



여자 고등학교 농구 선수들이 리바운드 점프 후 착지할 때 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과

The Effects of Knee Brace on the Knee Muscular Neuro-Biomechanical Variables during the Rebound in Female Highschool Basketball Players

한기훈(인하대학교) · 임비오*(서울대학교)

Han, Ki-Hoon(Inha University) · Lim, Bee-Oh*(Seoul National University)

ABSTRACT

K. H. HAN, and B. O. LIM, The Effects of Knee Brace on the Knee Muscular Neuro-Biomechanical Variables during the Rebound in Female Highschool Basketball Players. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, Vol. 17, No. 4, pp. 107-113, 2007. The purpose of this study were to investigate the effects of knee brace on the knee muscular neuro-biomechanical variables during the rebound in female highschool basketball players. Twelve high school female (17.9 ± 0.8 years) basketball players rebound jumped for maximal vertical height to sufficiently stress the anterior cruciate ligament with and without knee brace. Kinematic data were collected to estimate the knee flexion, abduction angles and jump height. The EMG data from the biceps femoris and rectus femoris was used to estimate the ratio of quadriceps muscle activity. Female athletes with knee brace showed more reduced the knee abduction angle and the ratio of quadriceps muscle activity at foot contact phase than without knee brace. In conclusion, Female athletes with brace reduced knee anterior cruciate ligament loads.

KEYWORDS : KNEE BRACE, ANTERIOR CRUCIATE LIGAMENT, FEMALE BASKETBALL PLAYERS, REBOUND

I. 서론

여자 선수들의 신체 중에서 가장 흔하게 손상을 입는 부위는 무릎이며(Ford, Myer, & Hewett, 2003), 무릎 손상의 44%는 전방십자인대 상해이다(Meeuwisse,

Sellmer, & Hagel, 2003). 여자 선수들은 남자 선수들보다 전방십자인대 상해 발생률이 4~7배 높다(Myklebust, Maehlum, Holm, & Bahr, 1998). 스포츠 활동 중에 발생하는 전방십자인대 상해의 70%는 경기 중 상대방과 접촉을 통해서 입는 것보다 오히려 점프 후 착지할 때 발생하는 비접촉성 상해이다(Daniel,

이 논문은 인하대학교의 지원에 의하여 연구되었음.

* imabo@korea.com

Stone, & Dobson, 1994). 특히, 여자 농구 선수들의 전방십자인대 상해의 상당부분은 리바운드 할 때 발생한다(Powell & Barber-Foss, 2000).

여자 선수들의 전방십자인대 상해는 최근 30년 동안 대학 선수들은 500%(NCAA, 2002), 고등학교 선수들은 900% 증가하였다(NFHHS, 2002). 특히, 농구 경기에 참가한 여자고등학교 선수 65명 당 1명의 비율로 전방십자인대 상해를 입었으며, 그 중 약 7,000명은 전방십자인대가 파열되었다(NFHHS, 2002).

이러한 전방십자인대 부상을 당한 선수들은 막대한 수술비용으로 인한 경제적인 부담감은 물론 경기에 참가하지 못해서 받게 되는 불안감, 부상재발의 염려 등과 같은 심리적인 압박감에도 시달리게 된다. 또한 전방십자인대 수술 후유증으로 골관절염 진단을 받을 위험이 105배 증가한다(Deacon, Bennell, Kiss, Crossley, Brukner, 1997).

이와 같이 전방십자인대 상해 치료비용과 후유증의 문제로 말미암아 요즘에는 치료와 재활의 관점에서 사전에 부상을 방지하는 상해 기전(mechanism)과 예방의 관점으로 이동하고 있다(Hewett, Stroupe, Nance, & Noyes, 1996; Ford et al., 2003; Myklebust et al., 2003). 최근에 선수들은 전방십자인대 손상 예방을 위해 무릎보호대를 착용하는 경우가 많다.

