



여성 호르몬이 무릎의 느슨함(laxity)에 미치는 영향

The Effect of Female Hormone on Knee Joint Laxity

박상균*(부산경제진흥원 신발산업진흥센터)

Park, Sang-Kyoon*(Busan Economic Promotion Agency, Footwear Industrial Promotion Center)

국문요약

연구의 목적은 여성 호르몬 변화가 무릎의 느슨함에 영향을 미치는지에 관한 연구가 실시되었다. 23명의 여성피험자들이 본 실험에 참여하였다. 각 피험자의 호르몬 주기 중에 세 차례에 걸쳐 에스트라디올과 프로제스테론을 혈액을 통해서 산출되었다. 첫 번째 측정은 호르몬주기의 초기 중 3일과 7일 사이에, 두 번째 측정은 배란측정기를 통해서 에스트로겐의 최고치 측정 후 24시간에서 48시간 후인 배란기에 실시되었다. 세 번째 측정은 28일의 평균 호르몬주기를 기준으로 두 번째 측정 후 약 7일이 지난 후에 실시되었다. 무릎 관절의 느슨함 정도가 측정기기(KT-2000)를 통해서 호르몬 수치와 함께 동시에 측정되었다. 다중회귀분석을 통해서 호르몬의 수치와 무릎의 느슨함 정도가 각 시기별로 비교되었다. 호르몬의 수치들은 세 차례의 시기 간에 차이가 있었다. 무릎의 느슨함은 각각 호르몬 배란기 동안에 증가를 나타내었다. 다중 회귀방정식을 통해서 20lb와 30lb의 부하 수준에서 77.9%에서 80.9%의 예측수준을 나타내었고 두 호르몬 간에 관계가 관절의 느슨함에 상호 상쇄적인 영향을 미치는 것으로 나타났다. 따라서 호르몬의 수치가 무릎의 느슨함을 적절하게 예측할 수 있었다. 이러한 결과를 통해서 개인의 호르몬 수치의 프로파일을 통해서 관절의 느슨함과 같은 관절의 특성을 이해하고 이를 통해서 스포츠 상황에서의 관절 상해에 관한 유용한 정보를 제공할 수 있겠다.

ABSTRACT

S. K. PARK. The Effect of Female Hormone on Knee Joint laxity. Korean Journal of Sport Biomechanics, Vol. 19, No. 1, pp. 99-106, 2009. The purpose of this study was to determine whether hormone levels change knee laxity in healthy females. Twenty three healthy females were recruited for the study. Serum estradiol and progesterone levels were recorded three times during the subjects' menstrual cycles. The first measurements were taken between day 3 and 7 of the follicular phase and the second data collection coincided with ovulation, 24 to 48 hours after the estrogen surge detected by an ovulation predictor kits. Based on a 28 day cycle, the third data collection occurred approximately 7 days later during the luteal phase. Knee joint laxity was recorded at the same intervals with a KT 2000 arthometer. Hormone levels and phases were compared to passive knee joint laxity with multiple regression analysis. Estradiol and progesterone levels differed significantly across the three tests. Knee joint laxity increased during ovulation. Based on a multiple regression analysis, estradiol and progesterone levels predicts 77.9% to 80.9% of the laxity at 20lb and 30lb loads. An antagonistic relationship between estradiol and progesterone was found when testing for knee laxity. Serum hormone levels have moderate power in predicting knee joint laxity. Individual hormonal profiling in female athletes would allow researchers to access the structural properties of the ACL, such as the laxity which may provide beneficial information to understand female ACL injury mechanism in sports activity.

