JESK J Ergon Soc Korea 2018; 37(6): 771-780
http://dx.doi.org/10.5143/JESK.2018.37.6.771
http://jesk.or.kr eISSN:2093-8462

A Comparative Analysis on the Muscle Activity of the Young and the Elderly in Hip Adduction and Abduction Movement

Juyoung Na[1], Kwang Tae Jung[1], Jasoo Hong[2]

[1]Korea University of Technology and Education, Department of Industrial Design Engineering, Cheonan, 31253
[2]Biomedical System & Technology Group, Korea Institute of Industrial Technology, Cheonan, 31056

고관절 내전 및 외전 운동에서 청년층과 고령층의 근활성도 비교 분석

나주영[1], 정광태[1], 홍재수[2]

[1]한국기술교육대학교 디자인공학과
[2]한국생산기술연구원 의공시스템기술그룹

Corresponding Author
Kwang Tae Jung
Korea University of Technology and Education, Department of Industrial Design Engineering, Cheonan, 31253
Mobile : +82-10-8838-9306
Email : ktjung@kut.ac.kr

Received : November 28, 2018
Revised : December 03, 2018
Accepted : December 08, 2018

Copyright@2018 by Ergonomics Society of Korea. All right reserved.

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.

Objective: The purpose of this study is to compare the muscle activity of the young and the elderly in hip adduction and abduction movement.

Background: While muscle strength is an essential factor for stable and efficient walking, older people aged 65 or older have significantly reduced muscle strength characteristics compared to the young. The adductor and abductor muscles of hip are closely related to the physical balance of walking. Although the main user of hip rehabilitation equipment is an elderly person, young people are often forced to rehabilitate hip joints due to physical accident. In this regard, the need for a comparative analysis of how the muscle activity of the young and the elderly differs is raised in the hip rehabilitation movement.

Method: EMG signals were measured while exercising hip adduction and abduction movement under five backrest angle; 90˚, 100˚, 110˚, 120˚, and 130˚. Fourteen young subjects and twelve senior subjects participated in the experiment. EMG data were normalized using a 10~350Hz FIR bandpass filter to eliminate noise. The significance of %MVC difference between young and senior group was analyzed using *t*-test.

Results: The muscle activity of the adductor longus with the backrest angle in hip adduction movement is not significantly different between the elderly and the young. However, both groups tended to have a higher value for muscular activity as the back angle increased. The muscle activity of the tensor fascia latae with the backrest angle in hip abduction movement is significantly different between the elderly and the young. It is also significantly different for gluteus medius. Both groups tended to have a higher value for muscular activity of the tensor fascia latae as the backrest angle increased. On the other side, both groups tended to have a lower value for muscular activity of the gluteus medius as the backrest angle increased.

Conclusion: This study identified the significance of difference between the elderly and the young's muscle activity of hip adduction and abduction movement with the backrest angle of chair in hip rehabilitation equipment. The difference between the elderly's and the young's muscle activity is not significant in adduction movement, but significant in abduction movement.

Application: This study could serve as a basis for designing the chair backrest of hip rehabilitation equipment.

Keywords: Comparative analysis, Muscle activity, Backrest angle, Hip adduction and abduction

1. Introduction

근력은 안정적이고 효율적인 보행을 위한 필수 요소이지만, 65세 이상 고령자는 청장년층에 비해 현저히 저하된 근력 특성을 보이고 있다(Era et al., 1992; Frontera et al., 1991). 신체의 동작에 관한 이전의 연구결과들을 보면, 고관절 내전근과 외전근은 보행 시의 신체 균형과 밀접하게 관련이 있는데, 보행에서 신체의 균형이 맞지 않는다면 올바른 보행이 힘들고, 경우에 따라 낙상 사고로까지 이어질 수 있다. 고관절 내전근은 보행 동작뿐만 아니라, 요실금과도 밀접한 관련이 있는데, 요실금은 신체적 기능뿐만 아니라 정신적 건강에도 영향을 미치며 삶의 질 저하와 관련이 있다(Alexander et al., 2011). 또한 보행의 리듬이 불규칙적이고 비대칭적인 경우, 그 원인은 대개 고관절 외전근이 약하거나 다리 길이가 다르기 때문이라는 연구결과가 있다(Bottomely and Lewis, 2004).

