

비대칭적인 초기 발 위치를 사용한 앉기에서 일어서기 운동이 만성 뇌졸중 환자의 하지 근활성도와 다중과제 수행력에 미치는 효과

박재만

대전재활전문병원 물리치료실

Effects of Sit to Stand Exercise using Asymmetric Initiation Foot Position on Lower Extremity Muscle Activity and Multitask Performance in Patients with Chronic Stroke

Jae-Man Park

Dept. of Physical Therapy, Daejeon Rehabilitation Hospital

Purpose The Purpose of this study was to investigate the effects of STS exercise using asymmetric initial foot position on paretic leg muscle activity and multiple task performance in chronic stroke patients. **Methods** Subjects were randomly assigned to the experimental group (n = 15) and the control group (n = 15). STS exercise was performed for 4 weeks, 3 times a week, 30 minutes at the asymmetric foot position which the paretic foot was located behind the non-paretic foot in the experimental group and at the symmetric foot position in the control group. **Results** There was a significant improvement pre and post exercise(p=.000) in the main effect on paretic leg muscle activity, but there was no significant difference between groups(p=.773). There were significant differences in TA(p=.040), BF(p=.020), and Sol(p=.034) except VM(p=.063) as interaction effects. There was a significant improvement in pre and post exercise(p=.000) and between groups(p=.043) in the main effect on multitask performance. There were also significant differences in interaction effects (p=.000). **Conclusion** In rehabilitation programs to improve paretic leg muscle activity and STS performance in chronic stroke patients, the initial foot position should be shifted from the asymmetric initial foot position to the symmetric initial foot position.

Key words Chronic Stroke, Sit to Stand, Asymmetric Initiation Foot Position, Surface EMG, Timed Up and Go Test With a Motor Task

Corresponding author Jae-Man Park(pjmsc00@naver.com)

Received date 02 October 2019

Revised date 07 October 2019

Accept date 20 October 2019

1. 서론

뇌졸중 이후에 운동 손상, 감각소실, 지각 결손, 그리고 변화된 공간 인지를 포함하는 균형 손상이 야기되며, 특히 근 약화와 감각 손상은 비정상적인 근 활성을 유발하는 중요한 요인이며, 자세조절에 대한 운동 전략을 변화시키게 되어 뇌졸중 환자들은 비대칭적인 체중지지, 자세적인 안정성의 감소, 신체 흔들림의 증가, 신체 편측 기울어짐이 나타나게 된다.¹⁾ 이로 인하여 뇌졸중 환자들은 앉은 자세에서 일어서기(sit to stand, STS)²⁾, 서기(standing)³⁾, 걷기(walking)⁴⁾와 같은 일상생활에서의 기능적인 움직임 제한이 발생된다.

인간의 기능적인 움직임 중 하나인 앉은 자세에서 일어서기(sit to stand, STS)는 독립적인 일상생활을 위해 매우 중

요한 부분이다.⁵⁾ 또한 STS 움직임은 앉은 자세로부터 선 자세까지의 변화로 정의되며, 인간이 빈번하게 사용하는 기능 중 하나이다.⁶⁾ STS의 시간적인 단계(temporal phases)는 Schenkman 등(1990)이 정의하였다.⁷⁾ 1단계는 굽힘 모멘트(flexion momentum)이며, 움직임의 시작과 엉덩이가 의자로부터 떨어진 시점까지이다. 몸통과 골반이 전방으로 굽힘된다. 2단계는 모멘트 이동(momentum transfer)이며, 엉덩이가 의자로부터 떨어진 시점부터 발목관절 발등굽힘근이 최대 활성에 도달한 시점까지이다. 전체 신체중심이 전-상방으로 이동하는 움직임 가속이 나타난다. 3단계는 폼(extension)이며, 발목관절 발등굽힘근이 최대 활성에 도달한 시점으로부터 엉덩관절 폼 종료 시점까지이다. 엉덩관절의 폼 작용으로 움직임의 감속이 나타난다. 4단계는 안정화(stabilization)이며, 엉덩관절 폼 종료 시점으로부터 모든 움직임의 완료시점까지이다. 선 자세를 유지하게 된다.

