

## 한센노인의 체간운동이 슬관절 굽힘·펼 동작의 최대수축 시 근피로도에 미치는 영향

정순미<sup>1</sup>

<sup>1</sup>인제대학교 의생명공학대학 물리치료학과

### Effects of Muscle Fatigue through Maximum Contraction during Flexion and Extension of Knee Before and After Isometric Trunk Exercise on Elderly Hansen's Disease

Soon-Mi Jung<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Biomedical Science and Engineering, Inje University, Gimhae, Korea

Received 10 January 2011; Received in revised form 31 January 2011; Accepted 25 March 2011

#### ABSTRACT

This study was to investigate the change of muscle fatigue through maximum contraction during flexion and extension of knee joint before and after the isometric trunk exercise was implemented on elderly Hansen's disease. 18 subjects exercised for 60 minutes twice a week for 12 weeks. The subjects were divided into normal sensory group, group with sensory loss in left sole, group with sensory loss in right sole, and group with sensory loss in both soles, according to the sensory condition on their soles. We obtained following results. Muscle fatigue in normal sensory group, there were significant differences in left·right hamstring, left rectus femoris( $p<.05$ ), in group with sensory loss in left sole, there were significant differences in left·right hamstring( $p<.05$ ), in group with sensory loss in right sole, there were significant differences in left·right hamstring, right rectus femoris and group with sensory loss in both sole, there were significant differences in right hamstring( $p<.05$ ). The differences of muscle fatigue according to the sensory condition on their soles, there were significant differences in left hamstring between normal sensory group and group with sensory loss in both sole( $p<.05$ ).

**Keywords** : Muscle Fatigue, Elderly of Hansen's Disease, Isometric Trunk Exercise, Maximum Contraction

## I. 서론

근전도(EMG)를 통한 근육의 피로 연구는 근섬유 안에서 수축과 이완의 과정에서 얻어지는 근육의 반응을 통하여 운동단위(motor unit)의 전기화학적 현상을 정량화시킴으로써 근육의 피로를 분석한다(Meretti & Roy, 1996).

일반적으로 근피로는 근육에 충분한 산소가 공급되지 않거나 혈액 중 젖산의 비율이 증가하여 근력 생산이 감소되는 것으로 설명된다(KACEP, 2007). 이로 인해 근육이 수축되어 피로를 유발하면 근섬유의 활동 전위의 전파속도가 느려지게 된다(Sung, 2003). Min, Ahn과 Han(1998)은 표면전극으로부터 얻어지는 근전도 신호의 중앙주파수의 변화는 국소근육의 피로의 평가에 타당하다고 하였으며, 근전도를 통한 피로도 분석에서 근육이 피로하게 되면 근전도 신호의 주파수 영역대가 고주파에서 저주파로 낮아지는 경향을 보이며 이는 근피로에 의해 근세포들의 생리적 반응과 관련이 있다고 하였다.

따라서, 근피로는 근 장력을 최대로 유지할 수 있는 능력의

Corresponding Author : Soon-Mi Jung  
Department of Physical Therapy, College of Biomedical Science Engineering,  
Inje University, Obang-dong, Gimhae-si, Gyung-sangnam-do, Korea  
Tel : +82-55-337-5263 / Fax : +82-55-337-5263  
E-mail : deersm@hanmail.net

손실로 정의되며 장시간 또는 과도한 활동으로 야기되는 불쾌한 느낌 및 능률저하, 자극에 대한 반응 능력의 상실이라고 할 수 있다(Lee, Ha, Kim & Oh, 2007; Vollstad, 1997). 정상인들은 최대 힘으로 근 수축을 지속할 때 나타나는 근피로는 근육의 최근 활동으로 인해 힘을 발생하는 능력이 감소된 상태로 정의되어진다(Binder & Synder, 1993). 또한 근피로 상태는 '운동으로 야기된 급성적인 근육의 힘 발휘 능력 저하'를 가져와 수적으로 수축할 수 있는 최대 힘의 감소로 정량화되거나 최대하의 목표의 힘으로 수축할 때 과업지속 실패시간으로 나타낼 수 있다(Gandevia, 2001).

이와 같이 운동과 함께 급성적으로 발생한다는 측면에서 근피로는 일상생활 뿐 아니라 운동을 할 때에도 인간의 수행력을 제한하는 주요 요인 중의 하나이다(Yun, Kim & Jung, 2005). 근피로시 근피로 전과 같은 힘을 내기 위해서는 중추에서의 노력의 양을 더 증가시켜야하고 이는 운동신경의 활성도를 증가시키게 된다(Carson, Riek, & Shahbazzpour, 2002).