KEYWORDS : ACL, KNEE LAXITY, ESTRADIOL, PROGESTERONE, MULTIPLE REGRESSION ANALYSIS

I. 서론

여성들의 스포츠 상황에서 높은 관절 상해의 비율에 관해서 많은 연구들이 진행되어 있다. 예를 들어 여성들이 남성보다 스포츠 상황에서 겪는 전방십자 인대의 부상이 2배에서 8배까지 높다고 보고되어지고 있다 (Arendt & Dick 1995). 이러한 연구들이 여성의 해부학적인 차이점(Cowan, Jones, Frykman, Polly, Harman, Rosenstein & Rosenstein, 1996)이나 스포츠 상황에서 움직임(Heiderscheit, Hamill & Caldwell, 2000; Stefanyshyn, Stergiou, Nigg, Rozitis & Goepfert, 2003)의 형태가 다른 점들이 상해와 밀접하게 연관 될 것 이라고 알려지고 있다. 해부학적인 차이점들로는 여성의 골반에서 무릎과 무릎에서 발목까지 이르는 각도(Q-angle)가 크거나(Huston, Green & Wojtys, 2000) 전방십자 인대 (ACL) 주변의 무릎을 중심으로 한 구조적인 차이점들(예: greater patella tendon-tibia shaft angle, narrower femoral intercondylar notch)이 여성들의 스포츠 상황에서의 무릎 상해를 증가하는 요인들로 소개되어왔다(Nunley, Wright, Renner, Yu & Garrett, 2003; Shelbourne, Davis, & Klootwyk, 1998). 남성과 여성의 스포츠 상황에서 움직임의 차이들로는 발의 지나친 회내(pronation)이나 방향전환이나 점프와 착지 시 큰 무릎의 외반슬각(valgus)과 작은 굴곡각(flexion)등이 제시되어져 왔다(Chappell, Yu, Kirkendall & Garret, 2002; Decker, Torry, Wyland, Sterett & Richard Steadman, 2003; Heiderscheit et al., 2000). 또한, 여자 운동선수들의 경우 방향전환동작이나 착지동작에서 무릎에서 발생하는 부하가 크게 나타난다고 보고되어진다(Chappell et al., 2002). 최근의 연구에서는 관절의 감각인지 능력(proprioception)이나 근육의 반응능력 등 관절의 방어 기전이 남성 선수들에 비해 떨어진다고 하였다(Rozzi, Lephart, Gear & Fu, 1999). 하지만 대부분 연구들은 성별의 차이를 통한 성별간의 상해의 차이를 연구하고 있는 반면에 어떤 여성들이 상해의 위험에 노출되어 상해를 발생하는지 등이 연구되고 있지 못하고 있는 실정이다. 예를 들어, 모든 여성들이 상해에 노출되지는 않고 특정 여성들의 경우 실제 상해에 노출되기

때문에 보다 구체적으로 여성들의 상해의 원리를 다른 연구들이 요구되어 진다.

최근에 연구에서 여성 호르몬의 영향이 관절의 특성을 변화시키고 이로 인해 상해의 위험을 증가시킨다는 연구들이 제시되고 있다. 그중 여성 호르몬 영향으로 무릎의 느슨함(laxity)에 영향을 미치고 이로 인해 동적인 상황에서 관절의 기능을 저하시킨다고 추측되어진다(Shultz, Carcia & Perrin, 2004). 관절의 느슨함은 일반적으로 이완시 관절의 느슨함(losseness)정도를 의미하며 근육의 이완 상황에서 측정도구를 이용하여 전후 방향으로 정도를 측정한다(그림 2). 몇몇 연구들에서 관절의 느슨함은 에스트로젠(estrogen)의 수치가 높은 배란기(28일 주기 중 10일에서 14일)를 중심으로 증가(Deie, Sakamaki, Sumen, Urabe & Ikuta, 2002; Heitz, Eisenman, Beck & Walker, 1999)하고 이때 관절의 상해의 빈도도 증가한다고 보고하고 있다(Wojtys, Huston, Lindenfeld, Hewett & Greenfield, 1998; Wojtys, Huston, Boynton, Spindler & Lindenfeld, 2002). 하지만 이들의 연구에서도 호르몬 주기와 관절의 변화(예: joint laxity, joint stiffness)가 어떠한 관계가 있는지에 관해서 의견이 분분한 현실이다. 뿐만 아니라, 여성 호르몬과 무릎 관절의 느슨함과의 관계에 관한 선행연구들에서 무릎의 느슨함 측정의 신뢰성(reliability or repeatability)이나 피험자의 선택과 피험자수의 선정(sample size)과 관련한 제한점들이 제시되어지고 있다(Zazulak, Paterno, Myer, Romani & Hewett, 2006). 따라서 본 연구의 목적은 이러한 선행연구들에서 제시된 제한점들을 고려하여 호르몬 주기에 따라 관절의 특성 중 무릎의 느슨함에 어떻게 변하는지에 관한 결과를 제시함으로써 추후의 호르몬의 영향을 받은 관절의 상해의 원리를 연구하는데 기초 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

23명의 신체 건강한 여성들이 본 연구에 참가 하였다(age: 22.82(3.56)years, height: 170.82(7.08)cm, weight: 65.71(9.83)kg, average menstrual cycle: 28.86(2.91)days,

activity levels: 8.65(4.72)hours/week). 실험 참여는 관절 상해의 경력이 없고 정상적인 호르몬 주기를 가진 여성들로 경구피임약(oral contraceptive)을 사용하지 않는 대상을 포함하였다. 피험자들은 실험이 실시되기 전에 대학 윤리위원회의 심의를 거쳐 작성된 실험동의서를 작성하였다(Grant ID: 18200, March 10, 2005). 피험자의 실험이 시작되기 전 피험자의 호르몬주기에 관한 조사와 실험장비에 대한 소개를 실시하였다.