<http://dx.doi.org/10.17817/2019.10.07.111465>

다양한 기능적인 요구 하에 STS 움직임의 수행은 하지에서 여러 관절들에 걸쳐 있는 근 활성 패턴협응이 시간적으로 연계되어 나타나게 된다.⁵⁾ 또한 건강한 성인이라도 STS 동안 최대 관절 모멘트(peak joint moment)와 관절 힘(joint power)에 기여하는 시간을 분석했을 때 우세측 움직임에서 더 길게 나타나며, 이는 건강한 성인의 STS 수행에서도 잠재적인 비대칭적인 움직임이 나타날 수 있다는 것을 의미한다.⁸⁾ 앉은 상태(sitting conditions)에서 넓다리-의자 접촉(thigh-seat contact)의 정도에 따라 STS 수행력이 달라질 수 있다. 역학적인 원리에서 STS 동안 전방으로의 몸통 굽힘 움직임은 후방으로의 넓다리 움직임과 동반되어야 한다. 따라서 넓다리-의자 접촉 정도가 적을수록 마찰력이 감소하여 STS 동안 몸통과 엉덩관절의 운동성이 수월하게 되어 STS 수행력을 증가시킬 수 있는 것이다.⁹⁾ STS 동안 발의 위치는 하지 근 활성도와 균형 조절에 영향을 준다. STS 동안 대칭적인 초기 발 위치는 움직임의 종료 시점에서 선 자세의 균형 조절을 위한 신체 중심의 전방 이동 속도를 감소하는데 기여하는 엉덩관절 펌근의 편심성 수축의 초기 활성화에 유용하며, 비대칭적인 초기 발 위치는 움직임 시작과 함께 자세적인 안정성을 유지하는 발목관절 발등굽힘근의 초기 활성을 향상시킬 수 있다.¹⁰⁾ 연령과 관련하여 STS 동안 노인들은 건강한 성인과 비교하여 근 활성 패턴에서 발목관절 발등굽힘근의 초기 활성화가 더 빠른 것은 제외하고는 동일하였다. 또한 STS 움직임 수행 속도가 빨라짐에 따라 최대 엉덩관절 펌 토크가 건강한 성인에 비해 증가되지 못하였는데, 이는 엉덩관절 펌 근육의 근력이 STS 수행과 관련하여 가장 중요한 요인이라는 것을 의미한다.¹¹⁾

뇌졸중 이후에 발생하는 무릎관절 펌 근력, 균형, 최대 체중지지와 관련된 신체적인 장애로 인해서 STS 수행을 위한 역학적 에너지(kinetic energy)는 평균 35% 감소하며, 수행 시간은 약 2배가 증가하게 된다.¹²⁾ 또한 독립적으로 설 수 있는 뇌졸중 환자들도 STS 동안 비마비측으로의 몸통 외측 편위, 비대칭적인 체중지지, 무릎관절 모멘트 힘의 비대칭성과 같은 변화를 나타낸다. 특히 비대칭적인 체중지지는 의자로부터 엉덩이 떼기(seat-off) 이전에 발생되며, 이는 의자에 접촉된 넓다리로부터 제공되는 감각정보를 통해 계획된 전략으로서 감각운동 결손이 영향이 원인일 것이다.¹³⁾ 뇌졸중 환자에게 비마비측 발의 위치를 다양하게 조작하여 STS 동안 마비측 하지의 사용을 증가시키는 방법은 마비측 하지 근 활성을 증가시키고, 학습된 비사용(learned nonuse)을 극복하는데 적절한 중재로서 뇌졸중 환자의 재활에서 긍정적인 전략이라고 할 수 있다.¹⁴⁾ 앞선 선행 연구들에서는 STS 움직임에 대한 분석을 통한 재활에서 고려해야 할 부분들을 제안하고 있으나, 실제 STS 운동에 대한 효과를 증명하여 치료적인 근거로

서 제시한 연구는 미흡한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 만성 뇌졸중 환자의 비대칭적인 초기 발 위치를 사용한 STS 운동이 마비측 하지의 근 활성도와 다중 과제(multiple task) 수행 능력에 미치는 효과를 연구하기 위해서이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

본 연구는 대전에 위치한 D병원에서 뇌졸중으로 진단, 입원 치료 중인 환자를 대상으로 이 연구의 취지를 이해하고 참여하겠다고 동의한 30명을 대상으로 연구를 진행하였다. 연구에 참여한 대상자들은 제비 뽑기를 통해서 연구군(n=15)과 대조군(n=15)으로 나누었다. 대상자들은 중추신경발달치료를 받고 추가적으로 STS 움직임을 향상시키기 위한 운동을 총 4주, 주 3회, 1일 1회, 1회 30분 시행하였다.

대상자 선발 기준은 다음과 같다. 1) 뇌졸중 발병 일이 6개월 이상인 자. 2) 독립적으로 STS 동작을 5번 가능한 자. 3) 독립적으로 의자에서 일어나 10m 보행이 가능한 자. 4) 마비측 하지 근력이 도수근력검사에서 불충분-(poor-) 등급 이상인 자. 5) 한국판 간이 정신상태 검사 점수가 24점 이상인 자.

대상자 선발에서 요추, 골반 및 상하지 관절에 어떠한 정형외과적인 질환이 있는 자는 제외하였다.

