

Original Article

수정된 강제유도운동과 탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동이 뇌졸중 환자의 상지 기능에 미치는 효과

김태곤, 김경윤¹⁾, 배세현¹⁾

은혜요양병원 물리치료실, 동신대학교 물리치료학과 교수¹⁾

The Effect of Modified Constraint-induced Movement Therapy and Resistive Exercise Using Elastic Band with Pressure Belt on Affected Upper Limb Function in Stroke Patients

Tae-gon Kim, Kyung-yoon Kim¹⁾, Sea-hyun Bae¹⁾

*Dept. of Physical Therapy, Eunhye Geriatric Hospital
Dept. of Physical Therapy, Dongshin University¹⁾*

ABSTRACT

Background: This study aimed to investigate the effect of modified constraint-induced movement therapy (mCIMT) and resistive exercise using elastic band with pressure belt on improving upper extremity function in stroke patients.

Methods: Sixteen patients with stroke were randomly assigned to a control group that received mCIMT and resistive exercise using elastic band (n=8) and an experimental group that received mCIMT and resistive exercise using elastic band with pressure belt (n=8). Over the course of four weeks, mCIMT were conducted 60 minute three times per week and resistive exercise using elastic band (with pressure belt) were conducted twice daily, three times per week. The function of the upper extremities were evaluated before, after 2 weeks and 4 weeks using the grip strength test (GST), the box and block test (BBT), and motor activity log (MAL).

Results: The values for the GST, the BBT, and MAL increased in both groups as the treatment period progressed. The values for the GST ($p<.01$), the BBT ($p<.001$), and MAL ($p<.001$) were significantly higher in the experimental group than in the control group at 4 weeks after initiating the treatment.

Conclusion: We found that mCIMT and wearing a pressure belt during resistive exercise was very useful in improving the function of the upper extremities in patients with stroke.

Key Words:

mCIMT, Pressure belt, Resistive exercise, Elastic band, Upper limb function

I. 서론

뇌졸중(stroke) 후 편마비는 재활에 있어서 주요 문제점으로서 특히, 팔과 손의 기능회복을 주요 치료 목표로 한다(Yoon 등, 2014). 상지 마비가 있는 뇌졸중 환자에 관한 연구 약 33~66%가 뇌졸중 후 첫 6개월 동안은 팔의 기능을 회복할 수 없었으며(Kwakkel 등, 2003), 환자의 최대 50%는 뇌졸중 후 5년 이상이 경과한 후에도 팔이 크게 회복되지 않는 것으로 보고되고 있다(Luke 등, 2004).

성공적인 상지 운동 재활을 위해서는 최소한 두 가지 중요한 요소로 충분한 높은 강도의 운동 연습과 운동 기능 향상을 기능적인 활동으로 이월(carry-over)하는 기술이 필요하다(Gauthier 등, 2017). 일상생활을 위해 더 많은 영향을 받는 상지 사용을 증가시키는 이월기술은 재활에 있어서 매우 중요하며, 구조적 뇌 변화를 위해서도 필수적이다(Taub 등, 2013; Sterling 등, 2013).

강제유도운동치료(constraint-induced movement therapy; CIMT)는 E. Taub 박사에 의해 처음 개발된 신경재활접근법으로서 덜 손상된 측의 상지를 구속하고, 손상된 측 팔을 깨어 있는 시간의 최대 90%, 한 달에 2 주 동안 강제로 사용하게 하는 광범위한 작업 중심 훈련이며(Kwakkel 등, 2015; Taub과 Wolf, 1997), 표준 상지 재활 훈련에 비해 지속적인 우수한 운동 수행 및 이월효과를 향상시키는 치료방법이다(Takebayashi 등, 2012).

CIMT는 다양한 물리치료 중재 방법 중 마비측 상지를 기능적으로 더 많이 사용하게 하고(Taub과 Uswatte, 2003), 학습된 비사용(learned nonuse)을 개선시키며(Taub 등, 2006), 운동 기능 및 정교성(dexterity)을 개선시키는(Kwakkel 등, 2013) 등 상지 기능을 위한 매우 효과적인 치료방법으로 알려져 있다(Veerbeek 등, 2014). 그러나 장시간 및 과도한 치료시간 동안 마비측 상지의 높은 사용을 요구하는 치료적 특징은 환자에게 심한 부담감으로 작용하기 때문에(Page 등, 2002) 이러한 문제점을 최소화하기 위해 수정된 강제유도운동치료(Modified-CIMT)가 고안되었다.

한편, 가압벨트를 이용한 혈류제한성 운동(blood flow restriction training; BFRT)은 팔다리 근위부에 벨트나 터니켓을 착용시켜 혈류 흐름을 일시적으로 제한시킨 후 저강도 저항훈련을 적용하는 방법이다(Iida 등, 2005). BFRT는 활동근 주변 조직과 활동근에 혈액순환 상태의 큰 변화를 발생시켜 대사작용들을 더욱 크게 촉진시키며

(Takano 등, 2005), 운동단위 동원 향상을 통한 근력 증가에 효과적이며(Yasuda 등, 2009), 대상자의 부상 위험과 근육의 과도한 사용을 줄이면서 고강도 저항성 운동과 같은 근비대와 근력 향상을 위한 안전한 운동방법으로 활용이 가능하다(Loenneke 등, 2010).

대부분의 뇌졸중 환자는 고령자들로서 관상동맥 심장 질환, 당뇨병, 근골격 장애 등 동반 질환을 함께 가지고 있어 이들에게 고부하 저항훈련의 적용은 매우 어려운 조건이며(Papa 등, 2017; Gheno 등, 2012) 또한, 특정 강화 운동 프로그램 적용 시 해당 동작에서 필요한 근육의 선택성 부족은 물리치료사들에게 큰 도전 과제이다(Xu 등, 2015). 그러나 BFRT는 비교적 낮은 강도(1RM 20%)로 일반적인 고강도 저항성 운동 만큼의 근비대 및 근력 향상 촉진이 가능하며(Kim 등, 2018) 체력수준이 낮은 뇌 손상이나 신경계 질환으로 인한 근 약화에 있어서 근력, 감각 입력 및 근 활성화 개선에 잠재적으로 유용한 방식이 될 수 있다(Kjeldsen 등, 2019).

