

Original Article

Open Access

리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 만성 뇌졸중 환자의 체간 조절 능력과 균형 및 보행 기능에 미치는 영향

한상용 · 조성호 · 박동환[†]
경남대학교 대학원 물리치료학과

The Effect of Trunk Stabilization Exercise Using a Reformer on Trunk Control Ability, Balance, and Gait Function in Chronic Stroke Patients

Sang-Yong Han, P.T., M.Sc. · Seong-Ho Jo, P.T., M.Sc. · Dong-Hwan Park, P.T., Ph.D.[†]
Department of Physical Therapy, College of Health Sciences, Kyungnam University

Received: May 24, 2024 / Revised: June 24, 2024 / Accepted: June 28, 2024

© 2024 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 to evaluate the effects of trunk stabilization exercises using a Reformer on trunk control, balance ability, and gait function in chronic stroke patients.

Methods: The participants were 24 chronic stroke patients, randomly divided into two groups: trunk stabilization exercise using the Reformer group (TS-R, n = 12) and general trunk stabilization exercise group (GT-E, n = 12). Assessment methods included the Trunk Impairment Scale for trunk control, the AMTI force platform for static balance, the Timed Up and Go test for dynamic balance, and the Dynamic Gait Index for gait function. Assessments were conducted before and after the intervention. The intervention for the TS-R group consisted of bridging exercises using a Reformer, while the GT-E group performed bridging exercises on a mat. All interventions were performed for 17 minutes per session, five times a week, for a total of 20 sessions over four weeks. Statistical analysis was performed using repeated-measures ANOVA to analyze the interaction between groups and time.

Results: The results of the repeated measures ANOVA indicated a significant interaction between the groups and time. The TS-R group showed statistically significant differences in all variables before and after the intervention. In contrast, the GT-E group did not show statistically significant differences in any variables before and after the intervention.

Conclusion: The findings of this study suggest that trunk stabilization exercises using a reformer are effective in improving trunk control, balance ability, and gait function in chronic stroke patients.

Key Words: Stroke, Reformer, Trunk stabilization exercise, Trunk control

[†]Corresponding Author : Dong-Hwan Park (donghwan80@kyungnam.ac.kr)

I. 서론

뇌졸중은 혈류 장애로 인하여 뇌 조직에 혈액 공급이 차단되어 뇌손상을 유발하는 질환이며, 뇌졸중 환자들은 대부분 체간 근육의 약화, 감각 및 운동장애 등으로 균형과 보행 능력에 문제를 겪는다(Sommerfeld et al., 2004). 뇌졸중 환자의 균형장애는 주로 체간 안정화 근육의 약화, 좌우 대칭성 감소 및 근력의 약화 등이 원인이며(Corriveau et al., 2004; Tsang & Mak, 2004; Tyson et al., 2006), 특히 뇌졸중 환자에게서 나타나는 체간 조절 능력의 저하는 체간 안정화 근육의 약화로 나타난다(Haruyama et al., 2017; Verheyden et al., 2005). 따라서 재활과정에서 뇌졸중 환자의 체간 조절 능력, 균형 및 보행 능력의 향상을 위해서 체간 안정화 근육에 대한 치료적 중재가 필요하다(Akuthota & Nadler, 2004; Haruyama et al., 2017; Karatas et al., 2004).

체간 안정화 근육 중 복횡근, 골반저근, 요추다열근 등과 같은 심부근육은 척추 분절의 안정성을 제공하고, 복직근과 척추기립근 등과 같은 천부근육은 척추의 움직임을 조절한다(Chang et al. 2015; Faries et al. 2007). 체간 안정화 근육의 강화를 위한 중재 방법으로 교각운동(bridge exercise)과, 슬링(sling) 및 필라테스 운동 등과 같은 다양한 치료적 중재가 사용되고 있다(Haruyama et al., 2017; Lee et al., 2017; Roh et al., 2016). 이러한 체간 안정화 운동의 다양한 중재 방법 중, 필라테스 운동은 신체의 이완과 강화를 목적으로 Joseph H. Pilates에 의해 개발되었고, 과학적이고 체계적인 시스템을 갖춘 운동이다(Pilates & Miller, 1945). 필라테스 운동은 매트위에서 하는 필라테스 매트 운동과 리포머(Reformer)와 캐딜락(Cadillac) 같은 기구를 이용한 필라테스 기구 운동으로 분류된다(Rogers & Gibson, 2009; Shedden & Kravitz, 2006).

리포머는 스프링의 장력 조절을 통한 근력 운동과, 바로 누운 자세나 앉은 자세 등 다양한 자세에서 운동이 가능하도록 해 주는 침대 모양의 필라테스 운동기구이다(Roller et al., 2018; Shedden & Kravitz, 2006).