한편, 한센병은 나균이 말초신경 또는 피부에 침범하는 만성 전염성 면역질환으로 균에 의해 손상을 입게 되면 가벼운 1도 장애증상인 지각마비, 2도 장애증상인 갈고리발, 갈고리손, 족하수, 중증인 3도 장애증상인 수하수 등의 장애를 동반하게 된다(Korean Society of Leprologists, 2004). 이들 중 10~15%는 발의 손상과 기형을 가지고 있으며, 기능 향상이 절실히 필요하며 이로 인해 특히 보행을 힘들게 하게 되거나 심하면 보행을 불가능하게 만든다(Korean Hansen Welfare Association, 2007).

이 중 족부궤양은 가장 흔한 문제로 나타나며 심한 경우 절단이라는 극단적인 상황에 도달하게 되며, 절단자의 대부분은 정상과는 다른 보행형태를 나타낸다. 일반적으로 정상인보다 보행 시 에너지의 소비대사량의 증가, 보행속도 감소 등의 특징을 보이며 이러한 비정상적인 보행 형태로 인한 무릎관절의 과도한 체중부하로 인해 시간이 지나면서 관절의 퇴행을 유발하는 것으로 보고되었다(Norvell, Czerniecki & Reiber, 2005).

이러한 결과로 낙상을 유발하게 되며 골절에 이르게 된다. Lee(2007)의 연구에 의하면 한센노인은 낙상으로 52.2%가 골절에 이르고 있다고 하였다. 이러한 하지의 불균형은 장시간의 하지의 사용으로 근육의 피로를 조절하지 못하게 되고 체간의 안정성의 감소를 가져와 운동반응이 저하되게 된다(Jean & Lee, 2009).

본 연구의 대상자인 한센노인은 일반노인보다 활동이 적은 데도 불구하고 감각소실로 인한 하지의 약화 및 장애로 인해 보행에 더 많은 어려움을 호소하고 있다. 하지만 하지를 강화시키기 위한 손과 발을 사용해야하는 근력강화운동을 실시하는 것이 불가능하여 손과 발의 소실이 있어도 실시 할 수 있는 체간운동을 채택하였다. Oh와 Kim(2004)은 체간근육의 활동은 골반과 하지의 움직임의 역할을 통해 신체정렬을 잘 유지하며 신

체기능을 수행하며 균형을 유지하기 위한 기본적인 지지대가 된다고 하였고, Nam과 Kim(2005)은 체간근이 불안정 할수록 기립상태에서 체간근의 균형조절능력이 떨어지게 되고 양하지에 가해지는 체중의 증감폭이 상승하게 된다고 보고하였다. 결국, 체간근을 강화함으로써 하지와 체간의 근육들이 협동적으로 작용하게 되어 안정적인 기립 및 보행이 이루어지게 된다고 하였다(Yun, 2009).

따라서 본 연구에서는 정적 체간운동을 실시하여 하지 슬관절의 굽힘과 폼의 최대수축 시 근육의 피로도에 어떤 변화가 나타나는지를 알아보려고 하였다. Jung, Park과 Lee(2002)의 연구에서는 한센노인의 말초신경손상의 발생으로 발바닥 압력에 미치는 요소가 중요하게 작용하며 이러한 손상이 족부의 관절 가동범위의 손상, 균형감각 소실, 족부기형 등을 발생시킨다고 하였으므로 대상자들의 발바닥 감각소실상태가 근피로도에 어떠한 영향을 주는지를 알아보았다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상자

본 연구를 위해 자립보행이 가능하며 인지기능에 장애가 없으며 연구에 지장을 주는 시·청각결손이 없는 A 지역에 거주하는 한센노인 18명을 선정하였다. 운동은 12주간 주2회로 실시하였으며, 모든 대상자는 실험에 참가하기 전 연구 목적과 방법에 대하여 충분한 설명을 듣고 이에 자발적 동의서를 작성한 후 연구에 참여 하였다. 각 군의 구성은 감각정상군은 3명, 왼발감각소실군은 6명, 오른발감각소실군은 3명, 양발감각소실군은 6명 이었다. 이들의 평균연령은 73.71±6.04 years, 신장 154.28±5.03 cm, 체중 54.71±7.04 kg이다.

