without cam femoroacetabular impingement during a deep squat task. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2016;31:87-92.
- Spanu CE, Hefzy MS. Biomechanics of the knee joint in deep flexion: a prelude to a total knee replacement that allows for maximum flexion. *Technol Health Care*. 2003;11(3):161-81.
- Kathiresan G JN, Rayhan Afiqah N, Azila Aznie N, et al. The relationship between ankle joint flexibility and squatting knee flexion posture in young Malaysian men. *World Journal of Sport Sciences*. 2010;3:226-30.
- Schoenfeld BJ. Squatting kinematics and kinetics and their application to exercise performance. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3497-506.
- Sprague PA, Mokha GM, Gatens DR. Changes in functional movement screen scores over a season in collegiate soccer and volleyball athletes. *J Strength Cond Res*. 2014;28(11):3155-63.
- Varekova R, Vareka I, Janura M, et al. Evaluation of postural asymmetry and gross joint mobility in elite female volleyball athletes. *J Hum Kinet*. 2011;29:5-13.
- Butler RJ, Plisky PJ, Southerns C, et al. Biomechanical analysis of the different classifications of the Functional Movement Screen deep squat test. *Sports Biomech*. 2010;9(4):270-9.
- Frohm A, Halvorsen K, Thorstensson A. Patellar tendon load in different types of eccentric squats. *Clin Biomech (Bristol, Avon)*. 2007;22(6):704-11.
- Spink MJ, Fotoohabadi MR, Wee E, et al. Foot and ankle strength, range of motion, posture, and deformity are associated with balance and functional ability in older adults. *Arch Phys Med Rehabil*. 2011;92(1):68-75.
- Mecagni C, Smith JP, Roberts KE, et al. Balance and ankle range of motion in community-dwelling women aged 64 to 87 years: a correlational study. *Phys Ther*. 2000;80(10):1004-11.
- Fujita K, Makimoto KM, Awatari M. Three-year follow-up study of health related QOL and lifestyle indicators for Japanese patients after total hip arthroplasty. *J Orthop Sci*. 2016;21(2):191-8.
- Hartmann H, Wirth K, Klusemann M. Analysis of the load on the knee joint and vertebral column with changes in squatting depth and weight load. *Sports Med*. 2013;43(10):993-1008.
- Hepinstall MS, Ranawat AS, Ranawat CS. High-flexion total knee replacement: functional outcome at one year. *HSS J*. 2010;6(2):138-44.
- Johanson M, Baer J, Hovermale H, et al. Subtalar joint position during gastrocnemius stretching and ankle dorsiflexion range of motion. *J Athl Train*. 2008;43(2):172-8.
- Kim SH, Kwon OY, Park KN, et al. Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat

- depth. *J Hum Kinet.* 2015;45(59-69).
20. Macrum E, Bell DR, Boling M, et al. Effect of limiting ankle-dorsiflexion range of motion on lower extremity kinematics and muscle-activation patterns during a squat. *J Sport Rehabil.* 2012;21(2):144-50.
 21. Gulgin H, Hoogenboom B. The functional movement screening (fms): an inter-rater reliability study between raters of varied experience. *Int J Sports Phys Ther.* 2014;9(1):14-20.
 22. Choi HS, Shin WS. Postural control systems in two different functional movements: a comparison of subjects with and without chronic ankle instability. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(1):102-6.
 23. Nagura T, Dyrby CO, Alexander EJ, et al. Mechanical loads at the knee joint during deep flexion. *J Orthop Res.* 2002;20(4):881-6.