그리고 외부 저항을 중력이 아닌 스프링에 의해 제공되기 때문에 저항의 양을 조절할 수 있으며, 올바른 자세를 유지한 상태에서 적절한 속도로 움직임을 할 수 있기 때문에 자세교정에 효과가 있다(Bullo et al., 2015; Siqueira et al., 2010). 또한 스프링의 장력 조절을 통하여 캐리지의 흔들림 정도를 조절할 수 있기 때문에 체간 안정화근육 강화에 효과가 있다(Kwon et al., 2019). 여러 근골격계 질환자를 대상으로 한 선행 연구에서, 필라테스 운동은 체간 안정화 근육 강화, 유연성 증가 및 근 지구력 향상뿐만 아니라 기능적 움직임 패턴 학습, 닫힌 사슬 및 열린 사슬 운동과 같은 다양한 형태의 재활운동이 가능하다고 하였다(Bryan & Hawson, 2003; Oliveira et al., 2015; Emery et al., 2010; Kloubec, 2010). Da Luz Jr 등(2014)은 84명의 만성 요통 환자를 대상으로 필라테스 매트 운동과 필라테스 리포머 운동을 6주간, 12회 적용한 연구에서 필라테스 리포머 운동이 필라테스 매트 운동 보다 자세교정에 더욱 효과적이라고 하였다.

이러한 효과에도 불구하고 리포머를 이용한 체간 안정화 운동은 대부분 근골격계 질환 환자나 노인 및 일반인에 대한 연구이다. 최근 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구가 일부 진행되고 있으나, 여전히 체간 조절 능력과 균형 및 보행에 관한 연구는 미비한 실정이다. 따라서 본 연구를 통하여 리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 체간 조절 능력과 균형 및 보행 기능에 미치는 영향에 대하여 알아보려 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

본 연구는 창원 H병원에 입원하고 있는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 진행하였다. 본 연구를 진행하기 전, 3명의 지원자를 모집하여 사전 연구를 진행하였으며, 그 결과를 바탕으로 G-power 프로그램(버전 3.1)을 사용하여 대상자수를 결정하였다. 프로그램 테스트

유형은 t-test를 사용하였고, 유의수준(.05)과 검정력(.90) 및 효과 크기(1.12)로 설정하였다. 분석 결과 18명의 대상자가 필요하였고, 탈락율 20%를 고려하여 최소 대상자수를 22명으로 결정하였다. 선정 기준은 1) 뇌졸중 진단을 받고 6개월 이상 경과한 자. 2) 혈압, 맥박 등의 생체 징후가 안정된 자. 3) 보조도구와 상관없이 10m 보행이 가능한 자. 4) 한국형 간이정신상태 검사(Korean Mini-Mental State Examination, K-MMSE) 점수가 24점 이상인 자. 제외 기준은 다음과 같다. 1) 균형 또는 보행에 영향을 줄 수 있는 약물을 복용하고 있는 자. 2) 시각에 문제가 있는 자. 3) 선천적인 관절 기형으로 인하여 균형과 보행에 영향을 줄 수 있는 자이다. 모집 공고문을 통하여 총 24명의 대상자가 자발적으로 연구에 신청하였고, 선정기준과 제외기준을 적용하여 최종 24명의 인원을 선발하였다. 대상자들에게는 연구의 목적과 방법에 대하여 연구 설명문에 따라 충분히 설명하였고, 진행 과정에 대하여 모두 이해하였다. 또한 모든 대상자는 서면 동의서에 자발적으로 서명하였다.

2. 중재 방법

본 연구는 무작위 대조군 실험 설계(randomized controlled trial design)로, 엑셀 함수를 이용하여 무작위로 두 그룹에 각 12명씩 분배하였다. 그룹은 리포머를 이용한 체간 안정화 운동 그룹(Trunk Stability Exercise with Reformer, TS-R)과 일반적인 체간 안정화 운동(General Trunk Stability Exercise, GT-E)그룹으로 분류

하였다. 모든 연구대상자들은 동일한 형태의 재활운동 프로그램을 동일한 치료사에게 제공받은 후 실험에 참여하였다. 재활운동 프로그램 다음과 같이 시행하였다. 앉은 자세에서 골반과 체간 움직임 10분, 앉은 자세와 선 자세에서의 체중 이동 운동 10분과 나머지 10분은 보행훈련으로 구성하였으며, 1회 30분간, 주 5회, 4주간 총 20회 시행하였다. TS-R 그룹은 리포머를 이용한 교각운동을 1회 17분간, 주 5회, 4주간 총 20회 시행하였고, GT-E 그룹은 일반적인 교각운동을 1회 17분간, 주 5회, 4주간 총 20회 시행하였다. 대상자는 연구 시작 전 체간손상척도(Trunk Impairment Scale, TIS)와 AMTI 힘판(AMTI, USA)을 이용한 정적균형, 일어서서 걷기 검사(Timed Up and Go test, TUG)를 통한 동적균형 그리고 보행 기능은 동적 보행지수 검사(Dynamic Gait Index, DGI)를 시행하였다. 실험 4주 후에 사후 평가를 시행하여 전후 비교를 하였다.