실험은 3차에 걸쳐서 수집되었으며 1차 실험은 호르몬 주기의 초기(3~7일 사이)에 에스트로겐(estrogen)과 프로게스테론(progesterone) 수치가 낮을 때에 이루어졌다. 2차 실험은 배란측정기(Clearblue, Beford, UK)를 통해서 에스트로겐의 최대치를 측정하여 배란기에 이루어졌다. 연구자에 의해서 구체적인 배란측정기의 사용법이 피험자에게 설명되었다. 3차 실험은 28일의 호르몬주기를 기준으로 2차 실험 후 약 7일후 이루어졌다(그림 1).

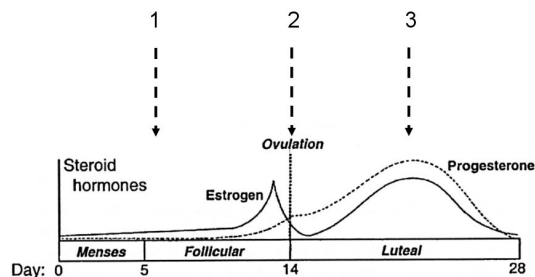


그림 1. 호르몬 주기 간에 3차에 걸친 실험 (1: Follicular phase (주기의 초기), 2: Ovulation (배란기), 3: Luteal phase (주기의 후기))

각 실험 실시간에는 생화학전공자(biochemist)에 의해서 3.5mL의 혈액이 피험자로부터 채취되었고 20분정도 후 원심분리기(Thermo Fisher Scientific, Waltham, MA)를 이용하여 3000rpm 속도로 약 10분간 처리하여 1cc의 혈청(serum)이 수집되었다. 이를 해당지역 호르몬 분석실험실에서 에스트로디올(Estradiol)과 프로제스트론(progesterone)의 수치를 측정하였다.

또한 무릎의 느슨함은 측정기(KT-2000 arthrometer, MEDmetric Corp., San Diego, CA)를 이용하여 89N(20lb)과 133N(30lb)의 부하 그리고 최대 부하(maximum manual load)에서의 각각의 무릎의 전방방

향으로의 변위(mm)를 계산하였다. 또한 측정에 있어서 신뢰성(reliability) 있는 자료의 획득을 위해서 한명의 측정자에 의해서 모든 계측이 이루어졌다. <그림2>에서 보는 바와 같이, 피험자는 등을 대고 누워서 측정 시 무릎의 30도의 굴곡각(flexion)을 유지하였다. 이를 위해서 대퇴 밑에 지지대(thigh support)를 이용하였고 발목과 대퇴에 띠(strap)를 이용하여 하지의 외전(abduction)을 예방하였다.



그림 2. 무릎의 느슨함(laxity)을 측정하기 위한KT-2000

3차에 걸쳐 이루어진 실험결과는 호르몬의 차이와 무릎관절의 느슨함의 차이를 분석하기 위해서 반복측정법(Repeated ANOVA)을 실시하였고 사후검증으로는 Two-tail t-test를 이용하여 각 시기간의 차이를 알아보고 이때 Bonferroni 보정값을 이용하여 P 값을 총 비교되는 수(n=3)로 나누어 통계적 유의도가 산출되었다. 또한 각 호르몬의 수치를 통해서 무릎관절의 느슨함을 예측하도록 다중회귀분석(Multiple regression analysis) 모델을 제시하였다(SPSS for Windows, v.14.0, SPSS Inc, Chicago IL; $\alpha=.05$).

III. 연구결과

3차에 걸쳐 이루어진 혈액 채취를 통한 호르몬의 수치는 각 실험간 유의한 차이를 나타내었다(표 1, $P<.001$). 가장 낮은 수치의 에스트로디올과 프로제스트

