

## 슬링을 이용한 양측 엉덩 관절 벌림 운동이 만성 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향

이원덕, PT, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>강동대학교 물리치료과

The Effects of Performing a One-Legged Bridge with Hip Abduction both Side Exercise and Use of a Sling on Balance and Gait in Chronic Stroke Patients.

Won-Deok Lee, PT, PhD<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Dept. of Physical Therapy, Gangdong University, Republic of Korea

**Purpose** The aim of this study was to investigate the effects of performing a one-legged bridge with hip abduction both side exercise and use of a sling on balance and gait in chronic stroke patients. **Methods** Subjects were a chronic stroke patients(n=30). The 15 subjects were assigned to sling application group, and 15 were assigned to a general exercise group. The intervention was performed for 30 min per session, three times a week, for eight weeks. **Results** As shown by the result of the Times up and go (TUG) and Functional Reach Test (FRT), GAITrite indexes there were significant differences in all groups. There was also significant between group difference in all indexes. **Conclusion** SA group was effective in improving balance and gait in chronic stroke patients.

**Key words** Stroke, Balance, Gait, Sling

**Corresponding author** Won-Deok Lee (ptdeok@gangdong.ac.kr)

**Received date** 10 Oct 2022

**Revised date** 19 Oct 2022

**Accept date** 23 Oct 2022

### 1. 서론

뇌졸중은 뇌세포의 세포사멸 등과 같은 여러 가지 다양한 이유에 의해 발생되며, 주요 증상은 두통, 발작, 시력장애, 감각의 이상, 보행곤란 등이 있다.<sup>1)</sup> 뇌졸중이 발병한 사람들 중 3분의 1이상이 기능적 손상과 장애를 가지게 된다.<sup>2)</sup> 보행곤란과 균형감각의 소실은 활동감소와 생활방식의 변화로 이어질 수 있고,<sup>3)</sup> 낙상과도 밀접한 관계가 있기에 뇌졸중 환자의 일상생활에 많은 영향을 끼친다.<sup>4,5)</sup>

보행과 균형회복을 위한 훈련은 환자들의 선호하는 중재 중 하나이고, 뇌졸중 환자들을 위한 이상적인 중재에도 포함된다.<sup>6)</sup> 하지만, 보행과 균형회복을 위한 중재를 진행할 시 고려해야 할 요소들이 많다. 뇌졸중 후에는 감각 또는 지각 능력의 저하로 인한 감각통합과 관련한 문제가 발생하고, 이로 인하여 근력 그리고 협응 능력에 문제가 생긴다.<sup>7,8,9)</sup> 이러한 영향은 균형 및 보행에서 비효율성과 높은 에너지 소모를 유발하고, 보행 불안정성과 균형감각 소실이 생기며 나아가 낙상에 대한 위험도를 높인다.<sup>10,11,12)</sup> 특히, 편마비 뇌졸중환자의

경우 이러한 부분이 신체의 비대칭으로 나타나게 된다.<sup>13,14)</sup> 관절의 불안정성과 협응 결손의 문제로 인하여 마비쪽의 움직임의 변동성이 생기고, 체중지지 또한 어렵게 된다.<sup>15)</sup> 이러한 변화로 인하여 자세조절의 어려움을 겪게 된다. 이 부분을 개선하기 위하여 안정화 운동이 중요하다.<sup>16,17)</sup>

안정화 운동은 자세 불안정을 해소하고, 의식적으로 무의식적인 움직임에서 자세를 조절한다.<sup>18)</sup> 선행연구에서 체간 안정화 운동, 과제지향적 운동, 트레드밀 운동, 슬링운동 등이 효과가 있다고 보고하고 있다. 특히, 슬링 운동은 열린 사슬과 닫힌 사슬 운동을 전부 진행할 수 있고, 기능적 속도로 다양한 동작범위에 수행이 가능하고, 안정성과 가동성을 필요에 따라 적용하여, 뇌졸중 후 근육 골격 기능의 회복에 유의한 효과가 다양한 연구에서 보고되었다.<sup>19,20)</sup> 선행 연구에서 뇌졸중 환자에게 슬링을 이용한 중재가 몸통과 하지 근육의 활성화도에 향상을 나타낸다고 보고하고 있다.<sup>21)</sup> 또한, 최규주 등(2016)은 슬링을 이용한 엉덩관절 벌림 단일 운동이 근육의 활성화도와 균형에 효과가 있었다고 밝히고 있고, 특히 척추 기립근의 활성화도가 다른 일반적인 운동들보다 효과가 크다고 보고했다.<sup>22)</sup> 척추 기립근은 보행주기 중 약 50%에서 최대로 활성화될 정도로 보행에서 중요하다.<sup>23)</sup> 하지만, 선행 연구들에서 보행에 관련된

<http://dx.doi.org/10.17817/2022.10.19.1111778>

연구는 아직까지 미흡하고, 특히 엉덩 관절 벌림 양쪽운동의 보행과 균형에서의 효과를 보는 연구는 없었다.

