

Original Article

Open Access

뇌졸중 환자의 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행에 영향을 주는 다리 근 활성화 비교

박인석 · 주성광†

신라대학교 물리치료학과, ¹큰솔병원 물리치료실

A Comparison of Lower Limb Muscle Activity Affecting Sit-to-Stand Movement of Stroke Patients

In-Seok Park · Sung-Kwang Ju†

Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Silla University

¹Department of Physical Therapy, Keunsol Hospital

Received: November 13, 2017 / Revised: February 20, 2018 / Accepted: February 20, 2018

© 2018 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 (1) to identify asymmetry observed in electromyography (EMG) activity patterns of lower limb muscles between affected and unaffected sides of stroke patients during sit to stand (STS) movement and (2) to identify the muscles of the paretic lower limb that affected STS performance in stroke patients.

Methods: This study consisted of 27 patients (15 males and 12 females) with poststroke hemiparesis. The activation of the rectus femoris (RF), tibialis anterior (TA), and gastrocnemius (GCM) of the affected side and unaffected side during STS movement were recorded using surface EMG. In addition, EMG lower limb muscle activation patterns were measured in the all section, pre-thigh off (pre-TO), and post-thigh off (post-TO) section. All measurements were obtained during five repetitions of the STS (FTSTS) movement. An independent t-test was performed to compare the affected side and unaffected side of the lower limb during the STS movement. A stepwise linear regression analysis was conducted to identify the muscles that affected STS performance.

Results: Activation of both the RF and TA significantly affected the lower limb during the STS movement ($p < 0.05$). Two muscles showed a difference on the post-TO section. The results of the stepwise multiple regression analysis showed that the RF and TA muscles of the affected lower limb were affected in FTSTS.

Conclusion: These results provide a basis for reinforcement training, focusing on the RF and TA muscles of the affected side of stroke patients to improve asymmetric movement and performance in STS movement.

Key Words: Stroke patients, Muscle activity, Sit to stand movement

†Corresponding Author : Sung-Kwang Ju (jskwang84@hanmail.net)

I. 서론

뇌졸중은 뇌 손상으로 인해 신경학적 기능 손상에 문제가 발생하여 운동조절에 어려움이 나타나는 질환이다(Dickstein et al., 2004). 이로 인해, 뇌졸중 환자는 자세조절 및 균형능력에 어려움을 경험하고 비대칭적인 자세, 체중이동 능력 감소를 일으켜 보행과 같은 기능적 활동이 감소되며 수의적 운동수행 능력의 장애가 일어난다(Patterson et al., 2008). 편마비 환자는 신체의 중심을 비마비측으로 이동하여 마비측 다리의 움직임 제한과 근력 약화를 보상한다. 이러한 보상전략은 신체 움직임을 조절하는데 비효율적인 것으로 관절의 변화를 초래하고 높은 에너지 소비와 정형외과적 문제를 유발하여 운동조절을 더 어렵게 만들고 지속적인 근 약화를 초래한다(Thielman et al., 2008). 체중부하가 비대칭인 뇌졸중 환자는 수의적으로 움직이는 동안 마비측 다리에서 근전도 활성이 감소되어 있으며, 이러한 비대칭적인 체중부하는 보행지표나 이동에 영향을 미치는 것으로 보인다(Brunt et al., 1999).

일반적으로 앉은 자세에서 일어서기 동작(sit to stand, STS)은 좁아진 기저면 안에 안정적으로 무게 중심을 이동시키는 능력과 충분한 관절 회전력을 필요로 하는 것으로 독립적인 삶을 영위하기 위한 중요한 활동요소이다(Demura et al., 2003). 뇌졸중 환자의 STS 동작 동안 비마비측의 과도한 사용은 마비측의 비사용에 따른 비대칭적 행동을 야기한다. 뇌졸중 환자들은 부적절한 STS 동작을 보상하기 위해 엉덩이 떼기 시 마비측 발을 비마비측 발보다 전방에 배치하여 일어나거나 체중을 비마비 측으로 이동시키는 방법을 사용한다(Carr & Shepherd, 2003). 이러한 보상행동이 지속된다면 결국 마비측 다리의 비사용이 더욱 가속화 된다(Lee et al., 1997). Chou 등은 편마비 환자가 건강한 대상자에 비해 STS 동작을 수행 하는 시간이 더 오래 걸리고 양쪽 다리에 걸리는 힘의 차이가 크게 나타난다고 하였다(Chou et al., 2003).

