

바이오피드백 시스템을 활용한 하지근력 강화운동이 지역사회기반 노인의 하지기능과 보행에 미치는 효과

박태성¹, 이인숙², 장명훈³, 신명준^{3,4,5*}

¹부산대학교병원 의생명연구원 연구원 ²부산대학교병원 영상학과 교수, ³부산대학교병원 재활의학과 교수, ⁴부산대학교 의과대학 교수,
⁵부산대학교병원 의생명연구원 교수

The Effect of Lower Extremity Muscle Strengthening Exercise using Biofeedback System on Lower Extremity Function and Gait in Community-based Elderly

Tae-Sung Park¹, In-Sook Lee², Myung-Hun Jang³, Myung-Jun Shin^{3*}

¹Researcher, Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital

²Professor, Department of Radiology, Pusan National University Hospital

³Professor, Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

⁴Professor, School of Medicine, Pusan National University

⁵Professor, Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital

요약 본 연구는 바이오피드백 시스템을 활용한 하지 근력 강화 운동이 지역사회기반 노인에게 어떠한 영향이 있는지 알아본 연구이다. 지역사회기반 노인 10명을 대상으로 주 3회, 6주 동안 바이오피드백 시스템(기능적 전기 자극 동반)을 활용하여 운동을 실시하였다. 데이터 분석은 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. 본 연구 결과 신체 기능은 유의하게 좋아졌으나 근력 및 근육량에서는 유의한 차이가 없었다. 노인들도 지역사회기반 ICT 활용 가정 바이오피드백 훈련이 가능하며, 하지 기능 개선을 유도할 수 있음을 확인할 수 있었지만, 대상자수 확대, 성별 구분, 개인 맞춤형 훈련 방식 제공 등으로 보다 명확한 효과를 입증할 수 있도록 추가적인 연구가 필요하다.

주제어 : 바이오피드백, 기능적 전기 자극, 지역사회기반, 하지 기능, 하지 근력

Abstract This study is to investigate the effect of lower extremity strength exercise using biofeedback system on community-based elderly. Ten community-based elderly were exercised using the biofeedback system (with functional electrical stimulation) three times a week for six weeks. Data analysis was performed using Wilcoxon signed rank test. Physical function improved significantly, but there was no significant difference in muscle strength and muscle mass. Although elderly people were able to confirm that community-based ICT home biofeedback training could be possible and could lead to improvements in the lower extremity function, further research is needed to demonstrate a clearer effect by expanding the target population, distinguishing the sexes, and providing a personalized training method.

Key Words : Biofeedback, Functional electrical stimulation, Community-based, Lower limb function, Lower limb strength

*This research was supported by a grant from University Research Park Project of Busan National University funded by Busan Innovation Institute of Industry, Science & Technology Planning.

*Corresponding Author : Myung-Jun Shin(drshinmj@gmail.com)

Received October 30, 2019

Revised November 28, 2019

Accepted January 20, 2020

Published January 28, 2020

1. 서론

최근 한국의 고령화는 빠르게 진행이 되고 있다. 2020년 65세 이상의 인구비율은 15.7%로 예상되며 2067년에는 46.5%가 될 전망이다[1]. 고령 인구 비율이 늘어나게 되면서 고령화에 따른 관절염과 같은 질병도 증가 할 것으로 보여진다[2]. 고령화에 따른 관절염 질병 증가를 주목해야 하는 이유로 관절염이 무릎 부위에 발생하게 되면 낙상이 일어날 가능성도 같이 증가하기 때문이다. 노인에게 낙상이 발생하게 되면 장애 및 사망까지도 초래할 수 있기 때문에 낙상을 줄이려는 다양한 시도가 필요하다[3].