1) 리포머를 이용한 체간 안정화 운동 방법

TS-R 그룹의 체간 안정화 운동은 필라테스 운동 동작 중 리포머를 이용한 교각운동(Bridge exercise)을 다음과 같이 시행하였다(Shea & Moriello, 2014)(Fig. 1.). 첫째, 대상자는 리포머 위에 바로 누운 자세에서 무릎을 세우고, 발을 리포머의 Foot bar에 올리고 호흡을 들이쉬는다. 캐리지에 불안정성을 주기 위하여, 스프링 중 가장 장력이 약한 노랑색을 사용하여 불안정성을 제공한다. 둘째, 호흡을 내 쉬면서 엉덩이에 힘을 주고, 엉덩이를 가능한 최대 높이까지 들어 올리는



Fig. 1. Bridge exercise using a Reformer.

동작을 5초에 걸쳐 수행한다. 셋째, 10초간 유지한 후, 5초에 걸쳐 호흡을 들이쉬면서 엉덩이를 내려 시작 자세를 돌아온다. 넷째, 10초간 휴식을 취한 후 다시 운동을 반복한다. 모든 운동 과정에서 캐리지가 움직이지 않도록 하여야 하며, 만약 대상자가 캐리지의 움직임을 조절하지 못한다면, 캐리지의 안정성을 높이기 위해 파란색, 빨간색 순으로 스프링을 추가한다. 위 과정을 10회 반복 1세트로 총 3세트, 세트간 휴식 시간 1분, 총 17분간 시행한다.

2) 일반적인 체간 안정화 운동 방법

일반적인 체간 안정화 운동은 선행연구를 참고하여 교각운동을 다음과 같은 방법으로 시행하였다 (Stevens et al., 2006). 첫째, 매트에 바로 누운 자세에서 무릎을 세운다. 둘째, 엉덩이에 힘을 주고, 5초에 걸쳐 엉덩이를 가능한 최대 높이까지 들어올린다. 셋째, 10초간 유지한 후, 5초에 걸쳐 엉덩이를 내리면서 원래의 자세로 돌아온다. 넷째, 10초간 휴식 후, 같은 방법으로 운동을 시행한다. 위 과정을 10회 반복 1세트로 총 3세트, 세트간 휴식 시간 1분, 총 17분간 시행한다(Fig. 2).

3. 측정 방법 및 도구

1) 체간 조절 능력

체간 조절 능력을 평가하기 위해 TIS를 사용하였다.

TIS는 세 가지 하위 척도로 구성된다. 첫 번째, 정적인 앉은 자세 균형은 양 발을 바닥에 붙이고 의자에 앉은 후, 마비측 다리와 비마비측 다리를 번갈아 가며 교차시키는 동안 앉은 자세를 유지하는 능력을 평가한다. 점수 범위는 최소 0점에서 최대 7점까지이다. 두 번째, 동적인 앉은 자세 균형은 마비측 팔꿈치로 매트 닿기, 비마비측 팔꿈치로 매트 닿기, 마비측 골반 들어 올리기, 비마비측 골반 들어 올리기로 구성되어 있다. 점수 범위는 최소 0점에서 최대 10점까지이다. 세 번째, 조정 척도는 체간의 회전 능력을 평가하는 항목으로, 머리는 중립위치에 유지하고 상부 체간과 하부 체간을 독립적으로 회전할 수 있는 능력을 평가한다. 점수 범위는 최소 0점에서 최대 6점까지이다. TIS의 총점은 최소 0점부터 최대 23점까지의 범위를 가지고 있으며, 점수가 높을수록 균형능력이 좋은 것을 의미한다 (Verheyden et al., 2005). TIS는 높은 평가자간 신뢰도 ($r=.87$ to $r=.96$)와 평가자내 신뢰도($r=.85$ to $r=.99$)를 나타낸다(Verheyden et al., 2007).

2) 정적 균형

정적 균형을 평가하기 위해 AMTI 힘판을 사용하여 압력중심의 동요 거리(sway path of center of pressure)를 측정하였다. AMTI 힘판은 USB를 컴퓨터에 연결하여 사용하며, 허용하중은 130kg, 크기는 45.5 x 502 x 502mm이다. 대상자는 맨발로 포스 플레이트 위에 눈을 뜨고 편안한 자세로 선다. 3m 전방의 직경 15cm의 원을 30초간 바로 볼 때, 압력중심의 동요 거리를 측정



Fig. 2. Bridge exercise on a mat.

하였다. 오차를 줄이기 위하여 3번 측정하고 평균 값을 사용하였다. 발의 위치를 기록하고 재검사 시 발을 같은 위치에 두었다(Chesnin et al., 2000; Hertel & Lauren, 2007; McKeon et al., 2010).

3) 동적 균형

동적 균형을 평가하기 위해 TUG를 시행하였다. TUG는 다음과 같은 절차로 시행하였다(Shumway-Cook et al., 2000). 1) 앉은 자세에서 일어나기 2) 3m 거리를 걷기 3) 3m 지점을 돌아 다시 의자로 돌아와 앉기. 결과는 오차를 줄이기 위하여 3회 측정 후 평균값을 사용하였다. 일어서서 걷기 검사는 신뢰도가 매우 높은 검사이다(ICC>.95)(Ng et al., 2005).

