

정상인에서 수동적인 뺨은다리올림 시 생체되먹임 장치의 압력과 허리골반 움직임의 상관관계

정도영¹

¹중부대학교 물리치료학과, 운동병리과학연구소

The Correlation of the Pressure of Biofeedback Unit and Lumbopelvic Motion During Straight Leg Raising in Healthy Subjects

Do-young Jung¹, PhD, PT

¹Dept. of Physical Therapy, Kinesio-pathologic Science Institute, Joongbu University

Abstract

Background: Passive straight leg raising (PSLR) is the common clinical test to measure of hamstring muscle length. Hip flexion angle contributes to change the lumbopelvic rotation during PSLR. Pressure biofeedback unit (PBU) is commonly used to detect lumbopelvic movement during lower limb movements. Thus, there may be the relationship between pressure of PBU and lumbopelvic motion during PSLR.

Objects: The objective of this study was to determine the relationship between pressure of PBU and lumbopelvic motion during PSLR.

Methods: Thirty two subjects participated in this study. A three-dimensional motion analysis system were used to measure the lumbopelvic angle during PSLR, while recording the pressure of PBU according to angle of PSLR by 10 degree increments. Pearson product moment correlations and linear regression analysis were used to describe the relationship between variables.

Results: The results showed that there was a significant relationship between the lumbopelvic and angle of PSLR (Pearson's $r=.83$, $p<.05$), between the pressure of PBU and angle of PSLR (Pearson's $r=.75$, $p<.05$), and between lumbopelvic motion and pressure of PUB (Pearson's $r=.83$, $p<.05$). Linear regression equation using lumbopelvic angle as an independent factor was as follows: Pressure of PBU = $47.35 + (2.55 \times \text{angle of lumbopelvic motion})$ ($R^2=.69$, $p<.05$).

Conclusion: Results of the present study indicate that pressure of PBU can be used to indirectly detect the amounts of lumbopelvic motion during muscle length test or stretching of hamstring.

Key Words: Lumbopelvic motion; Pressure biofeedback unit; Straight leg raising.

I. 서론

보행과 같은 다양한 일상생활에서 엉덩관절의 굽힘은 넙다리뼈의 앞이 체간의 앞과 가까워지는 움직임이며 달리기, 점프, 그리고 발차기와 같은 스포츠 활동에서 필수적인 움직임이다. 엉덩관절의 굽힘은 골반에 대한 넙다리의 움직임, 시상면에서의 골반의 뒤쪽 기울임 그리고 허

리뼈가 편평해지는 움직임을 통해 일어난다. 많은 연구자들은 엉덩관절 굽힘은 골반에 대한 넙다리의 움직임뿐만 아니라 골반의 회전을 포함한다고 보고하였다(Bohannon, 1982; Bohannon 등, 1985a,b; Porter와 Wilkinson, 1997). 몇몇 저자들은 엉덩관절의 굽힘을 골반이 회전하기 전까지의 넙다리뼈의 움직임으로 기술하였다(Bridger 등, 1989; Esola 등, 1996). 일반적으로 넙다리가 가슴으로 향

해 굽힘 시 엉덩관절, 골반 그리고 허리뼈의 운동역학적 움직임이 순차적으로 발생하기 때문에 동시적인 어깨위팔 리듬(scapulohumeral rhythm)과는 다르다고 알고 있다. 즉, 엉덩관절이 먼저 굽힘되면서 최대 가동범위에 도달하고 나서야 골반이 뒤쪽으로 회전하기 시작한다는 것이다. 따라서 이는 뒤넙다리근 길이 검사 시 골반을 제한하거나(Fisk, 1979; Gajdosik 등, 1993), 엉덩관절의 굽힘 가동범위 측정 시 골반 회전의 시점을 감지해야하는 이유이다(Norkin과 White, 2003).