무릎 관절염을 예방하기 위해서는 하지 근력 강화 운동이 중요한 요소로 작용 한다[4,5]. 하지 근력 운동으로 무릎의 부상을 방지하면 자연스럽게 무릎 관절염을 방지할 수 있다[6]. 이미 무릎 관절염을 가진 환자도 하지 근력 운동을 통하여 무릎의 통증을 감소시킬 수 있고, 신체 기능 및 삶의 질을 증가시킬 수 있다[7]. 위와 같이 하지 운동으로 무릎 관절염을 예방하고 신체 기능을 향상시키면, 보행속도가 증가할 수 있다. 보행속도가 증가하면 기대 수명 또한 증가한다[8]. 미국에서 2016년 질병으로 인정받은 근감소증은 고령화 사회에서 늘어날 것으로 예상되고 있으며, 이를 관리하기 위해서도 운동 증대는 매우 중요하다.

최근 하지 근력 강화 운동 중 대표적으로 사용 되고 있는 운동으로는 바이오피드백(Biofeedback) 운동이 있다[9]. 바이오피드백 운동을 할 경우에 대상자 스스로 운동이 잘 되고 있는지 바로 확인할 수 있으며 원하는 근육을 선택적으로 강화 운동을 할 수 있기 때문에 근력 강화 운동에 있어서 도움이 된다. 하지만 이러한 바이오피드백 운동을 집에서 노인 혼자 진행하기는 쉽지 않은 상황이다. 현재 나와 있는 바이오피드백 훈련 장치는 전문 장비를 사용하여 전문가와 함께 병원, 보건소, 복지관 등에서 진행을 해야 하는 상황이다[10,11].

위와 같은 문제점들을 해결하기 위하여 바이오피드백 시스템을 활용한 가정용 하지 근력 강화 운동기기가 개발되고 있다. 최근 개발된 exoRehab은 대퇴사두근과 정강이에 착용을 하는 바이오피드백 시스템으로 노인 혼자 착용이 가능하며 하지 근력 운동을 할 수 있는 기기이다. 추가로 하지 등척성 운동을 할 때 최대 근력의 일정 수치 이상이 되면 기능적 전기 자극이 제공되어 근력 강화에 도움을 줄 수 있다.

‘운동은 약이다.’라는 구호로 치료적 약물에 준하는 것으로 기대되고 있으나, 노인에게서는 운동 효과가 떨어지는 무반응군(non-responder)에 대한 논란이 있다. 무반응군은 개별화된 운동을 제공하지 못했거나, 충분한 기간과 강도로 훈련을 하지 못했던 경우로 생각하고 있으나, 노인에게서 최적의 치료효과를 얻어내는 운동중재는 현실적으로 쉽지 않다. 반면에 전기치료는 스스로 운동을 하지 않아도 근 수축 운동효과를 나타낼 수 있는 유일한 방법이며, 약한 근 수축을 더욱 강하게 유도할 수 있는 방법이라 보다 쉽게 운동 효과를 증가시킬 수 있는 보조적 치료방법으로 생각되고 있다.

이러한 점들을 바탕으로 지역사회기반 노인을 대상으로 6주간의 바이오피드백 운동이 대상자들의 기능적인 부분에 어떠한 영향이 있는지 예비 실험을 통하여 알아보고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구 대상자

본 연구의 대상자는 지역사회에 거주하는 노인들이며, 대상자 모집 시 노인정, 노인회, 보건소 등 지역사회 자원을 활용하여 모집하였다. 65세 이상, 독립적인 보행이 가능하며 신경계 질환이 없는 지역사회기반 노인을 대상으로 10명을 선정하였으며 의사의 판단으로 연구 참여에 적합하지 않을 정도의 근골격계 통증 및 질환이 있는 노인은 본 실험에서 제외하였다.

최종 선정된 참여자들을 엑셀 난수표를 사용하여 기기를 착용하는 다리(실험군)를 무작위 배정을 하였다. 이는 주로 사용하는 하지의 여부가 연구 결과에 미치는 영향을 최대한 방지하기 위함이다. 최종 비율은 우측 및 좌측 하지가 1:1이 되도록 하였다. 대상자의 정보는 아래 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=10)

Sex	Male : 3 Female : 7
Age (years)	69.9±2.66
Weight (kg)	61.91±8.23
Height (cm)	158.0±5.39

2.2 중재 방법

대상자는 운동 전 사전 기능 평가를 진행하고 6주 운동 후 사후 기능 평가를 진행하였다. 본 실험은 바이

오피드백 시스템(exoRehab)을 활용 한 하지 근력 강화 운동을 진행하였다. 실험 대상자는 사전 기능 평가 때 병원을 방문하여 기기에 대한 교육을 받은 후 가정에서 주 3회, 6주간 기기를 사용하여 운동을 실시하였다. 이 때 기기에 운동 기록이 남게 되어 연구자가 원격으로 확인을 할 수 있다. 기기를 착용하지 않는 반대측 다리(대조군)는 일반적인 운동을 진행하였으며 주별로 전화를 통하여 운동 실행 여부를 확인하였다.