근력운동만으로도 근력을 향상시킬 수 있다는 기존의 제안들은 있지만, 근력운동을 적용하기 어려운 조건을 가진 뇌졸중 환자에게 최적화된 저항운동 적용방식과 효과가 기능적 과제로 전달되기 위한 연구는 매우 빈약하며, 기존의 수정된 강제유도운동치료 연구들은 마비측의 높은 수준의 과제 반복을 통한 치료가 위주였다. 에에 본 연구는 운동 연습과 기능 활동으로의 전이효과가 뛰어난 수정된 강제유도운동과 함께 탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동이 뇌졸중 환자의 마비측 상지 기능에 어떠한 효과를 줄 수 있는지 알아보려고 하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상자

본 연구의 대상자는 뇌졸중으로 진단 받은 지 6개월 이상(병원기록 확인)된 만성 편마비 환자 16명을 대상으로 하였다. 대상자들은 병원 내 게시판 공고를 통해 모집하였고, 선정조건은 1) 혈압이 140/90mmHg 이하인 자, 2) MAS 척도 2점 이하인 자, 3) 한국형 간이정신상태검사(K-MMSE) 점수가 25점 이상인 자, 4) 마비측 손으로 물체를 잡고 놓기가 가능한 자(손목을 모음, 굽힘 상태에서 손목을 최소 20° 펴, 손허리손가락관절과 손가락뼈사이관절을 최소 10° 펴기 가능한 자, 5) 강제유도운동치료를 받은 경험이 없는 자로 하였다.

제외조건은 1) 혈압조절이 불규칙적인 자, 2) 담당의

로부터 연구 진행이 불가능하다고 판단된 자로 하였다. 실험 전 모든 연구대상자들에게 연구방법에 대하여 충분히 설명하고, 자발적 동의를 얻은 후 실시하였다.

2. 연구방법

연구 참여 대상자 16명은 제비뽑기를 통해 중재방법에 따라 대조군과 실험군으로 구분하였고, 대조군(n=8)은 수정된 강제유도운동치료 및 탄력밴드 운동군, 실험군(n=8)은 수정된 강제유도운동치료 및 탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동군으로 무작위 할당하였다.

두 군은 일반적인 물리치료와 작업치료를 모두 받게 하였고, 그 외 시간에 설계된 중재를 적용하였다. 중재에 들어가기 전 사전검사를 실시하고, 중재 2주 후, 중재 4주 후 사후검사를 실시하였다.

1) 수정된 강제유도운동

수정된 강제유도운동은 Smania 등(2012)과 Yoon 등(2014)의 연구를 수정하여 적용하였다. 수동적 관절운동 10분, 반복적 훈련 30분, 일상생활훈련 20분으로 하였다. 수동적 관절운동은 관절 구축 예방 및 감각자극을 위해 적용하였고, 반복적 훈련은 근력운동, 대동작, 소동작 운동으로 구성하여 대상자의 수준에 따라 과제의 난이도를 구분하였다. 일상생활훈련은 식사하기, 개인위생, 옷입고 벗기 등 기능 수준에 따라 도움의 정도, 시행 장소 변경 등 난이도를 조정하였다. 대상자는 4주 동안, 주 3회, 60분간 중재를 적용하였고, 중재 외 시간인 일상생활에서는 4주 동안, 주 5일, 하루 중 가장 활동적인 3시간 동안 비마비측에 억제 장갑으로 제한하였다(Table 1)(Figure 1).

Table 1.
Modified-constraint induced movement therapy program

Passive ROM(10 min.)	Shoulder, Elbow, Forearm, Wrist, Finger	
Repetitive Exercise (30 min.)	Muscle strength	Hand gripper, putty
	Gross movement	Exercise using ring, ball
	Fine movement	Exercise using block, coin, card
ADL (20 min.)	Eating, Hygiene, Dressing, Toileting, Locomotion	

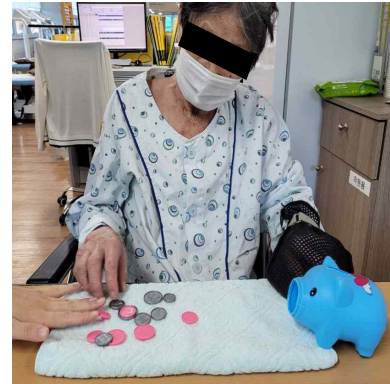


Figure 1. mCIMT program performance with non-paralyzed side gloves application

2) 탄력밴드 저항운동

탄력밴드 저항운동은 Kim(2009)의 연구를 수정하여 적용하였다. 환자는 편안한 앉은 자세에서 허리를 굽게 펴고 엉덩관절과 무릎관절을 90° 굽힘된 기본자세로 탄력밴드(Thera-band, Hygenic Corporation, USA)를 손에 고리형으로 감아진 후 반대편은 치료사가 잡고, 무릎 높이에서 팔을 수평으로 들어올리기와 대각선 들어올리기, 바깥으로 올리기를 실시하였다. 마지막으로 기본자세에서 팔꿈치를 허리에서 10cm 정도 간격을 두고 팔꿈관절을 굽힘시키는 동작으로 실시하였다.

탄력밴드의 강도는 밴드에 의해 발생하는 신장률에 의해 결정하며(Table 2), 운동 시작 전에 전문동가동범위의 길이를 신장 길이로 하고 $\{(신장 길이 - 안정시 길이) / 안정시 길이\} \times 100$ 으로 신장률을 산출하였다.