### 2. 실험 장비

#### 1) 피로도 측정 장비

근전도를 이용한 측정값을 얻기 위해 타당도와 신뢰도가 검증된 근전도 측정기(EMG, LAXTHA, LXM 5308 무선근전도, Korea)를 사용하였다. 전극에는 근 섬유 활동 전위가 발생하는 것을 근육 위에 있는 피부로부터 유도하기 위하여 Ag-Ag/Cl(Biopac)의 합금으로 직경 20 mm의 디스크 모양의 표면 전극(surface bipolar electrode)을 사용하여 측정하였다. 각 근육의 표면 전극의 부착 부위는 근섬유 방향과 평행하게 검사하고 하는 근육의 위치를 확인한 후 부착하고, 두 전극 사이는 25 mm의 간격을 유지하여 두 전극 사이에서의 전위차를 비교하였다. 피부 저항을 최소화하고 양질의 데이터를 획득하기 위해 측정 전전극 부착 부

위를 알코올로 닦아내고, 두 개의 활성전극과 접지전극(ground electrode)을 각 부위별로 피부에 부착하였다.

하지 근육의 근피로도 측정하기 위해 피험자의 양측 넙다리곧은근, 넙다리뒤근에 각각 표면전극을 부착하고 접지전극은 경추7번 극돌기에 부착하였다. 도자의 정확한 위치는 넙다리곧은근은 슬개골과 대전자의 나란한 선을 이등분한 지점인 근육이 가장 활성화되는 근복 중앙으로 하였고, 넙다리뒤근은 둔부의 끝나는 둔선이 생기는 지점과 슬와 라인의 이등분되는 지점인 근육의 가장 활성화되는 부분으로 하였다. 실험간 움직임의 저항을 줄이기 위해 근전도 와이어를 피부에 고정시켰다.

피로도 분석을 위한 운동 전·후 넙다리곧은근의 측정은 넓은 테이블에 바로 걸터 앉은 자세에서 다리를 최대한 곧게 펴는 동작을 실시하는 동안 발목 부분에 반대 저항을 주고, 보상작용을 막기 위해 골반부위를 고정된 상태로 천천히 슬관절을 펴는 동작을 5초간 6회 지시에 따라 양측을 각각 실시하였다. 넙다리뒤근의 측정은 엎드린 자세에서 하퇴원위부에 저항하는 힘을 주어 후하방으로 밀어주고, 보상작용을 방지하기 위해 좌골을 눌러 고정된 상태로 최대한 무릎을 구부리는 동작을 5초간 6회 지시에 따라 양측을 각각 실시하였다. 측정 사이에 근육의 과도한 수축으로 인한 데이터의 정확성 감소를 우려하여 잠깐의 휴식시간을 부여하였다.

## 2) 발바닥 감각평가 도구

발바닥 감각소실(촉각)의 유무를 확인하기 위해 Semmes-Weinstein 모노 필라멘트를 사용하였다(Feng, Schlosser & Sumpio, 2009). 검사 시 필라멘트를 피부면에 수직으로 대고 피부 위를 미끄러지지 않도록 하여 대상자에게 예측되지 않도록 누운 상태에서 눈을 감게 하고 자극의 타이밍도 달리하여 후경골신경 지배 부위를 측정하여 노인의 감각상태에 맞게 수정하여 사용하였다. 대상자에게 1 g, 10 g, 75 g 으로 자극했을 때 어떤 무게의 모노필라멘트를 감지 할 수 있는지 확인하였고 노령으로 인한 감각의 둔화를 감안하여 10 g까지 인식할 경우 정상감각군으로, 75 g 인식 못할 때 감각소실군으로 분류하였다. 실험군은 감각정상군, 왼발감각소실군, 오른발감각소실군, 양발감각소실군으로 나누었다.

## 3. 실험 절차

### 1) 피로도 측정 절차

피로도 측정을 위한 슬관절 굽힘과 펴는 동작은 대상자에게 충분히 설명한 후, 각 근육마다의 최대수축을 위한 자세를 취하여 동작이 익숙할 때까지 연습을 실시하게 하였으며, 운동 실시 전·후로 측정하였다.

