

Original article

Open Access

런지 시 기저면 변화에 따른 넓다리 근육의 근활성도와 족저압 비교 연구

이전형 · 이명희* · 김기철

대구보건대학교 물리치료과, ¹위덕대학교 물리치료학과

Comparison of Muscle Activity of Thigh and Plantar Pressure according to the Change in Base of Support during Lunge

Jeon-Hyeong Lee · Myoung-Hee Lee[†] · Gi-Chul Kim

Department of Physical Therapy, Daegu Health College

¹Department of Physical Therapy, Uiduk University

Received: December 5, 2017 / Revised: December 9, 2017 / Accepted: December 9, 2017

© 2017 Journal of Korea Proprioceptive Neuromuscular Facilitation Association

This is an Open Access article distributed 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.

| Abstract |

Purpose: This study aimed to suggest effective lunge exercise methods for various purposes by comparing differences in the muscle activity of thigh and plantar pressure according to changes in base of support during lunge exercises.

Methods: The subjects were 20 college students who agreed to participate in the experiment. They performed three types of lunges—a basic lunge (BL), wide lunge (WL), and narrow lunge (NL). In a static position during each lunge, the muscle activity of the thigh and plantar pressure were measured. Each movement was maintained for 7 seconds, and the muscle activity for the 3 seconds in the middle was measured and analyzed. The plantar pressure was divided into six areas for analysis. The subjects randomly performed the lunges to prevent the influence of an experimental sequence. Each movement was performed three times, and the mean value of the three measurements was analyzed.

Results: The analysis of muscle activities in the thigh during the three lunge movements showed statistically significantly higher muscle activity of biceps femoris in WL and NL than BL. Moreover, the analysis of plantar force showed statistically significant differences between BL and WL and WL and NL on the medial-forefoot and medial-midfoot, as well as between BL and WL and BL and NL on the lateral-midfoot. The analysis of plantar contact pressure exhibited statistically significant differences between BL and NL and WL and NL on the medial-forefoot, as well as a statistically significant difference between WL and NL on the medial-midfoot and lateral-hindfoot.

Conclusion: This study suggests that changing the base of support during lunges can be useful to suit the purposes of various rehabilitation programs.

Key Words: Lunge, Muscle activity, Plantar pressure

[†]Corresponding Author : Myoung-Hee Lee (mhlee0317@hanmail.net)

I. 서론

현대인들의 비운동습관으로 인한 운동부족은 비만, 근력약화 뿐 아니라 전신근육의 불균형으로 인한 자세 불안정을 야기하며 통증을 동반한 유연성 저하, 심호흡지구력, 체지방률, 비만에도 영향을 미치므로 운동하는 것이 습관화되지 않았을 경우 여러 가지 질환을 유발할 수 있다(Hong & Han, 2015; Kang et al., 2006; Kim et al., 2012). 하지만 현재 지속적으로 건강에 대한 관심이 높아지고 있고, 건강을 위해 투자하는 시간과 비용이 증가하고 있으며 건강을 위한 신체활동, 즉 운동과 스포츠 활동에 적극적인 참여를 하며 관심을 보이고 있다(Kim, 2011). 건강한 삶을 위해서는 체력을 향상시키는 것이 중요한데, 이를 위해서는 심폐지구력, 근력, 근지구력 등의 요소를 포함하여야 한다. 특히 웨이트 트레이닝은 체력을 전반적으로 향상시키는데 큰 역할을 한다(Lee et al., 2004).

다리의 근력은 신체분절의 움직임에 조절함으로써 몸통의 안정성에 중요한 역할을 하며 균형 뿐 아니라 보행에도 영향을 준다(Bohannon, 1995). 선행 연구에서 다리의 근력이 증가함에 따라 보행의 기능이 향상되는 것을 확인하였다. 대표적인 다리 근력운동에는 케틀벨 스윙(kettlebell swing), 스쿼트(squat), 런지(lunge), 레그 프레스(leg press), 레그 익스텐션(leg extension) 등이 있으며, 이들은 각각 다른 형태의 다리 근활성도를 보인다(Jeon, 2006; Yoe, 2016).