Table 2.
Intensity of therapeutic elastic band (pound)

Elongation	50%	100%	150%	200%	250%
Yellow	2	3	4	5	6
Red	2.5	4	5	6	7
Green	3	4	6.5	8	9.5
Blue	4.5	7	9	11	13.5
Black	6.5	9.5	12.5	15	17.5
Silver	8.5	13	17	21	25.5
Gold	14	21.5	27.5	33.5	40

동일한 동작을 10회 동안 실시하여 밴드를 잡아당기는 횟수(10RM)를 기준으로 하여 해당되는 색깔의 밴드 힘을 최대저항으로 결정한 후, 각각의 대상자들에게 저항도 수준에 해당되는 색깔의 탄력밴드를 선택하여 사용

하였고, 운동 시에는 치료사의 도움을 배제하였다(Lee 등, 2005). 매주마다 밴드에 대한 재평가를 실시하고, 4주 동안, 주 3회, 1일 2회, 5분간, 3세트(휴식 시간은 세트 간 60초)씩 실시하였다.

3) 탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동

탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동은 Seo(2012)와 Kim(2009)의 연구를 수정하여 적용하였다. 가압벨트(SONU KAAP Belt, SONU Co. Ltd, Korea)는 줄자를 이용하여 마비측 위팔 둘레의 길이가 기존보다 5% 정도 감소되도록 일정한 가압 상태가 되도록 착용하였고(Figure 2), 운동 전, 후로 혈압 유지 상태를 매 회마다 모니터링하였다. 운동방식 및 저항 강도는 탄력밴드 저항운동과 동일하게 실시하였다(Figure 3).



Figure 2. Blood flow restriction using pressure belt



Figure 3. Resistive exercise using elastic band with pressure belt

3. 평가도구 및 측정방법

1) 장악력 검사

장악력 검사는 JAMAR Hydraulic Hand Dynamometer(Sammons Preston, IL60673-3040, USA)를 이용하여 손의 쥐는 힘을 측정하였다. 손가락의 구축으로 완전한 쥐기가 가능하지 않은 사람의 장악력도 측정가능하도록 쥐는 면의 거리를 5단계로 조절하고, 측정단위는 kg이다. 측정자세는 어깨를 안쪽으로 모음시키고, 팔꿈치는 90° 굽힘, 아래팔은 중립자세로 위치시켜 측정하였다. 잡기는 최대등척성을 측정하였으며, 3회 측정값에 대한 평균값을 분석에 이용하였다.

손잡이는 손의 크기와 상관없이 2단계(Level II)에 고정하였다(Pedretti, 1996). 장악력 측정에 대한 신뢰도는 $r=.99$ 로 보고되었다(Lee와 Jang, 1997).

2) 손의 기민성 검사

손의 기민성 검사는 상자와 나무토막 검사(Box and block test; BBT)를 이용해 측정하였다. BBT는 상지 기능 제한을 가진 환자의 대동작 협응과 기민성을 포함한 손 조작 능력을 평가하는 검사도구이다(Trmobly와 Radomski, 2008).

평가는 한 쪽 상자에 있는 블록을 다른 쪽 상자로 옮기는데 1분 동안 가능한 많은 나무 블록을 옮기는 방식으로 진행되며, 점수는 옮겨진 나무 블록의 개수로 측정하고, 3회 측정값에 대한 평균값을 분석에 이용하였다. 개수가 높을수록 대동작 협응과 손의 기민성의 능력이 좋은 것을 의미한다. 검사-재검사 신뢰도는 .96이며, 검사자간 신뢰도는 .99이다(Platz 등, 2005).

3) 운동활동로그(Motor Activity Log, MAL)

MAL은 편마비 환자가 일상생활에서 마비측 상지를 얼마나 양적 및 질적으로 사용하는지를 알아보기 위한 도구로서 Taub 등(1993)에 의해 개발되었다.

일상생활동작에 관한 30개의 문항으로 구성되며, 각 활동의 수행 시 마비측 상지의 사용 빈도(Amount Of Use, AOU)와 움직임의 질(Quality Of Movement, QOM)을 측정하였다. 모두 0에서 5점까지 6단계의 척도로 구성되며, 각 30가지 동작의 평균점수로 값을 구하였다. 내적 일치도는 Conbach's $\alpha=.81\sim.87$ 이며, 검사-재검사 신뢰도는 $r=.91$ 로 높게 나타났다(Uswatte 등, 2006).

4. 분석방법

통계분석 처리는 SPSS Statistics 22.0 통계 프로그램을 사용하였다. 연구대상자들의 일반적 특성은 기술통계를 사용하여 평균과 표준편차로 나타내었다. 본 연구에서는 대상자 수가 적어 비모수 방법을 사용하였다. 시간에 따른 군 내 변화는 Friedman test를 실시하였고, 사후분석은 Durbin-Conover를 실시하였다. 시기에 따른 군 간 비교는 Mann-Whitney U 검정을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 하였다.

III. 연구결과

1. 연구대상자의 특성

본 연구에는 총 16명의 대상자가 참여하였고, 대상자 중 남성이 8명, 여성이 8명이었다. 대상자 16명을 실험군(experimental, $n=8$), 대조군(control, $n=8$) 군으로 무작위로 배치하여 실험을 실시하였다. 실험군의 평균 연령 63.1 ± 9.89 세, 오른쪽 편마비 4명, 왼쪽 편마비 4명, 발병기간 20.3 ± 3.65 개월, K-MMSE 점수 27.1 ± 1.25 점, MAS는 1.0 ± 0.76 점이었었다. 대조군의 평균 연령 61.6 ± 9.44 세, 오른쪽 편마비 4명, 왼쪽 편마비 4명, 발병기간 21.1 ± 3.04 개월, K-MMSE 점수 27.8 ± 1.04 점, MAS는 1.0 ± 0.76 이었던(Table 3).

