

# 동측과 반대편의 지팡이 사용에 대한 무릎의 모멘트 분석

이현옥<sup>1</sup>, 양경혜<sup>1</sup>, 권유정<sup>2</sup>

<sup>1</sup>부산가톨릭대학교 보건과학대학 물리치료학과, <sup>2</sup>동의과학대학 물리치료학과

## Effects of Contralateral and Ipsilateral Cane Use on Knee Moment

Hyun-Ok Lee<sup>1</sup>, Kyung-Hye Yang<sup>1</sup>, Yu-Jeong Kwon<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Health Science, Catholic University of Pusan, <sup>2</sup>Department of Physical Therapy, Dong-Eui Institute of Technology

**Purpose:** The purpose of this study was to compare the effects of force of ipsilateral versus contralateral cane usage on knee moments in healthy young adults.

**Methods:** A convenience sample of 10 subjects volunteered for this study. Subjects walked over a force plate under three different conditions; unaided and ipsilateral cane and contralateral cane. Analysis of data on moment of the knee joint and ground reaction force was performed using the OrthoTrak program.

**Results:** Flexion moment of the knee was decreased with the contralateral cane, but increased with the ipsilateral cane compared with normal gait. Extension moment of the knee was decreased with the contralateral cane compared with normal gait ( $p < 0.05$ ) and it was showed a greater decrease with the contralateral cane than with the ipsilateral cane gait ( $p = 0.00$ ). Valgus moment of the knee joint was increased with the ipsilateral cane but decreased with the contralateral cane. Vertical ground peak force was decreased with the ipsilateral cane compared with normal gait ( $p < 0.05$ ).

**Conclusion:** The following conclusions were drawn from our data. Contralateral cane gait is more efficacious for persons with weakness of knee extensors, however, for a patient with varus deformity, the cane should be used in the ipsilateral hand.

**Key Words:** Canes, Knee Joint, Gait

### 1. 서론

보행 보조도구는 뇌성마비, 하지골절, 관절염, 뇌졸중과 같이 독립적인 보행이 어려운 이동장애가 있는 환자들에게 일반적으로 처방된다. 이런 환자들에서 하중을 줄여주어 통증이나 약증을 보조하기 위하여 처방된다. 또한 지팡이는 노인들의

낙상을 감소시키는 것으로 알려져 있다.<sup>1</sup> 보행 보조도구는 기본적인 한-점 지팡이, 네발 지팡이, 목발, 그리고 워커가 있다. 지팡이는 보행 보조도구들 중 가장 흔한 형태이다. 재활 전문가들은 보행 시 체중부하를 감소시키고 하지 관절에 통증을 감소시키기 위해 지팡이의 사용을 권고한다.<sup>2</sup> 하지에 불안정성이 있는 환자들은 특징적으로 동측에 지팡이를 짚는 반면, 통증이나 약화가 있는 사람들은 반대측에 지팡이를 짚는다.<sup>3,4</sup>

Neumann<sup>5</sup>은 반대측에 지팡이를 사용하는 동안 중간볼기 근 활동이 31.1% 감소되었고, 반대측 손에 지팡이를 짚고 가 능한 한 세계 밀 때 근활동이 42.3% 감소하였다고 하였다. 측정치들은 반대측에 지팡이를 사용했을 때 고관절 외전근

Received Mar 20, 2014 Revised Apr 15, 2014

Accepted Apr 17, 2014

Corresponding author Kyung-Hye Yang, [trpt@hanmail.net](mailto:trpt@hanmail.net)

Copyright © 2014 The Korea Society of Physical Therapy  
This is an Open Access article distribute 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.

에 한해 효과적으로 감소하였고, 그에 따라 근수축에 연관된 관절 압박력도 감소하였다. 일반적으로 반대편에 사용하는 지팡이는 보행하는 동안 팔과 다리의 정상적인 상호교대 움직임을 일으키며 지팡이와 발 사이의 기저면 안에 중력 중심이 유지되도록 한다. Vargo 등<sup>6</sup>에 의하면 정상인을 대상으로 한 연구에서 지팡이를 반대측에 짚는 것이 입각기 동안 언제나 근 활동을 줄여주는 것은 아니라 하였다. 정상 성인에서 체중부하는 무릎의 내외측 모두에서 발생하는데 보행의 중간 입각기 동안 부하의 60-80% 정도가 무릎의 내측에 가해지고, 이는 무릎 골관절염에서 이 부분이 빈번하게 침범되는 이유 중의 하나이다.<sup>7</sup> Lyu 등<sup>8</sup>은 동측에 지팡이를 짚는 것은 정상보행과 비교할 때 중심의 안쪽으로의 이동이 쉽지 않지만, 반대측에 짚는 것은 중심을 안쪽으로의 이동시킨다고 하였다. 이러한 관계로 무릎 안굽이의 경우는 동측에 지팡이를 바깥굽이의 경우에는 반대편에 지팡이의 사용을 제의하였다.