런지는 허벅지와 엉덩이에 탄력을 주며 하체근력을 강화시키는 운동으로 다리 뿐 아니라 팔의 근육을 함께 사용할 수 있는 운동이기 때문에 효과적인 근육 발달을 위한 대표적인 운동이라 할 수 있다(Reiman, 2012). 따라서 런지는 스포츠 선수들의 기초체력 향상에 많이 사용되고 있으며 일반인들의 웨이트 트레이닝에도 많이 사용된다.

런지 운동 시 양발을 어깨넓이만큼 벌린 상태에서 실시하였을 때 가장 좋은 효과가 나타난다고 정의하고 있다. 이를 위한 조건으로는 충분한 스트레칭과 올바른 테크닉 그리고 가장 중요한 것은 자신에게 맞

는 적절한 중량이다(Di Rocco & Vaccaro, 1988). 처음부터 무리한 중량으로 런지를 실시하면 불안정한 자세로 인해 부상을 당할 위험이 초래된다(Blake & Ferguson, 1992). 따라서 초보자의 런지 운동에서 부하량 설정, 정확한 자세 교육, 자세불안정에 대한 분석을 통하여 부상을 방지하고 효과적인 근력증가를 이룰 수 있도록 다양한 연구가 필요하다. 런지 운동의 효과로 넙다리내갈래근의 강화를 들 수 있는데 넙다리내갈래근은 무릎관절을 가로지르고 있어 무릎관절을 안정화시키고 엉덩관절에서는 골반과 넙다리를 안정시킨다. 따라서 런지를 통한 넙다리내갈래근의 근력강화는 무릎의 안정화 또는 신체의 재활훈련에서도 중요한 요소가 된다(Gurney, 2002).

기저면의 넓이는 안정성에 많은 영향을 주기 때문에 기저면의 넓이를 다르게 했을 경우 근육의 활성화에도 변화가 생기게 된다. 선행연구에서도 스쿼트 시 기저면에 따른 차이를 확인하였고(McCurdy et al., 2010), 또 부분적인 런지 운동에서도 다리 근육인 넙다리내갈래근의 활성화에 차이가 나는 것으로 확인되었다(Wilson et al., 2008).

또, 족저압은 발전체와 발의 특정부위에 가해지는 압력으로, 인체의 균형정도와 걸음상태를 측정하고 반영하는 하나의 지표이다(Hessert et al., 2005). 발바닥 압력 분포의 측정은 임상적으로 유용하며, 해부학적 발의 변형을 인지하고 장애와 감퇴의 정도를 측정할 수 있고(Moon, 1995), 보행각도, 발의 폭, 길이측정 및 기준선을 통한 앞침과 뒤침의 정도를 알 수 있다(Wilson, 2008).

기존 연구에서 다양한 다리 운동의 근활성도를 비교한 연구는 많았지만 런지 시 기저면 변화를 통한 근활성도와 족저압의 차이를 비교 분석한 연구는 수행되지 않았다. 이에 본 연구에서는 기저면 변화에 따른 런지 운동이 넙다리의 근활성도와 족저압에 어떤 영향을 주는지 분석하고 목적에 따른 효율적인 런지운동의 자세에 대한 기준점을 마련하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

연구대상자는 OO광역시에 소재하고 있는 D대학교에 재학 중인 20명의 학생을 대상으로 하였다. 대상자는 근육뼈대계 및 신경계에 특별한 질환이 없고, 다리에 통증이 없는 자로 선별하였다. 실험에 앞서 참가자들에게 본 연구의 목적과 절차를 설명한 후 실험참여에 자발적으로 동의를 한 참여자를 대상으로 동의서를 작성하고 본 연구에 참여하도록 하였다.