2. 연구방법

(1) 중재방법

① 연구군

본 연구에서 연구군에 속한 대상자들은 비마비측 발을 기준으로 마비측 발을 후방에 위치시킨 비대칭적인 초기 발 위치에서 STS 운동을 실시하였다(Figure 1). STS 운동은 준비 운동, 본 운동, 마무리 운동으로 구성하였다.¹⁵⁾ 준비자세는 대상자가 스스로 앉은 자세를 유지하고 있는 것으로 하였다. 준비운동은 치료사가 대상자의 앉은 자세를 수정한 후, 비마비측 발은 무릎관절이 90도 굽힘 상태에서 발목 관절의 위치를 설정하였고, 마비측 하지에 체중 지지를 촉진하기 위해 마비측 발의 위치를 비마비측 발의 후방 2/3 지점에 놓았다.¹⁰⁾ 그리고 STS 움직임에 필요한 아래 몸통 움직임 훈련을 하였다(Figure 2).¹⁶⁾ 준비운동은 총 5분간 실시하였다. 본 운동은 한 명의 치료사의 보조 하에 운동을 30분간 실시하였다. STS 훈련은 Schenkman 등(1990)이 정의한 STS 움직임의 단계를 적용하여 시행하였는데, 굽힘 모멘트 단계(Flexion momentum phase), 모멘트 이동 단계(momentum transfer phase), 펌 단계(Extension phase), 안정 단계(Stabilization phase)로 구성되었다.⁷⁾

STS 훈련은 치료사의 양 손을 이용하여 비마비측 몸통 보조와 마비측 무릎관절에 대한 보조를 통해 시행하였다. 치료사는 대상자의 전방에 마주 앉아서 굽힘 모멘트 단계, 모멘트 이동 단계, 그리고 펴 단계 보조하기 위해 치료사의 한쪽 손으로 비마비측 몸통이 움직임 방향을 마비측으로 향하도록 하여 굽힘 모멘트 단계와 모멘트 이동 단계를 보조하였다. 그리고 다른 쪽 손으로 굽힘 모멘트 단계에서 펴 단계의 시작인 엉덩이 떼기 시점까지 마비측 무릎관절의 압박을 통해 마비측 발뒤꿈치 쪽으로 체중지지를 할 수 있도록 하고, 그 다음 무릎관절 펴 보조를 통해 마비측 무릎관절이 완전히 펴되어 안정 단계로 유도하여 STS 움직임 수행을 완료할 수 있도록 하였다.¹⁶⁾ 이 과정을 8회 반복하는 것을 1세트로 하여 3세트를 실시하였다. 중재의 난이도 조절은 대상자의 무릎 높이를 기준으로 매트 높이를 조절하여 제공하였다.¹⁷⁾ 높이 조절이 가능한 매트에서 대상자의 무릎 높이를 기준으로 각도계(goniometer)를 이용하여 10도씩 증가시켜 1~2주(110도), 3주(100도), 4주(90도)의 조건으로 적용하였다. 마무리 운동은 치료사의 감독 하에 치료실을 5분간 걷는 것으로 하였다.

연구군의 훈련은 총 4주, 주 3회, 1회 30분 시행하였다.

② 대조군

본 연구에서 대조군에 속한 대상자들은 마비측 발과 비마비측 발을 무릎관절이 90도 굽힘 상태에서 발목관절의 위치를 설정하여 나란히 놓은 대칭적인 초기 발 위치에서 STS 운동을 실시하였다(Figure 1).¹⁰⁾

초기 발의 위치를 제외한 나머지 모든 연구과정은 연구군과 동일하게 실시하였다.

(2) 측정도구

① 표면근전도(Surface Electromyogram, sEMG)

근전도 신호를 획득하고 수집된 자료를 분석하기 위해 4개의 채널이 있는 sEMG(QEMG-4 System, LXM 3204; Laxtha Inc, Daejeon, Korea)와 소프트웨어(TeleScan ver 3.28,

Laxtha Inc, Daejeon, Korea)를 사용하였다. 표면 전극은 지름이 11.4mm인 Ag/AgCl 표면전극(3M, USA)을 사용하여 근육에 부착하기 전에 피부저항을 줄이기 위해 측정부위의 털을 면도기를 사용하여 제거한 후 의료용 알코올 솜으로 깨끗이 닦아낸 후에 부착하였다. 활성 전극은 근육 군 사이의 혼선을 최소화하기 위해 두 개의 전극 사이를 2cm 거리를 두고 부착하였으며, 기준전극은 비마비측 하지의 무릎뼈의 앞부분에 부착하였다. 측정된 근육은 마비측 하지의 네 개 근육인 안쪽넓은근(vastus medialis, VM), 넙다리두갈래근(biceps femoris, BF), 앞정강근(tibialis anterior, TA), 가자미근(soleus, Sol)이었으며, 전극 부착 위치는 Rainoldi 등이 제시한 방법을 사용하였다. VM는 위앞엉덩뼈가시에 대하여 50도 각도에서 안쪽으로 선을 따라 무릎뼈의 위안쪽면으로부터 거리의 52mm 지점, BF는 공동뼈결절로부터 시작하여, 공동뼈결절로부터 오금이 가쪽면까지 거리의 35% 지점, TA는 정강뼈결절로부터 시작하여, 정강뼈결절로부터 복사뼈 사이의 선까지 거리의 16% 지점, Sol는 아킬레스 힘줄로부터 시작하여, 정강뼈결절로부터 아킬레스 힘줄의 닿는 부분의 안쪽면까지 거리의 76% 지점이었다.¹⁸⁾ 소프트웨어는 표본추출률(sampling rate) 1024Hz, 노치필터(notch filtering) 60Hz, 주파수대역폭(band-pass filtering) 20-500Hz로 설정하였다.