일반적으로 엉덩관절 굽힘 시 한계점에 왔을 때 골반이 뒤로 회전한다고 알려져 있지만, 이전 몇몇 연구자들은 엉덩관절 굽힘 시 골반의 뒤쪽 기울임과 허리굽힘이 동시에 일어남을 증명하였다(Bohannon 등 1985a; Murray 등, 2002; Tully 등, 2002). 즉, 엉덩관절에 관여하는 골반넙다리 리듬(pelvifemoral rhythm)은 팔 올림 시 위팔과 동시에 어깨뼈가 움직인다는 어깨위팔 리듬과 유사하다는 것이다(Murray 등, 2002; Tully 등, 2002). 이전 연구들에서 바로 누운 자세, 선 자세, 그리고 철봉에 매달린 자세와 같은 다양한 자세에서 능동적이거나 수동적인 엉덩관절 굽힘에 따른 골반 회전 움직임을 알아보았다(Bohannon 등 1985a,b; Dewberry 등, 2003; Kuo 등, 2010; Murray 등, 2002). 이들 연구들에서 바로 누운 자세에서 엉덩관절 굽힘에 따른 골반 회전의 비율이 무릎을 펴 시 .39(Bohannon 등 1985a), 그리고 무릎을 굽힘 시에는 .26~.30이었다고 보고하였다(Bohannon 등 1985b). Murray 등(2002)는 선 자세에서 능동적인 엉덩관절 굽힘 시 비율이 .17~.19이었다고 보고하였다. 이러한 연구들은 처음 8° 이내의 엉덩관절 굽힘 시 넙다리 움직임에서 골반회전이 거의 동시에 일어남을 보여주었다.

뒤넙다리근의 길이 검사 혹은 스트레칭을 하는데 수동적인 뺨은다리올림(passive straight leg raising; PSLR)은 가장 흔히 수행된다(López-Miñarro와 Rodríguez-García, 2010; Muyor와 Zabala, 2016; Mier와 Shapiro, 2013; Rolls와 George, 2004). 이전 연구들 중에서 수동적인 뺨은다리올림 시 골반의 뒤쪽 기울임 변화는 엉덩관절 굽힘 각에 영향을 줄 수 있다고 보고하였다(Bohannon 등, 1985a,b; Fredriksen 등, 1997). 따라서 임상에서 뒤넙다리근의 길이 검사를 정확하게 측정하기 위해서는 수동적인 뺨은다리올림 시 골반의 움직임을 제한하거나 조절해야한다. 최근 연구에서 바로 누운 자세에서 능동적인 엉덩관절 굽힘 시 뒤넙다리근의 길이가 짧을수록

그리고 무릎을 펴할수록 골반의 뒤쪽 기울임이 더 크다고 보고하였다(Congdon 등, 2005). 하지만 아직까지 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반의 뒤쪽 회전 움직임 정도를 뒤넙다리근 길이 검사로서 활용할 수 있는지에 대한 연구는 없는 실정이다.

이전 연구들에서 수동적인 뺨은다리올림 시 뒤넙다리근의 길이 검사 시 골반 회전의 변화를 알아보기 위해 영상 혹은 동작분석기를 사용해 왔다(Bohannon 등 1985a,b; Dewberry 등, 2003; Kuo 등, 2010; Murray 등, 2002). 하지만 이러한 도구들은 설치 및 분석하는데 시간과 노력이 필요하다. 임상에서 압력 생체피드백 기구(pressure biofeedback unit; PBU)는 하지 움직임 시 허리골반 움직임을 감지하고 움직임 패턴을 재훈련하는데 흔히 사용될 수 있다는 점을 고려한다면 뒤넙다리근의 길이 검사인 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반 움직임을 생체피드백 기구의 압력으로 측정할 수 있는지에 대해 알아볼 필요가 있다. 수동적인 뺨은다리올림 시 시상면에서의 골반의 뒤쪽 기울임과 허리뼈의 굽힘은 압력 생체피드백 기구의 압력을 높일 것이다. 따라서 본 연구에서는 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반의 움직임과 생체피드백 장치의 압력과의 관계를 알아보고자 한다. 본 연구의 가설은 다음과 같다. 뺨은다리올림 각과 허리골반 움직임 그리고 뺨은다리올림 각과 생체피드백 장치의 압력은 유의한 상관관계가 있을 것이며 허리골반 움직임과 생체피드백장치의 압력 또한 유의한 상관관계가 있을 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구를 위해 건강한 성인 32명이 참가하였으며 대상자의 선정조건은 다음과 같았다. 첫째, 최근 6개월 이내 하지에 영향을 줄 수 있는 외상이나 신경학적인 병력이 없으며 둘째, 보행 장애가 없고 요통 및 하지의