2. 측정방법 및 도구

본 연구에 참여한 대상자에게 기본 런지(basic lunge, BL), 넓은 런지(wide lunge, WL) 좁은 런지(narrow lunge, NL)의 방법을 설명하고 설명에 따라 3번씩 연습하여 각 동작을 정확하게 수행할 수 있도록 하였으며 각각의 런지를 실시한 상태에서 넙다리의 표면근전도와 족저압을 측정하였다. 수행 순서에 따른 결과의 차이를 예방하기 위해 한 명의 대상자가 수행하는 3가지 런지의 순서를 무작위로 실시하였다. 3가지 방법의 런지는 각각 3회 실시하여 측정하였으며 측정값의 평균값을 분석하였다.

1) 근활성도(muscle activity) 측정

넙다리 근활성도의 신호처리와 자료수집을 위해 8채널 무선 표면근전도(TeleMyo DTS, Noraxon, USA)를 사용하였다.

근활성도 측정값을 수집하기 위한 각 근육(넙다리곧은근, 안쪽넓은근, 가쪽넓은근, 넙다리두갈래근)의 표면 전극 부착 부위는 근육이 가장 많이 활성화되는 부분인 근힘살(muscle belly)에 부착하였다(Fig. 1). 전극 부착 전 피부 저항을 최소화하기 위해 전극 부착 부위를 면도한 후 사포로 여러 번 문질러 각질을 제거하고 알콜솜으로 닦아 내었으며, 전극 부착 부위가 완전히 마른 후에 전해질 젤이 도포된 두 개의 활성전극과 접지 전극을 이용하여 피부에 부착하였다.

본 연구에서는 근활성도를 정량화하기 위해 실험

평균값 특정 동작 기준수축(Reference Voluntary Contraction: RVC) 값을 사용하였는데, RVC 값은 최대 수의적 등척성 근수축(maximal voluntary isometric contraction, MVIC) 값에 비해 신뢰도가 높고, 기능적인 동작의 움직임 분석하기에 유리하다고 하였다(Criswell, 2002).

기본 런지 자세를 기본 RVC로 삼아 이를 기준으로 표준화하는 %RVC 방법을 사용하였는데 기본 런지 자세에서 7초 동안 근활성도를 측정하였고, 7초 중 앞과 뒤 2초를 제외한 3초를 분석하여 근육별 정량화를 위한 기준값으로 사용하였다. 다리의 근활성도 측정 시 표본추출률은 1000Hz로 설정하였고, 20~500Hz 대역 필터로 필터링하였다. 런지 시 기저면 변화에 따른 모든 근활성도 값은 %RVC로 각 근육의 근활성도 값을 제시하였다.

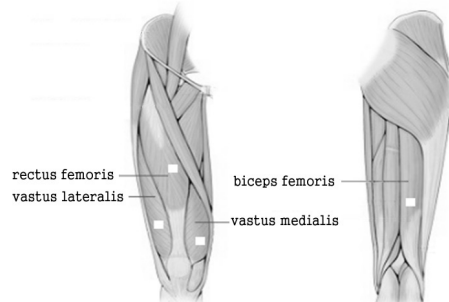


Fig. 1. The placement of surface EMG electrodes.

2) 족저압(plantar pressure) 측정

발바닥에 가해지는 족저압 변화를 측정하기 위해 저항식 압력센서로 구성된 족저압 측정기(F-Scan system, Teckscan inc, USA)를 사용하였다(Fig. 2).

족저압 측정 센서는 960개의 압력 감지점이 0.2인치 간격의 격자형식으로 균일하게 분포되어 있는 0.18mm 두께의 얇고 잘 구부러지는 압력 탐색자를 연구 대상자의 발 크기에 맞게 잘라 사용하는 것으로, 발바닥의 정적 또는 동적 압력분포를 측정하여 분석할 수 있다(Lee, 2011).

런지 시 기저면 변화에 따른 족저압은 각 자세를

7초 동안 유지시킨 상태에서 측정되었으며, 처음과 마지막 2초를 제외한 가운데 3초 동안의 족저압을 분석하였다. 족저압은 전내측(medial-forefoot, MF), 전외측(lateral-forefoot, LF), 중내측(medial-midfoot, MM), 중외측(lateral-midfoot, LM), 후내측(medial-hindfoot, MH), 후외측(lateral-hindfoot, LH)의 총 6구간으로 나누어 각 영역별 힘(force)과 접촉압력(contact pressure)을 분석하였다.