## 2) 운동프로그램 내용

체간운동은 대상자들의 특성에 맞추어 연구의 목적에 맞게 재구성하여 사용하였다(Lee & Chae, 2007). 운동은 근육의 움직임 조절하는 능력을 회복하기 위하여 실시하며 환자가 중립자세(neutral position)를 찾는 것부터 시작하여 중립자세로 유지하는 것을 기본으로 하였다. 운동의 순서는 준비운동과 본 운동 및 정리운동으로 하였으며 운동 시행 당시의 대상자들의 건강상태에 따라 중간에 잠깐의 휴식시간을 부여하였다. 운동프로그램의 내용은 <Table 1>과 같다.

## 4. 자료 처리

근피로도 분석의 자료 처리는 Telescan Software(Laxtha, Korea) 프로그램을 사용하여 산출하였다. 샘플링 주파수는 1024 Hz로 하였고, 잡음을 제거하기 위해 대역통과필터(bandpass filter)는 10~350 Hz를 사용하였다. 좌·우측 넙다리곧은근, 좌·우측 넙다리뒤근의 각 근육들에 대한 근전도 신호의 파워스펙트럼을 산출하여 중앙주파수 값의 변화를 분석하였다.

Table 1. Summary of isometric trunk exercise

Level	Exercise method	Time
Warm-up exercise	Stretching, Walking	10 minutes
Main exercise	<ul style="list-style-type: none"> <li>• One knee to chest and head up</li> <li>• Both knee to chest and head up</li> <li>• One leg raising with knee extension</li> <li>• One arm raising and opposite leg raising</li> <li>• Bridge exercise</li> <li>• One arm raising in four feet (Alternating)</li> <li>• One leg raising in four feet (Alternating)</li> <li>• One arm and opposite leg raising in four feet</li> </ul>	40 minutes
Finish exercise	Stretching, Walking	10 minutes
Total exercise time		60 minutes

## 5. 통계 처리

SPSS 프로그램(Ver 12.0)을 이용하여 대상자들의 운동 전·후의 근피로도의 변화를 보기 위해 Wilcoxon 부호순위 검정을 사용하여 검증하였고, 발 감각 상태에 따른 근피로도의 차이를 알아보기 위해 Kruskal-Wallis 검정을 하고 사후검정은 순위변수를 생성하여 Scheffe를 실시하였다. 유의수준은  $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 감각정상군의 근피로도 변화

발바닥 감각상태별로 운동 전과 운동 후 좌측 넙다리뒤근, 우측 넙다리뒤근, 좌측 넙다리곧은근, 우측 넙다리곧은근에 대한 근피로도의 변화를 검정하기 위해 Wilcoxon 검정을 실시한 결과 감각정상군의 좌·우 넙다리뒤근은 운동 후에 주파수가 상승하여 피로도가 감소되었고 좌·넙다리곧은근은 운동 후에 주파수가 감소하여 피로도가 증가되었다( $p < .05$ )(Table 2).

Table 2. Change of muscle fatigue on normal sensory group (unit: Hz)

Muscle	Before	After	z	p
	M±SD	M±SD		
LH	46.28±3.73	107.30±44.12	-2.37	.023*
RH	48.42±8.67	94.95±44.95	-2.17	.038*
LRF	84.69±7.41	58.99±18.65	-2.05	.047*
RRF	78.83±13.00	64.57±21.56	-1.18	.242

Note. \*  $p < .05$ , LH: Left Hamstring, RH: Right Hamstring, LRF: Left Rectus Femoris, RRF: Right Rectus Femoris.

#### 2. 왼발감각소실군의 근피로도 변화

왼발감각소실군의 좌·우 넙다리뒤근은 운동 후에 주파수가 상승하여 피로도가 감소되었다( $p < .05$ )(Table 3).

Table 3. Change of muscle fatigue on left sole sensory loss group (unit: Hz)

Muscle	Before	After	z	p
	M±SD	M±SD		
LH	40.11±9.42	78.77±3.47	-2.12	.041*
RH	45.72±7.88	80.89±18.53	-2.03	.046*
LRF	82.44±10.82	56.83±5.12	-1.63	.102
RRF	83.16±20.83	47.77±5.31	-1.60	.113

Note. \*  $p < .05$ , LH: Left Hamstring, RH: Right Hamstring, LRF: Left Rectus Femoris, RRF: Right Rectus Femoris.

#### 3. 오른발감각소실군의 근피로도 변화

오른발감각소실군의 좌·우넙다리뒤근은 운동 후에 주파수가 상승하여 피로도가 감소되었고 우넙다리곧은근은 운동 후에 주파수가 감소하여 피로도가 증가되었다( $p < .05$ )(Table 4).