무릎보호대는 운동 기능은 발휘하도록 하되, 비정상적인 움직임은 예방하는 목적으로 고안되었다. 특히, 대퇴골(femur)에 대해서 경골(tibia)이 과도하게 앞쪽 방향으로 이동을 못하도록 해주는 기능을 한다(DeVita, Torry, & Glover, 1996). 이러한 기능을 통해 운동수행력의 향상(Rebel & Paessler, 2001), 넙다리네갈래근(quadriceps)의 활동 감소(Ramsey, Wretenberg, Lamontagne, & Nemeth, 2003), 전방십자인대에 가해지는 과도한 부하 감소(Fleming, Renstrom, Beynnon, Engstrom, & Peura, 2000) 등과 같은 효과가 있다. 반면에 높은 부하나 예상하지 못한 부하가 가해졌을 때 무릎을 보호하지 않는다는 연구도 보고되었다(Vails & Pink, 1993). 이렇듯 무릎보호대의 효험이나 이득은 아직까지 논란이 많은 실정이다.

무릎 보호대의 효과를 검증하기 위한 많은 연구들은 걷기나 뛰기와 같은 운동 상태에 국한되어 진행되어졌

다(DeVita et al., 1996; DeVita, Lassiter, Hortobagyi, & Torry, 1998). DeVita 등(1998)은 전방십자인대 수술을 받은 환자 7명이 3주가 지난 시점에서 1.26m/s의 속도로 걸을 때, 무릎보호대를 착용하였을 때 넙다리네갈래근의 근육 활동이 감소되었으며, 이러한 활동 감소는 전방십자인대에 가해지는 부하를 감소시키는 원인이라고 하였다.

지금까지 이러한 무릎 보호대는 예방의 차원 보다는 이미 상해를 입은 후 재발 방지 또는 재활 훈련 때 무릎을 보호하기 위한 역할로서 인식되어져 왔다. 이에 본 연구자는 걷기나 뛰기 동작 보다 전방십자인대에 더 큰 부하가 가해지는 농구의 리바운드 점프 후 착지 동작에서 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과를 규명하고자 본 연구를 수행하였다.

본 연구의 목적은 여자 고등학교 농구 선수들이 리바운드 점프 후 착지 시 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과를 규명하는 데 있다.

본 연구의 목적을 달성하기 위해 세운 가설은 무릎 보호대를 착용하고 농구 리바운드 점프 후 착지할 때 전방십자인대에 부하를 증가시키는 대퇴 내측 회전 동작(무릎의 내측회전)을 감소시키고, 넙다리네갈래근의 활동이 감소하는지를 검증하는 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구에 참가한 연구 대상자는 17~19(17.9±0.8)세 사이의 여자 농구선수 13명이다. 현재 부상 중이거나 과거에 부상 경험이 있는 선수들은 본 실험에서 제외하였다. 또한, 예전에 무릎 부상 경험이 있던 선수들도 본 실험에서 제외하였다. 부모, 학교장과 관할 교육청의 실험 참가 동의를 얻어서 본 연구를 수행하였다.

2. 측정 도구

고해상도 비디오카메라(HDR-FX1 3대, DCR-VX2100

3대, Sony Corporation) 6대를 사용하였으며, 노출시간은 1/500초, 카메라의 속도는 초당 30프레임으로 설정하였다. 근전도는 8채널 무선 노락슨(NORAXON MyoResearch, USA) 시스템을 사용하여 측정하였다.

영상분석과 근전도 신호의 동조는 동조시스템박스(VSAD-101USB, Visol Co)를 사용하였다. 영상분석 신호와 근전도 신호는 동조시스템박스에 2대의 LED와 근전도의 동조(sync)채널이 연결되어 있어 동조 버튼을 누르면 2대의 LED에 불빛이 생성되어 6대의 카메라에 불빛 신호가 기록되고, 동시에 근전도에 TTL신호가 발생되게 하여 동조시켰다.

3. 실험절차

본 실험에 사용된 무릎보호대(ZAMST ZK-7, SIGMAX, Japan)는 <그림 1>과 같으며, 전방십자인대를 보호하도록 제작되었다.