본 실험에 사용하는 기기는 Fig. 1과 같으며 바이오 피드백 재활 시스템을 갖춘 기기(exoRehab)로 3회 Q-setting 운동(앉아서 다리를 일자로 편 상태에서 대퇴사두근에 최대한 힘을 주는 운동)을 하게 되면 표면 근전도를 통하여 최대근력을 파악하게 된다. 그 이후 태블릿 화면을 보면서 Q-setting 운동을 진행 할 때 최대 근력의 80%에 도달하면 추가로 대퇴사두근에 기능적 전기 자극 기능이 작동하여 운동 진행하는 15초 동안 보조역할을 하여준다. 총 30회의 운동 중 15회만 전기 자극이 운동보조를 하여주었다. 전기치료의 강도는 근육의 수축이 보이기 시작하는 가시적 수축 단계로 설정을 하였으며 전기 자극 주파수는 50Hz, 펄스폭은 200us로 진행을 하였다. 기기를 착용하지 않은 반대측 다리는 일반적인 Q-setting 운동을 진행하였다. 양측 다리 모두 10회를 1세트, 총 3세트를 진행하였으며 동작 1회당 15초 동안 힘을 주게 하였다.



Fig. 1. Biofeedback system(exoRehab)

2.3 측정도구

바이오피드백 훈련 장치가 지역사회기반 노인에게 미치는 영향을 알아보기 위하여 하지 근력 및 기능 검사를 진행하였다. Fig. 2에 있는 FRA(Fall Risk Assessment, InBody Co., Ltd, Seoul Korea)와 표면근전도(PSL-EMG-Tr1, PhysioLab Co., Ltd, Busan, Korea)를 통하여 무릎 신전근 근력과 대퇴사두근(Vastus

medialis)에 표면근전도 검사를 진행하였다. 본 연구에 사용된 표면근전도 기기는 기존의 표면근전도 기기(BTS-FREEMG1000)와 비교 하였을 때 임상적으로 사용이 가능하다고 판단되었다[12].



Fig. 2. FRA(Muscle strength test) & Surface EMG

하지 근력을 FRA로 측정할 때 대상자는 의자에 등을 기대어 앉아서 무릎을 90° 굽힘으로 고정 한 다음 발목 부분에 저항을 줄 수 있도록 바를 위치 시켰다. 대상자의 손은 양 옆 손잡이를 잡고 5초 동안 무릎을 최대한 힘을 주어 편 상태로 유지시켜 최대 등척성 수축으로 힘을 측정하였다. 좌, 우 번갈아 가면서 2번씩 측정을 하였으며 FRA 측정치의 최고값(kg)을 사용하였다. 표면근전도는 최대 등척성 수축 시 Vastus medialis의 근 활성화도(Maximum Voluntary Isometric Contraction : MVIC) RMS 값과 중앙주파수(Median Frequency : MF) 값을 측정하였다. 근전도 데이터는 대상자가 최대 힘을 주는 5초 중 처음 1초와 마지막 1초를 제외한 3초의 데이터를 사용하였다.

하지 기능 및 보행 능력을 검사하기 위해서 TUG(Timed UP and Go test)와 FTSSST(Five Times Sit-to-Stand Test)를 사용하였다. 그리고 사지의 골격근량(Skeletal Muscle mass Index), 체지방량(Percent Body Fat), 부위별 근육량(Segmental Lean Mass)을 살펴보기 위하여 체수분 검사기(InBody S10, InBody Co., Ltd, Seoul, Korea)를 사용하였다.