Table 4. Change of muscle fatigue on right sole sensory loss group (unit: Hz)

Muscle	Before	After	z	p
	M±SD	M±SD		
LH	58.47±18.90	89.91±24.33	-2.10	.044*
RH	60.80±19.14	91.91±8.12	-2.13	.042*
LRF	87.13±18.73	59.36±11.75	-1.68	.103
RRF	88.97±9.08	56.27±14.62	-2.20	.034*

Note. \*  $p < .05$ , LH: Left Hamstring, RH: Right Hamstring, LRF: Left Rectus Femoris, RRF: Right Rectus Femoris.

#### 4. 양발감각소실군의 근피로도 변화

양발감각소실군의 우넙다리뒤근은 운동 후에 주파수가 증가하여 피로도가 감소되었다( $p < .05$ )(Table 5).

Table 5. Change of muscle fatigue on both sole sensory loss group (unit: Hz)

Muscle	Before	After	z	p
	M±SD	M±SD		
LH	65.33±11.12	94.29±20.53	-1.83	.068
RH	57.54±17.02	98.96±19.05	-1.98	.048*
LRF	95.83±18.03	85.58±14.54	-1.10	.273
RRF	86.29±14.02	73.91±8.86	-1.10	.269

Note. \*  $p < .05$ , LH: Left Hamstring, RH: Right Hamstring, LRF: Left Rectus Femoris, RRF: Right Rectus Femoris.

#### 5. 감각상태별 근피로도 차이 분석

감각상태에 따라 근피로도 차이를 분석한 결과 좌넙다리뒤근은 운동 전에 정상군과 양발감각소실군사이에 통계적으로 유의한 차이가 있었으나 운동후에는 차이가 나타나지 않았다. 우넙다리뒤근과 좌·우 넙다리곧은근은 감각상태에 따라서 통계적으로 유의한 차이가 없었다(Table 6).

### IV. 논 의

근전도를 통한 근육의 피로는 근섬유안에서 수축과 이완의 과정에서 발생하는 운동단위의 전기화학적 현상을 가시적 신호로 추출하여 정량화하는 것을 통해 분석할 수 있다(Yun, Chae & Kang, 2010). 근피로는 불충분한 산소공급이나 신진대사에 필요한 어느 한 물질의 고갈 등의 이유로 근육조직이 수축 요소에 원활한 신진대사를 공급하지 못할 때 근육이 피로하게 되며, 근피로의 기계적 의미는 근전도 또는 자극이 일정하게 유

Table 6. Differences of muscle fatigue according to soles sensory condition before and after exercise

(unit: Hz)

Muscle	Period	Sensory condition				$\chi^2$	<i>p</i>	Scheffe
		Normal <sup>a</sup>	L.S.L. <sup>b</sup>	R.S.L. <sup>c</sup>	B.S.L. <sup>d</sup>			
Left Hamstring	Before	46.28±3.73	40.11±9.42	58.47±18.96	65.33±11.16	9.39	.047*	a<d*
	After	107.3±44.10	78.77±3.47	89.91±24.36	94.29±20.54	1.96	.581	
Right Hamstring	Before	48.42±8.67	45.72±7.88	60.80±19.14	57.54±17.05	2.37	.497	
	After	94.95±44.90	80.89±18.56	91.91±8.12	98.96±19.06	3.08	.383	
Left Rectus Femoris	Before	84.69±7.41	82.44±10.84	87.13±18.75	95.83±18.02	3.19	.358	
	After	58.99±18.65	56.83±5.00	59.36±11.75	85.58±14.53	6.16	.102	
Right Rectus Femoris	Before	78.83±13.04	83.16±20.81	88.97±9.08	86.29±14.09	2.21	.534	
	After	64.57±21.59	47.77±5.31	56.27±14.62	73.91±8.86	4.97	.167	

Note. \**p*<.05, *Mean*±*SD*, L.S.L.: left sensory loss, R.S.L.: right sensory loss, B.S.L.: both sensory loss.

지뎠어도 불구하고 힘이 감소되는 것을 말하며 이 힘을 일정하게 유지하려면 더 많은 운동단위를 동원해야한다는 뜻이다 (Vredinbregy & Rau, 1973). 따라서 근피로 상태의 개선을 위해서는 운동중재가 필요함을 알 수 있다.