Table 1. General characteristics of subjects (N=32)

Gender	Age (year)	Height (cm)	Weight (kg)
Female (n=22)	21.86±1.32 ^a	160.82±6.40	53.82±7.12
Male (n=10)	21.80±1.03	171.90±5.82	70.40±9.81

^amean±standard deviation.

통증이 없는 자, 셋째, 스포츠와 같은 동적인 활동에 제한이 없는 자로 하였다. 넷째, 수동적인 뺨은다리올림 시 70° 이상 가능자로 하였다. 모든 대상자는 실험방법 및 절차 그리고 안전성에 대해 충분한 설명을 들었으며 모든 대상자들은 실험에 참여할 것을 동의하였다. 대상자의 일반적인 특징인 Table 1과 같다.

2. 실험장비 및 도구

수동적인 뺨은다리올림 각을 10° 단위로 올리기 위해 디지털 각도계(Dualer IQ; J Tech Medical Industries-Heber cyty, UT, USA)을 사용하였다. 수동적인 뺨은다리올림 시 시상면에서의 허리골반 움직임(lumbopelvic motion)의 각도 측정하기 위해 초음파를 활용한 삼차원 동작 분석기 CMS20 (Zebris Medical GmbH, Isny im Allgäu, Germany)을 사용하였고 데이터를 수집하기 위해 Windata 2.22 (Zebris Medical GmbH, Isny im Allgäu, Germany) 프로그램을 이용하였다. 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반 부위에서의 압력 변화를 알아보기 위해 압력생체되먹임 기구(Stabilizer Pressure Biofeedback Unit; Chattanooga Group Inc, Hixson, TN, USA)를 사용하였다.

3. 실험절차

측정다리는 무작위로 정하였으며 측정다리 반대쪽에 동작분석기의 수용기를 2 m 떨어진 거리에 설치하였다. 바로 누운 자세에서 수동적인 뺨은다리올림 각을 측정하기 위해 디지털 각도계를 종아리뼈 머리 5 cm 아래에 스트랩으로 부착하였다. 뺨은다리올림 시 허리골반 움직임을 측정하기 위해 양쪽 앞위엉덩뼈가시를 가로지르는 3개의 마커(triple markers)와 흉추부위의 보상 움직임을 제거하기 위해 아래 흉추부위(lower thoracic)에



Figure 1. Measurement of lumbopelvic angle and pressure of PBU during PSLR

3개의 마커를 몸통 중앙에 오도록 부착하였다. 측정된 다리의 반대쪽 다리는 벨트로 고정하고 압력생체되먹임 기구의 공기주머니 중앙이 L3 가시돌기에 위치하도록 한다. 공기주머니의 압력이 40 mmHg가 되도록 공기주머니에 공기를 넣는다. 각 대상자들에게 수동적으로 10° 단위로 70°까지 한쪽 다리를 뺨은다리올림하여 시상면에서의 허리골반의 움직임과 압력되먹임 장치의 압력을 각각 3회 반복측정하였다(Congdon 등, 2005). 초기 10° 부터 뺨은다리올림 시 허리골반의 움직임을 측정한 후 0°로 재위치 시킨 후 그 전 뺨은다리올림 각보다 10° 더 올려 허리골반의 움직임을 다시 측정하여 70°까지 이를 반복하여 측정한다. 한 주기가 끝나면 10분간 휴식을 취한 후 다시 10° 단위로 수동적인 뺨은다리올림 하여 변수들을 측정하였다.