sEMG 측정의 위한 움직임 과정은 STS로 하였다. 매트 높이는 대상자가 STS 수행을 완료하기 용이하도록 앉은 자세에서 무릎관절 각도가 100도일 때의 높이로 하였고, 양 발을 나란히 놓고 앉은 자세를 시작자세로 설정하였다. 대상자는 매트에 스스로 앉고, 치료사가 앉은 자세를 수정 후에 STS 동작을 3회 예행연습을 하였다. 예행연습 후 5분의 휴식 시간을 제공하였고, 휴식 시간 동안 검사 과정에 대한 교육을 통해 대상자가 검사를 잘 이행할 수 있도록 하였다.

sEMG 측정 과정은 다음과 같다. 대상자는 매트에 앉아 5초 간 앉은 자세를 유지한 후 “빠”라는 신호음에 따라 STS를 수행하였고, 그리고 대상자 전방에 놓인 컵을 잡아 들고 선 자세를 5초간 유지하였다. STS 수행에 대한 근전도 측정 시점



Figure 1. asymmetric and symmetric initiation foot position.



Figure 2. STS exercise using asymmetric initiation foot position.

은 청각적 움직임 자극 시점인 5초부터 선 자세에 도달 이후 시점인 10초까지, 총 5초였다. 컵을 들고 선 자세 유지에 대한 근전도 측정 시점은 선 자세 도달 이후 시점인 10초부터 15초까지, 총 5초였다. 이와 같은 검사 동작을 3회 실시하여 근전도 진폭(amplitude)의 원 근전도 신호(raw EMG signal)를 수집하였다. 수집된 원 근전도 신호는 소프트웨어를 이용하여 RMS(root mean square) 처리를 하였다. 측정된 RMS는 평균값의 처음과 끝부분의 1초를 제외한 3초에 대한 자료를 사용하였고, 총 3회 측정된 값의 평균값을 이용하여 산출하였다.

마비측 하지의 %RVC(reference voluntary contraction)의 산출방법은 다음과 같다.¹⁹⁾

$$(청각적 움직임 자극시점에서 선 자세 도달 이후 시점 구간에서 측정된 평균 RMS 값 \div 5초간 컵을 들고 선 자세 유지 동안 측정된 평균 RMS 값) \times 100$$

② 운동 과제를 함께 하는 일어나 걸어가기 검사(Timed Up and Go test with a motor task, TUG motor)

TUG motor는 만성 뇌졸중 환자의 기능적인 운동성에 대한 다중 과제(multiple task) 수행 능력을 평가하기 위해 시행하였다. 검사는 Chan 등(2017)이 제시한 방법에 따라 실시하였다.²⁰⁾ 검사방법은 대상자가 비마비측 손에 3cm 이하의 물이 들어 있는 물컵을 들고 팔걸이가 있는 43cm 높이의 의자에 등을 붙이고 앉아서 “출발” 신호와 함께 일어나 3m 앞에 놓인 목표물을 돌아와서 의자에 다시 등을 붙이고 앉을 때까지의 시간을 측정하는 것이었다. 시간 측정 기준은 검사자가 “출발”이라고 말했다 때, 등받이에서 등이 떨어진 시간에서 의자에 엉덩이가 닿을 때까지로 하였다. 대상자는 편안한 속력에서 걷도록 교육되었으며, 평상시에 신는 신발을 착용하였다. 운동 전·후의 비교를 위해 3회 측정하여 그 평균값을 사용하

였다.

3. 분석방법

본 연구에서 수집된 자료들은 윈도우용 SPSS version 21.0을 이용하여 통계처리 하였다. 대상자들의 일반적인 특성은 독립 표본 T 검정과 카이제곱검정을 이용하여 분석하였다. 두 군간 그리고 운동 전·후의 변화량을 분석하기 위해 마비측 하지 근활성도 분석은 2x2 mixed-model 다변량분산분석을 이용하였다.²¹⁾ 그리고 TUG motor분석은 이원반복측정분산분석을 이용하여 분석하였다. 통계적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 설정하였다.