TUG는 기능적 운동능력을 평가할 수 있는 검사로 노인의 균형능력과 운동능력을 평가 할 수 있는 검사로 의자에서 일어나 3m의 거리를 돌고 다시 의자에 앉기까지의 시간을 측정하는 검사이다[13]. 2회 측정하여 평균 시간을 사용하였다. FTSSST 검사는 의자에서 5번 앉았다 일어나는 검사로 하지의 기능적 운동능력을 평가할 수 있는 검사이다[14]. 2회 측정하여 시간이 최소

로 나온 값을 사용하였다.

2.4 통계처리

본 연구는 SPSS 19.0을 이용 하였으며 모든 데이터는 평균과 표준편차로 기술을 하였다. 대상자의 운동 전, 후를 비교하기 위하여 Wilcoxon signed rank test를 사용하였다. 유의수준 α 는 0.05로 설정 하였다.

3. 결과

3.1 하지 무릎 펌근 근력 결과

실험군의 경우 Table 2와 같이 유의하게 근력이 감소하였으며($p < 0.05$), 대조군은 유의하지는 않지만 감소하였다($p > 0.05$).

3.2 최대 근 수축 시 하지 무릎 펌근 활성화(RMS), 중앙주파수(MF) 결과

실험군의 경우 Table 2와 같이 근 활성화도가 유의하지는 않지만 감소하였다($p > 0.05$). 대조군의 경우 근 활성화도가 유의하게 감소하였다($p < 0.05$). 중앙주파수 값의 경우 실험군과 대조군 모두 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

3.3 기능검사 결과

TUG, FTSST 모두 Table 2와 같이 시간이 유의하게 감소하였다($p < 0.05$).

3.4 체수분 결과

체수분 결과 Table 2와 같이 사지의 골격근량, 체지방량은 감소한 것에 반하여, 실험군과 대조군의 다리 근육량은 증가하였지만 유의하지는 않았다($p > 0.05$).

Table 2. Comparison results before and after experimental intervention

	Pre	Post	p
FRA (Experimental leg_kg)	26.75±16.98	21.85±15.91	0.022*
FRA (Control leg_kg)	24.35±14.30	21.81±12.70	0.114
RMS (Experimental group_μV)	93.02±46.17	86.92±64.58	0.241

RMS (Control group_μV)	96.87±44.74	75.05±29.66	0.017*
MF (Experimental group_Hz)	57.33±7.47	51.82±8.01	0.028*
MF (Control group_Hz)	59.78±8.33	52.18±6.01	0.047*
TUG (sec)	6.76±0.55	5.83±0.41	0.005*
FTSST (sec)	6.92±0.71	5.45±0.58	0.005*
Skeletal Muscle mass Index (kg/m ²)	8.15±0.9	8.06±0.89	0.959
Percent Body Fat (%)	31.29±11.47	28.01±5.44	0.507
Segmental Lean mass (Experimental leg_kg)	8.16±1.28	8.17±1.25	0.959
Segmental Lean mass (Control leg_kg)	8.08±1.43	8.18±1.39	0.575

*, $p < 0.05$

4. 고찰

본 연구를 통해서 가정에서 지역사회기반 노인이 바이오피드백 하지 근력 강화 운동을 6주간 시행하였을 때 어떠한 영향이 있는지 알아보았다. 실험 결과 하지와 관련된 신체기능은 통계적으로 유의하게 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 하지 근력 및 근 활성화도, 그리고 근 활성화 주파수가 유의하게 감소하였다. 이번 연구는 기기의 효과를 입증하는 확증적 임상시험을 준비하기 위한 예비 연구로 ICT 융합 기기를 사용하여, 노인들에게서 가정 자가 훈련을 통해서 하지 기능을 향상시킬 수 있었다는 것에 가장 큰 의의가 있다.