따라서 본 연구에서는 슬링을 이용한 중재가 몸통과 하지 근육의 활성화도에 향상을 나타낸다는 보고를 바탕으로,<sup>25)</sup> 슬링을 이용한 엉덩관절 벌림 양쪽운동이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 관련된 효과를 알아보려고 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구대상

본 연구는 경기도에 위치한 S병원에 입원한 환자 30명을 대상으로 연구참여자의 동의를 얻어 진행하였다. 연구대상자는 뇌졸중을 진단받고 6개월 이상 경과한 사람, 보행 보조도구를 사용하거나 없이 10분 이상 보행이 가능한 사람, 뇌졸중 이외의 다른 신경학적 혹은 정형외과적 문제가 없는 사람, 한국판 간이정신상태검사 (MMSE-K) 상 24점 이상으로 제공하는 운동프로그램을 이해하고 수행 할 수 있는 사람으로 하였으며, 대상자의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

### 2. 연구방법 및 절차

연구대상자의 집단은 슬링을 이용한 엉덩관절 벌림 양쪽운동을 적용한 연구군과 대조군으로 나누어서 설정 하였다.

#### (1) 기능적 손뻐기 검사

기능적 손 뻐기 검사는 대상자의 안정성 한계를 간편하고 신뢰 할 수 있게 측정할 수 있는 도구로서 균형 장애를 찾거나 균형수행력의 시간 경과에 따른 변화를 검사하기 위하여 개발되었다.<sup>26)</sup> 편안하게 선 자세에서 기저면을 유지하면서 팔을 뻗어 수평으로 최대한 닿을 수 있는 거리를 측정하는 것이다. 이때에 뻗는 팔의 경우는 건축으로 설정하였고, 줄자를 어깨 봉우리 높이에 지면과 평행하게 하여 측정하기 쉽게 벽에 붙여 놓았다. 대상자가 벽에 닿지 않도록 어깨와 벽과는 5cm

간격을 두었고, 양발을 어깨너비로 벌리고 서게 한 다음 팔꿈치 관절을 펴고 주먹을 쥐 상태에서 어깨관절을 90°로 올려 시작 지점을 잡았다. 측정은 대상자의 세 번째 손가락뼈 원위부가 위치한 처음에서부터 최대한 몸을 이동시켜 5초간 유지할 수 있는 상태까지의 이동거리를 재었다. 측정단위는 cm를 사용했고, 3회 측정한 평균값을 구하였다. 본 평가의 검사-재검사간신뢰도와 측정자간 신뢰도는 각각  $r=.89$ ,  $r=.98$ 이다.<sup>26)</sup>

#### (2) 일어나 걷기 검사

일어나 걷기 검사는 간단하고 빠르게 보행관련 지표(속도, 민첩성, 순발력)와 운동성(동적균형 및 기능적인 움직임)을 측정하는 검사법이다. 팔걸이가 있는 의자에 팔을 걸고 앉아서 연구자의 출발신호에 맞춰 일어난 후 3m를 걸은 후 반환점을 지나 다시 의자에 완전히 앉고 팔걸이에 팔을 거는 데까지 걸린 시간을 측정하고, 총 3회의 평균값을 측정값으로 사용하고, 검사-재검사간 신뢰도  $r=.99$ , 측정자간 신뢰도  $r=.98$ 이다.<sup>27)</sup>

#### (3) GAITRite

GAITRite는 보행의 시간적, 공간적 요인을 측정하는 도구이다. GAITRite는 크게 전자식 보행판(길이 366cm, 폭은 61cm)과 매트(6개의 센서 패드 내장)로 되어 있고, 보도에는 이동을 감지하는 특수 센서가 부착되어 있다. 보행 시 대상자 발에 의하여 생성된 부하를 수집하고(초당 80Hz), 케이블을 통해 컴퓨터로 수집한 정보를 보낸다. 보행에 관한 정확한 데이터를 얻기 위하여 대상자는 보행 판보다 1m 앞에 위치해 있다가, 신호에 맞춰 보행을 시작하고, 보행 판 넘어 1m까지 간 후 정지하도록 하고, 총 3회 평균값을 측정값으로 사용하였다. 측정자 신뢰도는  $r=.90$ 이고, 편안한 보행 속도의 모든 보행 측정 급내 상관 계수 (ICC)는 .96이상이다.<sup>28)</sup>