4. 분석 방법

3회 반복 측정된 허리골반 움직임 각과 압력생체되먹임 기구의 압력을 평균값으로 계산하였다. 반복측정된 수동적인 뺨은다리올림 각에서의 허리골반 움직임

Table 2. Measurement values and test-retest reliability of pressure of PBU and lumbopelvic angle

Angle of PSLR ^a	Pressure of PBU ^b		Lumbopelvic angle	
	Mean±SD ^c (mmHg)	ICC(3,1) ^d	Mean±SD(°)	ICC(3,1)
10°	42.4±2.0	.89	-.5±1.2	.90
20°	44.8±3.0	.97	.2±1.5	.92
30°	49.5±5.1	.98	1.0±1.6	.94
40°	55.1±6.6	.96	2.5±2.5	.97
50°	62.3±7.0	.98	4.7±2.5	.98
60°	68.4±7.2	.99	6.6±3.4	.98
70°	73.7±8.0	.99	9.6±4.5	.98

^apassive straight leg raising, ^bpressure biofeedback unit, ^cstandard deviation, ^dintraclass correlation coefficient.

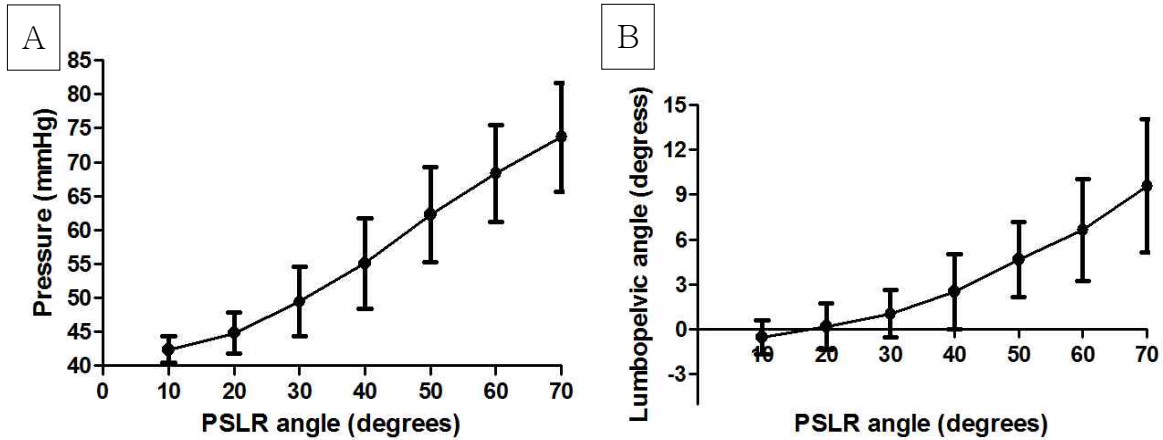


Figure 2. Line graph illustrating pressure of PBU and lumbopelvic rotation accompanying PSLR (A: pressure of PBU, B: lumbopelvic angle)

각과 압력생체피먹임 기구의 압력의 검사-재검사 신뢰도를 알아보기 위해 급간내 상관관계 계수[intraclass correlation coefficient; ICC(3,1)]를 계산하였다. 뺨은다리올림 각에 따른 허리골반 각도와 압력생체피먹임 기구의 압력과의 관계를 알아보기 위해 피어슨 상관관계 통계방법을 사용하였다. 또한 독립변수로 허리골반 각도를 사용하여 압력생체피먹임 기구의 압력 변화를 알아보기 위해 선형 회귀분석방법(linear regression analysis)을 사용하였다. 유의수준은 .05로 하였으며 자료의 통계처리를 위해 SPSS ver. 19.0(IBM Corp., Armonk, NY, USA) 프로그램을 이용하여 처리하였다.