Schenkman 등(1990)은 의자에서 일어서기 동작을 4단계로 구분하였다. 1단계는 몸통이 굽힘되는 단계

이다. 2 단계는 발목관절이 최대 발등 굽힘이 발생하고 엉덩이가 의자에서 떨어지는 시기이다. 3 단계는 몸통과 다리의 폼을 포함한 엉덩관절의 폼이 발생하는 시기이다. 4 단계는 엉덩관절 폼 이후 모든 움직임이 안정화 되면서 서 있는 단계이다. 다른 선행 연구에서는 앉은 자세에서 일어서기 동작을 2개의 구간인 pre-thigh off (pre-TO)구간과 post-thigh off (post-TO)구간으로 나누어 진행한 연구들도 있다(Lee and Yoo 2017; Prudente et al., 2013)

STS 동작 검사는 처음에는 다리의 기능적인 근력을 측정하기 위한 검사로 소개되었다(Csuka & McCarty, 1985). 5번 반복 앉고 일어서기 동작 검사(five-times sit to stand test, FTSTS)는 노인들의 낙상 위험도를 예측하기 위한 신체적 수행력을 평가하기 위해 사용되어 왔다(Guralnik et al., 1994). FTSTS는 뇌졸중 환자들을 대상으로 다리 근력 강화 훈련에 대한 효과와 기능적인 수행 능력을 파악하기 위한 연구에서도 사용되었으며(Ouellette et al., 2004), 낙상과 장애 정도와의 관련성을 알아보는 연구에서도 사용되었다(Belgen et al., 2006).

이와 같이 뇌졸중 환자의 앉고 일어서기 동작에 대한 연구는 많이 진행되고 있지만, 앉은 자세에서 일어서기 동작의 구간을 구분하여 양쪽다리의 근활성도를 비교한 연구는 미비한 실정이며, FTSTS와 마비측 다리의 근활성도와와의 관련성에 대해 명확하게 조사된 연구는 없다. 따라서 본 연구에서는 뇌졸중 환자들의 앉고 일어서기 동작 수행 시 구간별로 양쪽 다리의 근활성도 차이를 알아보고, FTSTS에 영향을 주는 마비측 다리의 근력을 알아보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구대상

본 연구의 대상자는 부산광역시에 위치하는 K병원에 입원하고 있는 뇌졸중 환자 27명을 대상으로 실시

하였다. 모든 대상자는 본 실험의 목적에 충분히 동의하였고, 실험에 자발적으로 참여하였다. 연구 대상자의 선정 기준은 다음과 같다. 뇌경색이나 뇌출혈로 인한 뇌졸중으로 편마비 진단을 받은 후 6개월이 경과한 자, 한국판 간이정신상태검사 결과(mini mental state examination Korea)가 24점 이상인 자, 독립적으로 앉은 자세에서 일어서기 동작이 가능한 자, 근골격계 및 심호흡계 질환이 없는 자, 마비측 다리의 경직(spasticity)이 MAS (modified ashworth scale) 2점 이하 인자를 대상으로 하였다.

2. 연구 절차 및 측정 도구

모든 연구 대상자들은 앉은 자세에서 일어서기 동작을 하는 동안 양쪽 다리 근육의 근 활성도를 측정하였다. 팔걸이가 없는 의자에 앉아 마비측 다리와 비마비측 다리에 표면 근전도를 부착하여 실험자의 지시에 따라 앉은 자세에서 일어서기 동작을 수행하였으며, 근 활성도의 측정은 실험자의 지시와 동시에 시작하여 대상자의 동작이 멈추었을 때 종료하였다. 또한, 앉은 자세에서 일어서기 동작의 수행력을 평가하기 위해 5번 반복 앉고 일어서기 동작 검사를 실시하였다.