III. 결과

1. 대상자의 일반적인 특성

본 연구에 참여한 대상자는 총 30명으로, 연구군 15명, 대조군 15명으로 나누어서 실험을 진행하였다. 대상자의 일반적인 특성에서 두 군간의 유의한 차이는 없었다($p>.05$). 대상자의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

2. 마비측 하지 근활성도 비교

비대칭적인 그리고 대칭적인 초기 발 위치를 사용한 STS 운동에 대한 마비측 하지 근활성도를 분석하였다(Table 2). 2x2 mixed-model 다변량분산분석에서, 주효과로서 운동 전·후(Wilks' $\Lambda=.336$, $F_{4,53}=26.141$, $p=.000$, $\eta^2=.664$)에는 유의한 차이가 있었지만, 군간(Wilks' $\Lambda=.967$, $F_{4,53}=.448$, $p=.773$, $\eta^2=.033$)에는 유의한 차이가 없었다. 또한 운동 전·후와 군간의 상호작용효과에서는 유의한 차이가 있었다(Wilks' $\Lambda=.757$, $F_{4,53}=4.246$, $p=.005$, $\eta^2=.243$). 운동 전·후

Table 1. General characteristic of the subject

	experimental group (n=15)	control group (n=15)	p
Gender(M/F)	8/7	10/5	.710
Age(year)	55.60± 9.15	58.53±13.97	.503
High(cm)	165.33± 9.29	163.87± 8.81	.661
Weight(kg)	67.00±11.24	61.67±10.01	.181
Time since stroke(month)	19.40±12.42	23.60± 7.01	.264
Paretic side(Rt./Lt.)	9/6	9/6	1.000
Type of stroke (Hemorrhage/Infarction)	2/13	4/11	.651

M±SD : Mean±standard deviation
M : male, F : female, Rt. : right, Lt.: left

Table 2. Comparison of muscle activity(%RVC) between experimental group and control group during STS

Task	Variable	experimental group(n=15)		control group(n=15)		p		
		Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Interaction (Time×Group)	Time Main effect	Group Main effect
STS	VM	65.99± 9.75	82.57± 7.70	67.60± 8.04	75.98± 7.91	0.063*	0.000*	0.255
	BF	63.01± 9.08	79.41± 9.88	69.42± 9.80	73.83±10.09	0.020*	0.000*	0.868
	TA	61.78±10.62	79.07±10.11	66.19±10.16	72.68± 8.82	0.040*	0.000*	0.703
	Sol	65.46± 6.50	84.20± 8.33	70.63± 9.27	79.92± 9.32	0.034*	0.000*	0.839

M±SD : Mean±standard deviation

%RVC : %reference voluntary contraction, STS : sit to stand,

VM : vatus medialis, BF : biceps femoris, TA : tibialis anterior, Sol : soleus

*2×2 mixed model MANOVA was significant at $p < .05$.

Table 3. Comparison of TUG motor(s) between experimental group and control group

experimental group(n=15)		control group(n=15)		p		
Pretest	Posttest	Pretest	Posttest	Interaction (Time×Group)	Time Main effect	Group Main effect
21.09±5.25	13.43±5.13	23.12±7.58	20.74±6.45	0.000*	0.000*	0.043*

M±SD : Mean±standard deviation

TUG motor : Timed Up and Go test with a motor task

*Two-way repeated-measure analysis of variance was significant at $p < .05$.

에 마비측 하지의 각 근활성도에 대한 주 효과는 VM($p=.000$, $\eta^2=.372$), TA($p=.000$, $\eta^2=.277$), BF($p=.000$, $\eta^2=.235$), Sol($p=.000$, $\eta^2=.425$)로 모든 근육에서 유의한 차이가 있었다. 하지만 군간에는 마비측 하지의 모든 근육에서 유의한 차이가 없었다. 운동 전·후와 군 사이의 각 근육에 대한 상호작용효과는 VM($p=.063$, $\eta^2=.060$)을 제외한 TA($p=.040$, $\eta^2=.073$), BF($p=.020$, $\eta^2=.093$), Sol($p=.034$, $\eta^2=.077$)에서 유의한 차이가 있었다.

3. TUG motor 비교

비대칭적인 그리고 대칭적인 초기 발 위치를 사용한 STS 운동에 대한 만성 뇌졸중 환자의 기능적인 운동성에 대한 다중과제(multiple task) 수행 능력을 분석하였다(Table 3). 이원 반복측정분산분석에서, 운동 전·후($p=.000$, $\eta^2=.800$) 그리고 군 간($p=.043$, $\eta^2=.138$)에 유의한 차이가 있었다. 또한 운동 전·후와 군간의 상호작용효과에서도 유의한 차이가 있었다($p=.000$, $\eta^2=.527$).