Larsson, Karlsson, Eriksson와 Gerdle(2003)은 20명의 건강한 성인을 대상으로 하여 무릎을 신전하는 최대수축을 반복적으로 시행하며 무릎을 신전시키는 수축을 100회 2세트로 7~8일 동안 나누어서 연속적으로 실시하였다. 근전도 측정 근육은 넙다리곧은근, 넙다리뒤근으로 하였고 정상화하여 중앙주파수 값을 통해 근 피로도를 알아본 결과 중앙주파수는 넙다리곧은근에서 1세트 66 Hz, 2세트 70 Hz, 넙다리뒤근은 1세트 74 Hz, 2세트 77 Hz로 측정되었다고 보고하였다. 선행연구에서는 두 근육 모두 근피로도가 감소하는 결과를 나타내었다.

본 연구에서는 정상성인이 아닌 한센노인을 대상으로 하였는데, 노인은 성인과는 다르게 근육의 최대수축력이 약하고 쉽게 피로를 느끼는 특성을 갖고 있어 슬관절의 굽힘근과 펴는 근육의 수축횟수를 많이 반복해서 실시하지는 못했다. 체간 운동을 실시하기 전과 후에 슬관절 굽힘 과 펴 동작을 근육을 최대 수축시키며 시행한 결과 감각상태별로 유의성의 차이는 있었지만 전체적인 근육의 피로도의 상태는 넙다리곧은근의 주파수가 운동 전보다 운동 후에 감소하였고, 넙다리뒤근은 운동전보다 운동 후 증가하였다. 즉 넙다리곧은근은 주파수가 감소하면서 피로도가 증가하였고, 넙다리뒤근은 주파수가 증가되면서 피로도가 감소한 것이다. 두 근육이 상반된 결과를 가져왔는데 이는 한센 노인은 대부분이 발바닥 감각이 소실되어 있으므로 평소에 체간을 굽혀 바닥을 보면서 걷는 습성으로 인해 굴곡시너지가 생성되어 체간 운동을 실시할 때도 슬관절이 약간 굽힌 상태로 진행되어짐으로 넙다리뒤근의 활성화가 더욱 증가되어 피

로도가 감소되어진 것으로 보이며, 넙다리곧은근은 상대적으로 결과가 다르게 나타났는데 이는 한센노인의 슬관절 굽힘과 펴는 근육의 힘이 발휘되는 정도와 방법이 정상노인과 다소 차이가 있었을 것으로 사료되며, 정상성인에서 운동단위의 수가 넙다리뒤근은 35개, 넙다리곧은근은 65개로 구성되어 있는 것에 반해 근육이 최대 수축하는 힘은 넙다리뒤근은 900±67  $\mu$ V, 넙다리곧은근은 평균 550±38  $\mu$ V로 넙다리뒤근이 훨씬 큰 것을 알 수 있다(Buchthal, 1959). 따라서 한센노인도 선행연구의 결과와 마찬가지로 슬관절을 굽히고 펼 때의 근육이 최대 수축하는 힘은 넙다리곧은근에서 적게 나타난 것으로 사료된다.

또 Sung(2003)의 연구에서는 16명의 성인을 대상으로 하여 엎드린 상태에서 체간을 테이블에서 떨어지게 하며 1분 동안 들어 올리는 체간 신전 수의적수축의 동작을 실시하는 운동을 4주 동안 실시하였다. 처음 시작은 4초로 시작해서 마지막에 1분까지 동작을 취하여 이로 인한 피로도를 측정하였다. 처음 시작 후 4초와 마지막 4초 사이를 비교하였는데, 중앙주파수가 치료 시간에 따라 낮아지면서 피로도가 유의하게 증가하였다. 이는 동작을 계속하면서 시간이 지남에 따라 피로도가 높아지는 것을 알 수 있는데, 특히 노인의 경우 피로에 더 민감하므로 운동 중재 시행 중에도 피로도가 높아지는 것을 방지하기 위한 시간 조절과 중간의 휴식시간부여 등이 필요한 것으로 사료된다.

Yun, Kim과 Jung(2005)는 젊은 여성과 65세 이상의 노인을 대상으로 근피로도를 측정한 결과 노인여성 쪽이 최대 수축력은 약했지만 젊은 여성보다 근피로가 더 느리게 진행되어 과업 지속시간은 더 길었다. 따라서 노인집단이 낮은 강도의 근수축 지속능력에서 더 뛰어나다는 것을 알 수 있었다. 즉 노인들의 최대수축능력의 저하는 근육자체에 의한 것이며 노화로 인한 근력저하 현상과 일치한다. 이는 근피로도가 젊은 여성 집단보

다 근피로의 진행속도에는 영향을 적게 받았지만, 근력약화 정도는 젊은 여성보다 많은 것으로 나타나 근피로도에 더 많은 영향을 받았다고 사료된다.

