바이오피드백 시스템을 활용한 하지근력 강화운동이 지역사회기반 노인에게 미치는 영향

박태성[1], 이인숙[2], 장명훈[3], 신명준[3*]
[1]부산대학교병원 의생명연구원 연구원 [2]부산대학교병원 영상의학과 교수
[3]부산대학교병원 재활의학과 교수

The Effect of Lower Extremity Muscle Strengthening Exercise using Biofeedback System on Community-based Elderly.

Tae-Sung Park[1], In-Sook Lee[2], Myung-Hun Jang[3], Myung-Jun Shin[3*]
[1]Researcher, Biomedical Research Institute, Pusan National University Hospital
[2]Professor, Department of Radiology, Pusan National University Hospital
[3]Professor, Department of Rehabilitation Medicine, Pusan National University Hospital

요 약 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 전기자극 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, 기능적전기자극, 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 November 26, 2019 Revised November 26, 2019
Accepted January 20, 2019 Published January 28, 2019

Journal of Convergence for Information Technology
Vol. X, No. X, pp. -, 2019
e-ISSN 2586-4440
https://doi.org/10.22156/CS4SMB.2018._._._

1. 서론

최근 한국의 고령화는 빠르게 진행이 되고 있다. 2020년 65세 이상의 인구비율은 15.7%으로 예상이 되며 2067년에는 46.5%가 될 전망이다[1]. 고령인구 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]

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]. 이러한 연구들을 보면 무릎 관절염을 예방하거나 치료하기 위해서 하지 근력 운동이 중요한 것을 알 수가 있다.

최근 하지 근력 강화 운동 중 대표적으로 사용 되고 있는것 중 하나가 바이오피드백(Biofeedback) 운동이다[8]. 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 하기는 쉽지 않은 상황이다. 현재 나와 있는 바이오피드백 훈련 장치는 전문 장비를 사용하여 전문가와 함께 병원, 보건소, 복지관 등에서 진행을 해야 하는 상황이다[9, 10].

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 혼자서 착용이 가능하며 하지 근력 운동을 할 수 있는 기기이다. 추가로 하지 등척성 운동을 할 때 최대 근력의 일정 수치 이상이 되면 기능적 전기자극이 제공되어 근력 강화에 도움을 줄 수 있다. 그리고 무선 인터넷이 연결이 되어 있어 운동을 정확하게 하고 있는지 관리자 또는 보조자가 확인을 할 수 있다.

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

2. 연구 방법

2.1 연구 대상자

본 연구의 대상자는 65세 이상, 혼자 도움 없이 보행이 가능하며 신경계질환이 없는 지역사회기반 노인을 대상으로 10명을 선정하였으며 의사의 판단으로 연구 참여에 적합하지 않을 정도의 근골격계 통증 및 질환이 있는 노인은 본 실험에서 제외를 하였다. 또한 최종 선정 된 참여자들을 엑셀 난수표를 사용하여 기기를 착용하는 다리(실험군)를 무작위 배정을 하였다. 이는 주로 사용하는 하지 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 (㎏)	61.91±8.23
Height (㎝)	158.0±5.39

2.2 중재 방법

대상자는 운동 전 사전 기능 평가를 진행하고 6주 운동 후 사후 기능 평가를 진행하였다. 본 실험은 바이오피드백 시스템(exoRehab)을 활용 한 하지 근력 강화 운동을 진행하였다. 실험 대상자는 사전 기능 평가 때 병원을 방문하

여 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 바이오피드백 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 전기자극 기능이 작동하여 운동 진행하는 15초 동안 보조역할을 하여준다. 총 30회의 운동 중 15회만 전기자극이 운동보조를 하여 주었다. 전기치료의 강도는 근육의 수축이 보이기 시작하는 가시적 수축 단계로 설정을 하였으며 전기자극 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 표면 근전도검사를 진행하였다. 본 연구에 사용된 표면 근전도 기기는 기존의 표면 근전도 기기(BTS-FREEEMG1000)와 비교 하였을 때 임상적으로 사용이 가능하다고 판단되었다[11].