대부분의 연구들은 반대측에 지팡이를 짚는 것이 고관절에 부하를 없애는 방법이라고 주로 고관절의 문제에 대하여 연구가 진행되었고,<sup>3,4,9,10</sup> 반대측과 동측에 지팡이 사용에 대해 무릎이나 발목 생역학, 통증, 그리고 전체적인 기능면에서 아직 논란의 여지가 있다. 지팡이 보행과 관련한 국내의 연구는 대부분이 편마비 보행에서의 지팡이 사용에 따른 효과에 국한되어 있고<sup>11-14</sup> 정형외과적 환자의 지팡이 보행에 관한 연구는 거의 없는 실정이다.

이에 따라 본 연구에서는 건강한 성인을 대상으로 동측과 반대측에 지팡이를 짚을 때 무릎에 가해지는 역학적 요인들을 분석하여 하지 손상 환자들의 지팡이 활용에 사용될 수 있는 임상적 근거를 마련하고자 한다.

## II. 연구방법

### 1. 연구대상

본 연구의 대상자는 부산에 소재한 C대학교에 재학 중인 신체 건강한 성인 남 5명, 여 5명으로 총 10명을 대상으로 하였다. 대상자들은 본 연구에 자발적으로 동의하며 최근 1년 이내 근골격계 및 신경계, 정신적 질환의 과거력이 없는 자에 한하여 시행하였다. 대상자들의 일반적 특성은 다음과 같다 (Table 1).

### 2. 실험방법

#### 1) 측정도구

Table 1. General characteristics of the subjects (N=10)

Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)	Foot length (mm)
23.2 ± 4.4	167.4 ± 7.3	60.4 ± 8.7	249.0 ± 16.3

Value are mean ± standard deviation

#### (1) 3차원 동작분석 시스템(Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, USA)

동작분석 시스템은 인체의 특정 해부학적 위치에 반사마커를 부착하여 인체 동작을 적외선 카메라를 이용해 반사마커의 궤적을 촬영하여 분석하는 시스템이다. 본 연구에서는 6개의 적외선 카메라를 이용하여 대상자의 데이터는 100 Hz로 수집하여 OrthoTrak(EVa/EVaRT software, Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, USA)으로 분석하였다.

#### (2) 족저압력 측정장치(Force Plate, Bertec Corporation, USA)

족저압력 측정장치는 보행로의 중간 지점에 매립 설치되어 대상자의 보행 중 족저압력을 측정 및 분석하는 장치이다. 본 연구에서는 대상자의 의도적인 보행이 나타나지 않도록 보행 연습 실시 후 다수의 측정을 실시하여 힘판의 중앙부를 가장 잘 밟은 시행을 검증자료로 선택하였다. 힘판의 아날 로그 신호는 샘플링 주파수 120 Hz, 역치는 20 N으로 수집되었으며 마찬가지로 OrthoTrak (EVa/EVaRT software, Motion Analysis Corporation, Santa Rosa, USA)으로 분석하였다.

#### 2) 측정방법

대상자는 26 °C로 설정된 실험 공간 안에서 반발 상의와 짧은 하의를 착용하고 골반과 하지의 해부학적 위치(helen hayes merker set)에 15개의 반사마커를 부착하고 길이 10 m의 보행로를 걷도록 한다. 걷는 방법은 처음에는 자연스럽게 걷도록 하고, 지팡이 보행을 하는 경우 지팡이는 오른손에 짚고 걷도록 하고, 지팡이 보행의 형태는 반대측에 짚을 경우에는 기준다리와 같이 즉 2점보행 형태로 사용하고, 동측에 지팡이를 사용할 경우에도 기준다리와 지팡이가 함께 나가도록 한다. 보행 형태에 따라 왕복 10회 이상 걷도록 하였으며, 대상자들의 보행 속도는 각자의 가장 편하고 자연스러운 속도로 걷도록 하였다. 동측과 반대측에 지팡이를 짚을 때 기준다리 무릎의 굽힘 꺾 바깥굽이 모멘트, 지면반력을 측정하였다.