주 3회로 6주간 하지 근력 운동을 실시하였으나 근력이 감소된 이유로는 1) 실험대상자가 고령이기 때문에 자연적 근력 감소의 가능성이 있을 수 있다. 이는 추후 연구에서 운동을 시키지 않는 대조군을 설정하여 자연적 근력 감소가 어느 정도인지를 판단할 수 있어야 할 것으로 보인다. 2) 실험 방법이 실험자들에게 개별화된 저항운동이 아니기 때문에 근력 호전 효과가 없었을 수 있다. 저항운동에 중점을 처음부터 두지 않았던 것은 누구나 쉽고 안전하게 할 수 있는 운동을 자가로 하게 하는 것이 목표였기 때문인데, 추후 기기를 사용하는 목적에 따라서 저항 강도를 어떻게 조절해야 할지

고민이 필요한 부분으로 생각된다. 3) ICT 기술을 융합한 바이오피드백 장치로 운동시간을 관리자가 확인할 수 있으나, 관리자의 감시 하에 진행되는 운동처럼 동일한 운동 강도를 제공하기는 어려웠을 가능성이 있다. 전화상으로 주 3회 이상 운동하였다고 확인을 하였지만, 관리자 모드 상에서는 운동한 시간과는 차이가 있어서 보다 정확한 효과를 검증하기 위해서는 일정 시간 운동량을 시행하지 않을 경우 즉시 알림을 줄 수 있는 부가적인 시스템 도입이 필요할 것으로 보인다.

전기치료 실험군 다리에서는 근력 감소와, 표면근전도의 중앙주파수 값이 유의하게 떨어지는 것으로 관찰되었지만, 근육 활성화도 RMS는 통계적으로 차이가 없었다. 대조군 다리에서는 근력감소는 일어났지만 통계적 유의성은 없었으며, 표면근전도 RMS, 중앙 주파수 값은 유의하게 감소하였다. 이를 해석해보면 노화에 의해서 발생하는 근육의 변화 중 TypeII 근섬유의 감소가 실험군, 대조군 다리 모두에서 일어난 것으로 판단되며, 이로 인하여 양측 다리 모두 근력 감소가 발생한 것으로 추정된다. 즉 전기 치료를 부가적으로 했던 것이 노화에 의한 TypeII 근섬유의 감소를 효과적으로 막지 못 했을 가능성이 있다. 이는 전기치료와 병행한 운동 중재가 근력 강화에 충분하지 못했기 때문으로 생각되며, 전기치료의 적용 강도, 시간 등도 부족했었던 것으로 판단된다.

전기치료에 관한 이전 연구들을 살펴보면, Kern 등의 연구에서는 노인에게서 전기치료를 총 9주 1회 30분간 총 24회 720분 시행하였을 때 IGF-1 mRNA expression 증가, 단백질해를 반영하는 MuRF 의 감소를 일으켜 근육 기능을 개선하는 것을 밝혔다[15]. Zampieri 등의 연구에서는 총 3회 9주간의 운동 중재 시 저항운동군은 평균 근섬유의 크기 감소 및 TypeII, TypeI 근육의 감소를 보였지만, 전기치료군은 평균 근섬유의 크기는 변화가 없었고 TypeI 은 감소, TypeII 증가하였다고 하며, 신체기능의 경우 전기치료에서 모든 평가 항목에서 개선이 되었음을 보여주었다[16]. Dal Corso 등의 연구에서는 COPD 남성 노인 환자 16명(age = 65.9±6.8)을 대상으로 주 5회, 6주 동안 전기 자극(가시수축 강도, 50Hz)을 1주는 2s:10s(전기 자극:휴식)로 15분, 2주는 5s:25s로 30분, 3~4주는 10s:30s, 5~6주는 10s:20s로 1시간 동안 대퇴사두근에 적용하여 근력(torque)과 기능 그리고 근육량을 보

았다[17]. 연구 결과 유의하지는 않지만 근력과 기능은 좋아졌고 근육량은 감소 한 것을 알 수가 있다. 또한 근육의 Type 1 섬유 단면적이 감소하였고 Type 2 섬유의 단면적 증가하였다고 한다. Type 2 섬유의 단면적 증가가 있었지만, 근력이 유의하게 변화하지 않은 이유로 Dal Corso는 환자 특성의 차이가 관련이 있다고 주장하며, 근력을 증가시키기 위해서는 더 높은 자극과 더 긴 치료 시간이 필요할 것이라고 이야기하였다.