공간 좌표 설정을 위해 통제점 틀을 농구 리바운드 동작을 완전히 포함할 수 있을 정도의 범위에 세웠다. DLT방법으로 3차원 좌표를 구하기 위한 촬영준비가 완료된 후, 먼저 비디오카메라를 작동시켜 통제점 틀을 촬영하였다. 그런 다음 관절의 중심점을 찾기 위해 양발을 20cm 평행하게 유지한 정지 자세(static trial)를 약 3초간 촬영하였다. 촬영 전에 충분히 농구 리바운드 동작 적응연습을 실시한 후 본 실험을 수행하였다. 근전도 분석을 위해 대퇴이두근과 대퇴직근에 표면전극(surface electrode)을 부착하였다. 농구 리바운드 동작은 두 번 연속으로 천장에 매달린 농구공을 점프해서



그림 1. 무릎보호대

잡도록 하였다. 평소 연습하고 경기할 때 사용하는 농구화를 신고 실험하였다. 각 연구대상자별로 3번씩 시행하였다.

4. 자료처리 방법

본 연구에서 통제점 좌표화와 인체 관절 중심점의 좌표화, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 자료의 스무딩은 Kwon 3D (version 3.1, Visol) 동작분석 프로그램을 사용하였다. 근전도 자료의 처리는 근전도 분석 프로그램(MyoResearch v4.0, NORAXON Co.)을 사용하였다.

5. 마커의 부착

인체의 운동학적 변인을 산출하기 위해 반사 마커를 좌·우 상전장골극(Anterior Superior Iliac Spine, ASIS), 상후장골극(Posterior Superior Iliac Spine, PSIS), 좌·우 대전자(Great Trochanter), 좌·우 대퇴 중앙지점(mid thigh), 좌·우 외측상과(Lateral Condyle), 좌·우 내측상과(Medial Condyle), 좌·우 하퇴 중앙지점(mid shank), 좌·우 외과(Lateral Malleolus), 좌·우 내과(Medial Malleolus), 좌·우 뒤꿈치(Heel), 좌·우 앞꿈치(Toe)에 부착하였다.

6. 3차원 좌표계산

동조된 2차원 좌표 쌍으로부터 3차원 좌표 계산은 DLT(direct linear transformation) 방법을 이용하였다. 통제점을 사용하여 DLT 계수를 구한 후, 통제점을 치우고 운동체의 3차원 실공간 좌표를 얻었다. 3차원 좌표값을 계산할 때 여러 가지 원인에 의해 노이즈(noise)가 발생하는데, 이러한 노이즈에 의한 오차를 제거하기 위하여 스무딩(smoothing)을 행하였다. 본 연구에서는 저역 통과 필터(lowpass filter) 방법에 의해 스무딩하고, 차단 주파수는 9Hz로 설정하였다(Ford et al., 2003). 각 연구대상자별로 수행한 3번의 시행 수를 분석하였다.

7. 관절 중심의 계산

엉덩 관절 중심은 Tylkowsky 방식(Tylkowsky, Simon & Mansour, 1982)을 사용하여 계산하였다. 무릎과 발목 관절의 중심은 Midpoint 방식을 사용하여 계산하였다.

8. 무릎 굴곡 각도와 대퇴 내/외측 회전 각도의 정의

무릎굴곡 각도는 대퇴와 하퇴가 이루는 절대각도이며, 대퇴 내/외측 회전 각도는 대퇴와 하퇴의 방위각(orientation angle, Z좌표)으로 정의하였다. 즉, 대퇴 내/외측 회전 각도는 하퇴에 대해 대퇴가 얼마나 무릎 안쪽(medial direction) 또는 바깥쪽(lateral rotation)으로 회전하는가를 의미하는 것이다. (+)값은 내측회전(medial rotation)을 (-)값은 외측회전(lateral rotation)을 의미한다.