#### 3) 자료 분석

Table 2. Comparison of flexion moment of knee joint under gait conditions

Conditions Compared	Mean ± SD(N cm / kg )	Variation Mean ± SD(N cm / kg )	p
Normal	-21.16 ± 5.58	1.36 ± 1.63	0.28
Ipsilateral	-22.52 ± 7.86		
Normal	-19.19 ± 3.79	-2.83 ± 5.89	
Contralateral	-16.36 ± 4.45		

Table 3. Comparison of extension moment of knee joint under gait conditions

Conditions Compared	Mean ± SD(N cm / kg )	Variation Mean ± SD(N cm / kg )	p
Normal	41.20 ± 5.23	-0.19 ± 5.21	0.00
Ipsilateral	41.01 ± 6.42		
Normal	46.02 ± 8.48 <sup>a</sup>	-15.10 ± 9.82	
Contralateral	30.92 ± 11.42 <sup>b</sup>		

\* <sup>a,b</sup> value with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05

Table 4. Comparison of valgus moment of knee joint under gait conditions

Conditions Compared	Mean ± SD(N cm / kg )	Variation Mean ± SD(N cm / kg )	p
Normal	30.89 ± 4.69	1.81 ± 3.71	0.06
Ipsilateral	32.71 ± 6.07		
Normal	30.85 ± 9.80	-3.07 ± 7.27	
Contralateral	27.79 ± 12.30		

Table 5. Comparison of vertical ground reaction force under gait conditions

Conditions Compared	Mean ± SD(N / kg )	Variation Mean ± SD(N cm / kg )	p
Normal	1.01 ± 0.07 <sup>a</sup>	-0.23 ± 0.30	0.17
Ipsilateral	0.79 ± 0.30 <sup>b</sup>		
Normal	1.00 ± 0.08	-0.09 ± 0.13	
Contralateral	0.91 ± 0.12		

\* <sup>a,b</sup> value with different superscripts within the same column are significantly different at p<0.05

수집된 자료는 SPSS statistics 21.0을 사용하여 처리하였다. 각 대상자의 동측 지팡이 보행과 반대측 지팡이 보행의 차이를 알아보기 위해 대응표본 t-test를 시행하였고 유의수준은 p<0.05로 설정하였다.

무릎관절의 굽힘 모멘트는 두 경우 모두 지팡이 보행과 정상 보행에서 유의한 차이가 없었다. 동측과 반대측 지팡이 사용 간에는 동측 지팡이 보행에서는 증가하고 반대측 지팡이 보행에서는 감소하였으나 유의한 차이는 없었다(Table 2).

### III. 결과

#### 1. 무릎관절 모멘트(Knee joint moment)

무릎관절의 굽힘과 펴, 바깥굽이 모멘트는 다음과 같다.

(1) 굽힘 모멘트(Flexion moment)

(2) 펴 모멘트(Extension moment)

무릎관절의 펴 모멘트는 동측에 지팡이를 짚은 경우에는 정상 보행과 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만, 반대측에 짚은 경우에는 유의하게 감소하였다(p<0.05). 또한 동측과 반대측 지팡이 사용 간에는 반대측에 짚는 것이 동측에 짚은 경우 보다

편 모멘트가 유의하게 감소하였다( $p=0.05$ )(Table 3).

### (3) 바깥굽이 모멘트(Valgus moment)

무릎관절의 바깥굽이 모멘트는 지팡이 보행과 정상보행에서 유의한 차이가 없었다. 동측과 반대측 지팡이 사용간에는 동측에 짚는 경우 증가하고 반대측에 짚는 경우는 감소하는 경향을 보였으나 유의한 차이는 없었다(Table 4).

## 2. 지면반력(Ground reaction force)

지면반력은 동측 혹은 반대측에 지팡이를 짚는 경우 모두 감소하였으나 동측에 짚는 경우에만 유의하였고( $p<0.05$ ) 동측과 반대측 지팡이 사용 사이에는 유의한 차이는 없었다(Table 5).