III. 결과

반복 측정된 수동적인 뺨은다리올림 각에서의 허리골반 움직임 각과 압력생체피먹임 기구 압력의 검사-재검사 신뢰도는 .89~.99로 매우 높았다(Table 2). 뺨은다리올림 각에 따른 허리골반 각도(Pearson's $r=.75, p<.05$)와 압력생체피먹임 기구의 압력과의 관계(Pearson's $r=.83, p<.05$)는 높은 상관관계를 보였다(Table 3)(Figure 2, 3). 그리고 수동적인 뺨은다리올림 각도와 압력생체피

먹임 기구의 압력과의 관계 또한 높은 선형의 상관관계를 보여주었다(Pearson's $r=.83, p<.05$)(Table 3). 허리골반 각도와 압력생체피먹임 기구의 압력과의 관계에 대한 선형회귀 분석 결과, 선형 회귀식은 다음과 같다; 압력생체피먹임 기구의 압력 = $47.35 + (2.55 \times \text{허리골반 각도})$. 허리골반 각도가 압력생체피먹임 기구에 대하여 갖는 변수의 설명력(R^2)은 .69이었다.

IV. 고찰

본 연구에서 수동적인 뺨은다리올림 각도에 따른 압력생체피먹임 기구의 압력 검사-재검사 신뢰도가 각각 .89~.99로 매우 높았다. 따라서 본 연구의 수동적인 뺨은다리올림 시 압력생체피먹임 기구의 압력은 허리골반 움직임에 대한 결과로써 일관되게 측정될 수 있는 변수라고 판단된다. Azevedo 등(2013)은 6가지의 하지 움직임 검사 시 허리골반 안정성 검사에 대한 압력생체피먹임 기구의 측정자내와 측정간의 신뢰도를 알아보았다. 그 중 본 연구와 유사한 움직임인 능동적인 무릎 펴기 검사 즉, 한쪽 다리를 엉덩관절을 90° 굽힘하고 무릎을 최대한 굽힘한 상태에서 30°, 60°, 90°로 무릎을 폈을 때 압력생

Table 3. Pearson correlation coefficient(r) between variables

Variables	Angle of PSLR ^a	Pressure of PBU ^b	Lumbopelvic angle
Angle of PSLR	1	.83*	.75*
Pressure of PBU		1	.83*
Lumbopelvic angle			1

^apassive straight leg raising, ^bpressure biofeedback unit, * $p<.01$.

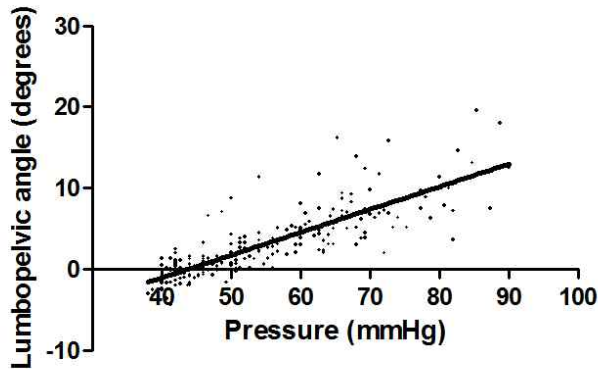


Figure 3. Linear relationship between lumbopelvic rotation and pressure of PBU during PS LR

체되먹임 기구 압력에 대한 측정자내 신뢰도가 각각 .84, .84, .86으로 높았으며, 측정자간 신뢰도는 .49, .63, .77로 측정자내 신뢰도 보다는 높지 않았다. 비록 본 연구에서는 측정자간 신뢰도를 알아보진 못했지만, 본 연구에 비해 측정자내 신뢰도가 낮았던 이유는 본 연구에서는 수동적인 움직임인 반면에 이전 연구에서는 능동적인 하지의 움직임이었기 때문이라 판단된다. 향후 연구에서는 허리골반 움직임에 대한 결과로써 압력생체되먹임의 압력을 좀 더 일관되게 측정될 수 있는 변수인지를 확인하기 위해서 수동적인 뺨은다리올림 시 측정자간 혹은 측정된 날짜간의 신뢰도를 알아볼 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 전체 뺨은다리올림 편위(excursion: 70° 기준) 동안 허리골반 움직임(9.6°)이 13.7%를 차지하였다. 이전 연구에서 Bohannon (1982)은 전체 뺨은다리올림 편위의 26%가 골반 회전이 차지한다고 보고하였으며 Bohannon 등(1985a)의 연구에서 뺨은다리올림 편위의 39%에서 골반 회전이 일어난다고 보고하였다. 이전 연구에 비해 허리골반 움직임이 작은 이유로 이전 연구에서 허리골반 움직임을 가슴뼈의 움직임으로부터 분리해서 측정하지 못한 반면, 본 연구에서는 가슴뼈 부위에 3개의 마커를 부착하여 가슴뼈 움직임에 대한 상대적인 허리골반의 움직임을 측정하였기 때문에 전체 뺨은다리올림 편위에 대한 허리골반 움직임이 작았을 것이다.