노화에 의한 근골격계의 변화는 보행, 유연성, 근력뿐만 아니라 관절 가동범위까지 감소한다. James and Parker (1989)의 연구에 따르면 고관절도 관절 가동범위가 감소하며, Kramer et al. (1991) 등은 노인 여성들은 젊은 여성들에 비해 고관절 외전근의 근력이 61%밖에 안된다고 보고하였다. 노화로 인한 정상적인 관절 가동범위와 근력의 감소는 노인들의 걸음, 안전성, 균형에 큰 영향을 미칠 수 있기 때문에, 관련 근육의 재활 운동은 고령자에게 필수적이라고 볼 수 있다. 재활 운동은 장애를 조기에 예방하기 위한 가장 중요한 방법 중의 하나이다(Himann et al., 1988). 이러한 필요성으로 인해 하지 근력을 강화할 수 있는 다양한 재활운동기기가 개발되고 있다.

하지 근력을 강화하기 위한 재활 운동에서 운동 자세는 운동 효과에 중요하게 작용하는 요소 중 하나이고, 이를 위해 운동기기에 의자를 제공하는 것이 필요하다(Na et al., 2018). 의자의 등받이는 척추에 가해지는 응력을 감소시키고 요추를 지지하며, 편안함을 유지하면서 척추 근육의 긴장을 풀어주는 역할을 한다(Corlett and Eklund 1984). 특히 재활운동기기의 등받이 각도는 운동의 효율성과 신체적 안락감을 결정하는 중요한 요소이기 때문에, 이에 대한 다양한 연구를 통하여 각도에 따른 운동 특성을 규명하고 이를 기반으로 적합한 설계 가이드를 제공하는 것이 필요하다. Na et al. (2018)의 연구에서는 고관절 내전 및 외전 운동 과정에서의 근활성도와 신체적 안락감 평가를 통하여 고령자를 위한 고관절 재활운동기기의 의자에 적합한 등받이 각도를 제시하였다. 하지만, 최근 장애인구의 증가 등으로 인하여 청장년층도 고관절 재활 운동의 필요성이 증가하고 있기 때문에, 청년층과 고령층의 근활성도가 어떻게 다른지를 비교 분석하는 연구의 필요성이 제기되고 있다. 이러한 필요성에 의하여 본 연구에서는 고관절 내전 및 외전 운동에서 등받이 각도에 따라 청년층과 고령층의 근활성도를 비교 분석함으로써 향후 고령자만이 아닌 청장년층도 사용할 수 있는 고관절 재활운동기기의 등받이 설계를 위한 기본적인 가이드를 제공하고자 한다.

2. Hip Adduction and Abduction Movement

고관절 내전 운동은 바깥으로 벌어져 있는 다리를 몸의 중심쪽으로 회전시키는 동작이고, 고관절 외전 운동은 이와 반대로 몸의 중심쪽으로 모아져 있는 다리를 바깥쪽으로 회전시키는 동작이다. 내전 운동 시 주로 사용되는 근육은 고관절 내전근(단내전근, 장내전근, 대내전근, 박근, 치골근)이고 외전 운동 시 주로 사용되는 근육은 고관절 외전근(중둔근, 소둔군, 장요근, 대퇴근막장근, 봉공근)이다. 고관절 내전과 외전 운동을 위해서는 고관절 내·외전근 재활운동기기(Hip Adductor/Abductor machine)가 필요한데, Figure 1은 Hydexer 사에서 시판하는 고관절 내전 및 외전 재활운동기기의 한 종류와 내전 및 외전 운동을 하는 모습이다.

Figure 1에서 보는 것처럼 고관절 내전 및 외전 재활운동기기는 의자 등받이, 의자 좌면, 손잡이, 다리 받침대, 그리고 기구 프레임으로 구성되어 있다. 고관절 재활운동기기를 사용한 내전 및 외전 운동에서 사용자는 의자의 좌면에 앉아 등받이에 등을 기댄 후 다리 받침대에 다리를 올려 운동을 한다(Na et al., 2018) (Figure 1). 이때, 운동을 하는 사람은 상체를 지지하고 안정적인 운동 자세를 유지하는 것이 중요한데, 이를 위하여 재활운동기기의 의자가 필요하고, 특히 의자 등받이를 제공함으로써 재활 운동을 하는 사람이 편안하고 안정적으로 운동을 할 수 있도록 하는 것이 필요하다.

Figure 1. Hip adductor/abductor machine (Hydexer) (left) and exercising scene

3. Experiment of EMG Measurement during Hip Adduction and Abduction Movement

3.1 Experimental design

본 연구에서는 피실험자로 65세 이상의 고령자 12명과 20대 청년층 14명을 선정하였다. 청년층의 피실험자들은 천안시에 거주하는 20대 14명(YG, Young Group)이었고 남성 9명(23.6±3세), 여성 5명(26.3±1세)으로 구성되었다. 고령층의 피실험자들은 성남시에 거주하는 60세 이상 고령자 12명(SG, Senior Group)이었고 71.69±6.2세의 연령층으로 구성되었다. 26명의 피실험자는 실험을 위하여 자발적으로 지원한 사람들이고, 심각한 혹은 만성의 내과적 질환이 있거나 근골격계 통증을 호소하는 자, 근골격계 질환을 진단 받은 자, 정신적 질환이나 피부 알레르기가 있는 자, 기타 사유로 인하여 실험 진행자가 실험 참여가 부적합하다고 판단한 자는 피실험자에서 제외하였다. Table 1은 본 연구에 참여한 피실험자의 특성을 나타낸 것이다.

