

# 대한물리치료과학회지

Journal of Korean Physical Therapy Science  
2024. 06. Vol. 31, No.2, pp. 52-62

## 발목 각도 Toe in 10°, Toe out 10°에 따른 내로우 스쿼트 운동이 안굽이무릎을 가진 여성에 미치는 영향

정모범<sup>1</sup> · 이한결<sup>2</sup>

<sup>1</sup>원광대한방병원 · <sup>2</sup>상무병원

## The effect of narrow squat exercise according to ankle angle of Toe In 10° and Toe Out 10° on women with genu varum

Mo Beom Jeong<sup>1</sup>, Ph.D., P.T. · Han Gyeol Lee<sup>2</sup>, Ph.D., P.T.

<sup>1</sup>Dept. of Physicla Therapy, Wonkwang University of Korean Medicine Hospital

<sup>2</sup>Dept. of Physical therapy, Sangmoo Hospital

### Abstract

**Background:** This study was to investigate effects of narrow squat exercise according to ankle angle of Toe in 10° and Toe out 10° on women with genu varum.

**Design:** Randomized Controlled Trial or Cross-sectional Study.

**Methods:** 30 adult women with genu varum participated in this study. All subjects were randomly assigned to 15 people of narrow squat exercise in ankle angle of Toe in 10° group (TI) and 15 people of narrow squat exercise in ankle angle of Toe out 10° group (TO). The narrow squat exercise program was conducted three times a week for six weeks. The distance between the knees was measured by using Digital Vernier Caliper. The quadriceps angle (Q-angle) was measured by using Goniometer. The stride length and propulsion were measured through G-Walk

**Results:** Both TI and TO groups showed effective significant differences in distance between the knees, Q-angle, and propulsion ( $p < .05$ ). There was no significant difference in stride length ( $p > .05$ ). Left leg propulsion was found to be significantly more effective

in TI group than in TO group ( $p < .05$ ).

**Conclusion:** These results suggested that narrow squat exercise according to ankle angle of toe in 10° and toe out 10° was effective for genu varum. However, compared to TO group, TI group was more effective in gait propulsion. It is considered that narrow squat exercise in ankle angle of Toe in 10° can be suggested as an effective intervention method for women with genu varum.

**Key words:** Genu varum, Narrow squat, Ankle angle

### 교신저자

이한결

광주광역시 광산구 선운로 65

T: 062-600-7274, E: marchelino2@naver.com

## I. 서론

안굽이무릎(*genu varum*)이란 해부학적 자세에서 양발을 붙이고 섰을 때 무릎 사이 거리가 정상 거리보다 더 멀어 무릎 사이가 벌어진 O자 형태를 가진 다리를 말한다(Kang 등, 2009). 안굽이무릎의 발생 원인으로 여러 내분비 생리학적 원인 등이 있지만 대부분 정렬이 바르지 못한 자세와 운동 부족을 원인으로 본다. 정렬이 틀어진 자세의 반복이나 이로 인한 나쁜 생활 습관, 운동 부족으로 근육의 약화가 일어나며 그로 인해 정강뼈(*tibia*)와 넙다리뼈(*femur*)의 해부학적 축이 틀어져 안굽이무릎이 유발된다(Park 등, 2014). 특히 넙다리뒤근(*hamstring*)의 단축은 무릎 관절의 가동범위 감소를 초래하며 무릎 관절에 부하가 심해지고(Fisher 등, 2007; 최보람, 2022) 넙다리네갈래근(*quadriceps femoris muscle*)의 약화는 무릎 관절 축의 변화로 안굽이무릎을 발생시킬 수 있다(Yu & Kim, 2015). 이와 관련하여 근육 불균형과 근육 활성화 패턴의 변화가 무릎넙다리 통증 증후군(*patellofemoral Pain Syndrome, PFPS*) 및 엉덩정강근막띠 증후군(*Iliotibial Band Syndrome, ITBS*)을 유발한다고 보고되었다(Selkowitz 등, 2013; 이한결, 2023). 또한 안굽이무릎은 무릎 관절의 무릎뼈(*patella*)가 이동할 때 용기사이구역에 부하를 가하면서 정상적인 움직임 경로에서의 변화로 인해 구조적으로나 기능적으로 손상을 일으키는 원인이 된다(Han 등, 2018; Hayes & Falconer, 1992). 안굽이무릎에 대한 치료로 넙다리뼈 또는 정강뼈의 회전 변형에 대한 교정 수술이 있지만 많은 합병증이 따른다고 보고되었다(Shatarker 등, 2002). 이에 안굽이무릎에 대한 치료적 접근으로 운동 치료적인 접근이 시도되고 있다(Kang 등, 2009).