4) 보행 기능

보행 기능을 평가하기 위하여 DGI를 시행하였다. 이 평가 도구는 뇌졸중 환자가 걷는 동안 외부 신호에 적절하게 반응하고 그에 따라 걸을 수 있는지 여부를 평가하도록 설계되었다(Matsuda et al., 2014). DGI는 총 8개의 과제로 구성되어 있다. 1) 6m 걷기, 2) 걷기 속도 변화, 3) 걷기 중 머리 좌우 회전, 4) 걷기 중 머리 상하 이동, 5) 걷기 중 180도 회전 및 정지, 6) 걷기 중 장애물 뛰어넘기, 7) 보행 중 장애물 건너기, 8) 4계단 오르내리기. 이 검사도구는 매우 높은 신뢰도

를 가지고 있다(ICC = 0.96)(Jonsdottir et al., 2007).

4. 자료 분석

본 연구에서 수집된 자료는 SPSS ver. 18.0을 이용하여 분석하였고, 정규성 검정은 Shapiro-Wilk 검정을 하였으며, 모든 변수가 정규성을 만족하였다. 연구 대상자들의 일반적 및 의학적 특성은 기술통계를 이용하여 평균과 표준편차를 산출하였고, 그룹 간의 사전 동질성 비교는 카이 제곱 검정(chi-squared test)과 독립 표본 t-검정(independent t-test)을 사용하였다. 그룹과 시간과의 상호작용을 분석하기 위하여 반복측정 분산 분석(repeated measure ANOVA, RM ANOVA)을 실시하였다. 모든 통계학적 유의 수준은 $p < .05$ 로 하였다. 그룹내 중재 전후 변화를 확인하기 위해 효과 크기를 계산하였다. 0.2 이하는 효과 크기가 작은 것을 나타내고, 0.5 이상은 중간 효과 크기, 0.8 이상은 큰 효과 크기를 나타낸다(Cohen, 1992).

III. 연구 결과

1. 연구 대상자의 일반적 및 의학적 특성

모집 공고문을 통하여 최종 24명의 참가자들이 본 연구에 참여하였고, 각각 TS-R 그룹 12명과 GT-E 그룹

Table 1. Clinical and general information of the patients with stroke (n=24)

Characteristics	TS-R (n=12)	GT-E (n=12)	p
Gender (male/female)	5/7	6/6	.699 ^a
Height (cm)	160.91 ± 7.19	162.75 ± 7.99	.561 ^b
Weight (kg)	59.13 ± 10.28	57.75 ± 10.04	.743 ^b
Age (year)	65.25 ± 7.73	66.83 ± 4.06	.537 ^b
Type of stroke (ischemia/hemorrhage)	6/6	5/7	.698 ^a
Disease duration (months)	670.58 ± 232.71	657.92 ± 208.71	.890 ^b
K-MMSE	26.66 ± 2.01	26.08 ± 1.56	.437 ^b

Abbreviations: TS-R = Trunk Stabilization exercise using the Reformer, GT-E = General Trunk stabilization exercise, K-MMSE = Korean Mini-Mental State Examination, Values are expressed as mean ± standard deviation or frequency.

^a = chi-square test, ^b = independent t-test.

Table 2. Changes in the intervention in each group (n=24)

	TS-R (n=12)				GT-E (n=12)			
	Pre	Post	Change score (CI)	ES	Pre	Post	Change score (CI)	ES
TIS (score)	11.67 ± 2.67	17.50 ± 2.36*	5.83 [†] (4.48, 7.18)	2.03	10.83 ± 2.08	12.92 ± 3.94	2.08 (-0.23, 4.19)	.61
Sway path of COP (cm)	53.02 ± 7.56	41.73 ± 10.04*	-11.29 [†] (-13.83, -8.74)	1.24	42.37 ± 7.01	38.88 ± 6.14	-3.24 (-6.54, 0.06)	.52
TUG (sec)	42.71 ± 9.44	29.71 ± 7.82*	-12.99 [†] (-15.21, -10.77)	1.49	48.45 ± 8.77	45.21 ± 10.07	-3.48 (-7.11, 0.15)	.34
DGI (score)	10.75 ± 1.6	14.58 ± 1.61*	4.83 [†] (4.08, 5.59)	2.11	10.5 ± 1.67	12.67 ± 3.58	2.17 (-0.15, 4.48)	.69

Abbreviations: TS-R = Trunk Stabilization exercise using the Reformer, GT-E = General Trunk stabilization exercise, ES = Effect size analyzed by Cohen's D, TIS = Trunk Impairment Scale, TUG = Timed Up and Go test, DGI = Dynamic Gait Index, Change score = post - pre, CI= confidence interval, Values are expressed as mean ± standard deviation.

* Significant difference between pre- and post-treatments within the group

[†] Significant differences in the interaction between groups and time through repeated measures ANOVA analysis.

12명으로 무작위로 배정하였다. 그룹 간 동질성 검증 결과는 성별과 키, 몸무게, 나이와 같은 일반적 특성과 뇌졸중 유형, 발병일과 한국형간이정신검사를 포함한 의학적 특성 모두에서 동질 하게 나타났으며, 두 그룹 간에는 유의한 차이가 없었다($p>.05$). 대상자의 일반적 및 의학적 특성은 Table 1과 같다(Table 1).