Table 3.
General characteristics of the subjects

Group	Experimental ($n=8$)	Control ($n=8$)
Age (yrs)	63.12 ± 9.89^a	61.61 ± 9.44
Gender (male/female)	4/4	4/4
Affected side (left/right)	4/4	4/4
Since onset (months)	20.30 ± 3.65	21.12 ± 3.04
K-MMSE (point)	27.12 ± 1.25	27.81 ± 1.04
MAS(score)	1.00 ± 0.76	1.00 ± 0.76

^aMean \pm SD, MAS: Modified ashworth scale
Experimental: mCIMT+Resistive exercise using elastic band with pressure belt, Control: mCIMT+Resistive exercise using elastic band

2. 장악력 변화

장악력 변화에서 실험군은 중재 전 12.41 ± 1.03 kg에서 중재 2주 후에는 14.54 ± 0.84 kg, 4주 후에는 17.01 ± 0.75 kg로, 대조군은 중재 전 12.10 ± 1.55 kg에서 중재 2주 후에는 13.51 ± 1.32 kg, 4주 후에는 15.21 ± 0.93 kg로 두 군 모두 중재 기간이 길어질수록 장악력이 유의하게 증가하였다($p < .001$). 특히, 중재 4주 후 군간 비교에서 유의한 차이를 나타내었다($p < .01$)(Table 4).

3. 손의 기민성 변화

기민성 변화에서 실험군은 중재 전 35.40 ± 2.45 점에서 중재 2주 후에는 40.32 ± 2.00 점, 4주 후에는 46.60 ± 0.98 점으로, 대조군은 중재 전 34.92 ± 4.16 점에서 중재 2주 후에는 38.51 ± 3.46 점, 4주 후에는 41.01 ± 2.66 점으로 두 군 모두 중재 기간이 길어질수록 손의 기민성이 유의하게 증가하였다($p < .001$). 특히, 중재 4주 후 군간 비교에서 유의한 차이를 나타내었다($p < .001$)(Table 5).

4. 운동활동로그 변화

운동활동로그 변화에서 실험군은 중재 전 1.42 ± 0.27 점에서 중재 2주 후에는 1.66 ± 0.19 점, 4주 후에는 2.05 ± 0.09 점으로 중재 기간이 길어질수록 유의한 증가 변화를 나타내었다($p < .001$). 대조군은 중재 전 1.38 ± 0.25 점에서 중재 2주 후에는 1.55 ± 0.11 점으로 유의한 변화를 나타내지 못하였지만, 2주 후부터 4주 후까지는 유의한 증가 변화를 나타내었다($p < .01$). 특히, 중재 4주 후 군간 비교에서 유의한 차이를 나타내었다($p < .001$)(Table 6).

IV. 고찰

뇌졸중 후 마비측 상지는 물건을 향해 뻗거나 쥐고 조작하는 등의 기능적 움직임이 어렵고, 팔 및 손가락의 힘과 기민성 감소, 비자발적 운동 활성화 패턴 등을 특징으로 하는 비정상적인 손 굽힘 시너지 패턴이 나타나 결국, 비마비측 의존성으로 인한 마비측의 사용기회가 감소하게 된다(Mawase 등, 2020; Corbetta 등, 2015). 상지의 기능적 움직임은 일상생활 동작이나 다양한 작업 동작 시 정상 관절가동범위와 충분한 근력 등 물리적 요소와 근육의 조정능력과 같은 협응력이 요구된다(Wei 등, 2011).

뇌졸중 환자들의 성공적인 상지 재활을 위해서는 충분한 높은 강도의 운동 연습과 기능적 활동을 자극하는 훈련

Table 4.
Change of Grip strength test

	Baseline	after 2weeks	after 4weeks	χ^2	p
Experimental	12.41±1.03 ^{a1)} **	14.54±.84 ²⁾ **	17.01±.75 ³⁾ ***	16.001	.001***
Control	12.10±1.55 ¹⁾ **	13.51±1.32 ²⁾ **	15.21±.93 ³⁾ ***	16.001	.001***
U	29.50	15.00	4.00		
p	.829	.083	.004 ^{##}		

^aMean(kg)±SD, Experimental: mCIMT+Resistive exercise using elastic band with pressure belt, Control: mCIMT+Resistive exercise using elastic band, Changes between groups were tested with Mann-Whitney U test ([#]p<.05, ^{##}p<.01, ^{###}p<.001), Changes within groups were tested with the Friedman test (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) post-analysis is Durbin-Conover, ¹⁾baseline: after 2w, ²⁾after 2w: after 4w, ³⁾baseline: after 4w (*p<.05, **p<.01, ***p<.001)

Table 5.
Change of Box and block test

	Baseline	after 2weeks	after 4weeks	χ^2	p
Experimental	35.40±2.45 ^{a1)} **	40.32±2.00 ²⁾ **	46.60±.98 ³⁾ ***	16.002	.001***
Control	34.92±4.16 ¹⁾ **	38.15±3.46 ²⁾ **	41.01±2.66 ³⁾ ***	15.500	.001***
U	29.50	19.50	.00		
p	.832	.207	.001 ^{###}		

^aMean(score)±SD, Experimental: mCIMT+Resistive exercise using elastic band with pressure belt, Control: mCIMT+Resistive exercise using elastic band, Changes between groups were tested with Mann-Whitney U test ([#]p<.05, ^{##}p<.01, ^{###}p<.001), Changes within groups were tested with the Friedman test (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) post-analysis is Durbin-Conover, ¹⁾baseline: after 2w, ²⁾after 2w: after 4w, ³⁾baseline: after 4w (*p<.05, **p<.01, ***p<.001)

Table 6.
Change of Motor activity log

	Baseline	after 2weeks	after 4weeks	χ^2	p
Experimental	1.42±.27 ^{a1)} **	1.66±.19 ²⁾ **	2.05±.09 ³⁾ ***	16.001	.001***
Control	1.38±.25	1.55±.11 ²⁾ **	1.77±.11 ³⁾ ***	10.802	.005**
U	29.50	22.50	.00		
p	.833	.344	.001 ^{###}		

^aMean(score)±SD, Experimental: mCIMT+Resistive exercise using elastic band with pressure belt, Control: mCIMT+Resistive exercise using elastic band, Changes between groups were tested with Mann-Whitney U test ([#]p<.05, ^{##}p<.01, ^{###}p<.001), Changes within groups were tested with the Friedman test (*p<.05, **p<.01, ***p<.001) post-analysis is Durbin-Conover, ¹⁾baseline: after 2w, ²⁾after 2w: after 4w, ³⁾baseline: after 4w (*p<.05, **p<.01, ***p<.001)

련이 요구되며(Gauthier 등, 2017), Corbetta 등(2015)은 환자의 기능 수준에 맞는 중재 방법을 선택하는 것이 매우 중요하다고 하였다. Abbot(2004)는 두 가지 이상의 훈련 방법을 복합하여 적용함으로써 환자 개개인에게 차별화하고, 또한 선택된 훈련방법을 어떻게 병합하여 적용하는가가 뇌졸중 환자의 기능회복에 있어서 최적의 재

활방법이 될 수 있다고 하였다(Shin 등, 2014; Teasell 등, 2012; Abbot, 2004).