IV. 고찰

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 마비측 하지에 체중지지를 유도하고 증가시키기 위해 비대칭적인 초기 발 위치를

사용한 STS 운동에 대한 마비측 하지의 근활성도와 다중과제 수행능력의 변화를 연구하였다. 만성 뇌졸중 환자들은 마비측 하지의 근력 약화나 감각 손상으로 인해 비대칭적인 체중지지를 나타내며, 대개 비마비측 하지를 이용하여 움직임을 수행하게 된다.¹⁾ 본 연구에서는 마비측 하지 사용을 유도하기 위해 치료사의 보조 하에 대칭적인 그리고 비대칭적인 초기 발 위치에서 STS 운동을 실시하였다. 그 결과 연구군과 대조군의 운동 전·후의 측정된 모든 하지 근 활성도가 향상되었다($p=.000$). 하지만 군 간의 측정된 모든 하지 근 활성도의 유의한 차이는 없었지만, 운동 전·후와 군간의 상호작용 효과에서는 VM($p=.063$)을 제외한 TA($p=.040$), BF($p=.020$), Sol($p=.034$)에서 유의한 차이가 있었다. 이는 연구군과 대조군의 STS운동이 VM을 제외한 측정된 모든 하지 근 활성도 향상에 영향을 줄 수 있다는 것을 의미한다. STS 움직임에 대한 수행 능력은 의자 높이, 팔받침의 사용, 발 위치에 가장 영향을 많이 받는다.⁶⁾ 본 연구에서는 의자 높이에 대한 부분은 STS 운동방법에서 난이도 조절에 적용하여 움직임을 수행 촉진을 통해 발 위치의 변화가 마비측 하지의 사용을 유도 및 증가시킬 수 있도록 하였다. Roy 등은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 자발적인, 대칭적인, 마비측 발을 후방에 위치한 비대칭적인 발 위치에서 STS와 선 자세에서 앉기 동안 수직적인 힘(vertical forces)의 비대칭성을 연구하였다. 그 결과 자발적인 그리고 대칭적인 발 위치에 비해 비대칭적인 발 위치

에서 비마비측 보다 마비측으로 수직적인 힘의 비대칭성이 더 컸으며, 이는 마비측으로의 더 많은 체중지지를 의미한다고 보고하였다.²²⁾ 본 연구와 비교하여 비대칭적인 발 위치에서 마비측 하지의 체중지지 향상에 따른 결과는 유사하나, 본 연구에서는 대칭적인 발 위치와 비대칭적인 발 위치에 따른 STS 운동에서 두 군간의 마비측 체중지지 증가에 의한 하지 근 활성도의 차이는 없었다. 이는 치료사에 의한 마비측 하지의 체중지지 보조에 의한 효과가 대칭적인 발 위치에 따른 STS 운동의 효과의 증가에 의한 결과일 것이다. Ryerson와 Levit는 치료사가 보조하는 움직임에 의해 뇌졸중 환자가 근력 향상과 근육 조절을 배울 수 있고, 수행할 수 없는 움직임을 연습하며 정상적인 움직임 순서를 재학습 할 수 있다고 하였다.¹⁶⁾ 연구의 가설에 반하지만 재활에서 마비측 하지의 체중지지 향상을 위해 치료사의 보조가 중요한 요소라는 것을 제안한다.

본 연구에서 STS 운동에 따른 마비측 하지 근활성도의 변화는 두 군에서 VM을 제외한 측정된 모든 근 활성도의 향상을 증명하였다. Chang등은 발목관절 굽힘근의 상반억제 촉진에 대한 중재를 통해 STS 움직임 동안 하지 근 활성도 패턴을 연구하였고 마비측 TA와 Sol의 근 활성도 패턴의 개선을 보고하였다.²³⁾ Jeon 등은 건강한 성인을 대상으로 대칭적인, 비대칭적인 발의 위치에 따른 STS동안 하지 근 활성도의 변화를 연구하였다.¹⁰⁾ 비대칭적인 발 위치 보다 대칭적인 발의 위치에서는 TA와 BF의 근 활성도가 높게 나타났으며, Sol는 두 가지 발의 위치 모두에서 지속적으로 활성이 유지되었다는 결과를 보고하였고, 이는 본 연구의 결과를 뒷받침한다. 비대칭적인 발의 위치에서 보다 대칭적인 발의 위치에서 발목관절 근육과 엉덩관절 펴 근육의 활성이 증가된 결과는 발의 위치가 보다 전방에 위치하여 STS 동안 신체 중심을 전·상방으로 이동하기 위한 움직임 가속에 필요한 근육의 동원이 증가되며, 증가된 움직임 가속을 조절하기 위한 감속 작용을 엉덩관절 펴근이 하기 때문이다.⁷⁾ 이 결과를 토대로 STS 운동에서 고려될 수 있는 발의 위치는 초기에 발을 후방에 위치한 운동에서 점진적으로 전방으로 위치시킨 운동으로 진행하는 STS 수행능력을 고려한 재활프로토콜로서 유용한 근거가 될 것이다.