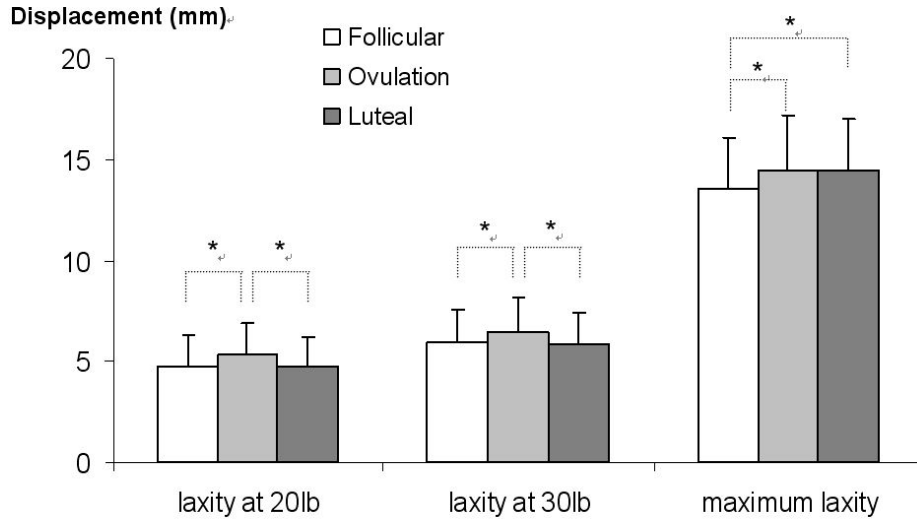


그림 3. 각 부하(20lb: 89N, 30lb: 133N)에서의 무릎의 느슨함(mm) (Follicular: 호르몬주기의 초기, Ovulation: 배란기, Luteal: 호르몬주기의 후기)

표 1. 호르몬 주기 중 각 실험의 시기와 호르몬의 수치 (estradiol & progesterone)

Variable	Follicular Phase	Ovulation	Luteal Phase	P value
Days of testing after onset of menses (days)	6.09 (1.47)	16.13 (3.17)	23.04 (3.30)	0.000*
Estradiol (pmol/L)	158.37 (82.56)	298.70 (155.15)	482.30 (300.97)	0.000*
Progesterone (nmol/L)	3.19 (1.47)	10.52 (7.87)	33.59 (20.76)	0.000*

(*indicate P < 0.05)

표 3. 호르몬 수치를 통해 무릎의 느슨함 (laxity)을 예측하는 회귀방정식

Variables	Constant number	Constant 1 (estradiol)	Constant 2 (progesterone)	r ²
Laxity (mm) at 10lb	1.39900	0.00028	0.00056	0.775*
Laxity (mm) at 20lb	3.16357	0.00047	-0.00160	0.809*
Laxity (mm) at 30lb	4.10251	0.00043	-0.00512	0.779*
Maximum laxity (mm)	11.20625	0.00164	0.00012	0.824*

(*indicate a very good to excellent relationship: r² > 0.750) (Donner and Cunningham, 1983)

표 2. 각 부하(10lb, 20lb, 30lb)에서의 무릎의 느슨함

Variable	Follicular Phase	Ovulation	Luteal Phase	P value
Laxity (mm) at 10lb	2.29 (1.20)	2.60 (0.94)	2.33 (1.25)	0.275
Laxity (mm) at 20lb	4.76 (1.51)	5.37 (1.48)	4.80 (1.38)	0.011*
Laxity (mm) at 30lb	5.98 (1.62)	6.47 (1.73)	5.89 (1.51)	0.015*
Maximum laxity (mm)	13.51 (2.58)	14.45 (2.75)	14.43 (2.59)	0.032*

10lb: 45N, 20lb: 89N, 30lb: 133N (*indicate P < 0.05)

론이 1차 실험에서 나타났다. 반면에 가장 높은 호르몬 수치가 3차 실험에서 나타났다(표 1). 무릎관절의 느슨함은 배란기에서 증가하는 것으로 나타났다. 무릎의 느슨함이 89N(20lb)의 부하에서 배란기 동안에 12.8%의 증가율을 보였고 133N(30lb)에서 8.1%에서 9.8%의 증가율을 나타냈다(표 2, 그림 3). 다중회귀분석(multiple regression analysis)을 통해 무릎의 느슨함을 예측하였다(표 3). 산출된 회귀 방정식은 아래와 같다.

$$\text{Predicted value (laxity: mm)} = \text{constant number} +$$

coefficients + constant 1 * (estradiol(pmol/L)) + constant2 * (progesterone(nmol/L))

이때 coefficients는 각 피험자에 따라 다르게 주어진다.

예를 들어 회귀 방정식(Laxity(mm) = 4.10251 + coefficients + 0.00043 * (estradiol) - 0.00512 * (progesterone))을 통해서 133N(30lb)의 부하에서의 무릎의 느슨함이 약 77.9% ($r^2=0.779$)가 예측되었다. 표3에서 주어진 회귀방정식에서 20lb와 30lb에서의 무릎의 느슨함을 예측하는데 에스트라디올은 양적관계를 프로제스테론은 부적관계를 나타내었다.