운동 치료적 접근으로는 훈련을 통한 무릎 주변 근육들의 강화가 안굽이무릎에 효과적이라고 하였다(Han 등, 2011). 그 중 스쿼트는 하지 근력, 근비대 및 힘을 끌어내는 데 사용되는 가장 인기 있는 운동 중 하나로 알려져 있다(Kubo 등, 2019; 정진규, 2022). 스쿼트는 발목 관절, 무릎 관절, 엉덩 관절의 동시 굽힘과 펴므로 구성되며 상체를 안정시키는 허리 근육의 중요한 역할과 함께 전체 움직임이 이루어진다(Slater & Hart, 2017). 대표적인 단한사슬운동으로써 신체의 원위부인 발을 지면에 고정된 상태에서 무릎 관절과 엉덩 관절의 굽힘과 펴를 수행하며 체간의 중심이 중력에 대항하여 상승기 및 하강기로 움직이는 운동이다(Lim 등, 2018). 특히 둔부(*gluteal*), 넙다리(*thigh*), 허리 근육(*lower back muscle*)들은 체간의 상승기 및 하강기 모두에서 강하게 활성화 된다(Saeterbakken 등, 2022). 넙다리네갈래근의 강화는 관절의 안정성을 부여하여 무릎 동작을 조절하고 관절의 부하를 줄여준다(Ahn 등, 2015). 또한 스쿼트는 운동하는 방법을 다양하게 변형이 가능하며 상황에 따라 맞춤 운동법을 제시할 수 있다. 이는 다양한 엉덩이 회전 위치가 스쿼트 운동 시 근육 활성화 패턴을 어떻게 바꿀 수 있는지 이해하는 것이 전문가에게 중요하다.

스쿼트 운동 시 근육 활성화 패턴을 살펴보면 Selkowitz 등(2013)의 연구에 따르면 생리학적으로 과활성화된 넙다리근막긴장근은 장골경골근막띠와 연계해서 무릎뼈에 힘을 가할 수 있다. 이 움직임 패턴은 PFPS 및 ITBS와 관련이 있다(Glassbrook 등, 2017). 이러한 생리학적 이유 때문에 다양한 위치에서의 스쿼트는 관절들의 움직임에 상호 유기적인 관련이 있어 엉덩 관절과 무릎 관절의 굽힘 각도, 발의 각도에 따른 근육의 작용으로 인해 서로 효과가 다르기 때문에 고려할 중요한 요인이 된다. 따라서 안굽이무릎에 있어 치료 프로토콜은 다양한 유형의 운동에서 중간볼기근 활동을 증가시키고 넙다리근막긴장근 활동을 감소시켜야 한다(Contreras 등, 2016). 특히 발의 위치와 발목의 각도 변화는 스쿼트 동작에 있어 근육 활성화에 영향을 미쳐 효과가 변화할 수 있는 요인이기 때문에 지속적인 연구가 필요하다.

스쿼트 동작 중에서도 내로우 스쿼트 운동의 종류가 일반적인 스쿼트 운동보다 효과적이라고 알려져 있으며 내로우 스쿼트 운동이란 양발의 간격을 어깨너비 기준이나 더 넓게 하는 일반적인 스쿼트 운동보다 양발의

간격을 좁게 하는 스쿼트 운동이다. 양쪽 발의 간격을 좁게 하면 할수록 무릎의 폼근인 넙다리네갈래근의 활성도도 높아진다(Kim 등, 2017). 양쪽 발의 간격을 좁게 하는 내로우 스쿼트 운동 시 집중적으로 강화되는 넙다리네갈래근의 강화로 인해 관절의 움직임과 부하를 조절, 보행 안정성과 무릎 손상 예방에 있어 안굽이무릎에 효과적이다(Han 등, 2018). Lee 등(2016)의 연구에서 Toe in 10° 내로우 스쿼트 운동에서 일반 스쿼트 운동보다 효과적이라고 하였고 Ahn & Lee(2020)의 연구에서는 일반적인 스쿼트 운동 자세에서 Toe in 10°, Toe 0°, Toe out 10°를 비교하여 Toe out 10°에서 가쪽넓은근(vastus lateralis)과 안쪽넓은근(vastus medialis)의 근두께와 지면반발력이 유의한 차이가 있다고 보고하였다.

이러한 선행연구를 바탕으로 내로우 스쿼트 운동 시 발목 각도에 따른 효과를 알아봄으로써 안굽이무릎에 효율적인 운동 자료를 제시할 필요가 있다. 또한 대부분의 연구에서 무릎 사이 간격이나 Q각(Quadriceps angle) 등을 종속변인으로 측정하였지만, 보폭(stride length)이나 발이 바닥에서 떨어지는 시점부터 발바닥이 바닥에 닿는 시점까지의 신체 무게 중심 가속도인 추진력(propulsion)과 같은 보행에 있어 시공간 매개변수에 미치는 영향에 대한 연구는 많지 않은 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 발목 각도 Toe in 10°, Toe out 10°에 따른 내로우 스쿼트 운동이 안굽이무릎을 가진 여성에 미치는 영향을 확인하고 안굽이무릎 개선 효과를 비교 제시함으로써 안굽이무릎 개선을 위한 중재 방법의 선정에 도움이 되는 근거자료를 제공하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구는 광주 소재 H대학교에 재학 중인 본 연구의 취지에 대해서 설명을 들었고 동의서에 서명한 후 자발적으로 지원한 대학생들 중 안굽이무릎 여성 30명을 대상으로 실시하였다. 본 연구의 대상자 선정기준은 다음과 같다. 양발의 발목 내과(medial malleolus)를 붙인 상태에서 무릎 사이가 2.5cm~5cm 이하인 안굽이무릎 II등급을 가진 자를 선정하여(김민규 등, 2023) 하지와 체간에 관련된 질환 및 통증 또는 관절가동범위에 제한이나 경직이 있는 자, 신체 균형에 영향을 끼치는 약물을 복용하는 자, 운동절차를 이해하지 못 하는자는 제외하였다. 지원자 30명 중 무작위 추첨을 하여 실험군 I(Toe in 10°, TI) 15명과 실험군 II(Toe out 10°, TO) 15명으로 구성하였다.