## IV. 고찰

정상적인 대상자의 보행에서 무릎관절의 최대 굽힘 모멘트는 발가락 떼기 이전에 무릎관절 굽힘근과 뒤 관절주머니에 의한 수동장력으로 초래되며, 최대 편 모멘트는 입각기 초기에 지면반력 벡터가 무릎 뒤쪽을 지나갈 때 일어난다.<sup>15</sup> 본 연구에서 최대 굽힘 모멘트는 지팡이를 사용하지 않았을 때와 동측과 반대측에 사용하였을 때를 비교한 결과 반대측에 지팡이 사용에서 굽힘 모멘트가 적게 나타났지만 유의한 차이는 없었다. Lee 등<sup>16</sup>은 보행기를 이용한 연구에서 굽힘 모멘트가 감소하여 반대측에 지팡이를 짚는 것과 같은 효과가 나타남을 보여주었고, Chan 등<sup>17</sup>은 지팡이 사용방법에서 본 연구에서와 다른 2점 보행 방법을 사용하여 동측에 지팡이 사용 시에는 증가, 반대측 사용 시에는 감소한다고 하여 본 연구 결과와 유사함을 보였다. 이는 반대측에 지팡이 사용이 적은 굽힘 모멘트로도 무릎을 굽힐 수 있음을 의미하는 것으로 발 떨어짐(foot drop) 환자의 보행에서 무릎관절을 많이 굽혀야 하는 경우 또는 무릎 굽힘근이 약한 경우 반대편에 지팡이를 사용하는 것이 유리할 것으로 보인다. 이렇게 지팡이 사용방법이나 다른 종류의 보행 보조도구 사용에도 불구하고 같은 결과를 얻게 된 이유가 어떤 역학적 요인 때문인지는 좀 더 연구되어야 할 것이다.

최대 편 모멘트는 디딤기의 초기에 최대에 도달하는데, 본 연구에서 동측에 지팡이를 짚었을 때는 변화가 없었으나 반대측에 사용 하였을 때는 유의한 감소를 보였다. 이는 반대측에 지팡이 사용이 무릎 편 모멘트를 감소시킨다고 보고한 Ajemian 등<sup>9</sup>의 연구와도 일치하는 결과이다. 한편 Vargo 등<sup>6</sup>은 지팡이를 사용하면 넙다리내갈래근의 작용이 감소한다고

하였는데, 이는 반대측에 지팡이를 짚을 때 환측 다리와 반대측 팔이 상호적으로 앞으로 나가므로, 지면반력 벡터가 무릎 뒤쪽으로 지나가는 것이 감소하기 때문에 편 모멘트가 더 유의하게 감소되었을 것으로 생각된다. 이러한 편 모멘트 감소는 무릎 편근의 작용을 줄일 수 있는 방법으로 편근에 통증과 약증이 있는 경우에 유용하게 적용될 수 있을 것으로 사료된다.

무릎 골관절염 환자에서 안굽이 모멘트의 최대값은 증가하는데,<sup>18</sup> 이러한 무릎관절의 압력을 감소시키고 통증을 완화하기 위한 방법 중의 하나로 지팡이 사용이 무릎의 압력을 감소시킨다고 보고되고 있음에도 불구하고<sup>8,17,19</sup> 어느 쪽에 짚는 것이 더욱 효과적인가는 아직 논란이 되고 있다. Chan 등<sup>17</sup>과 Simic 등<sup>19</sup>은 반대편에 지팡이를 짚는 것이 효과적이라 하였지만, Lyu 등<sup>8</sup>은 안굽이 무릎골관절염 환자는 체중이 무릎 안쪽으로 이동하지 않도록 동측에 지팡이를, 그리고 바깥굽이 무릎골관절염 환자는 체중이 무릎 안쪽으로 이동되도록 반대측에 지팡이를 사용해야 한다고 하였다. 또한 Bechard 등<sup>20</sup>은 안굽이 변형의 관절염 환자를 대상으로 반대편에 지팡이를 짚고 보행하였을 때 무릎관절 안굽이 모멘트가 오히려 증가하였다고 기록하였다. 그러므로 안굽이 변형이 있는 경우 반대편에 지팡이를 짚는 것이 무릎 안쪽에 부하를 감소시키는 방법이라고는 할 수 없다고 언급하여 일부 연구와는 서로 다른 결과를 보였다.