기존의 강제유도운동치료 방식은 환자들에게 높은 수준의 순응도를 요구하나 시간의 비실용성, 집중적인 치료량, 비용 효율성 등의 이유로 준수율은 32%에 불과하였으나(Page 등, 2004), 본 연구에서는 수정된 강제유도

운동을 설계하여 일련의 치료(관절운동, 반복적 및 일상 생활훈련)를 포함시키고, 대상자의 수준에 따라 과제의 난이도를 구분함으로써 환자의 순응도를 높일 수 있도록 하였다.

또한, 대부분 뇌졸중 환자들은 고령자들로서 다양한 동반 및 기저질환을 가지고 있어 특정 강화 운동 프로그램 적용 시 필요한 근육의 선택적 적용이 어려우며 (Papa 등, 2017; Xu 등, 2015; Gheno 등, 2012), 일부 환자들에게서는 근육통(Pang 등, 2006)이나 강직(stiffness)(Moreland 등, 2003) 등 운동 과정 중이나 운동 후에 나타날 수 있는 후유증을 보고하였다. 이에 본 연구에서는 체력수준이 낮은 뇌졸중 환자가 저항운동 수행 시 운동의 수월성과 효율성, 그리고 효과성을 높이기 위해 저항도 수준의 탄력밴드로 설정한 후 가압벨트 저항성 운동을 적용하였다. 각 운동은 4주 동안 주 3회 병행 적용하였고, 중재 전, 중재 2주 후 그리고 중재 4주 후에 장악력, 손의 기민성, 운동활동로그 변화를 각각 평가 및 비교하였다.

전체 손바닥과 손가락의 장악력은 상지 기능에 있어 중요한 요소이며, 기민성은 작은 물건을 쥐고 조작하는 것과 같이 정확하고 조화로운 손가락의 움직임을 수행하는 능력이다(Kim 등, 2016; Térémets 등, 2015). 본 연구의 장악력과 손의 기민성 변화에서는 두 군 모두 중재 기간이 길어질수록 유의하게 증가하였으며 특히, 실험군은 4주 후에서 대조군에 비해 더 많은 향상을 확인할 수 있었다.

또한, 일상생활동작 시 마비측 상지를 실제 일상생활에서 얼마나 잘 사용하는지에 대한 사용 빈도와 움직임의 질을 측정하는 운동활동로그에서 대조군은 2주 후까지는 유의한 차이를 나타내지 않다가 4주 후에 유의한 증가를 보였으나 실험군은 2주 후부터 유의한 증가를 나타내었고, 4주 후에서 대조군에 비해 실험군에서 더 많은 향상을 나타내었다. Martines 등(2015)과 Sunderland 등(1989)은 장악력 및 기민성 증진은 뇌졸중 환자의 기능적 회복의 중요한 지표로서 상지의 복잡한 운동과제 능력과 비례하며, 일상생활동작과 양의 상관관계가 있음을 보고하였는데, 본 연구에서도 장악력과 기민성의 증진은 운동활동로그의 결과와 비례 및 양의 상관관계가 있음을 확인할 수 있었다.

Taub 등(2006)은 비마비측은 제한을 하고, 2주간 각 성시간의 90%를 목표로 10일 연속 1일 6시간 동안 마비측 상지의 집중훈련 후 울프운동기능검사(Wolf motor function test)와 운동활동로그에서 유의한 효과가 있었으며, 2년간 지속됨을 보고하였고, Smania 등(2012)과

Yoon 등(2014)은 수정된 강제유도운동치료 적용 시 기존 재활프로그램보다 마비측 상지의 도수기능검사, 기민성검사, 울프운동기능검사, 운동활동로그, 수정된 바델지수를 향상시켰음을 보고하였다. 또한, Page 등(2004)은 10주간 주 5일, 5시간 동안 수정된 강제유도운동치료 적용 시 퓨글 마이어 운동 회복 검사(Fugl-Meyer assessment of motor recovery), 운동활동로그에서 유의한 차이를 나타냈으며, 마비측 팔의 사용을 개선하는데 효과적일 수 있다고 제안하였다. 이러한 선행연구들은 본 연구의 환자의 특성, 적용 용량이나 조건 등에서 일치하지는 않지만, 수정된 강제유도운동치료의 반복적이고 집중적인 훈련, 그리고 3시간의 자가 훈련이 기술습득과 기능향상에 상당한 영향을 준 것으로 생각된다.

Yasuda 등(2016)은 고령의 여성을 대상으로 12주간 주 2일 혈류제한성 탄성밴드를 사용하여 스쿼트 및 무릎 펌 운동 후 다리 근력과 허벅지 근육의 크기를 증가에 유의한 효과가 있었음을 보고하였고, Thiebaud 등(2013)은 60대 폐경기 여성을 대상으로 8주간 3일 혈류제한성 탄성밴드를 사용하여 앉은 자세에서 로우(row) 및 어깨운동 후 근비대 효과가 있었음을 보고하였다.