### 2. 중재방법

본 연구는 발목 각도 Toe in 10°, Toe out 10°에 따라서 스쿼트를 실시하였다. 선행연구(Ahn & Lee, 2020)를 수정 보완하여 발디딤 위치를 어깨너비의 120%로 벌리는 자세를 내로우 스쿼트로 변경하여 75%로 하였다. 측정자마다 체간의 너비가 다르므로 PP(poly propylene)판에 정면을 0° 기준선으로 삼고 각각 내측 10°, 외측 10°를 표기하였다(Figure 1). 발을 PP판 바닥의 표시선에 맞추어 발목 각도 Toe in 10°, Toe out 10°에 따라서 스쿼트를 실시하였다. 몸은 똑바로 세운 상태에서 양팔은 팔짱을 끼고 수행하였다. 시선은 정면을 바라보고 무릎 관절 각도를 90°까지 실시하였을 때 횡수를 산정하였다. 20회를 3세트 실시하였고 각 세트 사이에 약 2분간 휴식을 취하게 하였다. 주 3회씩 총 6주간 중재를 수행한 후 측정하였다. 실험 전 스쿼트 자세에 대한 교육을 충분히 하였다.

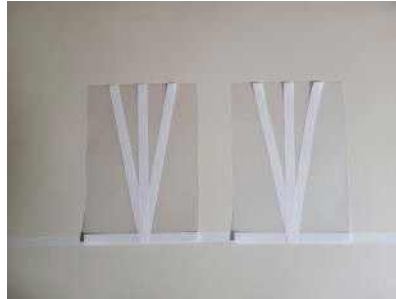


Figure 1. Squat Stool for Ankle Angle

### 3. 측정도구 및 평가방법

#### 1) 디지털 버니어 캘리퍼스(Digital Vernier Caliper)

무릎 사이 거리를 측정하기 위하여 넓다리뼈의 안쪽 무릎 사이를 디지털 버니어 캘리퍼스를 이용하여 측정하였다. 대상자는 하반신의 근수축 없이 맨발로 서서 양발을 모아 발목 내과를 붙인 뒤 벽에 기대어 머리, 척추, 엉덩이, 발뒤꿈치가 벽에 닿는 동안 양쪽 무릎 안쪽위관절융기에 펜으로 표시하여 측정하였다(김민규 등, 2023).

#### 2) 고니오미터(Goniometer)

Q각은 무릎뼈 중심에서 위앞엉덩가시(anterior superior iliac spine, ASIS)까지의 선과 무릎뼈 중심에 이르는 선과의 사이각으로 정의된다. Q각을 측정하기 위하여 가장 일반적으로 이용되는 고니오미터를 이용하였다. 측정방법은 대상자의 위앞엉덩가시와 무릎뼈 중앙, 정강뼈거친면을 펜으로 표시하였다. 위앞엉덩가시와 무릎뼈 중앙을 연결한 선과 정강뼈거친면에서 무릎뼈 중앙을 연결한 선이 교차되는 지점의 Q각을 고니오미터를 사용하여 측정하였다. 오차를 최소화하기 위해서 동일한 측정자가 3회 측정하여 평균값을 사용하였다.

#### 3) 보행분석

연구 대상자의 보행분석은 휴대용 무선 가속도계와 자이로스코프가 내장된 G-Walk(BTS, Italy)을 사용하였다. G-Walk는 컴퓨터와 무선센서를 이용하여 보행의 시공간적 변수를 측정하고 분석하는 장비이며 대상자의 허리에 착용한 벨트에 G-Walk의 본체를 장착하고 양쪽 위뒤엉덩가시 사이에 있는 허리뼈 5번에 위치하도록 하였다. 모든 데이터는 100Hz의 주파수에서 수집되었으며 Bluetooth 3.0 연결을 통해 컴퓨터로 전송되었다. 본 연구에서 측정 변수로는 보행에서 한쪽 발 뒤꿈치가 바닥을 딛기부터 같은 쪽 발 뒤꿈치가 바닥에 다시 딛는 시기까지의 발 뒤꿈치간 거리인 보폭과 발이 바닥에서 떨어지는 시점부터 발바닥이 바닥에 닿는 시점까지의 신체 무게 중심 가속도인 추진력을 측정하였다. 측정 대상자는 실내의 평평한 직선으로 뻗어있는 지면 7m에서 신발을 벗고 편안한 보행속도로 걷도록 하였고 총 3번의 보행을 이용하여 평균값을 결과값으로 사용하였다.