IV. 결론

연구의 목적은 호르몬 주기 중 호르몬 수치에 따른 무릎의 느슨함에 미치는 영향을 확인하고자 하였다. 이러한 연구의 목적을 달성하기 위해서 대부분의 선행연구들에서 나타난 제한점들을 보완하여 실험이 실시되었다. 먼저, 대부분의 선행 연구들은 피험자의 수가 20명 이하로 선정되었다. 호르몬 주기 중에 무릎의 느슨함의 통계적 차이로 약 0.6mm를 알아내기 위해서 최소 22명의 피험자가 필요하다고 보고되었다(Deie et al., 2002). 또한 많은 선행연구들에서 피험자의 성격이 통제되지 않은 경우가 많았다. 예를 들어, 연령이나 스포츠 활동 수준이 동일하게 선정되지 못한 부분들이 있었다(Zazulak et al., 2006). 이러한 측면에서 본 연구에서는 23명의 건강하고 스포츠 활동을 주기적으로 하는 피험자들을 대상으로 하였다. 또한 선행연구들에서 무릎의 느슨함을 측정하는데 많은 측정 횟수 등을 이유로 한명 이상의 측정요원이 무릎의 느슨함 측정을 실시하였다. 그리고 정확한 호르몬의 측정과 측정시기의 선정에 미흡한 부분들을 나타내었다. 본 연구에서 이러한 측정의 신뢰성의 향상을 위해서 일인의 측정자 모든 실험을 실시하였고 호르몬 수치 측정과 관련해서는 혈액채취와 함께 배란측정기를 이용하여 최적의 측정시기를 선정하였다. 이러한 부분에서 본 연구가 선행연구들에 비해서

보다 신뢰할만한 자료들을 제공한다고 판단되어진다.

본 연구의 결과에서 배란기 동안에 무릎의 느슨함은 약 8.1%에서 12.8%의 증가율을 보였다. 이러한 결과들은 배란기에 여성의 관절의 느슨함 정도가 증가한다는 몇몇 연구들의 결과와 일치하였다(Deie et al., 2002; Eiling, Bryant, Petersen, Murphy & Hohmann, 2007; Heitz, Eisenman, Beck & Walker, 1999). 무릎의 느슨함은 89N의 부하에서 주기 초기에서는 4.76(1.51)mm와 배란기에서 5.37(1.48)mm 그리고 주기의 말기에서 4.80(1.38)mm의 변화를 가져왔다. 이는 Deie et al(2002)의 선행연구의 4.7(0.8)mm(초기), 5.3(0.7)mm(배란기), 5.2(0.7)mm(말기)와 비슷한 결과를 나타내었다. 비록 Deie et al(2002)의 결과에 비해서 변위가 크게는 나타났지만 본 연구의 반복측정(Repeated ANOVA)의 통해서 배란기 동안에 무릎의 느슨함이 증가하는 것을 나타내었다. 또한 무릎의 느슨함이 배란기(ovulation: 5.37mm)에서 호르몬주기의 말기(luteal phase: 4.76mm)까지 감소하는 경향을 나타내었다. 이러한 무릎의 느슨함의 감소는 선행연구들에서의 배란기에서 호르몬주기의 후기사이에 4.3%-7.4%(Shultz et al., 2004; Shultz, Gansneder, Sander, Kirk & Perrin, 2006)와 10%(Eiling et al., 2007)의 감소현상이 관찰되었다. 이러한 결과는 에스트로디올과 프로제스테론의 수치 간에 무릎의 느슨함에 부적 상관관계가 있음을 나타냈다(Romani, Patrie, Curl & Flaws, 2003). 또한 다중 회귀분석을 이용하여 호르몬의 수치가 무릎의 느슨함을 77.5%에서 82.4%로 예측할 수 있음을 알아내었고 회귀방정식을 통해서도 에스트로디올은 무릎의 느슨함의 증가를 프로제스테론은 감소시키는 역할이 확인하였다.