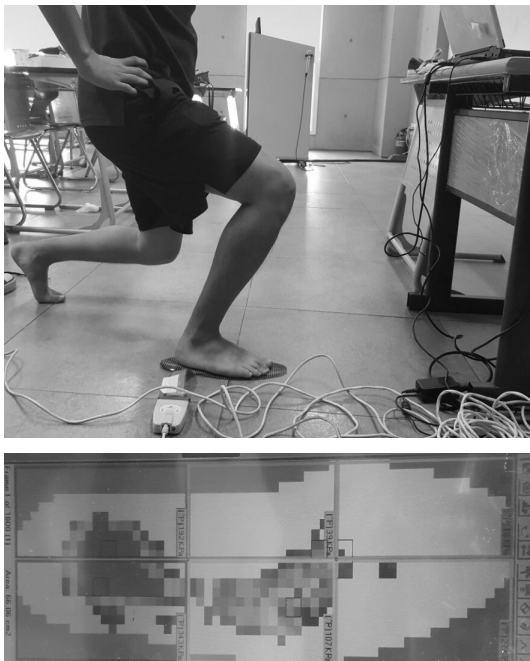


Fig. 2. Measurement of plantar pressure.

3. 실험 절차

실험은 BL, WL, NL로 나누어 실시하였는데, BL은 몸통 흔들림을 방지하기 위하여 시선은 정면을 응시하고 양손은 허리를 잡아 고정시켰으며 오른쪽 발을 앞으로 내민 상태에서 양 엉덩관절과 무릎관절을 90° 굽힘하게 하였다. 이 때 어깨너비로 발을 위치시켜 실시하였다. WL은 BL과 같은 동작을 수행하게 하였는데 발을 어깨너비에서 15cm 가쪽에 표시해 놓은 위치로 내밀도록 하였고, NL 역시 BL과 같은 동작을 수행하도록 하였는데 발을 어깨너비에서 15cm 안쪽에 표시

해 놓은 위치로 내밀도록 하여 실험을 하였다(Fig. 3).

각 각의 동작을 7초간 3회 실시하고 10분 휴식 후 다음 자세의 런지를 실시하였다. 3가지 유형의 런지 자세는 무작위로 실시하였으며, 환자가 런지 중 피로를 호소할 시 충분한 휴식 후 실험을 다시 실시하였다. 각 동작을 3회 실시한 평균값을 결과 값으로 사용하였다.

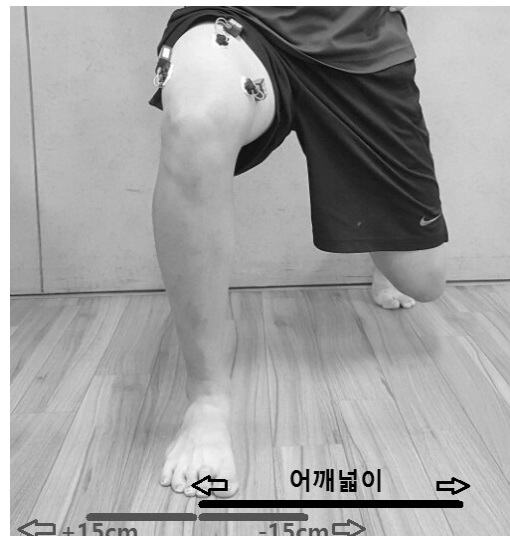


Fig. 3. Step wide of lunge.

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 18.0 for Windows 프로그램을 이용하여 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 분석하였으며, 런지 시 기저면 변화에 따른 근활성도와 족저압을 비교하기 위해 일원배치분산분(one-way ANOVA)을 사용하였고, 사후 검정으로는 LSD (least significance difference)를 사용하였다. 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 여자 12명, 남자는 8명이고 연령은 20~25세로 평균 연령이 22.90세, 평균

Table 1. General characteristics of subjects (n=20)

Characteristics	Mean±Standard deviation
Gender (Male/Female)	8/12
Age (years)	22.90±1.71
Height (cm)	168.60±5.81
Weight (kg)	58.80±9.64

신장 168.60cm, 평균 몸무게 58.80kg이었다(Table 1).