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(㎏)을 사용하였다. 표면 근전도는 최대 등척성 수축 시 Vastus medialis의 근 활성도(Maximum Voluntary Isomeric 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 FTSST(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[12]. 2회 측정하여 평균 시간을 사용하였다. FTSST 검사는 의자에서 5번 앉았다 일어나는 검사로 하지의 기능적 운동능력을 평가 할 수 있는 검사이다[13]. 2회 측정하여 시간이 최소로 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 α는 0.05로 설정 하였다.

3. 결과

3.1 하지 무릎신전근 근력 결과

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

3.2 최대 근수축 시 하지 무릎신전근 활성도(RMS), 중앙주파수(MF) 결과

실험군 하지의 경우 근 활성도가 감소하였지만 유의하지는 않았다($p>0.05$). 대조군의 경우 근 활성도가 유의하게 감소하였다($p<0.05$). 중앙주파수 값의 경우 실험군과 대조군 모두 유의하게 감소하였다($p<0.05$).

3.3 기능검사 결과

TUG, FTSST 모두 시간이 유의하게 감소하였다($p<0.05$).

3.4 체수분 결과

사지의 골격근량, 체지방량은 감소한 것에 반하여, 실험군과 대조군의 다리 근육량은 증가하였지만 통계적으로 유의하지는 않았다($p>0.05$).

Table 2. Test result

	Pre	Post	p
FRA (Experimental leg_㎏)	26.75±16.98	21.85±15.91	0.022*
FRA (Control leg_㎏)	24.35±14.30	21.81±12.70	0.114
RMS (Experimental group_㎶)	93.02±46.17	86.92±64.58	0.241
RMS (Control group_㎶)	96.87±44.74	75.05±29.66	0.017*
MF (Experimental group_㎐)	57.33±7.47	51.82±8.01	0.028*
MF (Control group_㎐)	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 (㎏/㎡)	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_㎏)	8.16±1.28	8.17±1.25	0.959
Segmental Lean mass (Control leg_㎏)	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 의미있게 향상되는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 하지 근력 및 근 활성도, 그리고 근활성 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 실시 하였으나 근력이 감소 된 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 있어야겠다. 2) 실험 방법이 실험자들에게 개별화된 저항운동이 아니기 때문에 근력 호전 효과가 없었을 수 있다. 저항운동에 중점을 처음부터 두지 않았던 것은 누구나 쉽고 안전하게 할수 있는 운동을 자가로 하게 하는 것이 목표였기 때문인데, 추후 기기를 사용하는 목적에 따라서 저항강도를 어떻게 조절하느냐도 고민이 필요한 부분으로 생각된다.

3) ICT 기술을 융합한 바이오피드백 장치로 운동시간을 관리자가 확인할 수 있으나, 감시하 운동처럼 동일한 운동 강도를 제공하기는 어려웠을 가능성이 있다. 전화상으로 주 3회 이상 운동하였다고 확인을 따로 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.

근력 감소와 동시에 근육활성도도 변화가 의미있게 있었는데, 이는 이전 연구와 비교하여 살펴볼 필요가 있다. Dal Corso 등의 연구에서는 COPD 남성 노인 환자 16명(age = 65.9±6.8)을 대상으로 주 5회, 6주 동안 전기자극(가시수축 강도, 50㎐)을 1주는 2s:10s(전기자극: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 보았다[14]. 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. 지역사회 거주 노인들의 근력을 증가시키기 위해서는 저항운동 강도를 보다 높이는 것이 첫 번째 고려해야할 사항으로 생각되며, 부가적으로 최소 효과를 나타낼 수 있는 전체 운동시간 및 전기치료 시간도 향후 고려해보아야할 것으로 보인다. 그리고 본 연구에서 근력은 감소한 것으로 나왔지만 하지 관련 기능검사는 향상되었다. 또한 중앙주파수 값이 유의하게 저하되었는데 이는 근육의 Type 2 섬유보다 Type 1 섬유가 증가하여 근력의 증가보다 근 지구력이 증가된 것이 아닌가 추측할 수 있다. 노인에게서 근지구력의 증가는 일상 보행을 더 원활하게 할 수 있을 가능성도 있어 추후에 일상생활 동작 속에서 보행관련 활동량을 동시에 측정해보는 것도 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, 80㎐)를 같이 한 그룹으로 나누어 운동을 실시하였다. 주차 별로 원심성 운동그룹과 NMES를 같이 한 그룹의 운동 세트 수와 횟수를 동일하게 증가시켜 진행하였다. 연구결과 대조군과 비교하여 두 집단 모두 대퇴사두근의 근력(torque), 근육의 두께는 증가하였으나 기능에는 변화가 없었다[15]. Gomes da Silva는 20대 정상 성인