이전 연구들이 전기치료로 TypeII 근섬유의 증가를 관찰할 수 있었지만 본 연구에서 중앙주파수의 감소를 보았을 때 TypeII 근섬유 기능이 더 떨어진 것으로 보이며 향후 추가적인 연구에서는 병행하는 운동 중재 방법과 전기치료의 강도를 조절 또는 기간을 더 늘리는 것을 고려해보아야 할 것으로 보인다. 즉 지역사회 거주 노인들이 자가로 운동을 하게 될 경우에도 안전성에 무게를 두어서 그 강도를 너무 낮추게 될 경우 효과가 떨어질 수 있음을 유의해야 할 것으로 보인다.

부가적으로 최소 효과를 나타낼 수 있는 전체 운동 시간 및 전기치료 시간 비율도 향후 고려해보아야 할 것으로 보인다. 김기원과 김준선의 연구에서 단속시간 비율이 높을수록 근 피로를 줄여준다고 한다[18]. 본 연구에서 단속시간 비율은 1:3.33으로 설정은 되어있지만 운동할 때 전기 자극 휴식시간 때 대상자가 휴식시간을 끝낼 수 있는 버튼이 있었다. 대상자가 이 버튼을 누르고 충분한 휴식을 취하지 않았다면 근 피로가 발생하였을 것이다. 그렇게 때문에 추후 단속 시간에 대한 모니터링도 고려해봐야 할 사항으로 생각된다.

근력은 감소하였지만, 신체 기능 평가가 유의하게 향상된 것은 노화로 인한 TypeII 근섬유의 감소를 효과적으로 예방하지는 못 했지만, TypeI 섬유가 증가하여 근력 증가보다 근 지구력이 증가 된 것으로 추측할 수 있다. 노인에게서 근 지구력의 증가는 일상 보행을 더 원활하게 할 수 있을 가능성도 있어 추후 일상생활 동작 속에서 6분 보행과 같은 근 지구력을 확인하여 볼 수 있는 검사를 동시에 측정해보는 것과 웨어러블 디바이스 등을 이용하여 하루 일과 중의 활동량을 정량적으로 측정해보는 것이 의미가 있을 것으로 보인다.

Gomes da Silva 등의 연구는 20대의 정상 성인을 대상으로 주 2회, 6주 동안 대조군, 대퇴사두근 원심성 운동 그룹, 원심성 운동과 NMES(통증을 참을 수 있는 최대 강도, 80Hz)를 같이 한 그룹으로 나누어 운동을 실

시하였다. 주차 별로 원심성 운동그룹과 NMES를 같이 한 그룹의 운동 세트 수와 횡수를 동일하게 증가시켜 진행하였다. 연구 결과 대조군과 비교하여 두 집단 모두 대퇴사두근의 근력(torque), 근육의 두께는 증가하였으나 기능에는 변화가 없었다[19]. Gomes da Silva는 20대 정상 성인(남/여 = 7/8, 8/7, 8/5)을 대상으로 선정하여 진행하였기 때문에 기능에 변화가 없었다고 한다. 기능감소가 없었던 정상 성인에게서는 기능 변화를 관찰할 수 없었지만, 기능감소가 있을 수 있는 노인에게서는 ICT 융합기술을 사용한 저강도의 운동에도 기능 호전을 야기 할 수 있다는 것을 생각해볼 수 있다. 또한 대상자 모집 시 성별을 고려하지 않았으나, 추후 연구에는 성별에 따른 차이를 확인하기 위하여 대상자 확대하는 것이 바람직해 보인다.

TUG는 Ibrahim의 연구에서 60세 이상 정상 노인(n=2,856)의 경우 나이가 증가할수록 시간이 증가하는 것을 확인할 수 있다[20]. 본 연구 결과에서는 대상자 연령대에 비하여 TUG 시간이 감소하였으며, Dal Corso의 연구 결과에서도 6분 보행검사의 이동 거리가 증가하였다. 이렇듯 노인에게는 전기 자극을 동반한 저강도 운동이라도 기능 증진에 도움이 될 것으로 보인다.