#### 4. 자료분석

샤피로-윌크(Shapiro-Wilk)분석을 실시하여 수집된 자료들의 정규성을 검증하고 모든 자료의 정규분포를 확인하였다. 군과 군에서 각각 중재 전과 후에 무릎 사이 거리, Q각, 보행분석을 비교하기 위하여 대응표본 t-검정을 실시하였다. 두 군 간 측정 변수들의 중재 전후 평균값을 비교하기 위하여 독립표본 t-검정을 실시하였다. window version SPSS program 21.0 (SPSS Inc., Chicago)을 사용하였으며 모든 통계학적 유의 수준은 0.05로 설정하였다.

### III. 결과

#### 1. 대상자의 일반적 특성

연구 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다<Table 1>.

Table 1. General characteristics of subjects

	TI (n=15)	TO (n=15)	t(p)
Age (year)	20.60 ± 0.82a	21.00 ± 1.64	0.840(0.408)
Height (cm)	161.86 ± 5.99	161.33 ± 6.98	0.225(0.824)
Weight (kg)	54.80 ± 6.21	56.06 ± 5.62	0.585(0.563)

<sup>a</sup>M±SD, TI : Toe In, TO : Toe Out

#### 2. 무릎 사이 거리의 변화

발목 각도의 변화를 준 운동 방법에 따른 무릎 사이 거리의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 2>. TI군은 중재 전 4.42cm에서 중재 후 3.12cm로 감소하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TO군은 중재 전 4.16cm에서 중재 후 3.11cm로 감소하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TI군과 TO군의 군 간 중재 전후 무릎 사이 거리의 변화량 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

Table 2. Change in distance between the knees (unit : cm)

	TI (n=15)	TO (n=15)	t(p)
Pre-Test	4.42 ± 0.41a	4.16 ± 0.46	
Post-Test	3.12 ± 0.85	3.11 ± 0.78	
change	-1.30 ± 0.70	-1.04 ± 0.58	-1.094(0.283)
t(p)	7.186(0.000)*	6.959(0.000)*	

<sup>a</sup>M±SD, \* $p<.05$ , TI : Toe In, TO : Toe Out

### 3. Q각의 변화

발목 각도의 변화를 준 운동 방법에 따른 Q각의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 3>. TI군은 중재 전 10.33°에서 중재 후 11.33°로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TO군은 중재 전 10.38°에서 중재 후 11.53°로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TI군과 TO군의 군 간 중재 전·후 Q각의 변화량 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

Table 3. Change in quadriceps angle (unit : °)

	TI (n=15)	TO (n=15)	t(p)
Pre-Test	10.33 ± 0.48a	10.38 ± 0.45	
Post-Test	11.33 ± 0.74	11.53 ± 0.61	
change	1.00 ± 0.92	1.14 ± 0.77	-0.472(0.641)
t(p)	-4.183(0.001)*	-5.762(0.000)*	

aM±SD, \* $p<.05$ , TI : Toe In, TO : Toe Out

### 4. 보행분석의 변화

#### 1) 보폭

발목 각도의 변화를 준 운동 방법에 따른 보폭의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 4>. 왼쪽 다리에서 TI군은 중재 전 1.04m에서 중재 후 1.08m로 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). TO군은 중재 전 1.03m에서 중재 후 1.07m로 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 왼쪽 다리에서 TI군과 TO군의 군 간 중재 전·후 보폭의 변화량 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

오른쪽 다리에서 TI군은 중재 전 1.04m에서 중재 후 1.08m로 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). TO군은 중재 전 1.03m에서 중재 후 1.08m로 증가하였으나 통계학적으로 유의한 차이는 없었다( $p>.05$ ). 오른쪽 다리에서 TI군과 TO군의 군 간 중재 전·후 보폭의 변화량 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

Table 4. Change in stride length (unit : m)

		TI (n=15)	TO (n=15)	t(p)
Left	Pre-Test	1.04 ± 0.06a	1.03 ± 0.04	
	Post-Test	1.08 ± 0.09	1.07 ± 0.07	
	change	0.04 ± 0.08	0.03 ± 0.08	0.296(0.770)
	t(p)	-2.034(0.061)	-1.720(0.107)	
Right	Pre-Test	1.04 ± 0.06	1.03 ± 0.03	
	Post-Test	1.08 ± 0.08	1.08 ± 0.10	
	change	0.04 ± 0.09	0.05 ± 0.10	-0.112(0.911)
	t(p)	-1.986(0.067)	-1.935(0.073)	

aM±SD, TI : Toe In, TO : Toe Out

## 2) 추진력

발목 각도의 변화를 준 운동 방법에 따른 추진력의 전·후의 변화는 다음과 같다<Table 5>. 왼쪽 다리에서 TI군은 중재 전 8.85%에서 중재 후 10.10%로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TO군은 중재 전 8.76%에서 중재 후 9.33%로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 왼쪽 다리에서 TI군과 TO군의 군 간 중재 전·후 추진력의 변화량 차이는 1.24%와 0.57%로 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ).