Table 1. Subjects

	Gender	N	Age (years)	Height (cm)	Weight (kg)
Young Group (YG)	Male	9	23.6±3	176.9±5.1	71.7±7.8
	Female	5	26.3±1	163.3±5.9	53.3±6.2
Senior Group (SG)	Male	12	71.69±6.2	167.92±3.8	66.31±6.3

본 연구에서는 내전 및 외전 운동에서 의자 등받이 각도에 따른 근활성도를 측정하기 위하여 등받이 각도를 조절할 수 있는 프로토타입을 제작하였다. 실험 프로토타입은 90~130° 범위에서 각도의 조절이 가능한 등받이, 의자 좌면, 다리 받침대(실제 운동을 수행할 수 있도록 다리를 올리는 부분), 내부 구동부, 지지대로 구성되어 있다. 구동은 모터를 사용하는 재활운동기기로, 내전 운동과 외전 운동을 선택적으로 수행할 수 있도록 하였으며 운동 부하는 1~30kg로 조절이 가능하도록 제작하였다. 다리 받침대 내부의 로드셀로 사용자의 힘을 측정하고, 운동 부하를 조절할 수 있도록 하였다. 마지막으로 실험을 수행하기 전, 운동 부하를 충분히 지지할 수 있는지 확인하기 위한 안전성 테스트를 수행하였다.

3.2 Experiment method

본 연구에서는 근전도 측정을 위하여 무선 근전도 장비인 Telemyo DTS (USA, Noraxon)를 사용하였다. 청년층과 고령층의 피실험자들은 실험 프로토타입에 앉아 고관절 내전 운동과 외전 운동을 수행하였고, 이 과정에서 근전도 장비를 활용하여 근전도를 측정하였다. 실험 프로토타입의 등받이의 각도는 기존의 다양한 제품을 검토하여 90°, 100°, 110°, 120°, 130°의 다섯 단계로 설정하였다.

근전도를 측정하는 내전 및 외전 운동에서 피실험자는 손동작에 의해 발생할 수 있는 운동 보상 동작을 방지하기 위하여 손잡이를 사용하지 않고 가슴에 X자를 형태로 손을 유지한 상태로 좌면의 끝까지 엉덩이를 붙이고 등받이에 허리를 붙인 채로 운동을 실시하도록 하였다.

근전도 측정은 내전 운동에 대해서는 장내전근(Adductor Longus, A.L), 외전 운동에 대해서는 대퇴근막장근(Tensor Fascia Latae)과 중둔근(Gluteus Medius)에서 근전도 측정이 이루어졌다(Figure 2). 실제 내전과 외전 운동 과정에서 사용되는 다른 근육들이 있지만, 근전도 측정의 용이성과 내전 운동과 외전 운동 시 사용되는 근육의 중요성을 고려하여 이들 근육을 선정하였다.