9. 근전도 자료산출

실험을 통해서 얻은 근전도(raw EMG)를 필터링(recursive digital filter, Matlab Elliptic filter, 10-350Hz band pass)하고, 정류(full-wave rectified)하였다. 대퇴 이두근과 대퇴직근의 활동비율은 아래 공식과 같이 계산하였다. 농구 리바운드 동작의 지면 착지구간에서의 적분근전도(IEMG)를 산출한 후 계산하였다.

$$EMG \text{ ratio}(\%) = \frac{\text{대퇴직근 IEMG}}{\text{대퇴이두근 IEMG} + \text{대퇴직근 IEMG}} \times 100$$

10. 통계처리

통계처리는 SPSS 12.0 for window 프로그램으로 농구 리바운드 점프 후 착지 시 무릎보호대의 착용 유무에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 변인의 차이를 규명하기 위하여 중속 t-test를 실시하였다. 가설 검증을 위한 유의 수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과 및 논의

농구 리바운드 점프 동작에서 무릎보호대 착용 유무에 따른 무릎의 근신경 생체역학적 변인의 차이는 <표 1>과 같다.

<표 1>에서 여자농구 선수들은 무릎보호대를 착용하고 농구 리바운드를 하였을 때와 무릎보호대를 착용하지 않고 리바운드를 하였을 때를 비교한 결과, 점프 높이와 무릎 최대 굴곡각도에서는 차이가 없는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 무릎보호대가 리바운드 점프 높이 즉, 운동수행력에는 영향을 미치지 않는 것을 의미한다. 또한, 점프 후 착지할 때 발생하는 충격력을 감소시키는 데 관여하는 무릎 최대 굴곡각도에서도 영향을 미치지 않았다.

여자농구 선수들은 무릎보호대를 착용하고 농구 리바운드를 하였을 때가 무릎보호대를 착용하지 않고 리바운드를 하였을 때보다 대퇴 최대내측회전각도(무릎 내측회전)가 더 작게 나타났다<표 1>. 무릎의 내측회전이 증가된 여자선수들은 관절을 조절하는 능력이 감소되어, 무릎 부상의 위험이 더 커진다. 이것은 무릎의 굴곡근(hamstrings and gastrocnemius)뿐만 아니라, 외전근(abductors)과 내전근(adductors)의 수축 형태의 변화에 영향을 미치게 된다(Myer, Ford, & Hewett, 2002). 무릎관절에서 근신경 조절능력이 감소하면 무릎관절이 경직(stiffness)하게 되어 인대 부상 위험이 증가한다(Ford et al., 2003). Ford 등(2003)은 드롭수직점프에서 여자 고등학교 농구 선수들은 남자 선수들에 비

표 1. 무릎보호대 착용 유무에 따른 착지구간에서의 무릎의 근신경 생체역학적 변인

변인	착용유무	무릎보호대 미착용	무릎보호대 착용
점프 높이 (cm)		22.8 ± 3.99	22.5 ± 3.8
무릎 최대 굴곡각도 (°)		89.52 ± 10.49	91.39 ± 11.47
대퇴 최대내측회전각도 (°)		9.13 ± 5.02	6.48* ± 2.38
대퇴직근 활동비율 (%)		75.01 ± 5.63	70.19* ± 6.31

*p<.05

해 무릎 내측회전이 11도 더 크게 나타났다고 보고하면서, 이는 여자선수들이 드롭수직점프 할 때 전방십자인대에 스트레스가 더 많이 가해지는 것이라고 하였다. 본 연구에서도 무릎보호대를 착용하지 않은 여자선수들이 착용한 여자선수들보다 무릎 내측회전이 약 3도 정도 더 많이 회전하는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과는 무릎보호대를 착용하였을 때 전방십자인대에 가해지는 스트레스가 감소하였다는 것을 의미한다.