오른쪽 다리에서 TI군은 중재 전 8.62%에서 중재 후 9.21%로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). TO군은 중재 전 9.16%에서 중재 후 10.06%로 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 오른쪽 다리에서 TI군과 TO군의 군 간 중재 전·후 추진력의 변화량 차이는 통계학적으로 유의한 차이가 없었다( $p>.05$ ).

Table 5. Change in propulsion (unit : %) )

		TI (n=15)	TO (n=15)	t(p)
Left	Pre-Test	8.85 ± 1.34a	8.76 ± 1.13	
	Post-Test	10.10 ± 1.38	9.33 ± 1.11	
	change	1.24 ± 0.99	0.57 ± 0.77	2.066(0.048)*
	t(p)	-4.867(0.000)*	-2.894(0.012)*	
Right	Pre-Test	8.62 ± 1.55	9.16 ± 1.28	
	Post-Test	9.21 ± 1.20	10.06 ± 1.40	
	change	0.59 ± 0.83	0.89 ± 1.03	-0.883(0.385)
	t(p)	-2.733(0.016)*	-3.357(0.005)*	

<sup>a</sup>M±SD, \* $p<.05$ , TI : Toe In, TO : Toe Out

## IV. 논 의

본 연구는 안굽이무릎을 가진 여성을 대상으로 안굽이무릎에 효과적이라고 알려진 내로우 스쿼트를 운동을 6주간 3회 실시하였다. 이때 발목 각도의 변화를 Toe in 10°, Toe out 10°로 적용하여 무릎 사이 거리, Q각, 보폭 및 추진력의 변화에 미치는 영향을 알아보려고 하였다.

무릎 사이 거리에서 TI군과 TO군 모두 중재 이후 모두 유의하게 감소하였으나 군 간 차이는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. TI군에서의 결과는 Laprade 등(1998)은 엉덩 관절 모음, 무릎 관절 폼, 엉덩 관절 모음을 동반한 무릎 관절 폼보다 정강뼈 안쪽회전이 동반된 무릎 관절 폼 동안 바깥쪽넓은근보다 안쪽넓은근의 활성이 더 컸음을 보여주었다. 이와 관련하여 여러 안쪽넓은근의 근육 섬유가 모음근에서 유래하므로 발의 너비가 120% 이상인 일반적인 스쿼트에 비해 근육의 신장이 최적의 안쪽넓은근 길이를 확보하고 이 근육 활동을 증가시킬 수 있음을 볼 수 있었다(Soderberg & Knutson, 2000). TO군에서의 결과는 김민규 등(2023)의 연구에서 불을 이용한 스쿼트와 내로우 스쿼트를 안굽이무릎을 가진 성인에게 적용하였을 때 내로우 스쿼트군에서 33.70

mm에서 30.64mm로 유의미한 차이를 보였고 이는 본 연구결과와 일치한다. 이에 발목 각도에 상관없이 내로우 스쿼트를 적용 시 안굽이무릎의 무릎 사이 거리에 효과적인 것으로 사료된다.

Q각의 변화에서 TI군과 TO군 모두 중재 이후 모두 유의하게 증가하였으나 군 간 차이는 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 김민규 등(2023)의 연구에서 적용한 내로우 스쿼트에서 Q각의 변화는 유의미한 차이를 보이지 않았다. 이는 본 연구결과와 상반되는 결과로 보이나 남성과 여성사이에서의 Q각 크기는 다양하며 남성은 값이 10°에서 14° 사이이고 여성은 15°에서 23° 사이이며 여성은 남성보다 더 크게 측정된다(Houglum & Bertoti, 2012). 성인 남성과 여성으로 대상으로 한 점, 연구 내에서의 한계점으로 운동 전 평균이 12.64°로 정상값과 차이가 없었다고 기술한 점에 비추어 볼 때 위의 결과보다 대상자가 안굽이무릎 여성으로 동일한 선행연구(Lee 등, 2020)에서 볼을 이용한 스쿼트 운동을 6주간 적용하였을 때 8.00°에서 10.00°로 유의미하게 각도가 증가한 것으로 본 연구결과와 일치한다고 볼 수 있다. 본 연구의 결과로는 두 군 간의 유의한 차이를 보이지 않아 발목 각도에 상관없이 내로우 스쿼트 운동이 모음근과 엉덩 관절 근육의 강화로 Q각을 정상에 가깝게 변화를 주어 무릎 관절의 모멘트를 정상적으로 돌려 안굽이무릎 변형을 가진 환자의 통증을 감소시킬 수 있다고 사료된다.