1) 표면 근전도

본 연구에서는 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 양쪽 다리 근육의 근 활성도를 측정하기 위한 도구로 표면 근전도(Telemy DTS, Noraxon Inc., USA)를 사용하였으며, 피부에서 발생하는 저항을 최소화시키기 위해 알코올 솜을 이용하여 이물질을 닦아낸 후 전극을 부착하였다. 전극은 넙다리 곧은근, 앞정강근, 장딴지근에 부착 하였다. 넙다리 곧은근은 위앞엉덩뼈가시와 무릎뼈의 위쪽 가장자리 사이의 중간 부위, 앞정강근은 정강뼈 선상의 외측 2cm 부위, 장딴지근은 오금 중심선에서 아래 2cm 거리의 내측 표면에 부착하였다(Hermens et al., 2000). 근전도 신호의 표본 추출률은

1024Hz, 주파수 대역폭은 20~450Hz, 노치 필터는 60Hz를 사용하였다. 근전도 신호는 특정 동작의 근수축을 기준 수축(reference voluntary contraction, RVC)으로 하고 이를 기준으로 표준화하는 %RVC 방법을 사용하였다.

2) 5번 반복 앉고 일어서기 동작 검사(five-times sit to stand test, FTSTS)

앉고 일어서기 동작을 검사하기 위해 5회 반복 앉고 일어서기 동작검사를 이용하였다. 이 검사는 등받이가 있고 팔걸이가 없는 의자에 앉아 양팔을 가슴에 교차 한 후 팔의 도움 없이 일어서고 앉는 동작을 5번 실시하는 데 소요되는 시간을 측정하는 것이다. 측정의 시작은 대상자가 등받이에서 등이 앞으로 이동하는 순간이며, 끝나는 시점은 등받이에 등이 접촉되는 시점으로 기록하였다(Mong et al., 2010). 완전히 일어난 자세는 몸통을 바로 세우고 무릎관절과 엉덩관절을 완전히 편 상태로 정의하였으며, 검사에 앞서 대상자에게 FTSTS 검사를 정확하게 수행하는 방법을 가르쳐 주기 위해 1회의 시범을 보여 주었다.

3. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS 20.0 for Windows 프로그램을 이용하여 통계처리 하였다. 앉고 일어서기 동작 시 구간 별 양쪽 다리의 근 활성도를 비교하기 위해 독립표본 t-검정(independent t-test)을 실시하였으며, 앉은 자세에서 일어서기 동작의 수행력에 영향을 주는 구간 및 다리 근육을 알아보고자 선형회귀분석(linear regression analysis)을 실시하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은 0.05로 설정하였다.

Table 1. General characteristics of subjects (n=27)

Variables	Subjects
Sex (Male/Female)	15/12
Age (year)	57.74±10.14
Height (cm)	162.53±5.07
Weight (kg)	64.03±10.31
Types of damage (Infarction/Hemorrhage)	10/17
Hemiparetic side (Left/Right)	19/8

Mean±SD

Ⅲ. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구의 참여 대상자는 뇌졸중 진단을 받은 환자로 남자 15명, 여자 12명이며 총 27명이었다. 평균 연령은 57.74±10.14세, 평균 신장은 162.53±5.07cm, 평균 체중은 64.03±10.31kg이었다. 연구 대상자의 병력 특성은 전체 대상자 27명 중 출혈성 뇌손상 환자가 17명, 허혈성 뇌손상 환자가 10명이었으며, 오른쪽 편마비가 8명, 왼쪽 편마비가 19명 이었다(Table 1).

2. 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 양쪽 다리의 근 활성화도 비교

앉은 자세에서 일어서기 동작 시 비마비측과 마비측의 넙다리 곧은근, 앞정강근의 근 활성화도는 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 넙다리 곧은근과 앞정강근의 구간 별 비교에서는 post-TO구간에서 근 활성화도의 차이를 보였다($p<0.05$) (Table 2).

3. 5번 반복 앉고 일어서기 동작 검사(FTSTS)와 마비측 다리 근 활성화도의 관련성

대상자들의 FTSTS 측정 결과는 다음과 같이 나타났다(Table 3). FTSTS와 마비측 다리의 근 활성화도의 관련성을 평가하기 위해 FTSTS를 종속변수로 하고 마비측 다리의 넙다리 곧은근, 앞정강근, 장딴지근을 전체, pre-TO, post-TO구간으로 각각 독립변수로 설정하여 회귀분석을 시행하였다. 회귀분석 결과, FTSTS와 관련성이 있는 마비측 다리의 근 활성화도는 전체구간의 넙다리 곧은근과 앞정강근의 근활성도가 통계적으로 의미 있는 독립변수이었으며, 이들의 설명력은 45%이었다(Table 4).