STS 운동 전·후에 만성 뇌졸중 환자의 다중 과제(multiple task) 수행 능력의 변화를 확인하기 위한 TUG motor분석에서는 운동 전·후($p=.000$) 및 두 군간($p=.043$)에 유의한 향상이 있었다. Chan 등(2017)은 만성 뇌졸중 환자와 건강한 노인을 비교한 연구에서 TUG motor를 사용하였다.²⁰⁾ 그 결과 만성 뇌졸중 환자는 18.31 ± 5.77 초, 건강한 노인은 12.00 ± 2.31 초로 만성 뇌졸중 환자에서 수행시간의 지연을 보고하였다. 본 연구에서도 TUG motor의 사전평가에서 연구군(21.09 ± 5.25 초)과 대조군(23.12 ± 7.58 초) 모두에서 수행 시

간의 지연이 확인되었다. TUGmotor 수행 시간의 지연은 뇌졸중으로 인해 과제 수행 동안 의자에서 일어설 때의 엉덩이 떼기 시점이나 3m 앞의 목표물을 도는 시점과 같은 균형 능력을 많이 요구하는 움직임의 제한이 원인일 것이다.²⁴⁾ 또한 STS와 보행의 시작과 같이 신체중심을 전방으로 향하게 하는 움직임은 선행적 자세 조절(anticipatory posture adjustments, APAs)로서, Sol의 억제와 TA의 활성이 나타난다.²⁵⁾ 이 APAs는 자세적인 동요(postural perturbation)를 최소화시키는 작용을 하며 수리적인 움직임을 안전하고 효율적으로 실행할 수 있게 한다.²⁶⁾ 본 연구에서 마비측 체중지지를 이용한 STS 운동을 통해 APAs와 관련된TA와 Sol의 근 활성도가 향상되어 자세 안정성과 움직임 수행력에 영향을 주었을 것이다. 이는 TUG motor 에서 수행 시간 단축의 결과로 증명될 수 있으며, 의자에서 엉덩이 떼기 시점의 수행 향상이 수행 시간을 단축시키는 시점이라고 예측할 수 있을 것이다. 이는 Saito등이 운동 수행의 향상을 위한 반복적인 움직임 훈련을 통해 APAs의 변화를 개선시킬 수 있으며, APAs의 개선은 운동 수행의 향상에 기여한다고 보고한 연구 결과에 의해 뒷받침 될 수 있다.²⁷⁾

본 연구의 제한점은 치료사의 보조를 정량화하지 못했기 때문에 발의 위치 변화에 대한 STS 운동 효과를 증명하는데 제한이 있었다고 생각한다. 그리고 일상생활에서 STS 움직임의 수행은 다양한 발의 위치에서 수행되며, 더불어 다양한 과제를 수행하기 위한 시도된다. 본 연구에서는 발의 위치 변화의 다양성이 부족했고, 과제 수행을 적용하지 못하여 단편적인 연구 결과를 증명하였다고 생각된다. 또한 추적 조사를 실시하지 못하여 운동 효과의 지속성에 대해 증명하지 못했다. 본 연구에서와 다른 견해에서 Seo등은 비마비측 손을 테이블에 접촉한 상태에서 몸통의 비대칭적인 자세 정렬의 변화가 STS 동작에 영향을 준다고 보고하였다.²⁸⁾ 따라서 향후에 치료사의 보조에 대한 정량화, 과제 수행을 적용한 중재 방법, 운동의 지속성을 확인하는 추적조사, 상지 및 몸통의 변화를 통한 STS 운동 효과 분석을 포함하는 연구가 필요할 것이다.

본 연구는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 마비측 하지에 체중 지지를 향상시키기 위해 비대칭적인 초기 발의 위치를 사용한 4주간의 STS 운동을 통해 마비측 하지의 근 활성도 향상과 기능적인 운동성에 대한 다중 과제(multiple task) 수행 능력의 향상을 증명하였다. 이에 뇌졸중 환자의 마비측 하지의 개선 및 STS 수행 능력의 향상을 위한 재활 프로그램에서 초기 발의 위치는 비마비측 발 보다 마비측 발을 후방에 위치시킨 비대칭적인 초기 발 위치에서 대칭적인 초기 발 위치로 진행할 필요가 있다고 제안한다.