보폭의 변화에서 왼쪽 다리와 오른쪽다리, TI군과 TO군 모두에서 통계학적으로 유의한 차이는 없었다. 보폭은 골반 기울임이 증가 될 때 커지며, 골반기울임은 걷기 속력이 증가 될 때 증가 된다. 또한 걷는 동안 시상면에서의 골반 기울임은 엉덩관절주머니 및 엉덩 관절 굽힘근육과 펴근육에 의해 생산되는 수동적인 힘과 능동적인 힘의 총합에 의해 발생된다(Neumann, 2016). 본 연구에서 엉덩 관절 펴근육의 증가로 인해 보폭의 증가가 예상되었으나 결과는 이론과 상충 되어 보행에 있어 유의한 차이를 보이지 못한 보폭은 본 연구에서 파악하지 못한 다른 요인들이 작용하였을 것으로 사료된다.

추진력의 변화에서 왼쪽 다리와 오른쪽 다리의 두 군 모두 수치가 유의하게 증가하였고, TI군 왼쪽 다리에서 수치가 TO군에 비해 증가하여 통계학적으로 유의한 차이가 있었다. 안굽이무릎을 가진 집단은 정상인 집단에 비해 걸을 때 걷는 각도를 더 크게 하고 발의 안쪽 부위에 압력을 더 주게 되고 엄지발가락에는 압력을 덜 주며 걷는 비정상 보행패턴을 보이는데(우진용 & 임비오, 2021) 중재를 통해 정렬을 회복하여 발끝 떼기 시 정상적으로 엄지발가락으로 진행하며 추진력이 좋아진 것으로 보여진다. 또한 추진력에서 보이는 정점은 무릎 펴근인 안쪽넓은근과 골반을 지탱하는 중간볼기근이 활성화되는 시점과 동일하다. 지면반발력 벡터가 무릎의 뒤쪽으로 지나가면서 무릎 펴근들의 원심성 수축에 의한 신전 모멘트가 발생하고 유각기(swing phase)로 접어들어 반대발의 발끝 떼기를 위해 중간볼기근이 활성화되어 가속도 정점이 발생한다. 선행연구(Hatefi 등, 2020) 결과에 따르면 중간볼기근 근전도 검사(electromyography, EMG) 활동 비율은 스쿼트 중 넙다리뼈의 바깥쪽 돌림보다 안쪽 돌림에서 훨씬 더 크게 나타났다. 이 결과는 길이-장력 곡선으로 설명할 수 있다. 안굽이무릎 넙다리뼈 안쪽 돌림의 증가로 이어짐에 따라 중간볼기근 길이가 증가할 수 있고 피크(peak) 장력의 최적 길이는 더 긴 길이에서 발생하므로 길이-장력 곡선은 오른쪽으로 이동한다(brughelli & Cronin, 2007). 따라서 이 근육은 더 긴 길이에서도 안정적으로 유지된다. 또한 시너지 근육은 함께 작용하고 운동 중에 서로 영향을 미친다(Chance-Larsen 등, 2010). 따라서 한 근육의 활동이 감소하면 다른 근육의 활동이 증가하여 동일한 운동 범위를 완성한다(Oh 등, 2007). 본 연구 결과 추진력의 유의미한 증가는 중간볼기근의 강화를 추론해볼 수 있고 중간볼기근의 활성화 비율이 높아질수록 넙다리근막긴장근의 저활성화는 PFPS 와 ITBS를 억제하는 효과가 있을 것으로 보아진다. 따라서 Toe out 10°에 비해 Toe in 10° 내로우 스쿼트 운동이 보행의 추진력에 있어 효과적이었기에 이는 중간볼기근의 활성도가 더 높았다는 것을 의미하며 안굽이무릎에 효과적인 중재방법으로 제안할 수 있을 것으로 사료된다.



안굽이무릎은 무릎 관절의 과다 폼(hyperextension) 및 넙다리뼈 안쪽 돌림뿐만 아니라 편측성 골반 내림, 엉덩이 움직임,꿈치안쪽돌린회발 및꿈치바깥돌린회발을 포함하여 잘못된 자세로 증가할 수 있는 이마면에서의 일반적인 무릎 부정렬이다(Hatefi 등 2020; Bougie, 2012). 주목할 점은 안굽이무릎과 관련된 무릎의 기계적 환경이 변경되면 무릎 관절을 둘러싼 주요 근육의 활성화 패턴이 변경될 수 있다(Ramsey 등, 2007). 발목 관절과 엉덩 관절의 중심을 지나는 역학적 축이 정상적인 무릎 관절의 기준에서 멀어지면 엉덩 관절 변형을 보였기에 안굽이무릎의 관절 손상은 엉덩 관절과 골반에 영향을 미친다(Palmer 등, 2018). 반대로 엉덩 관절과 골반의 비정상적인 움직임은 무릎 관절에 영향을 끼칠 수 있다는 점을 시사한다. 그러므로 안굽이무릎을 대상으로 한 중재에 대한 연구는 무릎 관절뿐만 아니라 엉덩 관절과 골반의 움직임도 고려해야 된다.