여자농구 선수들은 무릎보호대를 착용하고 농구 리바운드를 하였을 때가 무릎보호대를 착용하지 않고 리바운드를 하였을 때보다 대퇴직근 활동비율이 더 감소하였다<표 1>. Hewett, Myer, & Ford(2001)는 넙다리네갈래근(quadriceps)의 활동이 증가하고 뒤넙다리근(hamstrings)의 활동과 근력이 감소하면 무릎이 불안정하게 되어 무릎 부상이 증가한다고 하였다. 무릎보호대는 구심성 신경에 영향을 미쳐 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근의 활동을 조정한다. 즉, 무릎보호대는 고유수용기의 메커니즘으로 작용한다고 하였다(Nemeth, Lamontagne, Tho, & Eriksson, 1997). 결국, 근육활동에 대한 적응은 대퇴골에 대해서 경골의 앞쪽 방향으로 움직임의 감소시켜 전방십자인대에 가해지는 부하를 줄여준다(Sinkjaer & Arendt-Nielsen, 1991). 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근의 협력 작용이 관절을 보호하며(Branch, Hunter, & Donath, 1989), 무릎에서 신축성 넙다리네갈래근의 활동과 외번토크가 결합되었을 때 전방십자인대에 가장 큰 부하가 가해진다(Arms, Pope, Johnson, Fischer, Arvidsson, & Eriksson, 1984). 전방십자인대 손상을 입은 환자가 무릎보호대를 착용하고 방향전환 과제를 수행했을 때 뒤넙다리근과 넙다리네갈래근의 근육 활동이 감소되었다(Branch, Hunter, & Donath, 1989; Wojtys, Kothari, & Huston, 1996). 걸을 때 넙다리네갈래근의 활동 감소는 무릎 파워 감소의 원인이라고 하였다. 이와 같은 결과는 무릎보호대가 전방십자인대 손상을 입은 환자들의 생체역학적 적응에 영향을 미치는 것이다. 결론적으로 무릎보호대를 착용하였을 때 대퇴직근의 활동비율이 감소하였다는 의미는 전방십자인대에 가해지는 부하가 줄어들었다는 것을 의미한다.

IV. 결론

여자 고등학교 농구 선수들이 리바운드 점프 후 착지 시 무릎보호대가 무릎의 근신경 생체역학적 변인에 미치는 효과를 규명해서 얻은 결론은 다음과 같다.

여자농구 선수들은 무릎보호대를 착용하고 농구 리바운드를 하였을 때가 무릎보호대를 착용하지 않고 리바운드를 하였을 때보다 대퇴 최대 내측회전각도와 대퇴직근의 활동비율이 더 감소하였다. 이는 무릎보호대가 무릎 관절을 더 안정하게 하여 전방십자인대에 가해지는 부하를 줄여준 기능을 한 것이다.

참고 문헌

- Andriacchi, T., & Birac, D. (1993). Functional testing in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Clin. Orthop Rel Res*, 288, 40-47.
- Arms, S. W., Pope, M. H., Johnson, R. J., Fischer, R. A., Arvidsson, I., & Eriksson, E. (1984). The biomechanics of anterior cruciate ligament rehabilitation and reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 12, 8-18.
- Berchuck, M., Andriacchi, T., Bach, B., & Reider, B. (1990). Gait adaptations by patients who have a deficient anterior cruciate ligament. *J Bone Jt Surg*, 72, 871-877.
- Branch, T., Hunter, R., & Donath, M. (1989). Dynamic EMG analysis of anterior cruciate deficient legs with and without bracing during cutting. *American Journal of Sports Medicine*, 17, 35-41.
- Daniel, D. M., Stone, M. L., & Dobson, B. E. (1994). Fate of the ACL-injured patient: A prospective outcome study. *American Journal of Sports Medicine*, 22(5), 632-644.
- Deacon, A., Bennell, K., Kiss, Z. S., Crossley, K., & Brukner, P. (1997). Osteoarthritis of the knee