남녀의 해부학적 차이와 성호르몬과 생체역학적, 운동신경학적 차이들을 통해서 여성의 스포츠 참여에서 상대적으로 높은 전방십자인대(ACL)의 발생 요인이 이해되어 지고 있다. 하지만 대부분의 연구들이 하나의 위험요인을 통해서 상해의 기전을 이해하려는 한계들이 있고 이에 따른 결과들도 일관되지 못한 측면들이 있다. 최근에 와서야 여성의 호르몬이 관절의 특성에 변화(Romani et al., 2003; Slauterbeck, Clevenger, Lundberg & Burchfield, 1999; Yu, Liu, Hatch, Panossian & Finerman, 1999; Yu, Panossian, Hatch, Liu &

Finerman, 2001)를 주고 이러한 변화가 호르몬주기 중에 특정 국면에서 관절에 느슨함에 영향을 주어 나아가 상해의 기전에 주요한 영향을 미칠 것이라고 연구되어 졌다(Shultz et al., 2004).

본 연구의 결과를 포함해서 연구들에서 적은 수준이지만 일관되게 배란기에 무릎의 느슨함이 증가하는 경향을 나타내었다(Deie et al., 2002; Eiling et al., 2007; Heitz et al., 1999). 또한 측정된 무릎의 느슨함은 에스트로겐의 수치에 주요한 영향을 받고 호르몬 후기에는 프로제스테론에 의해서 효과가 감소하는 것으로 나타났다. 선행연구에서 호르몬의 수치와 여성의 상해의 빈도가 높은 상관관계를 나타낸다고 하였다. 선행연구들에서 에스트로겐의 영향을 가장 많이 받는 배란기에 상해의 빈도 또한 증가한다는 보고들이 있다(Wojtys et al., 1998, 2002). 이러한 결과들을 통해서 호르몬의 수치와 무릎의 느슨함, 그리고 상해의 빈도 간에 밀접한 관련이 있을 것이라고 의심되어지고 있다.

증가된 무릎의 느슨함은 운동 중 관절의 기능을 저하시키는 결과를 가져온다고 하였다. 예를 들어 근육활동의 타이밍(Bell & Jacobs, 1986)이 늦게 이루어지거나 관절의 조절감각(Rozzi et al., 1999)에 영향을 준다고 보고되고 있다. 따라서 관절의 무릎의 느슨함이 증가했을 때 외부의 부하에 대한 반응하기 위한 준비시간(pre-activation)이 적을 것이다. 특히 대퇴근의 근육활동 타이밍의 지연이나 상대적으로 높은 대퇴근의 활동이 전방십자인대(ACL)의 부하를 증가시킨다고 예상되어진다. 그러한 이유는 해부학적으로 대퇴근이 슬개골의 건(tendon)에 부착되어 대퇴근의 활동이 증가하면 전방십자인대가 동작 간에 무릎의 안정성을 유지하기 위해서 반응하여야 한다. 또한 감소된 관절 조절능력(joint proprioception)은 근육들의 협응 능력을 저하시킴으로써 관절의 상해의 방어기전의 능력을 떨어뜨리는 결과를 나타낼 것으로 생각되어진다. 관절 조절 능력 중에 각도를 정확하게 제어할 수 있는 능력이 느슨한 관절을 가진 여성 피험자들의 경우 측면에서의 무릎관절의 10도에서 15도의 굴곡각에서 관절 각도를 반복 수행하는데 큰 오차를 나타낸다고 보고되었다(Rozzi et al., 1999; Shultz et al., 2004). 이에 따라 여성의 호르몬 주기 중에 관절의 느슨함의 변화는 관절의 기능에 영향을 주고

이로 인해 운동 상황에서의 상해와 밀접한 관련이 있을 것이라고 추측된다.

본 연구에서 피험자들의 배란기동안에 무릎의 느슨함이 증가하고 두 호르몬 수치는 무릎의 느슨함에 상호 상반되는 영향을 보여주었다. 하지만 호르몬주기로 인한 관절의 특성의 변화 즉 무릎의 느슨함의 변화가 어떻게 하지의 운동역학적 위험 변인에 영향을 미치는지 언급되지 못하였다. 지금까지의 대부분의 연구들에서 호르몬이 무릎의 느슨함에 미치는 영향이나 무릎의 느슨함이 상해의 빈도에 연관 되었는지 같은 연구들이 진행되어지고 있다. 매우 적은 수의 연구들이 무릎의 느슨함의 어떻게 운동역학적, 근신경학적 변화에 영향을 주는지에 대해서 연구가 진행된 현실이다. 본 연구의 후속 연구로서 호르몬의 주기 중에서 호르몬 수치와 무릎의 느슨함과의 관계뿐만 아니라 이로 인한 하지의 운동역학적인 요인들을 동일한 시기에 연구하는 것이 상해의 기전을 이해하는데 필요 할 것으로 사료된다.