임상가들은 하지 움직임 시 허리골반 움직임을 조절하거나 제한하기 위해 손을 사용한 촉각 되먹임, 구두 교정, 시각 되먹임과 압력생체되먹임 기구와 같은 다양한 되먹임 도구들을 흔히 사용한다. 특히, 압력생체되먹임 기구는 다리를 움직이는 동안 허리골반 움직임을 스스로 조절하기 위해 임상에서 흔히 사용되어지고 있다. 따라서 본 연구의 가설로 뺨은다리올림의 길이 검사 인 수동적인

뺨은다리올림 시 시상면에서의 골반의 뒤쪽 기울임과 허리뼈의 굽힘 될수록 압력 생체되먹임 기구의 압력을 높일 것이라고 정하였다. 본 연구 결과, 독립변수로 허리골반 각도를 사용하여 압력생체되먹임 기구의 압력 변화에 대한 회귀식에 따르면 허리골반움직임이 1° 증가 시 압력 생체되먹임 기구의 압력이 2.55 mmHg 증가함을 보여주었다. 예를 들어 허리골반 각도 10° 증가 시 압력생체되먹임 기구의 압력이 72.85 mmHg로 예측할 수 있으며, 이러한 분석에서 압력생체되먹임 기구 압력 변수에 대하여 허리골반 움직임이 갖는 변수의 설명력(R^2)은 .69이다. 즉, 압력생체되먹임 압력의 총 변화량의 약 69%가 회귀식에 의해 설명되고 있음을 의미한다. 이러한 결과는 수동적인 뺨은다리올림 시 압력생체되먹임 기구의 압력과 허리골반 각도 변화는 관련이 있을 것이라는 가설을 입증하였으며, 근력의 지표로써 근육 단면적을 평가하는 것처럼 허리골반의 움직임 변화의 지표로써 압력생체되먹임 기구의 압력 변화를 평가할 수 있음을 의미한다.

이전 연구들에서 뺨은다리올림의 길이에 따른 허리 혹은 골반의 자세와 움직임을 비교한 연구가 선행되었다 (Gajdosik 등, 1992; Gajdosik 등, 1994; Lee와 Lee, 2015; Muyor 등, 2012). 그 중 Gajdosik 등(1994)은 정적 기립 시 뺨은다리올림의 길이에 따라 골반 각, 허리뼈 각, 그리고 가슴뼈 각은 차이가 없으나, 동적인 움직임 즉, 발가락-접촉 검사(toe-touch test) 시 단축된 뺨은다리올림은 골반의 앞쪽 기울임과 허리 굽힘 각의 감소와 가슴뼈 각의 굽힘 증가와 관련 있다고 보고하였다. 또한 Muyor 등(2012)은 스트레칭 프로그램 적용 후 발가락-접촉 검사 시 유의하게 골반의 앞쪽 기울임이 증가하였고 가슴뼈 각의 굽힘은 감소하였다고 보고하였다. 이전 연구들의 결과로 미루어 볼 때, 본 연구에서 뺨은다리올림의 길이가 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반 움직임에 영향을 미치며 또한 허리골반 움직임은 압력생체되먹임 기구의 압력에 영향을 미칠 수 있다는 가능성을 제시할 수 있다. 따라서 수동적인 뺨은다리올림 시 뺨은다리올림의 길이를 간접적으로 압력생체되먹임 기구의 압력으로 알아볼 수 있을 것으로 기대한다. 향후 연구에서는 짧은 뺨은다리올림의 길이 단축 유무 혹은 스트레칭 적용에 따른 수동적인 뺨은다리올림 시 허리골반 움직임과 압력생체되먹임 기구의 압력을 알아볼 필요가 있을 것이다.