References

1. Tasseel-Ponche S, Yelnik AP, Bonan IV. Motor strategies of postural control after hemispheric stroke. *Neurophysiol Clin.* 2015;45(4-5):327-33.
2. Cheng PT, Liaw MY, Wong MK, et al. The sit-to-stand movement in stroke patients and its correlation with falling. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998 Sep;79(9):1043-6.
3. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, et al. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004;85(6):886-95.
4. Adegoke BO, Olaniyi O, Akosile CO. Weight bearing asymmetry and functional ambulation performance in stroke survivors. *Glob J Health Sci.* 2012 29;4(2):87-94.
5. Khemlani MM, Carr JH, Crosbie WJ. Muscle synergies and joint linkages in sit-to-stand under two initial foot positions. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 1999;14(4):236-46.
6. Janssen WG, Bussmann HB, Stam HJ. Determinants of the sit-to-stand movement: a review. *Phys Ther.* 2002;82(9):866-79.
7. Schenkman M, Berger RA, Riley PO, et al. Whole-body movements during rising to standing from sitting. *Phys Ther.* 1990;70(10):638-48;648-51.
8. Schofield JS, Parent EC, Lewicke J, et al. Characterizing asymmetry across the whole sit to stand movement in healthy participants. *J Biomech.* 2013 18;46(15):2730-35.
9. Diakhaté DG, Do MC, Le Bozec S. Effects of seat-thigh contact on kinematics performance in sit-to-stand and trunk flexion tasks. *J Biomech.* 2013 15;46(5):879-82.
10. Jeon W, Jensen JL, Griffin L. Muscle activity and balance control during sit-to-stand across symmetric and asymmetric initial foot positions in healthy adults. *Gait Posture.* 2019;71:138-44.
11. Gross MM, Stevenson PJ, Charette SL, et al. Effect of muscle strength and movement speed on the biomechanics of rising from a chair in healthy elderly and young women. *Gait Posture.* 1998 1;8(3):175-85.
12. Cameron DM, Bohannon RW, Garrett GE, et al. Physical impairments related to kinetic energy during sit-to-stand and curb-climbing following stroke. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2003;18(4):332-40.
13. Boukadida A, Piotte F, Dehail P, et al. Determinants of sit-to-stand tasks in individuals with hemiparesis post stroke: A review. *Ann Phys Rehabil Med.* 2015; 58(3):167-72.
14. Brunt D, Greenberg B, Wankadia S, et al. The effect of foot placement on sit to stand in healthy young subjects and patients with hemiplegia. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002;83(7):924-29.
15. Ramas J, Courbon A, Roche F, et al. Effect of training programs and exercise in adult stroke patients: literature review. *Ann Readapt Med Phys.* 2007;50(6):438-44, 430-7.
16. Ryerson S, Levit K. *Functional Movement Reeducation*, London, United Kingdom: Elsevier Health Sciences, 1997.
17. Chen T, Chou LS. Altered center of mass control during sit-to-walk in elderly adults with and without history of falling. *Gait Posture.* 2013;38(4):696-701.
18. Rainoldi A, Melchiorri G, Caruso I. A method for positioning electrodes during surface EMG recordings in lower limb muscles. *J Neurosci Methods.* 2004 15;134(1):37-43.
19. Lehman GJ, McGill SM. The importance of normalization in the interpretation of surface electromyography: a proof of principle. *J Manipulative Physiol Ther.* 1999;22(7):444-6.
20. Chan PP, Si Tou JI, Tse MM, et al. Reliability and Validity of the Timed Up and Go Test With a Motor Task in People With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2017;98(11):2213-20.
21. Mettler A, Chinn L, Saliba SA, et al. Balance training and center-of-pressure location in participants with chronic ankle instability. *J Athl Train.* 2015;50(4):343-9.
22. Roy G, Nadeau S, Gravel D, et al. The effect of foot position and chair height on the asymmetry of vertical forces during sit-to-stand and stand-to-sit tasks in individuals with hemiparesis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(6):585-93.
23. Chang WN, Kim YD, Lee KB, et al. Effect of Facilitating Reciprocal Inhibition of Ankle Flexors on Muscle Activation Pattern in Sit to Stand Movement in Stroke. *J Korean Soc Neurother.* 2018;22(1):7-13.
24. Bonnyaud C, Pradon D, Vaugier I, et al. Timed Up and Go test: Comparison of kinematics between patients with chronic stroke and healthy subjects. *Gait Posture.* 2016;49:258-63.
25. Crenna P, Frigo C. A motor programme for the initiation of forward-oriented movements in humans. *J Physiol.*

- 1991;437:635-53.
26. Tsai WC, Lien HY, Liu WY, et al. Early and anticipatory postural adjustments in healthy subjects under stable and unstable sitting conditions. *J Electromyogr Kinesiol.* 2018;43:21-7.
 27. Saito H, Yamanaka M, Kasahara S, et al. Relationship between improvements in motor performance and changes in anticipatory postural adjustments during whole-body reaching training. *Hum Mov Sci.* 2014;37: 69-86.
 28. Seo TH, Yang SE, Lee HG. The Effects of Contact Hand-Orientation Response(CHOR) During Sit-to-stand(STS) in People with Stroke. *J Korean Soc Neurother.* 2018;22(3):31-6.