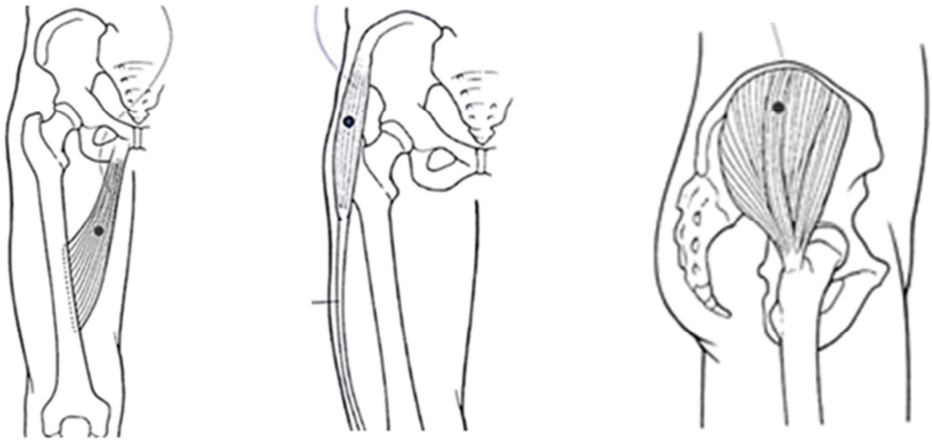

Figure 2. Adductor longus, tensor fascia latae, gluteus medius

운동 부하는 실험 대상자 각각의 최대 근력의 40~60%로 설정하였다. 고령자의 운동 처방 시 운동 부하는 최대 근력의 60~90%의 범위에 있는 것이 좋다는 견해가 있지만 40~60%의 범위(low resistance)가 적합하다는 연구결과들이 일반적이다. 예를들어 Bottomely and Lewis (2004)는 최대 근력의 40~60% 수준으로 운동하는 사람은 대화를 수행할 수 있고 약간의 호흡 단축을 보이지만, 유산소성 수준(60~80%)으로 운동할 경우에는 의사소통이 원활하지 않다는 연구결과를 제시하고 있다. 따라서 본 연구에서는 부하를 과도하게 올리는 것 보다는 의사소통이 가능하며 안전하게 실험을 할 수 있는 40~60% 수준으로 운동 부하를 설정하였다.

실험을 시작하기 전에 피실험자는 실험에 대한 간단한 설명을 듣고 실험평가지를 작성하였다. 그 후에 실험복을 착용하였으며 근전도 측정 근육 부위에 근전도 센서를 부착하였다. 그리고 가벼운 준비 운동을 한 후 본 실험 전 MVC (Maximum voluntary contraction)를 측정하였고, MVC 측정 후 20분간의 휴식 시간 후에 본 실험을 진행하였다. 실험은 내전 운동을 먼저 진행한 후에 외전 운동을 진행하였다. 등받이 각도는 90°부터 130°까지 10° 간격으로 무작위로 설정하였다. 한 각도 당 운동은 3~5회 반복하였으며 한 각도 당 운동이 끝나면 3분의 휴식 시간을 가졌다(Figure 3).