2. 런지 시 기저면 변화에 따른 넓다리의 근활성도 변화

런지 시 기저면 변화에 따른 넓다리의 근활성도는 넓다리두갈래근에서 유의한 차이가 나타났고 (p<0.05), 넓다리곧은근, 넓은안쪽근, 넓은가쪽근에서는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 넓다리두갈래근의 사후검정 결과 WL에서 BL에 비해 유의하게 근활성도가 높았고, NL에서도 BL에 비해 유의하게 높은 근활성도가 나타났다(p<0.05).

3. 런지 시 기저면 변화에 따른 족저압 변화

1) 발바닥 힘(force) 변화

런지 시 기저면 변화에 따른 발바닥 힘 변화는 전내

Table 2. Comparison of muscle activity according to the change in base of support (Unit: %RVC)

	Basic lunge	Wide lunge	Narrow lunge	F	P
RF	100±.00	101.33±2.13	98.45±1.89	0.77	0.47
BF	100±.00	150.10±5.36	151.66±5.68	42.52	0.00* ^{ab}
VM	100±.00	109.88±3.98	103.42±4.21	2.25	0.11
VL	100±.00	100.67±2.12	95.75±2.11	2.38	0.10

RF; rectus femoris, BF; biceps femoris, VM; vastus medialis, VL; vastus lateralis

* p<0.05

^a significant difference between basic lunge and wide lunge

^b significant difference between basic lunge and narrow lunge

측, 중내측, 중외측에서 유의한 증가가 나타났고 (p<0.05), 전외측, 후내측, 후외측에서는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 전내측, 중내측, 중외측의 사후검정 결과 전내측, 중내측은 BL과 WL, WL과 NL, 중외측은 BL과 WL, BL과 NL에서 유의한 차이가 나타났다 (p<0.05).

2) 발바닥 접촉압력(contact pressure) 변화

런지 시 기저면 변화에 따른 발바닥 접촉압력 변화

Table 3. Comparison of plantar force according to the change in base of support

(Unit: lb)

	Basic lunge	Wide lunge	Narrow lunge	F	P
MF	4.15±0.62	6.74±1.52	2.29±0.60	4.93	0.01* ^{ac}
MM	3.91±0.44	5.57±0.79	3.07±0.63	4.03	0.02* ^{ac}
MH	3.58±0.89	3.97±1.15	3.24±0.61	0.16	0.85
LF	1.65±0.39	3.56±0.33	1.64±0.29	0.02	0.98
LM	8.13±1.75	7.27±1.48	10.18±1.42	4.17	0.02* ^{ab}
LH	5.04±0.82	3.76±0.73	7.96±1.46	0.92	0.40

MF: medial-forefoot, MM: medial-midfoot, MH: medial-hindfoot, LF: lateral-forefoot, LM: lateral-midfoot, LH: lateral-hindfoot

*p<0.05

^a significant difference between basic lunge and wide lunge

^b significant difference between basic lunge and narrow lunge

^c significant difference between wide lunge and narrow lunge

Table 4. Comparison of plantar contact pressure according to the change in base of support

(Unit: kPa)

	Basic lunge	Wide lunge	Narrow lunge	F	P
MF	71.13±0.51	86.12±12.93	41.92±8.78	4.27	0.02 ^{*bc}
MM	44.91±2.55	53.52±4.93	37.20±4.83	3.65	0.03 ^{*c}
MH	49.24±7.73	47.81±8.35	52.55±7.13	0.10	0.90
LF	43.72±7.29	50.22±7.53	55.62±5.84	0.74	0.48
LM	39.26±4.04	39.33±2.77	41.12±2.65	0.11	0.90
LH	47.49±5.43	40.94±5.48	55.31±6.48	3.63	0.03 ^{*c}