본 연구에서 전반적으로도 대상자들이 최대 강도의 근수축을 시행하는 것에 고도의 근피로와 어려움을 호소하였다. 대상자들의 넙다리뒤근은 운동전에도 굴곡시너지에 의해 근육이 수축이 된 상태로 생활해왔으므로 넙다리곧은근에 비해 피로도가 높은 편이었으며, 또한 노인의 특성상 피로에 더 많은 영향을 받아 운동을 시행하는 동안도 중간에 휴식시간을 부여하여야 했고 체력이 빨리 소모되는 현상을 볼 수 있었다.

결론적으로 한센노인은 발 감각소실에 의해 형성되어진 습성으로 인해 넙다리뒤근이 특히 평소에 많은 근 피로를 느끼고 있었으며, 운동 후 많은 개선을 가져와 피로도가 급격히 감소됨을 알 수 있었다. 특히 좌넙다리뒤근에서 운동전에 양발감각소실군과 비교할 때 정상군의 피로도가 가장 높았으나 운동 후 정상감각군의 넙다리뒤근이 변화의 폭이 가장 크게 나타남을 볼 수 있었는데, 이는 감각이 정상일 경우에 운동 중재 이후의 효과가 가장 큼을 알 수 있었다. 운동전에 좌 넙다리뒤근은 정상군과 양발감각소실군에서 피로도의 가장 유의한 차이를 보였고 양발감각소실군에서 피로도가 가장 적은 것으로 나타났다. 이는 양발감각이 소실된 경우 평소 양측으로 의족을 착용하고 있으므로 편측의 감각소실의 경우보다 좌 넙다리뒤근에 더욱더 안정감을 줄 수 있고, 양쪽의족 착용으로 인해 일상생활의 활동을 제한하였거나 보행보다는 전동차를 많이 이용하였으므로 다른 군에 비해 운동전의 피로도가 더 적게 나타난 것으로 사료된다. 좌·우넙다리곧은근은 근피로도가 소폭 상승되었다. 따라서 두 근육의 운동 중재의 효과는 다소 차이가 있음을 알 수 있었고 한센노인의 감각장애에 따른 슬관절 운동시 두 근육의 근피로도의 특성을 파악함으로써 앞으로의 운동중재를 위한 기초 자료로 활용될 수 있다고 사료되어진다.

## V. 결 론

본 연구의 목적은 한센노인의 발 감각장애로 인해 일상생활 속에서 느끼는 근피로를 운동중재를 통해서 어떠한 변화를 나타내는지 알아보고자 하였다. 이를 위해 발 감각상태에 따른 운동 전·후의 근피로도의 변화를 비교하여 보았다.

정적 체간운동을 적용한 후 감각상태별로 군을 나누어 근피로도 변화의 차이를 살펴본 결과 감각정상군의 좌·우 넙다리뒤근은 근피로가 감소하였고, 좌·넙다리곧은근은 운동 후에 근피로가 증가하였다( $p<.05$ ). 왼발감각소실군의 좌·우 넙다리뒤근은 운동 후에 근피로가 감소하였다( $p<.05$ ). 오른발감각소실군

의 좌·우넙다리뒤근은 근피로가 감소하였고, 우넙다리곧은근은 운동 후에 근피로가 증가하였다( $p<.05$ ). 양발감각소실군의 우넙다리뒤근은 운동 후에 근피로가 감소하였다( $p<.05$ ). 감각상태에 따른 근피로도 차이를 분석한 결과 좌측 넙다리뒤근은 운동전에는 감각정상군과 양발감각소실군 사이에서 유의한 피로도의 차이가 있었으나 운동 이후에는 차이가 나타나지 않았으며 우넙다리뒤근과 좌·우 넙다리곧은근은 발 감각상태에 따라서 운동전·후에 피로도의 차이가 없었다.

본 연구의 제한점으로는 슬관절 근육이 최대로 수축하는 힘을 발휘하기 힘들어하는 노인 대상자들이었으므로 운동 중재기간 동안의 중간평가를 실시하지 못하였는데, 추후 연구에서는 중간평가를 할 수 있는 방안을 마련하여 어느 시점에 근피로도의 변화가 일어나는지의 분석을 통해 운동 중재시 운동방법과 시간을 결정하는데 반영할 수 있을 것으로 사료되어 진다.