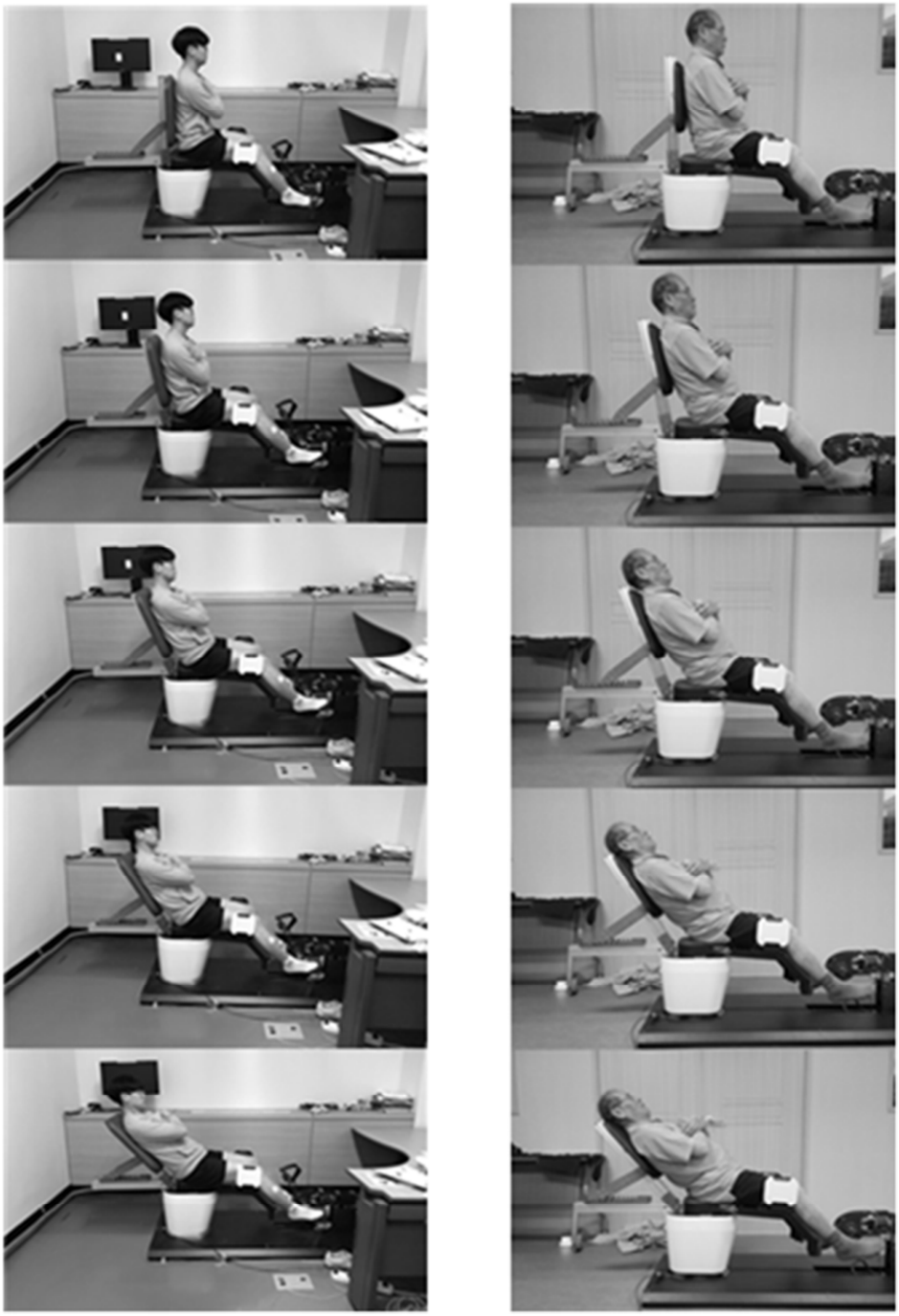

Figure 3. Scenes of experiment

4. Results

근전도 측정 장비로부터 측정된 데이터는 잡음 제거를 위해 10~350Hz FIR (Finite Impulse Response) bandpass filter를 사용하여 정규화 하였다. 분석을 위하여 한 동작 당 3회 반복한 데이터의 평균값을 사용하였는데, 이 수치는 각 피실험자의 MVC (Maximum Voluntary

Contraction) 데이터를 이용해 %MVC로 변환하여 분석되었다.

4.1 Comparison of muscle activity between the young and the elderly in hip adduction movement

내전 운동 시 등받이 각도에 따라 청년층과 고령층의 근활성도(%MVC)에 유의한 차이가 존재하는지를 규명하기 위하여 *t*-검정을 사용하였다. Table 2의 분석결과를 보면, 장내전근의 근활성도는 유의수준 0.05에서 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이가 존재하지 않았다(p=0.836>0.05).

Table 2. *t*-test between young and senior group for %MVC of adductor longus

Adductor longus	N	Mean	STD	*t*	Sig
Young group	210	51.04	15.47	.210	.834*
Senior group	180	50.68	18.64		

등받이 각도별로 청년층과 고령층의 근활성도를 *t*-검정을 사용하여 분석한 결과를 보면, 등받이 각도가 90° (p=0.465>0.05), 100° (p=0.746>0.05), 110° (p=0.857>0.05), 120° (p=0.303>0.05), 130° (p=0.471>0.05) 모두에서 유의한 차이를 보이지 않았다.

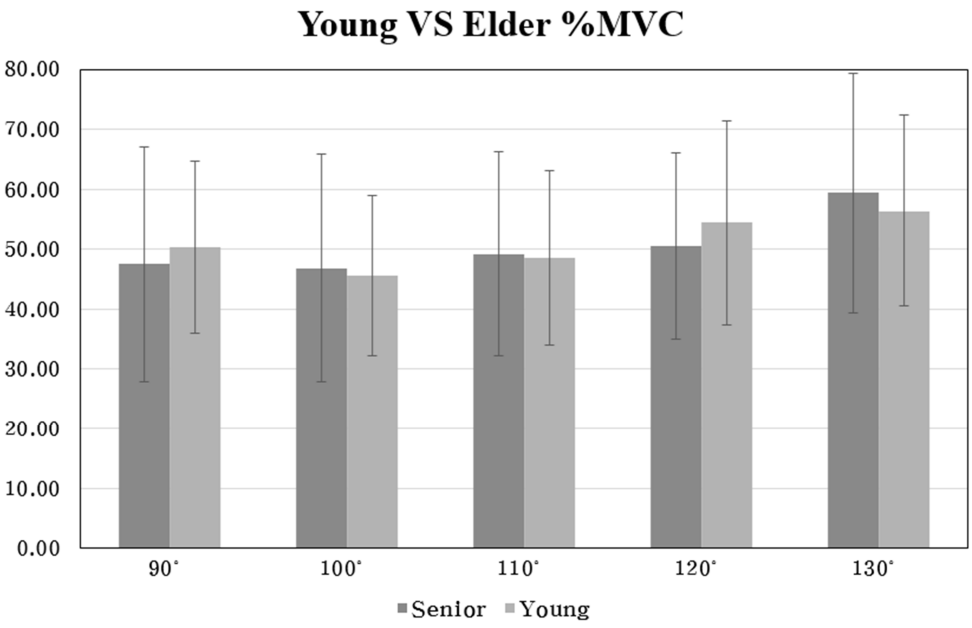

Figure 4. Mean muscle activity of adductor longus for adduction

Figure 4를 보면 대체적으로 두 그룹 모두 각도가 커질수록 점차적으로 근활성도 값이 커지는 경향을 볼 수 있다. 실제 등받이 각도에 따른 두 그룹 각각의 근활성도에 대한 분산분석을 수행한 결과를 보면, 청년층(p=0.009<0.05)과 고령층(p=0.028<0.05)은 모두 유의수준 0.05에서 등받이 각도가 근활성도에 유의한 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

4.2 Comparison of muscle activity between the young and the elderly in hip abduction movement

4.2.1 Comparative analysis on the muscle activity of tensor fascia latae

외전 운동 시 등받이 각도에 따른 대퇴근막장근의 근활성도에 있어 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이가 존재하는지 알아보기 위하여 *t*-검정을 사용하였다. 그 결과를 보면, 청년층과 고령층 사이에는 유의한 차이가 존재하는 것을 알 수 있었다(p=0.028<0.05) (Table 3).