MF: medial-forefoot, MM: medial-midfoot, MH: medial-hindfoot, LF: lateral-forefoot, LM: lateral-midfoot, LH: lateral-hindfoot

*p<0.05

^a significant difference between basic lunge and wide lunge

^b significant difference between basic lunge and narrow lunge

^c significant difference between wide lunge and narrow lunge

는 전내측, 중내측, 후외측에서 유의한 증가가 나타났고(p<0.05), 전외측, 중외측, 후내측에서는 유의한 차이가 없었다(P>0.05). 사후검정 결과 전내측은 BL과 NL, WL과 NL에서 유의한 차이가 나타났고, 중내측과 후외측은 WL과 NL에서 유의한 차이가 나타났다(p<0.05).

IV. 고찰

본 연구는 20대 대학생 여자 12명, 남자 8명 총20명을 대상으로 런지 시 지지면의 넓이에 따른 넓다리근의 각 근육 근활성도를 측정하여 차이를 분석하였다. 또 족저압을 전내측, 전외측, 중내측, 중외측, 후내측, 후외측의 6영역으로 나누어 측정하였으며 이를 통해 다리 근육의 불균형, 무릎통증 증후군 등의 질환에서 체중지지를 이용한 다리 근육 재활에 효과적인 런지 동작을 찾고자하는 목적으로 실시하였다.

그 결과 기본 런지에 비해 넓은 런지와 좁은 런지에서 넓다리두갈래근의 근활성도가 현저하게 증가함을 알 수 있었다. 또 발바닥 힘 분석결과 전내측과 중내측은 기본 런지와 좁은 런지에 비해 넓은 런지에서 증가하였고, 중외측은 좁은 런지에서 증가하였다. 발바닥 접촉압력 분석 결과 전내측과 중내측에서 좁은 런지

가 유의하게 낮았고, 후외측은 좁은 런지에서 높게 나타났다.

다리의 재활훈련 방법으로 열린사슬운동과 닫힌사슬운동을 활용할 수 있는데 이 중 다리의 주된 기능인 보행과 균형에 직접 관련되는 활동은 닫힌사슬운동에서 더 많이 일어나며 이는 일상생활활동 동안 뿐 아니라 운동 선수에게도 적용된다(Neptune et al., 2000). 다리의 닫힌사슬운동은 대표적으로 런지, 스쿼트, 스텝업 등이 있으며 이 중 스쿼트 동작은 넓다리네갈래근과 엉덩근육을 발달시키기 위한 효과적인 운동이다(Kim, 2013). Jeon (2006)은 신체 건강한 남자 대학생 12명을 대상으로 스쿼트 동작 시 넓다리곧은근과 넓다리두갈래근의 활성도를 비교한 결과 굽힘과 펴 구간 모두 넓다리곧은근의 활성도가 높게 나왔다고 하였고, Lee (2009)와 Kim (2014)의 연구에서도 유사한 결과가 나타났다. 이러한 결과는 스쿼트가 넓다리네갈래근에 많은 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다.

Farrokhi 등(2008)은 몸통의 위치를 변화시켜 런지를 수행한 결과 몸통을 앞으로 기울였을 때 큰엉덩근과 넓다리두갈래근에서 높은 근활성도를 보였다고 하였다. 본 연구에서도 기본 런지 시 넓다리두갈래근의 근활성도가 기본 런지에 비해 넓은 런지와 좁은 런지에서 높게 나타났고 이는 변화된 환경에서 균형을 잡기 위한 넓다리두갈래근의 역할이 큰 것으로 해석될

수 있다.

본 연구에서 족저압 측정의 결과 분석을 살펴보면 발의 전내측과 중내측에서 넓은 런지 시 높은 힘이 나타났으며 좁은 런지에서 낮은 접촉압력을 보였다. 상대적으로 발의 외측은 힘과 접촉압력 모두에서 좁은 런지 시 높게 나타났다. 이는 넓은 런지 시 신체의 중심이 앞으로 내민 발의 위치를 기준으로 안쪽에 떨어지면서 발의 내측에 더 많은 영향을 미친 것으로 판단되고, 좁은 런지 시는 이와 반대로 신체의 중심이 발과 가까운 곳으로 떨어지면서 상대적으로 발의 외측에 높은 힘과 접촉압력이 나타난 것으로 판단된다. 차후에 종아리에 위치한 근육의 활성도를 측정하여 이에 대한 근거를 보충할 필요가 있다고 생각된다.