또한, Freitas 등(2020)은 14명의 남성과 15명의 여성을 대상으로 혈류제한성 저항운동이 포함된 다양한 조건의 훈련 후 급성 생리학적 반응(젖산, 근두께 및 허벅지 둘레, 헤마토크릿과 혈장 부피)과 성별 차이에 따른 효과를 비교한 결과, 혈류제한을 하지 않은 군보다 혈류제한성 저항운동군에서 유의미한 급성 생리학적 반응 유도과 남성이 여성보다 더 큰 반응이 나타남을 보고하였다.

이러한 긍정적인 변화에는 정확한 메커니즘은 아직 불분명하지만, Choi(2014)와 Jeon(2008)은 혈류제한을 통한 활동근의 정맥과 모세혈관의 허혈상태에서 실시한 탄력밴드훈련은 유산소운동체계를 일시적으로 무산소성체계로 전환시키고, 근육 내 저산소성환경은 칼슘이나 젖산의 대사성 산물을 축적시켜 근력유지에 필요한 다수의 속근섬유 및 운동단위 동원이 높아지는 동시에 신경근 활동이 강화된 것으로 해석하였고, Abe 등(2005)은 성장호르몬 분비를 증가시켜 지방을 분해하고, 뼈의 형성을 강화함으로써 근력 향상과 근비대 효과를 가져온 것으로 해석하였다. 특히 혈류제한성 저항운동은 최대 1회 반복(1RM) 20~30%의 낮은 강도 훈련 시 긍정적 적용 유도 및 통합이 가능하며, 이는 전통적으로 권장되는 1RM 60% 이상의 강도로 수행하기 어려운 조건의 사람들을 위한 근력 적합성 유지, 감각입력, 근 활성화 개선을 위한 잠재적 훈련 전략이 될 수 있다(Kjeldsen 등, 2019; ACSM, 2011).

본 연구를 종합해보면, 뇌졸중 환자의 성공적인 상지 재활을 위해 높은 강도의 운동 연습과 운동 기능 향상을 위해 기능적 활동으로 이월되는 기술이 필요한데 (Gauthier 등, 2017), 이미 수많은 연구들에서 수정된 강제유도운동 프로그램이 상지 기능회복을 촉진하는데 매우 효과적임을 명시하고 있다(Page, 2005). 본 연구에서는 수정된 강제유도운동 프로그램 적용 시 환자의 기능 수준에 따라 과제의 난이도를 구분하고, 도움의 정도, 시행 장소 변경 등을 차별화하여 적용하였고, 최적의 기능을 수행하는데 필수적인 근력 향상을 위해 저강도 수준의 탄력밴드와 함께 마비측 위팔 돌레에 가압벨트를 적용한 상태에서 저항운동을 실시함으로써 환자의 적응도를 높이고자 하였다. 그 결과, 가압벨트를 적용한 실험군의 마비측 상지에서 더 많은 기능향상이 있었음을 확인할 수 있었다.

본 연구의 제한점은 선정기준을 모두 충족시키는 환자의 섭외가 어려워 참여자 수가 적은 점과 4주라는 짧은 중재 기간 때문에 본 연구결과에 대한 일반화에는 제한점이 있을 수 있다. 또한, 수정된 강제유도운동치료의 특성상 마비측 팔의 강제 사용과 비마비측 팔의 엄격한 제한은 해당 환자들과 보호자에게 상당한 스트레스와 실생활에서의 어려움을 겪었을 것이다. 그러나 기존의 치료 방식을 탈피한 새로운 시도로 인해 환자들에게 상당한 동기부여가 높아진 것으로 파악된다. 본 연구의 결과를 통해 가압벨트의 적용 유무에 따라 저하된 운동 기능 향상에 차별화를 규명하였고, 임상 현장에서 어려운 조건의 환자에게 기능 수준을 고려한 중재 방법의 선택적 확장성을 넓혀주는 근거를 마련한 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 수정된 강제유도운동과 탄력밴드를 이용한 가압벨트 저항성 운동이 마비측 상지 기능에 미치는 효과를 알아보기로 중재 프로그램을 4주간 실시하였고, 장악력, 손의 기민성, 운동활동로그를 평가하였다. 그에 따른 결론은 다음과 같다.

1. 장악력, 손의 기민성, 운동로그활동에서 대조군과 실험군 모두 운동 기간이 길어질수록 향상된 차이를 나타내었다.
2. 중재 4주 후 군간 비교에서는 대조군에 비해 실험군의 장악력($p<.01$), 손의 기민성($p<.001$), 운동활동로그($p<.001$)에서 유의한 차이를 나타내었다.

따라서 가압벨트 착용은 뇌졸중 환자의 상지 기능개선

에 매우 유용한 도구임을 규명할 수 있었다.

참고문헌

- Abbott A. Striking back. *Nature*. 2004;429(6990):338-339. <https://doi.org/10.1038/429338a>.
- Abe T, Yasuda T, Midorikawa T, Sato Y, et al. Skeletal muscle size and circulating IGF-1 are increased after two weeks of twice daily "KAATSU" resistance training. *Int J Kaatsu Training Res*. 2005;1:6-12. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.6>.
- Choi JU. The Effect of Blood Flow Restriction Training and Weight Training on Body Composition and Muscle Strength in Middle-aged Women. Kyungsoong University. Master Thesis. 2014.
- Corbetta D, Sirtori V, Castellini G, et al. Constraint-induced movement therapy for upper extremities in people with stroke. *Cochrane Database Syst Rev*. 2015;(10):CD004433. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD004433.pub3>.
- Freitas EDS, Galletti BRA, Koziol KJ, et al. The acute physiological responses to traditional vs. practical blood flow restriction resistance exercise in untrained men and women. *Front Physiol*. 2020;11:577224. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.577224>.
- Garber CE, Blissmer B, Deschenes MR, et al. American college of sports medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: Guidance for prescribing exercise. *Med Sci Sports Exerc*. 2011;43(7):1334-1359. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318213fefb>.
- Gauthier LV, Kane C, Borstad A, et al. Video game rehabilitation for outpatient stroke (VIGoROUS): Protocol for a multi-center