본 연구에서는 몇 가지 제한점들이 있다. 첫 번째, 수동적인 뺨은다리올림 시 뺨은다리올림 뿐만 아니라 엉덩관절과 허리골반 주위 연부조직의 뻣뻣함 정도에 따

라 허리골반 움직임과 압력생체피드백 기구의 압력에 영향을 줄 수 있다. Bohannon 등(1985b)의 연구에서 무릎관절 굽힘한 채로 엉덩관절 굽힘 시에도 전체 하지 굽힘에 대해 골반 뒤쪽 회전 움직임 26%가 일어났으며 이는 무릎관절의 굽힘 시 뒤넙다리근이 골반회전을 감소시킬 수 있으나 큰불기근 혹은 뒤쪽 관절낭과 인대의 긴장에 의해서도 영향을 받았다고 보고하였다. 따라서 향후 연구에서는 수동적인 뻘은다리 올림 검사(외에 능동적 혹은 수동적 무릎 펴 검사(active and passive knee extension)와 같이 엉덩관절의 연부조직의 영향을 배제하기 위해 엉덩관절을 90°로 굽힘한 상태에서 무릎만 펴하여 허리골반 움직임과 압력생체피드백 기구의 압력을 알아볼 필요가 있다. 두 번째로, 압력생체피드백 기구의 압력 측정값을 개인 간에 비교할 수 없다는 점이다. 따라서 수동적인 뻘은다리올림 시 압력생체피드백의 압력 측정 목적이 다른 대상자들 간 비교하기 위해서는 사전에 정규화(normalization) 과정이 필요하다. 하지만 이전 연구들에서 압력생체피드백의 압력 값에 대한 정규화 과정을 시행한 연구는 없는 실정이다. 자료의 정규화는 힘과 근전도와 같은 다양한 종속변수들에 대한 공변량의 효과들을 줄이기 위해 사용된다. 향후연구에서는 압력생체피드백 측정에 대한 정규화 과정에 대한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

본 연구의 목적은 수동적인 뻘은다리올림 시 허리골반의 움직임과 압력생체피드백 기구의 압력과의 관계를 알아보는 것이었다. 본 연구 결과, 수동적인 뻘은다리올림 시 압력생체피드백 기구의 압력을 측정자내에서 일관성 있게 측정할 수 있는 변수임을 확인하였으며, 허리골반의 움직임과 압력생체피드백 기구의 압력이 유의한 선형관계가 있었다. 따라서 뒤넙다리근의 길이검사 혹은 스트레칭 시 허리골반 움직임의 정도를 간접적으로 쉽게 측정할 수 있는 도구로 활용될 수 있을 것으로 기대한다.

References

Azevedo DC, Lauria AC, Pereira AR, et al. Intraexaminer and interexaminer reliability of

pressure biofeedback unit for assessing lumbopelvic stability during 6 lower limb movement tests. *J Manipulative Physiol Ther.* 2013;36(1):33-43. <https://doi.org/10.1016/j.jmpt.2012.12.008>

Bohannon RW. Cinematographic analysis of the passive straight-leg-raising test for hamstring muscle length. *Phys Ther.* 1982;62(9):1269-1274.

Bohannon R, Gajdosik R, LeVeau BF. Contribution of pelvic and lower limb motion to increases in the angle of passive straight leg raising. *Phys Ther.* 1985a;65(4):474-476.

Bohannon RW, Gajdosik RL, LeVeau BF. Relationship of pelvic and thigh motions during unilateral and bilateral hip flexion. *Phys Ther.* 1985b;65(10):1501-1504.

Bridger RS, Wilkinson D, van Houweninge T. Hip joint mobility and spinal angles in standing and in different sitting postures. *Hum Factors.* 1989; 31(2):229-241.