## 참고문헌

- Binder-Macleod, S. A., & Snyder-M. L.(1993). Muscle fatigue: Clinical implications for fatigue assessment and neuromuscular electrical stimulation. *Journal of Physical Therapy*, 73, 902-910.
- Buchthal, F., Ermínio, F., & Rosenfalck, P.(1959). Motor unit territory in different human muscles. *Acta Physiologica Scandinavica*, 45, 72-87.
- Carson, R. G., Riek, S., & Shahbazzpour, N.(2002). Central and peripheral mediation of human force sensation following eccentric or concentric contractions. *Journal of Physics*, 539, 913-925.
- Feng, Y., Schlosser, F. J., & Sumpio, B. E.(2009). The Semmes Weinstein monofilament examination as a screening tool for diabetic peripheral neuropathy. *Journal of Vascular Surgery*, 50(3), 675-682.
- Gandevia, S. C.(2001). Spinal and supraspinal factors in human muscle fatigue. *Physiological Reviews*, 81, 1725-1789.
- Jeon, H. J., & Lee, M. H.(2009). The Effects of PNF Technique Versus Trunk Exercise Program on the Pain, Disability, and Balance in Chronic LBP Patients. *Korean Journal of Contents Association*, 9(12), 665-673.
- Jung, D. Y., Park, K. H., & Lee, K. S.(2002). Relationship Between Plantar Foot Pressures and Plantar Ulceration in Patients with Hansen's Disease. *Journal of University Trained Physical Therapy*, 9(1), 63-68.

- Korean Association of Certified Exercise Professionals.(2007). Exercise Physiology. Seoul. Hanmi Medical, Inc.
- Korean Hansen Welfare Association.(2007). Hansen's Disease Guide.
- Korean Society of Leprologists.(2004). Leprology.
- Lee, K. S., & Chae, S. G.(2007). Effects of Lumbar Exercise for 6 weeks on Range of Motion(ROM) and Pain According to Posture in Women with Chronic Low Back Pain. *The Korea Journal of Sports Science*, 16(2), 569-577.
- Lee, S. G.(2007). Fracture in Sorokdo National Hospital. *Korean Journal of Leprosy Bulletin*, 40(2), 15-23.
- Lee, W. H., Ha, S. M., Kim, Y. W., & Oh, J. S.(2007). Influence of Muscle Fatigue on the Sensing of Force reproduction in Elbow Flexors. *Korean Journal of University Trained Physical Therapy*, 14(3), 16-22.
- Larsson, B., Karlsson, S., Eriksson, M., & Gerdle, B.(2003). Test-retest reliability of EMG and peak torque during repetitive maximum concentric knee extensions. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 13, 281-287.
- Meretti, R., & Roy, S.(1996). Myoelectric and mechanical manifestations of muscle fatigue in voluntary contractions. *Journal of Orthopedic Sports Physical Therapy*, 24, 342-353.
- Min, G. S., Am, J. Y., & Han, J. S.(1998). Measurement of the Muscle Fatigue Patterns using Electromyography Technique. *Korean Journal of Orthopedic Association*, 33(4), 1184-1192.
- Norvell, D. C., Czerniecki, J. M., & Reiber, G. E.(2005). The prevalence of knee pain and symptomatic knee osteoarthritis among veteran traumatic amputees and nonamputees. *Arch Physical Medicine and Rehabilitation*, 86(3), 487-493.
- Sung, P. S.(2003). Multifidi muscles median frequency before and after spinal stabilization exercises. *Arch Physical Medicine and Rehabilitation*, 84, 1313-1318.
- Vredinbregy, J., & Rau, G.(1973). Surface electromyography in relation to force, muscle length and endurance: In new developments in electromyography and clinical neurophysiology. *JE Desmedt(Ed)*, 1, 607-622.
- Vollestad, N. K.(1997). Measurement of human muscle fatigue. *Journal of Neuroscience Methods*, 74, 219-227.
- Yun, C. J., Che, W. S., & Gang, N. J.(2010). Comparative Analysis of Fatigue on Muscle Activities and Physiological Variables during Ergometer Test. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 20(3), 303-310.
- Yun, T. J., Kim, Y. W., & Jung, C. S.(2005). The Effect of Aging on the Mechanism of Muscle Fatigue during Sustained Submaximal Isometric Contraction. *Korean Journal of Sport Biomechanics*, 15(3), 51-59.