- comparative effectiveness trial of in-home gamified constraint-induced movement therapy for rehabilitation of chronic upper extremity hemiparesis. *BMC Neurol.* 2017;17(1):109. <https://doi.org/10.1186/s12883-017-0888-0>.
- Gheno R, Cepparo JM, Rosca CE, et al. Musculoskeletal disorders in the elderly. *J Clin Imaging Sci.* 2012;2:39. <https://doi.org/10.4103/2156-7514.99151>.
- Iida H, Takano H, Meguro K, et al. Hemodynamic and autonomic nervous responses to the restriction of femoral blood flow by KAATSU. *International Journal of KAATSU Training Research.* 2005;1(2):57-64. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.57>.
- Jeon JM, Park WI, Jeon BG, et al. The effects of pressurization training with short-term walk on cardiorespiratory responses and skeletal muscle function. *J Korean Soc Living Environ Sys.* 2009;16(1):1-9.
- Kim D. The effects of hand strength on upper extremity function and activities of daily living in stroke patients, with a focus on right hemiplegia. *J Phys Ther Sci.* 2016;28(9):2565-2567. <https://doi.org/10.1589/jpts.28.2565>.
- Kim NJ. The effects of progressive resistive exercise using elastic band on myoelectrical activity in stroke induced hemiplegic patients with different paralytic periods. *Journal of Sport and Leisure Studies.* 2009;37:1315-1324.
- Kim TH, Lee SH, Kim YJ, et al. Effect of acute resistance exercise with different level of blood flow restriction on acute changes in muscle thickness, blood lactate, CK, and oxidative stress in male adults. *Exerc Sci.* 2018;27(1):50-61. <https://doi.org/10.15857/ksep.2018.27.1.50>.
- Kjeldsen SS, Næss-Schmidt ET, Hansen GM, et al. Neuromuscular effects of dorsiflexor training with and without blood flow restriction. *Heliyon.* 2019;5(8):e02341. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2019.e02341>.
- Kwakkel G, Kollen BJ, van der Grond J, et al. Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: Impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke.* 2003;34(9):2181-2186. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000087172.16305.CD>.
- Kwakkel G, Veerbeek JM, van Wegen EEH, Wolf SL. Constraint-induced movement therapy after stroke. *Lancet Neurol.* 2015;14(2):224-234. [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(14\)70160-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(14)70160-7).
- Kwakkel G, Kollen BJ. Predicting activities after stroke: What is clinically relevant? *Int J Stroke.* 2013;8(1):25-32. <https://doi.org/10.1111/j.1747-4949.2012.00967.x>.
- Lee HS, An YH, Kang HJ, et al. Effect of elastic band exercise based of PNF L/E pattern on the balance in the elderly people. *J Kor Soc Phys Ther.* 2005;17(1):69-79.
- Lee D, Jang K. An analysis of grip strength for korean adults. *J Ergo Soc Korea.* 1997;16(1):565-572.
- Loenneke JP, Kearney ML, Thrower AD, et al. The acute response of practical occlusion in the knee extensors. *J Strength Cond Res.* 2010;24(10):2831-2834. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3181f0ac3a>.
- Luke C, Dodd KJ, Brock K. Outcomes of the Bobath concept on upper limb recovery following stroke. *Clin Rehabil.* 2004;18(8):888-898. <https://doi.org/10.1191/0269215504cr793oa>.
- Martins JC, Aguiar LT, Lara EM, et al. Assessment of grip strength with the modified sphygmomanometer test: Association between upper limb global strength and motor function. *Braz J Phys Ther.* 2015;19(6):498-506. <https://doi.org/>

Kim, et al. The Effect of Modified Constraint-induced Movement Therapy and Resistive Exercise Using Elastic Band with Pressure Belt on Affected Upper Limb Function in Stroke Patients

10.1590/bjpt-rbf.2014.0118.

Mawase F, Cherry-Allen K, Xu J, et al. Pushing the rehabilitation boundaries: Hand motor impairment can be reduced in chronic stroke. *Neurorehabil Neural Repair*. 2020;34(8):733-745. <https://doi.org/10.1177/1545968320939563>.

Moreland JD, Goldsmith CH, Huijbregts MP, et al. Progressive resistance strengthening exercises after stroke: A single-blind randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003;84(10):1433-1440. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00360-5](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00360-5).

Papa EV, Dong X, Hassan M. Skeletal muscle function deficits in the elderly: Current perspectives on resistance training. *J Nat Sci*. 2017;3(1):e272.

Pang MY, Harris JE, Eng JJ. A community-based upper-extremity group exercise program improves motor function and performance of functional activities in chronic stroke: A randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2006;87(1):1-9. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2005.08.113>.

Page SJ, Sisto S, Levine P, et al. Efficacy of modified constraint-induced movement therapy in chronic stroke: A single-blinded randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85(1):14-18. [https://doi.org/10.1016/s0003-9993\(03\)00481-7](https://doi.org/10.1016/s0003-9993(03)00481-7).

Page SJ, Levine P, Leonard AC. Modified constraint-induced therapy in acute stroke: A randomized controlled pilot study. *Neurorehabil Neural Repair*. 2005;19(1):27-32. <https://doi.org/10.1177/1545968304272701>.

Page SJ, Levine P, Sisto S, et al. Stroke patients' and therapists' opinions of constraint-induced movement therapy. *Clin Rehabil*. 2002;16(1):55-60. <https://doi.org/10.1191/0269215502cr473oa>.

Pedretti LW. Evaluation of Sensation and Treatment of Sensory Dysfunction. In LW Pedretti(Eds.), *Occupational Therapy, Practice Skills for Physical Dysfunction*. St. Louis, Mo: Mosby, 1996.

Platz T, Pinkowski C, van Wijck F, et al. Reliability and validity of arm function assessment with standardized guidelines for the Fugl-Meyer test, action research arm test and box and block test: A multicentre study. *Clin Rehabil*. 2005;19(4):404-411. <https://doi.org/10.1191/0269215505cr832oa>.