2. 중재에 따른 변수 별 변화 비교

각 변수 별 변화는 Table 2와 같다. 반복측정 분산분석 결과, 모든 변수에서 그룹과 시간과의 상호작용이 있는 것으로 나타났다. TS-R 그룹의 중재 전후 분석 결과, TIS는 중재 전 11.67 ± 2.67 점에서 중재 후 17.50 ± 2.36 점으로 통계적으로 유의한 증가가 있었고 ($p<.05$), 압력중심 동요 거리는 $53.02 \pm 7.56\text{cm}$ 에서 $41.732 \pm 10.04\text{cm}$ 로, TUG는 $42.71 \pm 9.44\text{s}$ 에서 $29.71 \pm 7.82\text{s}$ 로 통계적으로 유의한 증가가 있었다($p<.05$). 또한 DGI는 중재 전 10.75 ± 1.60 점에서 중재 후 14.58 ± 1.61 점으로 통계적으로 유의한 증가가 있었다 ($p<.05$). 하지만 GT-E 그룹은 그룹내 중재 전후 분석 결과, 모든 변수에서 통계적으로 유의한 차이가 없었다($p>.05$)(Table 2).

IV. 고 찰

본 연구의 목적은 리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 체간 조절 능력과 균형 및 보행 기능에 미치는 영향에 대하여 알아보고자 하였다. TS-R 그룹은 중재 후 GT-E 그룹에 비해 체간 조절 능력과 균형 및 보행 기능 개선에 있어 더욱 긍정적인 결과가 나타났다.

TIS의 중재 전후 차이 값에서 TS-R 그룹은 GT-E 그룹에 비해 280% 증가하였다. 불안정성이 높아질수록 자세 제어를 하기 위하여 더욱 많은 신경근 적응과 근육의 활성화가 필요하기 때문에 불안정한 표면에서의 운동은 체간 및 자세 조절 능력 향상에 도움이 된다 (Blasco et al., 2019; Kibele et al., 2009; Zemková, 2017). Behm 등(2002)은 불안정한 표면에서의 체간 운동은 체간 근육의 활성화를 향상시켜, 체간 조절 능력과 체간 안정성을 개선시킨다고 하였다. Yoo 등(2014)은 뇌졸중 환자를 대상으로 불안정한 표면과 안정적인 표면에서의 체간 운동에 대하여 알아본 연구에서, 불안정한 표면에서의 체간 운동이 체간 정렬과 체간 근육의 활성화에 더욱 효과적이라고 하였다. 또한 Hariharasudhan과 Balamurugan (2016)은 불안정한 표면에서의 운동은 체간 근육의 활성화와 협응 능력을

개선시킨다고 하였다. 리포머는 지지면이 불안정한 구조로 되어있어 불안정한 표면에서 운동을 수행하는 효과가 있으며(Kaesler et al., 2007; Mallery et al., 2003), 다양한 장력의 스프링과 캐리지를 활용하여 저항 운동과 체간 조절 운동이 가능하기 때문에 체간 심부 근육 강화와 근력 증진에 효과가 있다(Adigüzel et al., 2021). 이러한 선행 연구들은 본 연구 결과의 근거를 제시한다. 따라서 본 연구 결과, 리포머의 불안정한 표면에서의 운동이 체간 근육을 더욱 많이 활성화시켰고, 이로 인하여 체간 안정성과 체간 근육의 협응력의 증가로 체간 조절 능력이 향상되었을 것이라고 생각된다.

압력중심 동요 거리와 TUG의 중재 전후 차이 값에서 TS-R 그룹은 GT-E 그룹에 비해 각 348%와 373% 감소하였다. 뇌졸중 환자의 균형 장애는 체간 근육의 운동신경 동원 능력이 감소하여 중력에 대한 자세 조절 능력이 떨어졌기 때문이며, 자세조절 능력은 체간 근육의 작용과 적절한 고유수용성 감각 입력이 중요하다(Anderson & Behm, 2005; Hariharasudhan & Balamurugan 2016; Hodges, 2003). 그렇기 때문에 균형 능력의 향상을 위해서는 체간 안정화 근육의 활성화와 체간의 위치 감각(trunk position sense)과 같은 고유수용성 감각입력이 필요하다(Cabanas-Valdés et al., 2016; Ryerson et al., 2008). 필라테스 운동은 각 동작을 수행하는 동안 올바른 자세와 동적 균형을 강조하는 운동으로 체간의 정렬과 고유수용성 감각 향상에 긍정적인 효과가 있다(Anderson et al., 2000). Tomruk 등(2016)은 다발성경화증을 가진 환자를 대상으로 필라테스 운동이 고유수용성 감각과 균형 능력에 미치는 영향을 알아본 연구에서, 필라테스 운동은 각 동작을 수행할 때 자세를 유지한 상태에서 수행하기 때문에 고유수용성 감각과 균형 능력이 향상되었다고 보고하였다. Oliveira 등(2013)은 리포머를 이용한 필라테스 운동 동작이 다열근과 같은 체간 근육의 활성화에 효과가 있다고 하였고, Suner-Keklik 등(2021)은 뇌졸중 환자를 대상으로 온라인으로 6주간 필라테스 운동을 시행한 결과, 필라테스 운동은 체간의 고유수용성 감