### 3. 적용 방법

본 연구에서는 선행연구에서 제안된 슬링을 이용한 엉덩관절 벌림 운동을 적용하였고<sup>1,22)</sup> 대조군에서는 일반적인 신경발달

**Table 1. General characteristics of subjects**

Index	Study group	Control group
Gender(Male/Female)	10/5	9/6
Age (year)	67.20±5.95	65.80±7.02
Height (cm)	165.33±6.22	162.47±9.65
Weight (kg)	65.13±7.33	62.35±11.99
Paretic side (Right/Left)	9/6	5/10
Stroke type (Hemorrhage/infarction)	7/8	7/8
Duration (month)	18.13±3.87	19.93±3.10

학적 물리치료가 적용 되었다. 두 그룹 모두에서 운동은 30분, 8주동안 일주일에 3회 수행하였다.

#### (1) 슬링을 이용한 양쪽 엉덩관절 벌림 운동

한쪽다리는 무릎을 90도로 구부리고, 반대쪽 다리는 무릎을 펴 상태에서 발뒤꿈치에 슬링을 적용한다. 그리고 엉덩이를 굽힘 각도 0도가 되게 들어올리고, 슬링을 적용한 다리를 30도 벌림 한다. 이 상태를 7초간 유지하고, 이어서 10초의 이완을 진행했다. 각 세트는 10번 반복되었고, 총 3세트를 수행했다. 세트사이의 휴식간격은 60초였다. 이후, 슬링을 적용한 다리를 바꿔서 이를 반복 시행했다. 변수를 차단하기 위하여, 이 운동을 진행 시에는 다른 신경발달학적 물리치료를 적용하지 않고, 단일로 수행했다.

#### (2) 일반적인 신경발달학적 물리치료

일반적인 신경발달학적 물리치료 프로그램은 개인의 기능과 상태에 맞추어 근력운동, 자세조절운동, 감각자극운동이 적용되었다. 적용 시간은 대한 변수를 통제 하기 위하여 프로그램을 수행하는 세트와 휴식시간을 실험군의 시간과 동일하게 설정하여 진행하였다.

#### 4. 분석 방법

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS ver. 18.0 프로그램을 이용하였다. 평균  $\pm$  표준편차를 이용하여 데이터를 표현하였다. 대상자의 일반적인 특성을 표현하기 위하여 기술적 통계를 이용하였다. 두 군의 전,후 차이의 비교를 위해서 대응표본 t검정을 실시하였고, 사전 값에 대한 정규성 검정을 시행하였고, 결과에 의해서, 변화량 비교를 모수 통계 기법인 독립표본 t검

정을 사용하여 비교하였다. 모든 통계적 유의 수준 ( $\alpha$ )은 0.05로 설정하였다.

### III. 결 과

#### 1. 기능적 손뻐기 검사

기능적 손뻐기 검사는 연구군에서 중재 전  $11.63 \pm 1.53$ 에서 중재 후  $14.27 \pm 1.42$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 대조군에서도 중재 전  $12.20 \pm 2.24$ 에서 중재 후  $14.27 \pm 1.43$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 두 집단간의 차이도 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

#### 2. 일어나 걷기 검사

일어나 걷기 검사는 연구군에서 중재 전  $25.17 \pm 2.34$ 에서 중재 후  $20.98 \pm 2.48$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 대조군에서도 중재 전  $25.34 \pm 2.86$ 에서 중재 후  $22.23 \pm 2.88$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 두 집단간의 차이도 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ).