Table 3. *t*-test between young and senior group for %MVC of tensor fascia latae

Adductor longus	N	Mean	STD	*t*	Sig
Young group	210	80.77	38.4	2.205	.028*
Senior group	180	71.16	47.59		

하지만 등받이 각도별로 청년층과 고령층의 근활성도를 분석한 결과를 보면, 등받이 각도가 90° (p=0.551>0.05), 100° (p=0.501>0.05), 110° (p=0.171>0.05), 120° (p=0.620>0.05)에서는 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이를 보이지 않았고, 130° (p=0.065<0.10)에서는 유의수준 0.1에서 유의한 차이를 보였다.

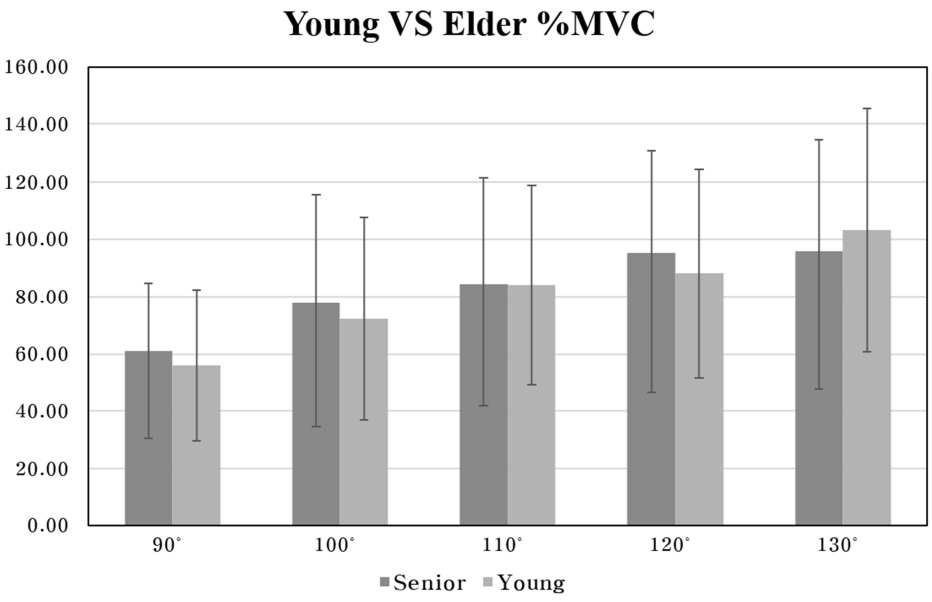

Figure 5. Mean muscle activity of tensor fascia latae for abduction

Figure 5를 보면 대체적으로 두 그룹 모두 각도가 커질수록 점차적으로 대퇴근막장근의 근활성도 값이 커지는 경향을 볼 수 있다. 실제 등받이 각도에 따른 두 그룹 각각의 근활성도에 대한 분산분석을 수행한 결과를 보면, 청년층(p=0.000<0.05)과 고령층(p=0.004<0.05)은 모두 유의수준 0.05에서 등받이 각도가 대퇴근막장근의 근활성도에 유의한 영향을 주는 것으로 나타났다. 청년층은 90°에서 56.1±26.45로 가장 낮은 근활성도가 나타났으며 130°에서 103.16±42.2로 가장 높은 근활성도가 나타났다. 고령층에서는 90°에서 52.09±

32.66으로 가장 낮은 근활성도가 나타났으며, 120°에서 83.01±53.86으로 가장 높은 근활성도가 나타났고, 130°로 증가하여도 더 이상의 증가는 없었다. 전체적으로 각도가 커질수록 근활성도의 값이 커지는 경향을 알 수 있었다.

4.2.2 Comparative analysis on the muscle activity of gluteus medius

외전 운동 시 등받이 각도에 따른 중둔근의 근활성도에 있어 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이가 존재하는지 알아보기 위하여 *t*-검정을 사용하였다. 그 결과, 외전 운동 시 등받이 각도에 따른 중둔근의 근활성도는 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이가 존재하는 것을 알 수 있다(p=0.003<0.05) (Table 4).