Medrinal 등의 연구에서는 중환자실에 누워있는 환자를 대상으로 각각 10분씩 수동관절운동, 수동 자전거 운동, 대퇴사두근 전기 자극 그리고 자전거 운동과 동시에 FES(가시수축 강도, 35Hz)를 적용한 그룹을 비교를 하였는데 운동과 동시에 FES를 한 그룹이 유의하게 심박출량 및 근육의 성능이 좋아졌다[21]. 본 연구에서도 선행 연구와 동일하게 운동과 동시에 FES를 적용하여 훈련을 실시하였고 기능이 좋아진 것을 확인할 수 있었다. 이는 운동과 동시에 FES를 적용하였을 때 혈액 순환의 변화가 생겨 근육의 산소 소비와 신진대사를 증가시켰다는 것을 의미한다[21,22]. 나이가 증가할수록 신체의 근력이 감소하는 것은 정상적인 것으로, 기존의 운동에 부가적으로 FES를 적용하여줄 수 있다면 저항 운동 및 유산소 운동의 효과 이외에도 근육 단백질 합성을 증가시키거나 단백질 분해를 떨어뜨려서 기능적 호전을 더 증진시켜줄 것으로 보인다.

본 연구에서의 제한점은 예비 실험으로 진행이 되었기 때문에 대상자 수가 적었으며, 남녀 비율이 맞지 않았다. 그리고 바이오피드백 운동 이외의 요소들이 제대로 통제되지 않은 점과 운동 강도 설정 등과 같은 요소

들이 있었다.

위와 같은 제한점들이 있었지만 본 연구 결과 가정에서 바이오피드백 시스템을 활용한 하지 근력 강화 운동이 지역사회기반 노인들에게 하지 기능 증진에 도움이 되는 것을 확인하였다. 추후 연구에서는 위와 같은 제한점들을 잘 해결하여 명확한 효과를 입증할 수 있도록 추가적인 연구를 진행해야 할 것이다.

REFERENCES

- [1] Statistics Korea. (2019). *Population Projections for Korea*.
- [2] Health Insurance Review & Assessment Service. (2018). *Health insurance medical statistics*.
- [3] CT. Cigolle et al. (2015). The epidemiologic data on falls, 1998-2010: more older Americans report falling. *JAMA Intern Med*, 175(3), 443-445.
- [4] J. J. Cho & W. H. Lee. (2018). Effects of Apply to Home-based Exercise Program that Consisted of Lower Extremity Exercise on Isokinetic Knee Strength in Elderly at Nursing Home. *Archives of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 14(1), 1-9.
- [5] T. S. Suh, S. Y. Jo & B. M. Kwon. (2010). The Effects of the "Resistant Isometric Quadriceps Femoris Muscle Strengthening Exercise" on Degenerative Knee Arthritis Patients. *Journal of the Korean Academy of Health and Welfare for Elderly*, 1(2), 123-136.
- [6] E. M. Roos & N. K. Arden. (2016). Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol*, 12(2), 92-101.
- [7] M. Fransen, S. McConnell, A. R. Harmer, M. Van der Esch & K. L. Simic. (2015). Bennell. Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review. *Br J Sports Med*, 49(24), 1554-1557.
- [8] S. Studenski et al. (2011). Gait speed and survival in older adults. *JAMA*, 305(1), 50-58.
- [9] Y. L. Choi, O. K. Moon, B. K. Kim & W. S. Choi. (2014). Effects of Isometric Exercise Using Biofeedback on the Changes of Q-Angle, Median frequency in Knee Osteoarthritis. *The Korean Entertainment Industry Association*, 2014(5), 131-136.
- [10] S. M. Cha, M. H. Kang, D. C. Moon & J. S. Oh. (2017). Effect of the Short foot Exercise Using an