#### 3. GAITrite

마비측의 보폭은 연구군에서 중재 전  $39.94 \pm 4.91$ 에서 중재 후  $45.76 \pm 4.78$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 대조군에서도 중재 전  $40.38 \pm 5.18$ 에서 중재 후  $44.20 \pm 4.90$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 두 집단간의 차이도 유의한 차이를 보였다( $p < 0.05$ ). 비 마비측 보폭은 연구군에서 중재 전  $36.87 \pm 4.74$ 에서 중재 후  $44.04 \pm 4.54$ 으로 유의미한 변화가 있었다( $p < 0.05$ ). 대조군에서도 중재 전  $37.45 \pm 5.18$ 에서

**Table 2. Comparison of balance and gait assessment before and after intervention in the groups**

Index	Study group		p	Control group		p
	pre	post		pre	post	
TUG (sec)	25.17 $\pm$ 2.34	20.98 $\pm$ 2.48	0.000*	25.34 $\pm$ 2.86	22.23 $\pm$ 2.88	0.000*
FRT (cm)	11.63 $\pm$ 1.53	14.27 $\pm$ 1.42	0.000*	12.20 $\pm$ 2.24	14.27 $\pm$ 1.43	0.000*
Affected side step length (cm)	39.94 $\pm$ 4.91	45.76 $\pm$ 4.78	0.000*	40.38 $\pm$ 5.18	44.20 $\pm$ 4.90	0.000*
Less affected side step length (cm)	36.87 $\pm$ 4.74	44.04 $\pm$ 4.54	0.000*	37.45 $\pm$ 5.18	41.52 $\pm$ 5.18	0.000*
Affected side step length - Less affected side step length (cm)	3.07 $\pm$ 0.46	1.71 $\pm$ 0.51	0.000*	2.92 $\pm$ 0.33	2.67 $\pm$ 1.02	0.350
Velocity (m/s)	43.15 $\pm$ 5.26	47.21 $\pm$ 5.29	0.000*	41.40 $\pm$ 3.18	44.14 $\pm$ 2.89	0.000*

\*p<.05, M $\pm$ SD: Mean $\pm$ standard deviation

**Table 3. Comparison of the difference in the mean the two groups**

Index	Study group	Control group	t	p
TUG (sec)	-4.18±0.67*	-3.11±0.43*	-5.245	0.000*
FRT (cm)	2.63±0.58*	2.07±0.86*	2.109	0.044*
Affected side step length (cm)	5.82±0.57*	3.82±1.35*	5.313	0.000*
Less affected side Step length (cm)	7.17±0.50*	4.06±1.24*	8.995	0.000*
Affected side step length - Less affected side step length (cm)	-1.35±0.72*	-0.25±1.00	-3.452	0.002*
Velocity (m/s)	4.06±0.28*	2.73±0.55*	8.362	0.000*

\*p<.05, M±SD: Mean±standard deviation

중재 후 41.52±5.18으로 유의미한 변화가 있었다( $p<0.05$ ). 두 집단간의 차이도 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 마비측 보폭과 비 마비측 보폭의 차이는 연구군에서 중재 전 3.07±0.46에서 중재 후 1.71±0.51으로 유의미한 변화가 있었다( $p<0.05$ ). 하지만, 대조군에서는 중재 전 2.92±0.33에서 중재 후 2.67±1.02으로 유의미한 변화가 없었다. 두 집단간의 차이는 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ). 마비측의 속도는 연구군에서 43.15±5.26에서 중재 후 47.21±5.29으로 유의미한 변화가 있었다( $p<0.05$ ). 비마비측의 속도는 연구군에서 41.40±3.18에서 중재 후 44.14±2.89으로 유의미한 변화가 있었다( $p<0.05$ ). 집단간의 차이도 유의한 차이를 보였다( $p<0.05$ ).

#### IV. 고찰

본 연구는 30명의 뇌졸중 환자를 대상으로 슬링을 이용한 양쪽 엉덩관절 벌림운동이 균형과 보행에 주는 효과를 분석하고, 이를 재활에 대한 근거자료로 제시하기 위하여 실시하였다.

연구 결과, 정적균형의 지표인 기능적 손뻐기와 동적 균형 지표인 일어서서 걷기검사 모두에서 유의미한 결과가 나왔고, 보행지표인 보행속도, 마비측 보폭, 비마비측 보폭 부분에서도 유의미한 결과를 얻었다. 이는 대상자들에게 제공한 슬링 운동이 불안정한 지지대를 제공하여서, 근육긴장도의 재분배, 신경계와 근육 시스템의 균형을 통해 감각 피드백을 증가 시켜, 고유수용성 감각을 향상시켜, 근육조절 및 관절안정성 능력향상에 실질적인 효과를 발휘한 결과라고 생각된다.<sup>24)</sup> 대조군과의 유의미한 차이가 난 이유는 슬링이 제공하는 단한사슬 운동이 작용근, 대항근의 공동 활성화를 일으켜 관절의 안정화