Table 4. *t*-test between young and senior group for %MVC of gluteus medius

Adductor longus	N	Mean	STD	*t*	Sig
Young group	210	37.16	16.62	2.976	.003*
Senior group	180	31.36	21.83		

등받이 각도별로 청년층과 고령층의 근활성도를 분석한 결과를 보면, 등받이 각도가 90° (p=0.005<0.05), 100° (p=0.068<0.10)에서는 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이가 존재하였지만, 110° (p=0.181>0.05), 120° (p=0.651>0.05), 130° (p=0.855<0.05)에서는 유의한 차이를 보이지 않았다.

그리고 외전 운동 시 청년층과 고령층 각 그룹의 등받이 각도에 따른 중둔근의 근활성도에 대한 분석결과를 보면, 청년층은 유의수준 0.05에서 유의한 차이를 보였지만(p=0.00<0.05), 고령자는 유의수준 0.05에서 유의한 차이를 보이지 않았다(p=0.725>0.05).

등받이 각도에 따른 중둔근의 %MVC에 대한 평균값을 보면(Figure 6), 중둔근에서는 대퇴근막장근과는 반대로, 두 그룹 모두 각도가 커질수록 근활성도 값이 작아지는 경향이 나타났다. 청년층은 90°에서 49.25±16.47로 가장 높은 근활성도가 나타났으며, 130°에서

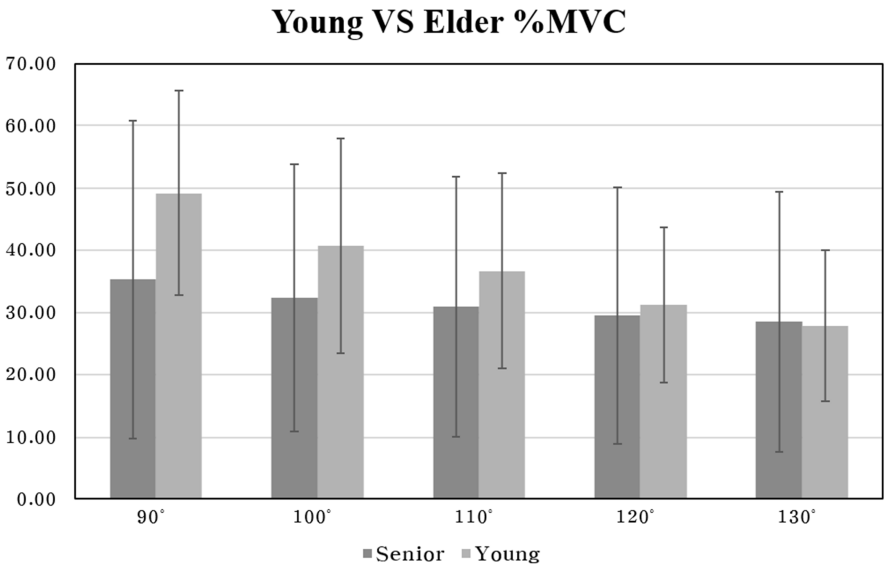

Figure 6. Mean muscle activity of gluteus medius for abduction

27.92±12.14로 가장 낮은 근활성도가 나타났다. 고령층은 90°에서 35.30±25.45로 가장 높은 근활성도가 나타났으며, 130°에서 28.61±20.88로 가장 낮은 근활성도가 나타났다. 전체적인 근활성도는 고령층보다 청년층의 변화 폭이 더 크게 나타났다. 즉 등받이 각도가 증가함에 때라 중둔근의 근활성도 감소는 고령층보다 청년층에서 훨씬 크게 나타났다. Brattgård, et al. (1983)의 연구에 따르면 등받이 각도가 뒤로 기울어질수록 둔부의 전단력이 증가한다고 하였다. 따라서 장내전근이나 대퇴근막장근과는 다리 점점 작아지는 중둔근의 근활성도 경향은 각도에 따라 커지는 전단력에 의해 중둔근의 근력이 상쇄되었기 때문이라 볼 수 있다.

5. Discussion

본 연구에서는 고관절 재활운동기기를 사용한 내전 및 외전 운동에서 청년층과 고령층의 근활성도에 유의한 차이가 있는지를 등받이 각도에 따라 비교 분석하였다. 전체적으로 90°에서 130°까지 10°의 간격으로 등받이 각도를 설정하여 내전 및 외전 운동을 할 때의 근활성도는 내전운동에 대해서는 청년층과 고령층 사이에 유의한 차이를 발견하기 힘들었지만, 외전운동에 대해서는 유의한 차이가 존재함을 알 수 있었다.