- Electromyography Biofeedback on Medial Longitudinal Arch During Static Standing Position. *Physical Therapy Korea*, 24(1), 9-18.
- [11] Y. H. Kim & J. H. Park. (2018). Effects of Muscle Activity and Balance in Functional Ankle Instability of Women's University Students after Bio-feedback training. *Archives of Orthopedic and Sports Physical Therapy*, 14(1), 29-36.
- [12] M. H. Jang et al. (2018). Validity and Reliability of the Newly Developed Surface Electromyography Device for Measuring Muscle Activity during Voluntary Isometric Contraction. *Comput Math Methods Med*, 29.
- [13] M. T. Kristensen, N. B. Foss & H. Kehlet. (2007). Timed "Up & Go" Test as a Predictor of Falls Within 6 Months After Hip Fracture Surgery. *Phys Ther*, 87(1), 24-30.
- [14] S. Shea & G. Moriello. (2014). Feasibility and outcomes of a classical Pilates program on lower extremity strength, posture, balance, gait, and quality of life in someone with impairments due to a stroke. *J Bodyw Mov Ther*, 18(3), 332-360
- [15] H. Kern et al. (2014). Electrical Stimulation Counteracts Muscle Decline in Seniors. *Front Aging Neurosci*, 6(189).
- [16] S. Zampieri et al. (2015). Physical Exercise in Aging: Nine Weeks of Leg Press or Electrical Stimulation Training in 70 Years Old Sedentary Elderly People. *Eur J Transl Myol*, 25(4), 237-242.
- [17] S. Dal Corso et al. (2007). Skeletal muscle structure and function in response to electrical stimulation in moderately impaired COPD patients. *Respir Med*, 101(6), 1236-1243.
- [18] G. W. Kim & J. S. Kim. (2014). Analysis of Surface EMG Power Spectrum and Muscle Fatigue Depending on the Variable of Neuromuscular Electrical Stimulation. *J Korean Soc Phys Ther*, 26(5), 280-289.
- [19] C. F. Gomes da Silva, F. X. Lima, E Silva, K. B. Vianna, G. D. S. Oliveira, M. A. Vaz & B. M. Baroni. (2018). Eccentric training combined to neuromuscular electrical stimulation is not superior to eccentric training alone for quadriceps strengthening in healthy subjects: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther*, 22(6), 502-511.
- [20] A. Ibrahim, D. K. A. Singh & S. Shahar. (2017). 'Timed Up and Go' test: Age, gender and cognitive impairment stratified normative values of older adults. *PLoS One*, 12(10).
- [21] C. Medrinal et al. (2018). Comparison of exercise intensity during four early rehabilitation techniques in sedated and ventilated patients in ICU: a randomised cross-over trial. *Crit Care*, 22(1), 110.
- [22] A. W. Subudhi, A. C. Dimmen & R. C. Roach. (2007). Effects of acute hypoxia on cerebral and muscle oxygenation during incremental exercise. *J Appl Physiol* (1985), 103(1), 177-183.

박 태 성(Tae-Sung Park)

[정회원]



- 2016년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 학사
- 2018년 2월 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 석사
- 2019년 3월 ~ 현재 : 부산가톨릭대학교 물리치료학과 박사 과정

- 2017년 10월 ~ 현재 : 부산대학교병원 연구원
- 관심분야 : 심장호흡재활, 융합의료기기
- E-Mail : tsbark@naver.com

이 인 숙(In-Sook Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 부산대학교 의학과 의학 학사
- 2002년 2월 : 부산대학교 의학과 영상의학 석사
- 2007년 2월 : 부산대학교 의학과 영상의학 박사

- 2017년 3월 : 부산대학교병원 영상의학과 교수
- 관심분야 : 근골격, 척추
- E-Mail : lis@pusan.ac.kr

장 명 훈(Myung-Hun Jang)

[정회원]



- 2009년 2월 : 부산대학교 의과대학 의학 학사
- 2015년 2월 : 부산대학교 의학 석사
- 2018년 3월 ~ 현재 : 부산대학교 병원 재활의학과 진료조교수

- 관심분야 : 중환자 재활, 표면근전도
- E-Mail : zmh1048@naver.com

신 명 준(Myung-Jun Shin)

[정회원]



- 2003년 2월 : 부산대학교 의학과 의학 학사
- 2009년 2월 : 부산대학교 의학과 재활의학 석사
- 2014년 8월 : 부산대학교 의학과 재활의학 박사

- 2019년 3월 ~ 현재 : 부산대학교병원 재활의학과 부교수
- 관심분야 : 노인 재활, 융합의료기기
- E-Mail : drshinmj@gmail.com