비록 본 연구에서 호르몬의 수치에 따라 피험자들의 무릎의 느슨함이 영향을 받는다는 결과를 나타냈지만 여전히 연구 간에 통제하지 못한 제한점들이 있다. 먼저 무릎의 느슨함을 측정하는데 피험자가 충분히 긴장을 풀고 있을 때 근활동이 최소화되고 순수한 관절의 느슨함을 측정할 수 있다. 측정 간에 피험자의 근육이 긴장했을 시 관절이 경직되고 느슨함이 감소하게 된다(Küpper, Loitz-Ramage, Corr, Hart & Ronsky, 2007). 둘째로 인체조직에 내재된 수분의 정도에 따라 무릎의 느슨함에 미치는 영향도 달라진다고 하였다. 전방십자인대(ACL)의 3분에 2이상이 수분으로 형성되어 있으며 이러한 사실로 비선형적(non-linear) 점탄성(viscoelastic)의 특성에 영향을 미친다(Chimich, Shrive, Frank, Marchuk & Bray, 1992). 따라서 무릎의 느슨함을 측정할 때의 인체의 수분의 양이 결과에 영향을 미치므로 측정 시 신체의 수분량의 변화를 관찰하는 것도 필요할 수 있다(Himmelfarb, Evanson, Hakim, Freedom, Shyr & Ikizler, 2002). 이외에도 측정도구에서 오는 측정상의 제한점들도 고려될 수 있겠다. 측정 시 유조직(soft tissue)을 압착(compression)해야 하므로 무릎의 느슨함을 과대 추정할 수 있고 피험자의 신체 구성비(body composition)나 신체의 크기에 따라 수치가 영향을 받

을 수 있다(Küpper et al., 2007). 또한 느슨함을 측정하는 데는 점탄성 물질의 특성으로 속도에 민감함으로 이에 따라 일정한 속도로 측정하는 것이 요구되어진다(Weiss, Dardiner & Bonifasi-Lista, 2002). 이러한 무릎의 느슨함 측정에서 발생할 수 있는 통제 가능한 변인들은 숙련된 일인의 연구자에 의해서 모든 측정이 실시되어 실험자에 의해 발생할 수 있는 측정오차들을 최소화하는 노력을 하였다.

참고문헌

- Arendt, E. & Dick, R.(1995). Knee injury patterns among men and women in collegiate basketball and soccer: NCAA data and review of literature. *American Journal of Sports Medicine*, 23, (6), 694-701.
- Bell, D. G. & Jacobs, I.(1984). Electro-mechanical response times and rate of force development in males and females. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 18(1), 31-36.
- Chappell, J. D., Yu, B., Kirkendall, D. T. & Garret, W. E.(2002). A comparison of knee kinetics between male and female recreational athletes in stop-jump tasks. *American Journal of Sports Medicine*, 30(2): 261-267.
- Chimich, D., Shrive, N., Frank, C., Marchuk, L. & Bray, R.(1992). Water content alters viscoelastic behaviour of the normal adolescent rabbit medial collateral ligament. *Journal of Biomechanics*, 25, 831-837.
- Cowan, D. N., Jones, B. H., Frykman, P. N., Polly, D. W., Harman, E. A., Rosenstein, R. M. & Rosenstein, M. T.(1996). Lower limb morphology and risk of overuse injury among male infantry trainees. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 8(8), 945-952.
- Decker, M. J., Torry, M. R., Wyland, D. J., Sterett, W. I. & Richard Steadman, J.(2003). Gender differences in lower extremity kinematics, kinetics and energy absorption during landing. *Clinical Biomechanics*, 18(7), 662-669.
- Deie, M, Sakamaki, Y., Sumen, Y., Urabe, Y. & Ikuta, Y.(2002). Anterior knee laxity in young women varies with their menstrual cycle. *International Orthopaedics*, 26(3), 154-156.
- Donner, A. & Cunningham, D. A.(1983). Regression analysis in physiological research: some comments on the problem of repeated measurements. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 16(4), 422-425.
- Eiling, E., Bryant, A. L., Petersen, W., Murphy, A. & Hohmann, E.(2007). Effects of menstrual-cycle hormone fluctuations on musculotendinous stiffness and knee joint laxity. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 15(2), 126-132.
- Heiderscheit, B. C., Hamill, J. & Caldwell, G. E. (2000). Influence of Q-angle on lower-extremity running kinematics. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 30(5), 271-278.
- Heitz, N. A., Eisenman, P. A., Beck, C. L. & Walker, J. A.(1999). Hormonal changes throughout the menstrual cycle and increased anterior cruciate ligament laxity in females. *Journal of Athletic Training*, 34, 144-149.
- Himmelfarb, J., Evanson, J., Hakim, R. M, Freedom, S., Shyr, Y. & Ikizler, T. A.(2002). Urea volume of distribution exceeds total body water in patients with acute renal failure. *Kidney International*, 61, 317-323.
- Huston, L. J., Green, M. L. & Wojtyls, E. M.(2000). Anterior cruciate ligament injuries in the female athlete: potential risk factors. *Clinical Orthopaedic and Related Research*, (372): 50-63
- Heiderscheit, B. C., Hamill, J. & Caldwell, G. E.(2000). Influence of Q-angle on lower-extremity running kinematics. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*, 30(5), 271-278.