Table 2. Comparison of muscle activity between both lower limb during sit to stand

(unit: %RVC)

		Affected	Unaffected	p
All	RF	381.21±134.21	548.81±316.53	0.02*
	TA	464.06±248.66	713.67±485.75	0.02*
	GCM	127.42±72.63	130.96±65.47	0.85
Pre thigh off	RF	234.15±121.27	287.93±196.29	0.23
	TA	494.52±344.04	633.59±445.39	0.21
	GCM	116.14±144.52	85.46±54.15	0.31
Post thigh off	RF	422.33±129.50	574.25±260.34	0.01*
	TA	514.84±336.29	855.01±562.04	0.01*
	GCM	159.08±76.70	177.45±88.26	0.42

RF: rectus femoris, TA: tibialis anterior, GCM: gastrocnemius

* $p<0.05$

Table 3. Time measure of FTSTS

(unit: second)					
Subjects	FTSTS (s)	Subjects	FTSTS (s)	Subjects	FTSTS (s)
1	18	11	21	21	24
2	23	12	26	22	21
3	16	13	18	23	19
4	18	14	16	24	27
5	17	15	24	25	24
6	30	16	29	26	31
7	23	17	32	27	18
8	28	18	20		
9	18	19	23		
10	14	20	15		

Table 4. Linear regression analysis of the muscle activation of affected lower limb for FTSTS

	R2	Beta	t	p	VIF
Overall model	0.45				
All	RF	-0.51	-3.38	0.00*	1.00
	TA	-0.40	-2.66	0.01*	1.00
	GCM	0.11	0.70	0.49	1.06
Pre thigh off	RF	0.35	1.97	0.06	1.50
	TA	-0.042	-0.16	0.88	3.04
	GCM	-0.064	-0.40	0.69	1.09
Post thigh off	RF	0.17	0.70	0.44	1.78
	TA	0.01	0.04	0.97	2.30
	GCM	0.06	0.40	0.70	1.03

RF: rectus femoris, TA: tibialis anterior, GCM: gastrocnemius
*p<0.05

IV. 고 찰

본 연구는 뇌졸중 환자들의 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행 시 양쪽 다리의 근 활성도의 차이를 비교하고, 앉은 자세에서 일어서기 동작의 수행력에 영향을 주는 마비측 다리의 근육을 알아보고자 하였다.

본 연구의 결과, 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행

시 마비측의 넙다리 곧은근과 앞정강근은 비마비측에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 또한, post-TO 구간에서 근활성도의 유의한 차이를 보였다. 편마비 환자는 일어서기 동작 시 마비측 근육의 동원이 어려워 빠르게 근육을 수축시킬 수 없기 때문에 무릎관절의 전후 안정성 조절이 어려워지므로 균형을 잃게 되면서 넘어질 수도 있다. 넘어지지 않고 안정적으로 기능적인 과제를 수행하기 위해 과도하게 비마비측 다리 근육을 사용함으로써 마비측을 보상하게 된다(Cheng et al., 2004). Park 등(2012)의 연구에서 일어서기 과제 수행 시 마비측의 넙다리 네갈래근과 뒤넙다리근은 비마비측에 비해 유의하게 낮은 것으로 나타났다. 다른 연구에서도 뇌졸중 환자의 비마비측 넙다리 네갈래근의 활동은 마비측 다리 또는 정상인들보다 높게 나타나고 근 수축 개시도 지연되는 것으로 보고되었다(Cheng et al., 2004). Post-TO 구간은 엉덩이가 의자에서 떨어지고 몸통과 다리의 전체적인 펌근이 작용하는 구간이다(Schenkman et al., 1990). 엉덩이가 의자에 닿고 있는 pre-TO 구간보다 엉덩이가 의자에서 떨어지는 post-TO 구간에서 넘어지지 않고 안정적으로 과제를 수행하기 위해 마비측에 대한 보상으로 비마비측 다리의 근 활성이 높아졌으며, 이로 인해 양쪽다리의 근력이 차이가 난 것으로 생각된다.