각과 체간 안정화 근육의 강화에 긍정적인 효과가 있다고 하였다. 또한 리포머는 체중심의 변화와 흔들리는 지면의 운동 환경을 제공함으로써, 감각-운동조절 능력을 향상시키는데 도움이 된다(Hong, 2022). 이와 비슷한 여러 선행 연구에서 필라테스 운동이 체간 안정화 근육의 강화와 고유수용성 감각 향상에 효과가 있다고 하였다(Kaya et al., 2012; Naderi & Jalali, 2018; Smith & Smith, 2005). 따라서 본 연구 결과, 균형 능력의 향상은 리포머를 이용한 운동이 고유수용성 감각 입력과 체간 근육 강화로 인하여 자세 조절 능력이 향상되었기 때문이라고 생각된다.

본 연구 결과 동적 보행지수의 중재 전후 차이 값에서 TS-R 그룹은 GT-E 그룹에 비해 222% 증가하였다. 보행 과정에서 체간 안정성은 매우 중요한 요소이며, 체간 근육의 약화는 보행 중 균형 장애를 유발하고, 보행 속도 저하와 낙상 위험성을 증가시킨다(Karatas et al., 2004; Pizzigalli et al., 2011). 따라서 체간의 안정성을 강화하는 것은 보행 기능 향상에 있어 중요한 요소이다(Kim et al., 2009). 리포머를 이용한 필라테스 운동은 체간 근육의 활성화와 강화에 효과적이다(Queiroz et al., 2010). 이는 보행 시 신체의 균형을 유지하고, 보다 안정적이고 효율적인 보행 패턴을 생성하는데 도움을 줄 수 있다(Shih et al., 2021). 또한, 필라테스 운동은 신체의 다양한 부위에 대한 인식을 향상시키며, 이는 보행 시 필요한 신체의 조정 능력을 개선할 수 있다(Lange et al., 2000). Dunung과 Rangwala (2020)은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 리포머를 이용한 필라테스 운동이 보행 속도와 보행 거리를 포함한 보행 기능에 긍정적인 영향을 미쳤다고 하였고, Roller 등(2018)은 리포머를 이용한 필라테스 운동이 보행 속도와 보행 안정성을 향상시키는데 효과적이라고 하였다. 이는 필라테스 운동이 뇌졸중 환자의 보행 능력을 개선하는데 효과적일 수 있음을 시사한다. 따라서 본 연구 결과와 선행 연구들을 통해, 리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 체간 근육을 활성화시키고, 신체 조정 능력을 개선하여 보행 기능이 향상되었을 것으로 생각된다.

본 연구에서 대조군은 모든 변수에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 연구 기간이 짧았기 때문이라고 생각된다. 하지만 대조군의 효과 크기 측정결과, TIS와 압력중심 동요 거리 및 동적 보행 지수 검사에서 중간 크기의 효과가 있는 것으로 나타났다. 본 연구는 다음과 같은 제한점이 있다. 첫째, 연구의 기간이 짧기 때문에 장기간의 운동에 대한 효과를 검증하지 못하였다. 둘째, 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였기 때문에 연구 결과를 모든 뇌졸중 환자로 확대하여 해석하기 어렵다. 셋째, 연구 대상자 수가 적으므로 일반화하기 어렵다. 넷째, 보행 변수가 적으므로 다양한 보행 효과를 검증하지 못하였다. 추후 이러한 제한점을 보완한 리포머 운동에 대한 연구가 진행되기를 희망한다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 체간 조절 능력과 균형 및 보행 능력에 미치는 효과에 대하여 알아보았다. 그 결과, 리포머를 이용한 체간 안정화 운동은 체간 조절 능력과 정적 및 동적 균형, 보행 능력 향상에 긍정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 재활 과정에서 리포머를 이용한 체간 안정화 운동이 뇌졸중 환자의 기능 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다.

References

- Adıgüzel S, Dođnu Y. The effects of 10-week reformer exercises on postural impairment and physical parameters. *Turkish Journal of Sport and Exercise*. 2021;23(3): 297-301.
- Akuthota V, Nadler SF. Core strengthening. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85:86-92.
- Anderson BD, Spector A. Introduction to Pilates-based rehabilitation. *Orthopaedic Physical Therapy Clinics of North America*. 2000;9(3):395-410.
- Anderson K, Behm DG. The impact of instability resistance training on balance and stability. *Sports Medicine*. 2005;35:43-53.
- Behm DG, Anderson K, et al. Muscle force and activation under stable and unstable conditions. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2002;16(3): 416-422.
- Blasco JM, Tolsada C, Beltrán M, et al. Instability training, assessing the impact of level of difficulty on balance: A randomized clinical trial. *Gait & Posture*. 2019;70:116-121.
- Bryan M, Hawson S. The benefits of Pilates exercise in orthopaedic rehabilitation. *Techniques in Orthopaedics*. 2003;18(1):126-129.
- Bullo V, Bergamin M, Gobbo S, et al. The effects of Pilates exercise training on physical fitness and wellbeing in the elderly: A systematic review for future exercise prescription. *Preventive Medicine*. 2015;75:1-11.
- Cabanas-Valdés R, Bagur-Calafat C, Girabent-Farrés M, et al. The effect of additional core stability exercises on improving dynamic sitting balance and trunk control for subacute stroke patients: a randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*. 2016;30(10): 1024-1033.
- Chang WD, Lin HY, et al. Core strength training for patients with chronic low back pain. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015;27(3):619-622.
- Chesnin KJ, Selby-Silverstein L, et al. Comparison of an in-shoe pressure measurement device to a force plate: concurrent validity of center of pressure measurements. *Gait & Posture*. 2000;12(2):128-133.
- Cohen J. Statistical power analysis. Current directions in psychological science. 1992;1(3):98-101.
- Corriveau H, Hébert R, Raïche M, et al. Evaluation of postural stability in the elderly with stroke. *Archives of Physical*

- Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(7):1095-1101.
- Da Luz MA, Costa LOP, et al. Effectiveness of mat Pilates or equipment-based Pilates exercises in patients with chronic nonspecific low back pain: a randomized controlled trial. *Physical Therapy*. 2014;94(5): 623-631.
- Dunung R, Rangwala Z. Effects of Reformer training on the quality of life and functional balance in an acute stroke patient: A case report. *Indian Journal of Case Reports*. 2020;6(3):131-133.
- Emery K, De Serres SJ, McMillan A, et al. The effects of a Pilates training program on arm-trunk posture and movement. *Clinical Biomechanics*. 2010;25(2):124-130.
- Faries MD, Greenwood M. Core training: stabilizing the confusion. *Strength & Conditioning Journal*. 2007;29(2):10-25.
- Hariharasudhan R, Balamurugan J. Enhancing trunk stability in acute poststroke subjects using physioball exercise and proprioceptive neuromuscular facilitation technique: A pilot randomized controlled trial. *International Journal of Advanced Medical and Health Research*. 2016;3(1):5-10.
- Haruyama K, Kawakami M, Otsuka T. Effect of core stability training on trunk function, standing balance, and mobility in stroke patients: a randomized controlled trial. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2017;31(3):240-249.
- Hertel J, Lauren LC. Deficits in time-to-boundary measures of postural control with chronic ankle instability. *Gait & Posture*. 2007;25(1):33-39.
- Hodges PW. Core stability exercise in chronic low back pain. *Orthopedic Clinics*. 2003;34(2):245-254.
- Hong MR. The Effect of Cervical Sensorimotor Control Training Combined with Reformer Exercise on Foot Alignment, Static and Dynamic Balance and Cervical Joint Position Sense. Ewha Womans University. Dissertation of Doctorate Degree. 2022.
- Jonsdottir J, Cattaneo D. Reliability and validity of the dynamic gait index in persons with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2007;88(11): 1410-1415.
- Kaesler DS, Mellifont RB, Kelly PS, et al. A novel balance exercise program for postural stability in older adults: a pilot study. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, 2007;11(1):37-43.
- Karatas M, Çetin N, Bayramoglu M, et al. Trunk muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*. 2004;83(2): 81-87.
- Kaya DO, Duzgun I, Baltaci G, et al. Effects of calisthenics and pilates exercises on coordination and proprioception in adult women: a randomized controlled trial. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2012;21(3):235-243.
- Kibele A, Behm DG. Seven weeks of instability and traditional resistance training effects on strength, balance and functional performance. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2009;23(9):2443-2450.
- Kim EJ, Hwang BY, Kim JH. The effect of core strength exercises on balance and walking in patients with stroke. *The Journal of Korean Physical Therapy*. 2009;21(4):17-22.
- Kloubec JA. Pilates for improvement of muscle endurance, flexibility, balance, and posture. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2010;24(3): 661-667.
- Kwon JE, Cho YC, Han JK, et al. The effects of pilates reformer exercise on women's foot pressure, sagittal alignment and forward head posture. *Korean Journal of Sports Science*. 2019;28(6):1395-403.
- Lange C, Unnithan VB, Larkam E, et al. Maximizing the benefits of Pilates-inspired exercise for learning functional motor skills. *Journal of bodywork and Movement Therapies*. 2000;4(2):99-108.
- Lee JY, Kim SY, Yu JS, et al. Effects of sling exercise on