와 움직임의 정확도를 향상시키는 효과를 내었기 때문이라고 생각된다.<sup>21)</sup> 그리고 대조군과 달리 슬링을 이용한 운동은 관절의 불안정성과 관계없이 근육강화를 유도하기에 안정적으로 효과를 내었다고 생각된다.<sup>19)</sup> 이는 슬링 운동 시스템이 몸통의 약한 부분을 강화하여, 근육을 안정화시키고 몸통 제어를 강화하여 균형제어와 독립적인 이동성을 향상시킨다는 선행연구의 결과와도 일치한다.<sup>29)</sup> 또한, GAITrite를 통해서 확인한 보행 관련된 지표인 속도, 보폭이 전부 증가함 뿐 아니라, 두 보폭의 차이도 줄어드는 것이 확인이 되었는데, 이 결과는 슬링의 효과와 더불어 운동의 설계에서 양측운동이 가져다 준 효과로 판단되며, 양측운동이 운동기능을 개선하는 데 효과적이라는 선행연구의 결과와도 일치한다.<sup>30)</sup>

본 연구의 결과는 뇌졸중 후 감각과 감각 운동 처리 또는 움직임 조정의 결핍을 가지게 되는데, 불안정한 지지대를 제공하는 슬링 운동과 양측운동이 다리의 위치를 감지하고, 다중 감각 피드백을 처리하고, 적절한 운동 명령을 생성하는 능력을 증가시킨다는 점을 시사한다. 특히, 두 보폭의 차이가 줄어들고 속도가 빨라진 결과는 뇌졸중 환자가 흔히 겪는 보행의 변동성을 줄이고, 리드미컬한 보행을 제공했다고 생각된다. 보폭길이의 변동성은 노인의 낙상과 밀접한 관계를 가지고 있고, 이를 개선하는 것은 노인의 일상생활의 삶의 질을 결정하는데 있어 중요한 부분을 차지하기에 본 연구의 결과는 의미를 가진다.

본 연구는 뇌졸중 환자의 보행 및 균형에 슬링을 이용한 양쪽 엉덩관절 벌림운동이 효과가 있었다라는 점에서는 의미가 있지만 몇 가지의 제한점이 존재한다. 첫째, 연구대상이 총 30명으로 제한이 되었기에, 모든 만성 뇌졸중환자에게 연구결과의 일반화가 어렵다. 둘째, 대상자들이 일상생활이 가능한 사람들이기에 자연회복 및 운동학습적인 부분을 완전 통제하

지 못하였다. 셋째, 서스펜션에 위치에 대한 다양성 없이, 발목이라는 단일 요소로 연구가 진행되었다. 넷째, 운동의 형태 또한 유지를 하는 닫힌 사슬의 형태로 설정하였기에, 열린사슬 형태의 접근이 미흡했다. 추후 연구에서는 언급한 제한점 해결이 필요하다.

결론적으로 슬링을 이용한 양쪽 엉덩관절 벌림운동은 정적 균형과 동적균형 그리고 보행에서 효과가 있었다. 특히, 보폭 차이를 좁혀, 조금 더 리드미컬한 보행이 이뤄짐을 알 수 있었다. 추후 연구에서는 대상자의 확대와 통제변인에 대한 적절한 통제를 기반으로 하여서, 서스펜션 위치의 다양화와 운동형태의 다양화에 대한 정밀한 설계를 통한 연구가 이루어지기를 기대해본다.