(남/여 = 7/8, 8/7, 8/5)을 대상자로 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 야기할 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[16]. 본 연구 결과에서는 대상자 연령대에 비하여 TUG 시간이 감소하였으며, Dal Corso의 연구 결과에서도 6분 보행검사의 이동 거리가 증가하였다. 이렇듯 노인과 환자들에게 있어서 전기자극을 동반한 운동은 기능 증진에 도움이 되지만 20대 정상 성인에게 있어서는 큰 효과가 없을 것이다.

Medrinal 등의 연구에서는 중환자실에 누워있는 환자를 대상으로 각각 10분씩 수동관절운동, 수동 자전거 운동, 대퇴사두근 전기자극 그리고 자전거 운동과 동시에 FES(가시수축 강도, 35㎐)를 적용한 그룹을 비교를 하였는데 운동과 동시에 FES를 한 그룹이 유의하게 심박출량 및 근육의 성능이 좋아졌다[17]. 본 연구에서도 선행 연구와 동일하게 운동과 동시에 FES를 적용하여 훈련을 실시하였고 기능이 좋아진 것을 확인 할 수 있었다. 이는 운동과 동시에 FES를 적용하였을 때 혈액순환의 변화가 생겨 근육의 산소 소비와 신진대사를 증가시켰다는 것을 의미한다[17,18]. 나이가 증가할수록 신체의 근력이 감소하는 것은 정상적인 것으로 기존의 운동이 아닌 FES를 동시에 적용하여주어 근육의 혈액순환을 증진시켜 신체기능을 증진 및 유지 시켜준다면 노인의 삶의 질을 증가시켜 줄 것으로 생각된다.

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

위와 같은 제한점들이 있었지만 본 연구 결과 가정에서 바이오피드백 시스템을 활용 한 하지 근력 강화 운동이 지역사회기반 노인들에게 하지 기능 증진에 도움이 되.는 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] EM. Roos, NK. Arden. (2016). Strategies for the prevention of knee osteoarthritis. *Nat Rev Rheumatol, 12(2),* 92-101.

[7] M. Fransen, S. McConnell, AR. Harmer, M. Van der Esch, M. Simic, KL. (2015). Bennell. Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review. *Br J Sports Med, 49(24),* 1554-1557.

[8] 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.

[9] 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.

[10] 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.

[11] 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.*

[12] MT. Kristensen, NB. 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.

[13] 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

[14] 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.

[15] CF. Gomes da Silva, FX. Lima E Silva, KB. Vianna, GDS. Oliveira, MA. Vaz, BM. 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.

[16] A. Ibrahim, DKA. Singh, S. Shahar. (2017). 'Timed Up and Go' test: Age, gender and cognitive impairment stratified normative values of older adults. *PLoS One, 12(10).*

[17] 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.

[18] AW. Subudhi, AC. Dimmen, RC. 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(Park, Tae Sung) [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 (Lee, In Sook) [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 (Jang, Myung Hun) [정회원]

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

・관심분야 : 중환자 재활, 표면 근전도
・E-Mail : zmh1048@naver.com

신 명 준(Shin, Myung Jun) [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