- postural sway in post-stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2017;29(8):1368-1371.
- Mallery LH, MacDonald EA, Hubley-Kozey CL, et al. The feasibility of performing resistance exercise with acutely ill hospitalized older adults. *BMC geriatrics*. 2003;3:1-8.
- Matsuda PN, Taylor CS, Shumway-Cook A. Evidence for the validity of the modified dynamic gait index across diagnostic groups. *Physical Therapy*. 2014;94(7):996-1004.
- McKeon PO, Booij MI, Branam B, et al. Lateral ankle ligament anesthesia significantly alters single limb postural control. *Gait & Posture*. 2010;32(3):374-377.
- Naderi Z, Jalali K. The effect of eight weeks of core stability and Pilates trainings on ankle proprioception, postural control, walking performance, self-efficacy and fear of falling in elderly women. *Report of Health Care*. 2018;4(3):1-13.
- Ng SS, Hui-Chan CW. The timed up & go test: its reliability and association with lower-limb impairments and locomotor capacities in people with chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2005;86(8):1641-1647.
- Pilates JH, Miller WJ. *Return to Life Through Contrology*. New York. JJ Augustin. 1945.
- Oliveira LC, Oliveira RG, Oliveira AP. Effects of Pilates on muscle strength, postural balance and quality of life of older adults: a randomized, controlled, clinical trial. *Journal of Physical Therapy Science*. 2015; 27(3):871-876.
- Oliveira Menacho M, Silva MF, Obara K, et al. The electromyographic activity of the multifidus muscles during the execution of two Pilates exercises—swan dive and breast stroke—for healthy people. *Journal of Manipulative and Physiological Therapeutics*. 2013;36(5):319-326.
- Pizzigalli L, Filippini A, Ahmadi S, et al. Prevention of falling risk in elderly people: the relevance of muscular strength and symmetry of lower limbs in postural stability. *The Journal of Strength & Conditioning Research*. 2011;25(2):567-574.
- Queiroz BC, Cagliari MF, Amorim CF, et al. Muscle activation during four Pilates core stability exercises in quadruped position. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2010;91(1):86-92.
- Rogers K, Gibson AL. Eight-week traditional mat Pilates training-program effects on adult fitness characteristics. *Research Quarterly for Exercise and Sport*. 2009; 80(3):569-574.
- Roh SY, Gil HJ, Yoon SH. Effects of 8 weeks of mat-based Pilates exercise on gait in chronic stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2016;28(9): 2615-2619.
- Roller M, Kachingwe A, Beling J, et al. Pilates Reformer exercises for fall risk reduction in older adults: A randomized controlled trial. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2018;22(4):983-998.
- Ryerson S, Byl NN, Brown DA, et al. Altered trunk position sense and its relation to balance functions in people post-stroke. *Journal of Neurologic Physical Therapy*. 2008;32(1):14-20.
- Shea S, Moriello G. 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. *Journal of Bodywork and Movement Therapies* 2014;18(3):332-360.
- Kloubec M, Kravitz L. Pilates exercise a research-based review. *Journal of Dance Medicine & Science*. 2006;10(3-4): 111-116.
- Shih HJS, Gordon J, Kulig K. Trunk control during gait: Walking with wide and narrow step widths present distinct challenges. *Journal of Biomechanics*. 2021;114:110-135.
- Shumway-Cook A, Brauer S, Woollacott M. Predicting the probability for falls in community-dwelling older

- adults using the Timed Up & Go Test. *Physical Therapy*. 2000;80(9):896-903.
- Siqueira Rodrigues BG, Cader SA, Torres NV, et al. Pilates method in personal autonomy, static balance and quality of life of elderly females. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*. 2010;14(2):195-202.
- Smith K, Smith E. Integrating Pilates-based core strengthening into older adult fitness programs: implications for practice. *Topics in Geriatric Rehabilitation*. 2005; 21(1):57-67.
- Sommerfeld DK, Eek EU, Svensson AK, et al. Spasticity after stroke: its occurrence and association with motor impairments and activity limitations. *Stroke*. 2004; 35(1):134-139.
- Tomruk MS, Uz MZ, Kara B, et al. Effects of Pilates exercises on sensory interaction, postural control and fatigue in patients with multiple sclerosis. *Multiple Sclerosis and Related Disorders*. 2016;7:70-73.
- Stevens VK, Bouche KG, Mahieu NN, et al. Trunk muscle activity in healthy subjects during bridging stabilization exercises. *BMC Musculoskeletal Disorders*. 2006; 7:1-8.
- Suner-Keklik S, Numanoglu-Akbas A, Cobanoglu G, et al. An online pilates exercise program is effective on proprioception and core muscle endurance in a randomized controlled trial. *Irish Journal of Medical Science*. 2021;1971:1-7.
- Tsang YL, Mak MK. Sit-and-reach test can predict mobility of patients recovering from acute stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2004;85(1): 94-98.
- Tyson SF, Hanley M, Chillala J, et al. Balance disability after stroke. *Physical therapy*. 2006;86(1):30-38.
- Verheyden G, Nieuwboer A, Feys H, et al. Discriminant ability of the Trunk Impairment Scale: a comparison between stroke patients and healthy individuals. *Disability and Rehabilitation*. 2005;27(17):1023-1028.
- Verheyden G, Nieuwboer A, Van de Winckel A, et al. Clinical tools to measure trunk performance after stroke: a systematic review of the literature. *Clinical Rehabilitation*. 2007;21(5):387-394.
- Yoo J, Jeong J, Lee W. The effect of trunk stabilization exercise using an unstable surface on the abdominal muscle structure and balance of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*. 2014;26(6):857-859.
- Zemková E. Instability resistance training for health and performance. *Journal of Traditional and Complementary Medicine*. 2017;7(2):245-250.