Park 등(2010)의 연구에서는 무릎통증 증후군이 있는 집단과 무릎통증 증후군이 없는 집단의 런지 운동 시 안쪽넓은근과 기쪽넓은근 근활성도가 넙다리곧은근에 비해 높은 수치를 내었다. 또한 런지 시 발목위치에 따른 안쪽넓은근의 근활성도는 넙다리네갈래근 중 가장 큰 근활성도 나타내었다고 한다. Lee 등(2010)의 연구 결과에서는 불안정한 지지면의 운동은 안정된 지지면의 운동보다 체중을 분산시키고 지면에 대한 적응 및 균형 능력, 발바닥과 발목의 안정성을 향상시킨다는 결과가 나타났다고 한다. 이와 같이 훈련을 받을 대상의 특징을 파악하고 운동 시 조건의 변화에 따른 차이를 확인하여 목적에 맞는 훈련 방법을 제시하는 것은 매우 중요하다 할 것이다.

이전 연구들을 통해 런지 운동과 스쿼트를 비교하였을 때 근활성도 차이가 서로 다르게 나타났으며, 이는 런지와 스쿼트가 다리의 닫힌 사슬 운동에 속하고 비슷한 형태의 운동형상학을 보이지만 서로의 작용근 활성이 미세한 차이를 보인다는 것을 알 수 있었다. 또한 런지 운동 시 안쪽넓은근 활성도가 넙다리네갈래근 중 가장 큰 수치를 나타낸 본 논문의 결과가 이전 논문들 결과와 유사했으며 이는 안쪽넓은근 약화의 특징을 보이는 무릎통증 증후군의 재활치료에 런지 운동이 도움이 될 것으로 생각된다. 또한 본 연구의 운동은 기저면 변화 시 불안정한 지지 형태의 운동

모습이 보이며 이는 선행 연구 결과를 보아 런지 시 기저면 넓이의 변화가 지면에 대한 적응 및 균형 능력, 발바닥과 발목의 안정성을 향상시키는데 도움이 될 것으로 판단된다.

본 연구에서는 동적인 자세를 배제한 정적 자세로만 측정된 점이 제한으로 남아 있다. 상기 제한점은 차후 연구에서 보완되어져야 할 점이라 하겠다.

V. 결론

본 연구는 런지 시 기저면에 차이 따른 근활성도와 발바닥 압력을 비교하여 기저면의 넓이가 근활성도와 발바닥 압력에 어떤 영향을 주는지 분석하였으며 이 결과를 근거로 재활치료 훈련에 도움이 되고자 하였다. 그 결과 기저면의 변화는 넙다리두갈래근의 근활성도에 영향을 주었으며, 발바닥 힘과 발바닥 접촉압력에서도 차이를 보였다.

위 결과들을 바탕으로 런지를 다양한 재활프로그램에 목적에 맞도록 이용될 수 있는 재활훈련 운동으로 활용할 수 있다고 사료된다.

References

- Bohannon RW. Standing balance, lower extremity muscle strength, and walking performance of patients referred for physical therapy. *Perceptual and Motor Skills*. 1995;80(2):379-385.
- Criswell E. Cram's introduction to surface electromyography, 2nd ed. Boston. Jones and Batlett Publishers. 2002.
- Di Rocco PJ, Vaccaro P. Cardiopulmonary functioning in adolescent patients with mild idiopathic scoliosis. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1988;69(3):198-201.
- Farrokhi SI, Pollard CD, Souza RB, et al. Trunk position influences the kinematics, kinetics, and muscle activity