본 연구의 제한점으로는 최대한 동일한 조건에서 실험을 하고자 하였으나 피실험자들의 체력과 체격의 차이와 피실험자들의 개인적 특성, 심리적 상태, 생활습관 등을 완벽하게 통제하지 못하였고 사람을 대상으로 실시하였기 때문에 완벽하게 동일한 환경과 형질의 피실험자를 구할 수 없었다. 피실험자들의 인원수로는 연구결과를 성급하게 일반화하기 어려움이 있고 아쉬운 점으로는 추적관찰을 통해 측정변인들의 변화를 확인하지 못하였다. 추후 충분한 인원과 추적조사를 통한 연구가 이루어지길 바라며 발의 너비와 발목 각도에 따른 스쿼트 효과의 변화에 대한 연구도 제안해 본다.

## V. 결 론

본 연구는 발목 각도를 Toe in 10°, Toe out 10°으로 변경한 내로우 스쿼트 운동이 무릎 사이 거리, Q각, 보폭과 추진력에 미치는 영향에 대해 알아보려고 하였다. 연구 결과 발목 각도를 Toe in 10°, Toe out 10°으로 변경한 내로우 스쿼트 운동이 무릎 사이 거리, Q각에서 두 군 모두 유의한 차이를 보여 효과적임을 보여주었으나 군 간의 차이는 보이지 않았다. 하지만 추진력에서 오른쪽 다리와 왼쪽다리 모두 TI군과 TO군 모두 통계학적으로 유의한 차이를 보였으며 특히 왼쪽다리에서 TI군이 TO군에 비해 더 높은 수치로 유의한 차이를 보였다. 이는 선행연구를 바탕으로 중간볼기근이 추진력에 영향을 주었다고 여겨지며 이는 TO군에 비해 TI군이 중간볼기근 훈련에 효과적임을 시사한다. 특히 안굽이무릎에 있어 중간볼기근의 강화가 넙다리근막긴장근의 활성을 낮춰주는데 효과적이기 때문이다. 따라서 본 연구 결과 Toe in 10°과 Toe out 10°에서 실시한 내로우 스쿼트 운동이 안굽이무릎에 모두 효과적이었지만 Toe out 10°에 비해 Toe in 10° 내로우 스쿼트 운동이 추진력에 있어 효과적이었고 이는 안굽이무릎에 중요한 중간볼기근의 활성화에 더 효과적이므로 안굽이무릎의 효과적인 중재방법으로 제안할 수 있을 것으로 사료된다.

## 참고문헌

- 김민규, 양희송, 정찬주, 유영대, 강효정. 볼을 이용한 스쿼트와 내로우 스쿼트가 안굽이 무릎을 가진 성인의 근 두께, Q 각 및 무릎 사이 간격에 미치는 영향. 대한통합의학회지 2023;11(1):149-157.
- 우진용 & 임비오. 내반슬 여성의 보행 시 발의 자세와 족저압력. 중앙대학교 학교체육연구소 2021;9(1):89-98.

- 이한결. 탄력밴드를 이용한 협응이동훈련이 무릎넙다리통증 증후군을 가진 여자 대학생의 통증과 근력, 근활성도에 미치는 영향. *대한물리치료과학회지*, 2023;30(3):59-71.
- 정진규, 박재철. 지지면 차이에 따른 월 스쿼트 운동이 몸통 근두께와 균형에 미치는 영향. *대한물리치료과학회지*, 2022;29(1):64-72.
- 최보람. 런지 운동 시 뒤넙다리근의 단축이 넙다리 근육 활성도에 미치는 영향. *대한물리치료과학회지*, 2022;29(3):21-28.
- Ahn IK, Jeon JG, Kim DY. The immediate effects of kinesio taping on quadriceps induced fatigue by short-term squat. *The Journal of Korean Academy of Orthopedic Manual Physical Therapy* 2015;21(1):21-28.
- Ahn SH, Lee SK. The Effect of Squat Exercise According to Ankle Angle-Toe 0°, Toe In 10°, Toe Out 10°-on Muscle Thickness and Ground Reaction Force of Vastus Medialis Oblique and Vastus Lateralis Oblique Muscles. *PNF and Movement* 2020;18(1):65-75.
- Bougie TL. Movement system impairment syndromes of the extremities, cervical and thoracic spines. 2012.
- Brughelli M, Cronin J. Altering the length-tension relationship with eccentric exercise: implications for performance and injury. *Sports Medicine* 2007;37:807-826.
- Chae YW, Park S, Park JW. Pelvic, hip, and knee kinematics of stair climbing in people with genu varum. *The Journal of Korean Physical Therapy* 2018;30(1):14-22.
- Chance-Larsen K, Littlewood C, Garth A. Prone hip extension with lower abdominal hollowing improves the relative timing of gluteus maximus activation in relation to biceps femoris. *Manual Therapy* 2010;15(1):61-65.
- Contreras B, Vigotsky AD, Schoenfeld BJ, et al. A comparison of gluteus maximus, biceps femoris, and vastus lateralis electromyography amplitude for the barbell, band, and American hip thrust variations. *Journal of applied biomechanics* 2016;32(3):254-260.
- Fisher DS, Dyrby CO, Mündermann A, et al. In healthy subjects without knee osteoarthritis, the peak knee adduction moment influences the acute effect of shoe interventions designed to reduce medial compartment knee load. *Journal of Orthopaedic Research* 2007;25(4):540-546.
- Glassbrook DJ, Helms ER, Brown SR, et al. A review of the biomechanical differences between the high-bar and low-bar back-squat. *The Journal of Strength & Conditioning Research* 2017;31(9):2618-2634.
- Han SK, Kim TH, Rho JS, et al. The immediately effect of narrow squats on the knee joint biomechanics during a gait and distance between the knees of person with genu-varum. *Physical Therapy Korea* 2018;25(3):19-26.
- Han SM, Lee KK, Ha S, et al. The effects of correction exercise on hip joint angle, Q angle, and the distance between knees of genu varum patients. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology* 2011;13(1):83-90.
- Hatefi M, Babakhani F, Balouchi R, et al. Wallace BJ. Squat muscle activation patterns with hip rotations in subjects with genu varum deformity. *International Journal of Sports Medicine* 2020;41(11):783-789.
- Hayes KW, Falconer J. Differential muscle strength decline in osteoarthritis of the knee. A developing hypothesis. *Arthritis & Rheumatism: Official Journal of the American College of Rheumatology* 1992;5(1):24-28.
- Houglum PA, Bertoti DB. *Brunnstrom's clinical kinesiology*. FA Davis. 2011.
- Kang SH, Lee WJ, Kim TY. Possible effects of applying rehabilitation program upon bowlegged undergraduates COG (Center of Gravity) oscillation and its correction. *Journal of Sport and Leisure Studies* 2009;35(2):1061-1072.
- Kim KH, Choi HS, Ko SS. Effect of Stance Width and Angles of Knee on Repetition, Total Work and EMG during