본 연구에서는 통계적인 유의성은 없었지만 반대측에 지팡이를 짚었을 때 바깥굽이 모멘트가 감소하는 경향을 보였으며 동측에 지팡이를 짚었을 때는 지팡이를 짚지 않았을 때 보다 증가하는 양상을 보였다. 즉 동측에 짚을 때 안굽이 모멘트는 감소한다는 의미이다. 이는 Lyu 등<sup>8</sup>과 Bechard 등<sup>20</sup>의 결과를 입증하는 것이기는 하지만 다른 연구 결과와는 반대되는 것이다. Chan 등<sup>17</sup>과 Simic 등<sup>19</sup>은 무릎 골관절염 환자를 대상으로 하여 보다 임상적이기는 하나 전자의 연구는 무릎의 벌림과 굽힘 모멘트를 측정하여 반대측에 짚을 때 벌림과 굽힘 모멘트가 최소이므로 가장 효과적이라 하였다. 하지만 이 결과만 가지고는 지팡이가 무릎에 가해지는 효과를 구체적으로 단정하기에 어려움이 있다. 또한 Simic 등<sup>19</sup>은 반대편에 지팡이를 짚을 때의 효과만 연구하여 동측과 비교하는 자료가 없었다. 골관절염 환자는 병이 진행되면서 무릎이 안굽이 변형이 오기 때문에 이 경우는 반대편에 지팡이를 짚어도 무릎의 하중을 경감시켜 주는 데는 도움이 될 수 있으나 동측에 짚을 경우 무게 중심이 외측으로 이동 안굽이 모멘트 팔이 감소되거나 극단적인 경우 밖굽이 모멘트를 받

생활 수 있을 것이다. 하지만 이 경우 보행패턴과 균형에 문제를 야기 할 수 있으므로 균형이 어려운 환자에게는 동측 지팡이를 조심스럽게 처방되어야 할 것이다.

보행 동안 수직반력은 디딤기의 부하반응기와 밀기(push off)에서 두 번의 최대 크기를 나타낸다. 본 연구는 정상적인 보행과 비교하였을 때 지팡이를 동측이나 반대측에 사용하였을 때 수직 지면반력이 모두 감소하는 경향을 보였으나 특히 동측에 짚었을 때 더 유의하게 감소하였다. Dixie 등<sup>21</sup>의 연구에서도 건강한 사람을 대상으로 지팡이를 사용하지 않았을 때와 동측과 반대측에 지팡이를 사용할 때 모두 유의하게 수직 지면반력이 감소하였다고 하였으며 동측과 반대측을 비교한 결과는 유의한 차이를 보이지 않았다고 보고하였다. 하지만 반대측에 짚었을 때 9% 감소 동측에 짚었을 때 7% 감소하지만 유의한 차이는 보이지 않았다 하여 본 연구의 반대측 9% 감소 동측 22% 감소와는 통계적으로는 차이가 없었으나 서로 반대되는 결과를 보이고 있다. Lyu 등<sup>8</sup>은 지팡이를 사용하는 가장 효율적인 방법은 지팡이 끝과 발이 동시에 지면에 닿도록 조절하는 것이 가장 효과적이며 그렇게 함으로서 뒷꿈치 닿기에서 34.3%를 지팡이가 부담한다고 하였다. Dixie 등<sup>21</sup>의 연구와 차이를 보이는 것이 이런 요인의 차이 때문인지는 좀 더 연구되어야 할 것이다. 하지만 동측에 지팡이를 사용하는 것은 상하지의 상호 교대적인 보행 패턴이 일어나지 않으므로 균형에 어려움이 없는 경우에 처방하는 것이 바람직할 것이다.

요약하면 지팡이는 환자의 무릎관절의 변형과 상태에 따라 적절하게 사용 되어져야 한다. 무릎관절의 편근이 약한 경우 반대측에 지팡이를 사용하며, 무릎관절에 안굽이 변형이 있는 경우는 동측에 적용하는 것이 더 효율적이라 생각된다. 또한 하지 관절에 가해지는 하중을 줄이기 위한 방법은 동측에 지팡이를 사용하는 것이 바람직한 것으로 사료된다.