본 연구에서 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행력에 영향을 미치는 마비측 다리의 근육으로는 넙다리 곧은근과 앞정강근으로 나타났다. Lomaglio와 Eng (2005)은 앉은 자세에서 일어서기 동작과 다리의 관절 토크값은 높은 상관관계가 있다고 하였다. 특히, 마비측 다리의 무릎관절 펌과 발목관절 발등굽힘은 뇌졸중 환자들의 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행 시 편한 속도와 연관성이 있었고, 빠른 속도의 일어서기 동작에서 더 큰 연관성을 보였다. 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행 시 넙다리 네갈래근은 체중이 앞쪽으로부터 위쪽으로 이동할 때 지속적으로 활성화되며, 엉덩관절과 무릎관절이 완전히 펴질 때까지 활성은 지속된다(Millington et al., 1992). 독립적으로 앉고 일어서기의 수행에 있어서 넙다리 네갈래근의 힘은 필

수적이다(Bohannon, 2007). Cameron 등(2003)은 뇌졸중 환자에서 앉은 자세에서 일어서기 동안 운동에너지와 무릎 펌근의 등척성 수축이 관련이 있다고 하였다. 넓다리 네갈래근은 무릎 펌을 일으키고 엉덩관절의 안정성에 기여함으로써 STS 동작의 중요한 운동 근육으로 고려되어진다(Goulart & Valls-Sole, 1999). 게다가, Eriksrud와 Bohannon (2003)은 재활 초기에 무릎 펌근의 수축은 앉은 자세에서 일어서기 동작을 예측할 수 있는 강한 요소라고 보고하였다. 뇌졸중 환자의 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 마비측 다리의 앞정강근은 첫 번째로 활성화 되는 근육이다(Goulart & Valls-Sole, 1999). 발목관절의 발등 굽힘근의 첫 번째로 작용하는 앞정강근의 활성화는 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행 시 지면에서의 발의 안정성을 위해 필요하다(Lee et al., 1997). Prudente 등 (2013)은 뇌졸중 환자의 앉고 일어서기 동작 시 앞정강근이 장딴지근과 뒤넓다리근보다 유의하게 선행적으로 수축을 일으킨다고 하였다. 또한 전체 STS 동안 넓다리 네갈래근과 앞정강근의 활성화도가 지속적으로 보였다고 하였으며, pre-TO 구간부터 활성화 되어 post-TO구간에서 근 활성화도의 최고점을 보였다고 보고하였다. 본 연구에서 FTSTS 시간이 짧을수록 마비측 다리의 넓다리 곧은근과 앞정강근의 근활성도는 더 크게 필요한 것으로 나타났다. 이는 일어서기 동작을 수행하기 위한 넓다리 곧은근의 펌근으로써 작용이 원활하고 발목의 안정성을 제공하는 앞정강근의 작용이 좋을수록 앉고 일어서기 수행력이 좋다는 것을 의미한다.

본 연구는 몇 가지 제한점이 있다. 첫째, 실험대상자의 수가 적어 모든 뇌졸중 환자들의 분석이라 정확화하기엔 어려움이 있다. 둘째, 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 근 활성화도를 측정할 근육의 수가 적었다. 셋째, 본 연구에서는 앉은 자세에서 일어서기 동작을 두 개의 구간을 나눠서 분석하였다. 향후 연구에서는 더 많은 환자를 대상으로 더 세분화된 구간에 대한 연구가 필요할 것이다.

V. 결론

뇌졸중 환자는 기능적 과제 수행 시 마비측과 마비측 근육의 비대칭적 움직임이 나타나게 된다. 본 연구는 뇌졸중 환자들의 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 양쪽 다리 근육의 차이를 비교하고 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행에 영향을 주는 마비측 다리의 근육을 알아보고자 하였다. 그 결과, 뇌졸중 환자의 앉은 자세에서 일어서기 동작 시 양쪽 다리의 넓다리 곧은근과 앞정강근의 근 활성화도의 차이가 있었고, 특히 post-TO 구간에서 양쪽 다리의 넓다리 곧은근과 앞정강근의 근 활성화도 차이가 있음을 알 수 있었다. 또한 마비측 다리의 넓다리 곧은근과 앞정강근은 앉은 자세에서 일어서기 동작 수행력에 영향을 주는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 뇌졸중 환자들의 비대칭적인 일어서기 동작의 개선을 위해서 pre-TO 구간보다 post-TO 구간에 더 초점을 맞춘 훈련을 해야 함을 시사한다. 또한 뇌졸중 환자들의 앉은 자세에서 일어서기 수행력 증진을 위해 마비측 다리의 넓다리 곧은근, 앞정강근에 초점을 맞춘 선택적 강화 훈련이 필요한 근거를 제공 할 수 있을 것이다.