- of the lead lower extremity during the forward lunge exercise. *Journal of Orthopaedic Sports Physical Therapy*. 2008;38(7):403-409.
- Gurney B. Leg length discrepancy. *Gait Posture*. 2002;15(2):195-206.
- Hessert MI, Vyas M, Leach J, et al. Foot pressure distribution during walking in young and old adults. *BMC Geriatrics*. 2005;5:1-8.
- Hong YJ, Han NI. Coaching scientific analysis for the exercise habits of college students. *Journal of Coaching Development*. 2015;17(4):149-155.
- Jeon HJ. Compare and analyze the effect of three types of resistance exercises squats, leg flexes and leg extensions on muscular activity. Kyungpook National University. Dissertation of Master's Degree. 2006.
- Kang HS, Lee SW, Lee HE. Relationship of cardiorespiratory fitness with obesity and metabolic syndrome markers in college male students. *Journal of Exercise Nutrition & Biochemistry*. 2006;10(3):211-216.
- Kim DI, Kim JY, Lee MK, et al. The relationship between fitness, BMI and risk factors of metabolic syndrome among university students in Korea. *Journal of Obesity & Metabolic Syndrome*. 2012;21(2):99~107.
- Kim HS. A comparative analysis through EMG of the lower half of the body when doing full and half squats. Pukyong National University. Dissertation of Master's Degree. 2014.
- Kim SW. Comparison of lower extremity muscle activation during three closed-kinetic chain exercises in adult men. Dankook Sports Science University. Dissertation of Master's Degree. 2010.
- Kim SY, Yun JE, Kim HJ, et al. The relation of physical activity by the IPAQ to health-related quality of life - Korea National Health and Nutrition Examination Survey. *Korean Journal of Health Education and Promotion*. 2011;28(2):15-25.
- Lawrence M, Hartigan E, Tu C. Lower limb moments differ when towing a weighted sled with different attachment points. *Sports Biomechanics*. 2013;12(2):186-194.
- Lee HT, Um SH, Cho DY. Effects of regular exercise on health-related physical fitness and physical self-concept. *Korean Journal of Sport Psychology*. 2004;15(2):115-128.
- Lee JH, Lee JH, Kwon WA, et al. The effect of ankle joint muscle strengthening training and static muscle stretching training on stroke patients' plantar pressure and gait. *Journal of Academia-Industrial Technology*. 2012;13(3):1153-1160.
- Lee SC, Kim TH, Cym HS, et al. The influence of instability of supporting surface on trunk and lower extremity muscle activities during bridging exercise combined with core-stabilization exercise. *Physical Therapy Korea*. 2010;17(1):17-25.
- Lee SD. Effect of weights on lower extremity muscular activity during squat exercise. Kookmin University. Dissertation of Master's Degree. 2010.
- McCurdy K, O'Kelley E, Kutz M, et al. Comparison of lower extremity EMG between the 2-leg squat and modified single-leg squat in female athletes. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2010;19(1):57-70.
- Moon HW. Foot pressure measurement using F-scan system in normal korean adults. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 1995;19(2):289-295.
- Neptune RR, Wright IC, Bogert AJ. The influence of orthotic devices and vastus medialis strength and timing on patellofemoral load during running. *Clinical Biomechanics*. 2000;15(8):611-618.
- Park SR, Lee MG, Choi SM. Comparison of electromyographic activity of quadriceps during lunge according to ankle positions in ssireum players with patellofemoral pain syndrome. *Exercise Science*. 2010;19(3):219-230.
- Reiman MP, Bolgla LA, Loudon JK. A literature review of studies evaluating gluteus maximus and gluteus medius activation during rehabilitation exercises.

- Physiotherapy Theory and Practice*. 2012;28(4): 257-268.
- Wilson DJ, Gibson K, Masterson GL. Kinematics and kinetics of 2 styles of partial forward lunge. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2008;17(4):387-398.
- Yoe SJ. Analysis of lower-limb muscle by leg limb exercise for men in their 20s : Kettlebell swing, squat, lunge. Kyungbook University. Dissertation of Master's Degree. 2016.