본 연구에서는 건강한 성인 남자를 대상으로 적용함으로써 지팡이를 사용하는 과정에서 지팡이에 가해지는 하중을 일정하게 유지하지 못하였고 환자들보다 적게 주었을 가능성이 있기 때문에 향후 연구에서는 지팡이에 가해지는 하중의 양을 일정하게 조절하고 또한 하중의 크기에 따른 무릎관절의 운동학적 요인의 변화를 연구하는 것이 필요하다고 생각된다.

## Acknowledgements

이 논문은 2012년도 부산가톨릭대학교 교내연구비에 의하여 연구되었음

## 참고문헌

1. Dean E, Ross J. Relationship among cane fitting, function, and fall. *Phys Ther*. 1993;73(8):494-500.
2. McConnel EA. Teaching a patient to use a cane correctly. *Nursing*. 1991;21(9):83.
3. Edwards BG. Contralateral and ipsilateral cane usage by patients with total knee or hip replacement. *Arch Phys Med Rehabil*. 1986;67(10):734-40.
4. Jovce BM, Kirbv RL. Canes, crutches and walkers. *Am Fam Physician*. 1991;43(2):535-42.
5. Neumann DA. Hip abductor muscle activity as subjects with hip prostheses walk with different methods of using a cane. *Phys Ther*. 1998;78(5):490-501.
6. Vargo MM, Robinson LR, Nicholas JJ. Contralateral v ipsilateral cane use. Effects on muscles crossing the knee joint. *Am J Phys Med Rehabil* 1992;7(3):170-6.
7. Johnson F, Leitl S, Waugh W. The distribution of load across the knee. A comparison of static and dynamic measurements. *J Bone Joint Surg Br*. 1980;62(3):346-9.
8. Lyu SR, Ogata K, Hoshkio I. Effects of cane on floor reaction force and center of force during gait. *Clin Orthop Relat Res*. 2000;(375):313-9.
9. Ajemian S, Thon D, Clare P et al. Cane-assisted gait biomechanics and electromyography after total hip arthroplasty. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:1966-71.
10. Krebs DE, Robbins CE, Lavine L et al. Hip biomechanics during gait. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1998;28(1):51-9.
11. Cha YJ, Kim K. A study on the distribution of plantar pressure in adult hemiplegia during gait with the use of cane. *J Kor Soc Phys Ther*. 2010;22(3):49-53.
12. Jung KS, Chung YJ. The effect of changes in walking aids on weight bearing on the cane and foot in stroke. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(2):113-7.
13. Son SM, Choi YW, Chung-Sun Kim CS. Effect of motor functions of ipsilateral upper limb induced by long-term cane usage in chronic stroke patients. *J Korean Soc Phys Ther*. 2012;24(2):151-6.
14. Son SM, Kwon JW, Nam SH et al. Induction of pain in the ipsilateral lower limb from long-term cane usage after stroke. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(1):36-41.
15. Winter DA. Overall principle of lower limb support during stance phase of gait. *J. Biomech*. 1980;13(11):923-7.
16. Lee IH, Kwon GH, Park SY. Biomechanical properties of the anterior walker dependent gait of patients with knee osteoarthritis. *J Korean Soc Phys Ther*. 2013;25(5):239-45.
17. Chan GN1, Smith AW, Kirtley C et al. Changes in knee moments with contralateral versus ipsilateral cane usage in females with knee osteoarthritis. *Clin Biomech*. 2005;20(4):396-404.

18. Hunt MA, Birmingham TB, Giffin JR et al. Associations among knee adduction moment, frontal plane ground reaction force, and lever arm during walking in patients with knee osteoarthritis. *J Biomech*. 2006;39(12):2213-20.
19. Simic M, Bennell KL, Hunt MA et al. Contralateral cane use and knee joint load in people with medial knee osteoarthritis: the effect of varying body weight support. *Osteoarthritis Cartilage*. 2011;19(11):1330-7.
20. Bechard DJ, Birmingham TB, Zecevic AA et al. The effect of walking poles on the knee adduction moment in patients with varus gonarthrosis. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2012;20(12):1500-6.
21. Dixie R, Aragaki MD, Mary C et al. Immediate effects of contralateral and ipsilateral cane use on normal adult gait. *Am J Phys Med Rehabil*. 2009;1(3):208-13.