Seo JW. Analysis of Low-Intensity Resistance Exercise with Blood Flow Restriction on Physical Fitness, Body Composition, and Blood Lipids. Dongguk University. Master Thesis. 2012.

Shin MJ, Kim SH, Lee CH, et al. Optimal strategies of upper limb motor rehabilitation after stroke. *Brain Neurorehabil*. 2014;7(1):21-29. <https://doi.org/10.12786/bn.2014.7.1.21>.

Smania N, Gandolfi M, Paolucci S, et al. Reduced-intensity modified constraint-induced movement therapy versus conventional therapy for upper extremity rehabilitation after stroke: A multicenter trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2012;26(9):1035-1045. <https://doi.org/10.1177/1545968312446003>.

Sterling C, Taub E, Davis D, et al. Structural neuroplastic change after constraint-induced movement therapy in children with cerebral palsy. *Pediatrics*. 2013;131(5):e1664-1669. <https://doi.org/10.1542/peds.2012-2051>.

Sunderland A, Tinson D, Bradley L, et al. Arm function after stroke. An evaluation of grip strength as a measure of recovery and a prognostic indicator. *J Neurol Neurosurg Psychiatry*. 1989;52(11):1267-1272. <https://doi.org/10.1136/jnnp.52.11.1267>.

Takano H, Morita T, Iida H, et al. Hemodynamic

- and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *Eur J Appl Physiol.* 2005;95(1):65-73. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>.
- Takebayashi T, Koyama T, Amano S, et al. A 6-month follow-up after constraint-induced movement therapy with and without transfer package for patients with hemiparesis after stroke: A pilot quasi-randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2013;27(5):418-426. <https://doi.org/10.1177/0269215512460779>.
- Taub E, Uswatte G, King DK, et al. A placebo-controlled trial of constraint-induced movement therapy for upper extremity after stroke. *Stroke.* 2006;37(4):1045-1049. <https://doi.org/10.1161/01.STR.0000206463.66461.97>.
- Taub E, Uswatte G. Constraint-induced movement therapy: bridging from the primate laboratory to the stroke rehabilitation laboratory. *J Rehabil Med.* 2003;(41 Suppl):34-40. <https://doi.org/10.1080/16501960310010124>.
- Taub E, Uswatte G, Mark VW, et al. Method for enhancing real-world use of a more affected arm in chronic stroke: Transfer package of constraint-induced movement therapy. *Stroke.* 2013;44(5):1383-1388. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.111.000559>.
- Taub E, Wolf SL. Constraint induced movement techniques to facilitate upper extremity use in stroke patients. *Top Stroke Rehabil.* 1997;3(4):38-61. <https://doi.org/10.1080/10749357.1997.11754128>.
- Teasell R, Mehta S, Pereira S, et al. Time to rethink long-term rehabilitation management of stroke patients. *Top Stroke Rehabil.* 2012;19(6):457-462. <https://doi.org/10.1310/tsr1906-457>.
- T er emetz M, Colle F, Hamdoun S, et al. A novel method for the quantification of key components of manual dexterity after stroke. *J Neuroeng Rehabil.* 2015;12:64. <https://doi.org/10.1186/s12984-015-0054-0>.
- Thiebaud RS, Loenneke JP, Fahs CA, et al. The effects of elastic band resistance training combined with blood flow restriction on strength, total bone-free lean body mass and muscle thickness in postmenopausal women. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2013;33(5):344-352. <https://doi.org/10.1111/cpf.12033>.
- Trombly CA, Radomski MV. *Occupational Therapy for Physical Dysfunction.* 6th ed. Baltimore: Lippincott Williams & Wilkins, 2008.
- Uswatte G, Taub E, Morris D, et al. The Motor Activity Log-28: Assessing daily use of the hemiparetic arm after stroke. *Neurology.* 2006;67(7):1189-1194. <https://doi.org/10.1212/01.wnl.0000238164.90657.c2>.
- Veerbeek JM, van Wegen E, van Peppen R, et al. What is the evidence for physical therapy poststroke? A systematic review and meta-analysis. *PLoS One.* 2014;9(2):e87987. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0087987>.
- Wei XJ, Tong KY, Hu XL. The responsiveness and correlation between Fugl-Meyer assessment, motor status scale, and the action research arm test in chronic stroke with upper-extremity rehabilitation robotic training. *Int J Rehabil Res.* 2011;34(4):349-356. <https://doi.org/10.1097/MRR.0b013e32834d330a>.
- Xu K, He L, Mai J, et al. Muscle recruitment and coordination following constraint-induced movement therapy with electrical stimulation on children with hemiplegic cerebral palsy: A randomized controlled trial. *PLoS One.* 2015;10(10):e0138608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0138608>.
- Yasuda T, Fukumura K, Uchida Y, et al. Effects of low-load, elastic band resistance training combined with blood flow restriction on muscle size and arterial stiffness in older

Kim, et al. The Effect of Modified Constraint-induced Movement Therapy and Resistive Exercise Using Elastic Band with Pressure Belt on Affected Upper Limb Function in Stroke Patients

adults. J Gerontol A Biol Sci Med Sci. 2015;70(8):950-958. <https://doi.org/10.1093/gerona/flu084>.

Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, et al. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. Oncotarget. 2016;7(23):33595-33607. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.9564>.

Yoon IJ, Kim DR, Park MJ. The effects of modified constraint-induced movement therapy on the upper extremity function and activity of daily living in acute stroke patients. The

Journal of Korean Society of Cognitive Rehabilitation, 2014;3(2):5-24.

Yoon JA, Koo BI, Shin MJ, et al. Effect of constraint-induced movement therapy and mirror therapy for patients with subacute stroke. Ann Rehabil Med. 2014;38(4):458-466. <https://doi.org/10.5535/arm.2014.38.4.458>.

논문접수일(Date received) : 2021년 11월 19일

논문수정일(Date Revised) : 2021년 11월 22일

논문게재확정일(Date Accepted) : 2021년 12월 01일