Congdon R, Bohannon R, Tiberio D. Intrinsic and imposed hamstring length influence posterior pelvic rotation during hip flexion. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2005;20(9):947-951. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2005.03.011>

Dewberry MJ, Bohannon RW, Tiberio D, et al. Pelvic and femoral contributions to bilateral hip flexion by subjects suspended from a bar. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18(6):494-499.

Esola MA, McClure PW, Fitzgerald GK, et al. Analysis of lumbar spine and hip motion during forward bending in subjects with and without a history of low back pain. *Spine (Phila Pa 1976).* 1996;21(1):71-78.

Fisk JW. The passive hamstring stretch test: Clinical evaluation. *N Z Med J.* 1979;89(632):209-211.

Fredriksen H, Dagfinrud H, Jacobsen V, et al. Passive knee extension test to measure hamstring muscle tightness. *Scand J Med Sci Sports.* 1997;7(5): 279-282.

Gajdosik RL, Hatcher CK, Whitsell S. Influence of short hamstring muscles on the pelvis and lumbar spine in standing and during the toe-touch test.

- Clin Biomech (Bristol, Avon). 1992;7(1):38-42.
- Gajdosik RL, Rieck MA, Sullivan DK, et al. Comparison of four clinical tests for assessing hamstring muscle length. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1993;18(5):614-618. <https://doi.org/10.2519/jospt.1993.18.5.614>
- Gajdosik RL, Albert CR, Mitman JJ. Influence of hamstring length on the standing position and flexion range of motion of the pelvic angle, lumbar angle, and thoracic angle. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994;20(4):213-219. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.20.4.213>
- Kuo YL, Tully EA, Galea MP. Lumbofemoral rhythm during active hip flexion in standing in healthy older adults. *Man Ther.* 2010;15(1):88-92. <https://doi.org/10.1016/j.math.2009.08.002>
- Tully EA, Wagh P, Galea MP. Lumbofemoral rhythm during hip flexion in young adults and children. *Spine (Phila Pa 1976).* 2002;27(20):432-440.
- Lee SW, Lee JH. Effects of proprioceptive neuromuscular facilitation stretching and kinesiology taping on pelvic compensation during double-knee extension. *Hum Kinet.* 2015;49:55-64. <https://doi.org/10.1515/hukin-2015-0108>
- López-Miñarro PA, Rodríguez-García PL. Hamstring muscle extensibility influences the criterion-related validity of sit-and-reach and toe-touch tests. *J Strength Cond Res* 2010;24:1013-1018. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181c7c60d>
- Mier CM, Shapiro BS. Sex differences in pelvic and hip flexibility in men and women matched for sit-and-reach score. *J Strength Cond Res* 2013; 27(4):1031-1035. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182651d79>
- Murray R, Bohannon R, Tiberio D, et al. Pelvifemoral rhythm during unilateral hip flexion in standing. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2002;17(2):147-151.
- Muyor JM, López-Miñarro PA, Casimiro AJ. Effect of stretching program in an industrial workplace on hamstring flexibility and sagittal spinal posture of adult women workers: A randomized controlled trial. *J Back Musculoskelet Rehabil.* 2012;25(3):161-169. <https://doi.org/10.3233/BMR-2012-0323>
- Muyor JM, Zabala M. Road cycling and mountain biking produces adaptations on the spine and hamstring extensibility. *Int J Sports Med.* 2016; 37(1):43-49.
- Norkin CC, White DJ. Measurement of Joint Motion: A Guide to Goniometer. 4th ed. F.A. Davis Company, Philadelphia. 2003:200.
- Porter JL, Wilkinson A. Lumbar-hip flexion motion. A comparative study between asymptomatic and chronic low back pain in 18- to 36-year-old men. *Spine (Phila Pa 1976).* 1997;22(13):1508-1513.
- Rolls A, George K. The relationship between hamstring muscle injuries and hamstring muscle length in young elite footballers. *Phys Ther Sport.* 2004;5(4):179-187. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2004.08.005>
-
-
- This article was received May 30, 2018, was reviewed May 30, 2018, and was accepted July 10, 2018.