- Squat. *The Official Journal of the Korean Academy of Kinesiology*, 2017;19(3), 27-34.
- Kubo K, Ikebukuro T, Yata H. Effects of squat training with different depths on lower limb muscle volumes. *European journal of applied physiology* 2019;119:1933-1942.
- Laprade J, Culham E, Brouwer B. Comparison of five isometric exercises in the recruitment of the vastus medialis oblique in persons with and without patellofemoral pain syndrome. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy* 1998;27(3):197-204.
- Lee K, Han J, Bae W. Effects of Squat Exercise Using Balls on the Gap Interval between Knees, Q-angle, Muscle Activity in Women with Genu-Varum. *Journal of The Korean Society of Integrative Medicine* 2020;8(2):97-107.
- Lee SJ, Jin DY, No HJ, et al. The effects of squat exercises on the space between the knees of persons with genu-varum. *Indian J Sci Technol* 2016;9.
- Lim Y, Lee J, Park J, et al. Effects of kinesio taping position of shank and gender on the range of motion and moment of ankle joint during deep squat. *The Korean Journal of physical education* 2018;57(1), 471-480.
- Neumann DA. *Kinesiology of the musculoskeletal system-e-book: foundations for rehabilitation*. Elsevier Health Sciences. 2016.
- Oh JS, Cynn HS, Won JH, et al. Effects of performing an abdominal drawing-in maneuver during prone hip extension exercises on hip and back extensor muscle activity and amount of anterior pelvic tilt. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2007;37(6):320-324.
- Palmer JS, Palmer AJ, Jones LD, et al. Bottomley N, Jackson WM, Price AJ. The failing medial compartment in the varus knee and its association with CAM deformity of the hip. *The Knee* 2017;24(6):1383-1391.
- Park S, Lee WJ, Park JW. Differences of onset timing between vastus medialis and lateralis during knee isometric contraction on individuals with genu varum or valgum. *Journal of Korean Physical Therapy* 2014;26(1):9-14.
- Ramsey DK, Snyder-Mackler L, Lewek M, et al. Effect of anatomic realignment on muscle function during gait in patients with medial compartment knee osteoarthritis. *Arthritis Care & Research* 2007;57(3):389-397.
- Saeterbakken AH, Stien N, Pedersen H, et al. Core muscle activation in three lower extremity exercises with different stability requirements. *Journal of Strength and Conditioning Research* 2022;36(2):304-309.
- Selkowitz DM, Beneck GJ, Powers CM. Which exercises target the gluteal muscles while minimizing activation of the tensor fascia lata? Electromyographic assessment using fine-wire electrodes. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy* 2013;43(2):54-64.
- Shtarker H, Volpin G, Stolero J, et al. Correction of combined angular and rotational deformities by the Ilizarov method. *Clinical Orthopaedics and Related Research (1976-2007)* 2002;402:184-195.
- Slater LV, Hart JM. Muscle activation patterns during different squat techniques. *Journal of strength and conditioning research* 2017;31(3):667-676.
- Soderberg GL, Knutson LM. A guide for use and interpretation of kinesiological electromyographic data. *Physical therapy* 2000;80(5):485-498.
- Yu BK, Kim EH. The effects of the correction exercise program combined with stretching and elastic band exercise on femoral intercondylar distance, Q-angle, plantar pressure in undergraduate with genu varum. *Journal of the Korea Academia-Industrial Cooperation Society* 2015;16(3):2064-2072.
-