- Küpper, J. C., Loitz-Ramage, B., Corr, D. T., Hart, D. A. & Ronsky, J. C.(2007). Measuring knee joint laxity: a review of applicable models and the need for new approaches to minimize variability. *Clinical Biomechanics*, 22, 1-13.
- Nunley, R. M., Wright, D. W., Renner, J. B., Yu, B. & Garrett, W. E.(2003). Gender comparison of patellatendon tibial shaft angle with weight-bearing. *Research in Sports Medicine*, 11, 173 - 185.
- Romani, W., Patrie, J., Curl, L. A. & Flaws, J. A.(2003). The correlations between estradiol, estrone, estriol, progesterone, and sex hormone-binding globulin and anterior cruciate ligament stiffness in healthy, active females. *Journal of Women's Health*, 12(3), 287-298.
- Rozzi, S. L., Lephart, S. M., Gear, W. S. & Fu, F. H. (1999). Knee Joint Laxity and Neuromuscular Characteristics of Male and Female Soccer and Basketball Players. *American Journal of Sports Medicine*, 27, 312-319
- Shelbourne, K., Davis, T. & Klootwyk, T.(1998). The relationship between intercondylar notch width of the femur and the incidence of anterior cruciate ligament tears. *American Journal of Sports Medicine*, 26, 402-408.
- Slauterbeck, J., Clevenger, C., Lundberg, W. & Burchfield, D. M.(1999). Estrogen level alters the failure load of the rabbit anterior cruciate ligament. *Journal of Orthopaedic Research*, 17(3), 405-408.
- Stefanyshyn, D. J., Stergiou, P., Nigg, B. M., Rozitis, A. I. & Goepfert, B.(2003). *Do females require different running footwear?* Proceedings of the Sixth Symposium on Footwear Biomechanics, July 3-5, Queensland, New Zealand, 91-92.
- Shultz, S. J., Carcia, C.R. & Perrin, D. H.(2004). Knee joint laxity affects muscle activation patterns in the healthy knee. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 14(4), 475-83.
- Shultz, S. J., Gansneder, B. M., Sander, T. C., Kirk, S. E. & Perrin, D. H.(2006). Absolute serum hormone levels predict the magnitude of change in anterior knee laxity across the menstrual cycle. *Journal of Orthopaedic Research*, 24(2), 124-131.
- Yu, W. D., Liu, S. H., Hatch, J. D., Panossian, V. & Finerman, G. A.(1999). Effect of estrogen on cellular metabolism of the human anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedic and Related Research*, 366, 229-238.
- Yu, W. D., Panossian, V., Hatch, J. D., Liu, S. H. & Finerman, G. A.(2001). Combined effects of estrogen and progesterone on the anterior cruciate ligament. *Clinical Orthopaedic and Related Research*, 383, 268-281.
- Weiss, J. A., Dardiner, J. C. & Bonifasi-Lista, C. (2002). Ligament material behavior is nonlinear, viscoelastic and rate-independent under shear loading. *Journal of Biomechanics*, 35, 943-950.
- Wojtys, E. M., Huston, L. J., Lindenfeld, T. N., Hewett, T. E. & Greenfield, M. L.(1998). Association between the menstrual cycle and anterior cruciate ligament injuries in female athletes. *American Journal of Sports Medicine*, 26, 614-619.
- Wojtys, E. M., Huston, L. J., Boynton, M. D., Spindler, K. P. & Lindenfeld, T. N.(2002). The effect of the menstrual cycle on anterior cruciate ligament injuries in women as determined by hormone levels. *American Journal of Sports Medicine*, 30, 182-188.
- Zazulak, B. T., Paterno, M., Myer, G. D., Romani, W. A. & Hewett, T. E.(2006). The effects of the menstrual cycle on anterior knee laxity: a systematic review. *Sports Medicine*, 36(10), 847-862.

투 고 일 : 01월 31일
 심사 일 : 02월 16일
 심사완료일 : 03월 24일