- in retired, elite Australian Rules footballers. *The Medical Journal of Australia*, 16(4). 187-190.
- DeVita, P., Lassiter, T. Jr., Hortobagyi, T., & Torry, M. (1998). Functional knee brace effects during walking in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 26(6). 778-784.
- DeVita, P., Torry, M., & Glover, K. L. (1996). A functional knee brace alters joint torque and power patterns during walking and running. *Journal of Biomechanics*, 29. 583-588.
- Fleming, B. C., Renstrom, P. A., Beynnon, B. D., Engstrom, B., & Peura, G. (2000). The influence of functional knee bracing on the anterior cruciate ligament strain biomechanics in weightbearing and nonweightbearing knees. *American Journal of Sports Medicine*, 28. 815-824.
- Ford, K. R., Myer, G. D., & Hewett, T. E. (2003). Valgus knee motion during landing in high school female and male basketball players. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 35(10). 1745-1750.
- Hewett, T. E., Lindenfeld, T. N., Riccobene, J. V., & Noyes, F. R. (1999). The effects of neuromuscular training on the incidence of knee injury in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 27. 699-705.
- Hewett, T. E., Stroupe, A. L., Nance, T. A., & Noyes, F. R. (1996). Plyometric training in female athletes: decreases impact forces and increased hamstring torques. *American Journal of Sports Medicine*, 24(6). 765-773.
- Meeuwisse, W. H., Sellmer, R., & Hagel, B. E. (2003). Rates and risks of injury during intercollegiate basketball. *American Journal of Sports Medicine*, 31(3). 379-385.
- Myer, G. D., Ford, K. R., & Hewett, T. E. (2002). A comparison of medial knee motion in basketball players when performing a basketball rebound. *Medicine Science and Sports in Exercise*, 34. S5.
- Myklebust, G., Maehlum, S., Holm, I., & Bahr, R. (1998). A prospective cohort study of anterior cruciate ligament injuries in elite Norwegian team handball. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 8(3). 149-153.
- NCAA(2002). *NCAA injury surveillance system summary*. National Collegiate Athletic Association, Indianapolis, www.ncaa.org
- Németh, G., Lamontagne, M., Tho, K. S., & Eriksson, E. (1997). Electromyographic activity in expert downhill skiers using functional knee braces after anterior cruciate ligament injuries. *American Journal of Sports Medicine*, 25. 635-641.
- NFHS(2002). *High School Participation Survey*. Indianapolis: National Federation of State High School Associations.
- Powell, J. W., & Barber-Foss, K. D. (2000). Sex-related injury patterns among selected high school sports. *American Journal of Sports Medicine*, 28. 385-391.
- Ramsey, D. K., Wretenberg, P. F., Lamontagne, M., & Nemeth, G. (2003). Electromyographic and biomechanic analysis of anterior cruciate ligament deficiency and functional knee bracing. *Clinical Biomechanics*, 18. 28-34.
- Rebel, M., & Paessler, H. H. (2001). The effect of knee brace on coordination and neuronal leg muscle control: an early postoperative functional study in anterior cruciate ligament reconstructed patients. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc*, 9. 272-281.
- Sinkjaer, T., & Arendt-Nielsen, L. (1991). Knee stability and muscle coordination in patients

with anterior cruciate ligament injuries: an electromyographic approach. *J Electromyography Kines*, 1. 209-217.

Tylkowski, C. M., Simon, S. R., & Mansour, J. M. (1982). *Internal rotation gait in spastic cerebral palsy in the hip*. Proceedings of the 10th Open Scientific Meeting of the Hip Society, (Edited by Nelson, J. P.), 89-125. Mosby, St. Louis.

Vailas, J. C. & Pink, M. (1993). Biomechanical effects of functional knee bracing. Practical implications. *Sports Medicine*, 15. 210-218.

Wojtys, E. M., Kothari, S. U., & Huston, L. J. (1996). Anterior cruciate ligament functional brace use in sports. *American Journal of Sports Medicine*, 24. 539-546.

투 고 일 : 10월 31일

심 사 일 : 11월 6일

심사완료일 : 12월 14일