References

- Belgen B, Beninato M, Sullivan PE, et al. The association of balance capacity and falls self-efficacy with history of falling in community-dwelling people with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2006;87(4):554-561.
- Bohannon RW. Knee extension strength and body weight determine sit-to-stand independence after stroke. *Physiotherapy Theory and Practice*. 2007;23(5): 291-297.
- Brunt D, Liu S-M, Trimble M, et al. Principles underlying the organization of movement initiation from quiet stance. *Gait and Posture*. 1999;10(2):121-128.

- Cameron DM, Bohannon RW, Garrett GE, et al. Physical impairments related to kinetic energy during sit-to-stand and curb-climbing following stroke. *Clinical Biomechanics*. 2003;18(4):332-340.
- Carr JH, Shepherd RB. Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill. Edinburgh. Butterworth-Heinemann Medical. 2003.
- Cheng PT, Chen CL, Wang CM, et al. Leg muscle activation patterns of sit-to-stand movement in stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2004;83(1):10-16.
- Chou SW, Wong AM, Leong CP, et al. Postural control during sit-to stand and gait in stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2003;82(1):42-47.
- Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *The American Journal of Medicine*. 1985;78(1):77-81.
- Demura S, Sato S, Minami M, et al. Gender and age differences in basic ADL ability on the elderly: comparison between the independent and the dependent elderly. *Journal of Physiological Anthropology and Applied Human Science*. 2003;22(1):19-27.
- Dickstein R, Shefi S, Marcovitz E, et al. Electromyographic activity of voluntarily activated trunk flexor and extensor muscles in post-stroke hemiparetic subjects. *Clinical Neurophysiology*. 2004; 115(4):790-796.
- Eriksrud O, Bohannon RW. Relationship of knee extension force to independence in sit-to-stand performance in patients receiving acute rehabilitation. *Physical Therapy*. 2003;83(6):544-551.
- Goulart F, Valls-Sole J. Patterned electromyographic activity in the sit-to-stand movement. *Clinical Neurophysiology*. 1999;110(9):1634-1640.
- Guralnik JM, Simonsick EM, Ferrucci L, et al. A short physical performance battery assessing lower extremity function: association with self-reported disability and prediction of mortality and nursing home admission. *Journal of Gerontology*. 1994;49(2):M85-94.
- Hermens HJ, Freriks B, Disselhorst-Klug C, et al. Development of recommendations for SEMG sensors and sensor placement procedures. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2000;10(5):361-374.
- Lee M, Wong M, Tang F, et al. Comparison of balance responses and motor patterns during sit-to-stand task with functional mobility in stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1997;76(5):401-410.
- Lee MY, Wong MK, Tang FT, et al. Comparison of balance responses and motor patterns during sit-to-stand task with functional mobility in stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 1997;76(5):401-410.
- Lee SH, Yoo WG. Comparison of the tibialis anterior and soleus muscles isolation ratios during the sit-to-stand movement in elderly people. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(6):1019-1020.
- Lomaglio MJ, Eng JJ. Muscle strength and weight-bearing symmetry relate to sit-to-stand performance in individuals with stroke. *Gait and posture*. 2005;22(2):126-131.
- Millington PJ, Myklebust BM, Shambes GM. Biomechanical analysis of the sit-to-stand motion in elderly persons. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1992;73(7):609-617.
- Mong Y, Teo TW, Ng SS. 5-repetition sit-to-stand test in subjects with chronic stroke: reliability and validity. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(3):407-413.
- Ouellette MM, LeBrasseur NK, Bean JF, et al. High-intensity resistance training improves muscle strength, self-reported function, and disability in long-term stroke survivors. *Stroke*. 2004;35(6):1404-1409.
- Park HI, Oh DW, Choi SJ, et al. Study on asymmetrical EMG

- activation pattern of selected trunk and thigh muscles on gait velocity of individuals with post-stroke hemiparesis during sit-to-stand movement. *Physical Therapy Korea*. 2012;19(2):29-38.
- Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ, et al. Gait asymmetry in community-ambulating stroke survivors. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2008; 89(2):304-310.
- Prudente C, Rodrigues-de-Paula F, Faria CD. Lower limb muscle activation during the sit-to-stand task in subjects who have had a stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2013;92(8):666-675.
- Schenkman M, Berger RA, Riley PO, et al. Whole-body movements during to standing from sitting. *Physical Therapy*. 1990;70(10):638-648.
- Thielman G, Kaminski T, Gentile AM. Rehabilitation of reaching after stroke: comparing 2 training protocols utilizing trunk restraint. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2008;22(6):697-705.