## References

1. Lee JS, Lee HG. Effects of sling exercise therapy on trunk muscle activation and balance in chronic hemiplegic patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(5):655-9.
2. World Health Organization. *Global Health Estimates: Deaths by Cause, Age, Sex and Country, 2000-2012*. Geneva: WHO; 2014: 9.
3. Sackley CM, Lincoln NB: Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: effects on stance symmetry and function. *Disability and Rehabilitation*. 1997;19(12):536-46.
4. An MH, Marianne S. The effects of exercise-based rehabilitation on balance and gait for stroke patients: a systematic review. *Journal of Neuroscience Nursing*. 2011;43(6):298-307.
5. Batchelor FA, Mackintosh SF, Said CM, et al. Falls after stroke. *International Journal of Stroke*. 2012;7:482-90.
6. Dean JC, Embry AE, Stimpson, et al. Effects of hip abduction and adduction accuracy on post-stroke gait. *Clinical Biomechanics*. 2017;44:14-20.
7. Meijer R, Plotnik M, Zwaafink EG, et al. Markedly impaired bilateral coordination of gait in post-stroke patients: Is this deficit distinct from asymmetry? A cohort study. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*. 2011;8(1):1-8.
8. Plotnik M, Giladi N, Hausdorff JM. Bilateral coordination of gait and parkinson's disease: The effects of dual tasking. *Journal of Neurology, Neurosurgery & Psychiatry*. 2009;80(3):347-50.
9. Patel P, Enzastiga D, Casamento-Moran A, et al. Increased temporal stride variability contributes to impaired gait coordination after stroke. *Scientific Reports*, 2022;12(1):1-10.
10. Williams S, Whatman C, Hume PA, et al. Kinesiotaping in treatment and prevention of sports injuries: a meta-analysis of the evidence for its effectiveness. *Sports Medicine*. 2012;42:153-64.
11. Granat MH, Maxwell DJ, Ferguson AC, et al. Peroneal stimulator: evaluation for the correction of spastic drop foot in hemiplegia. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 1996;77(1):1924.
12. Choi YS, Son DB, Jung SM, et al. Effects of paretic ankle kinesio-taping on lower leg muscles activity and gait in chronic stroke patients. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2021;25(2):33-43
13. Dickstein R, Dvir Z, Ben Jehosua E, et al. Automatic and voluntary lateral weight shifts in rehabilitation of hemiparetic patients. *Clinical Rehabilitation*. 1994;8(2):91-9
14. Kim BH, An KB, Chang WN. Effects of the backward walking training on balance and gait in patient with chronic stroke: single subject research design. *The Journal of Korean Society for Neurotherapy*. 2022;26(2):7-15
15. Shim S, Yu J, Jung J, et al. Effects of dual-task performance on postural sway of stroke patients with experience of falls. *Journal of Physical Therapy Science*. 2021;24(10):975-78.
16. Lin D, Nussbaum MA, Seol H, et al. Acute effects of localized muscle fatigue on postural control and patterns of recovery during upright stance: influence of fatigue location and age. *European Journal of Applied Physiology*. 2009;106(3):425-34.
17. Cetin N, Bayramoglu M, Aytar, A, et al. Effects of lower-extremity and trunk muscle fatigue on balance. *The Open Sports Medicine Journal*. 2008;2:16-22.
18. Voight M, Cook G. Clinical application of closed kinetic chain exercise. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2010;5:25-44.
19. You YL, Su TK, Liaw LJ, et al. The effect of six weeks of sling exercise training on trunk muscular strength and endurance for clients with low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27:2591-96.
20. Yi SJ, Kim JS. The Effects of Respiratory Muscle Strengthening Exercise Using a Sling on on the the Amount of Respiration. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27:2121. <http://dx.doi.org/10.1589/>

ipts.27.2121

21. Frey-Law LA, Avin KG. Muscle coactivation: a generalized or localized motor control strategy? *Muscle & Nerve*. 2013;48(4):578-85.
22. Choi KJ, Bak JW, Cho MK, et al. The effects of performing a one-legged bridge with hip abduction and use of a sling on trunk and lower extremity muscle activation in healthy adult. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016; 28(9): 2625-28.
23. Cioni M, Pisasale M, Abela S, et al. Physiological electromyographic activation patterns of trunk muscles during walking. *The Open Rehabilitation Journal*. 2010;3:136-42.
24. Nasb M, Li Z. Sling suspension therapy utilization in musculoskeletal rehabilitation. *Open Journal of Therapy and Rehabilitation*. 2016;4:99-116.
25. Duncan PW, Weiner DK, Chandler J, et al. Functional reach: a new clinical measure of balance. *Journal of Gerontology*. 1990;45(6):192-7
26. Lee SW, Lee HS. The effect of treadmill-based leg weight loading training on balance and gait in stroke patients. *Journal of Special Education & Rehabilitation Science*,2011;50(1):89-111
27. Podsiadlo D, Richardson S. The timed up & go: a test basic functional mobility for frail elderly person. *Journal of American Geriatrics Society*. 1991;2:142-8.
28. Van Uden CJ, Besser MP. Test-retest reliability of temporal and spatial gait characteristics measured with an instrumented walkway system (GAITRite®). *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2004;5(1):1-4.
29. Wang J, Wang S, Wu H, et al. Muscle energy technique plus neurac method in stroke patients with hemiplegia complicated by diabetes mellitus and assessment of quality of life. *Disease Markers*. 2022;6318721.
30. Stewart KC, Cauraugh JH, Summers JJ. Bilateral movement training and stroke rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *Journal of the Neurological Sciences*. 2006;244(1-2):89-95.