그리고 청년층과 고령층 모두 등받이 각도가 내전 및 외전 운동에서의 근활성도에 유의한 영향을 주는 것을 알 수 있었다. 이러한 결과로부터 등받이 각도가 내전근과 외전근의 재활 운동에 유의한 영향을 준다는 것을 알 수 있고, 고관절 내전 및 외전 운동의 효율성을 위하여 적합한 등받이 각도의 제공이 필요함을 알 수 있다. 또한 청년층도 고령층과 마찬가지로 고관절 재활운동기기의 등받이 각도가 증가할수록 중둔근을 제외하고는 관련 근육의 근활성도가 증가하는 경향을 보이는 것을 알 수 있었다. 하지만 청년층의 근활성도 감소가 고령층보다 훨씬 가파르게 나타남을 확인할 수 있었다.

6. Conclusion

본 연구에서는 고관절 내전 및 외전 운동에서 청년층과 고령층의 근활성도에 유의한 차이가 존재하는지를 규명하였고, 등받이 각도에 따라 어떠한 차이가 나타나는지를 상세하게 분석하였다. 이를 위해 의자의 등받이 각도가 조절 가능한 고관절 내전 및 외전 운동 프로토타입을 제작하였고, 이를 활용하여 다섯 구간의 등받이 각도에 따라 내전 및 외전 운동에서의 근전도 신호를 측정하였다. 연구를 통하여 내전 및 외전 운동에서 청년층과 고령층의 근활성도는 전반적으로 유의한 차이를 발견하기 힘들었고, 등받이 각도별로 상세 분석한 결과에서도 그러한 경향을 볼 수 있었다. 또한 청년층과 고령층 모두 재활운동기기의 등받이 각도가 근육의 활성도에 유의한 영향을 주는 것을 확인할 수 있었고, 이러한 사실로부터 재활 운동의 효율성을 높이기 위하여 적합한 등받이 각도를 제공함이 필요함을 알 수 있었다. 이러한 분석결과는 향후 고관절 내전 및 외전 운동을 위한 재활운동기기의 설계에 유용하게 반영될 수 있을 것이다.

References

Alexander, L., Shakespeare, K., Barradell, V. and Orme, S., Management of urinary incontinence in frail elderly women. Obstetrics, *Gynaecology & Reproductive Medicine*, 21(10), 281-287, 2011.

Bottomely, J.M. and Lewis, C.B., Geriatric rehabilitation: a clinical approach, 2nd edition, Prentice Hall, 2004.

Brattgård, S.O., Lindström, I., Severinsson, K. and Wihk, L., Wheelchair design and quality, *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*. Supplement, 9, 15-19, 1983.

Corlett, E.N. and Eklund, J.A.E., "How does a backrest work?", *Applied Ergonomics*, 15(2), 111-114, 1984.

Era, P., Lyyra, A.L, Viitasalo, J.T. and Heikkinen, E., Determinants of isometric muscle strength in men of different ages, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 64(1), 84-91, 1992.

Frontera, W.R., Hughes, V.A., Lutz, K.J. and Evans, W.J., A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45-to 78-yr-old men and women, *Journal of Applied Physiology*, 71(2), 644-650, 1991.

Himann, J.E., Cunningham, D.A., Rechnitzer, P.A. and Paterson, D.H., Age-related changes in speed of walking, *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(2), 161-166, 1988.

James, B. and Parker, A.W., Active and passive mobility of lower limb joints in elderly men and women, *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68(4), 162-167, 1989.

Kramer, J.F., Vaz, M.D. and Vandervoort, A.A., Reliability of isometric hip abductor torques during examiner-and belt-resisted tests, *Journal of Gerontology*, 46(2), 47-51, 1991.

Na, J., Jung, K.T. and Hong, J.S., Effects of Backrest Angle on Muscle Activity and Physical Comfort in Hip Adduction and Abduction Exercise of the Elderly, *Journal of the Ergonomics Society of Korea*, 37(4), 533-542, 2018.

Author listings

Juyoung Na: njy@kitech.re.kr
Highest degree: Department of Industrial Design Engineering, KOREATECH
Position title: Graduate student
Areas of interest: Industrial Design, Rehabilitation Equipment Design

Kwang Tae Jung: ktjung@kut.ac.kr
Highest degree: Ph.D., Department of Industrial Engineering, KAIST
Position title: Professor, Department of Industrial Design Engineering, KOREATECH
Areas of interest: Ergonomic design, UI/UX

Jasoo Hong: jshong94@kitech.re.kr
Highest degree: M.S., Department of Mechatronics Engineering, KOREATECH
Position title: Senior Researcher, Biomedical System & Technology Group, Korea Institute of Industrial Technology
Areas of interest: Mechatronics, Silver Product Development