

상지로봇치료가 아급성기 뇌졸중 환자의 팔뻗기 움직임에 미치는 단기 효과

홍원진*, 김용욱* 김종배**, 박지혁**

* 연세대학교 세브란스 재활병원

** 연세대학교 보건과학대학 작업치료학과

국문초록

목적 : 본 연구에서는 상지 로봇 치료가 아급성기 뇌졸중 환자의 상지기능에 단기적으로 미치는 영향을 알아보는 것이었다.

연구방법 : 본 연구는 뇌졸중 편마비 진단을 받고 1회 1시간씩 상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련(task-oriented training)를 받았던 환자 20명의 의무기록을 이용한 후향적 연구로서, 중재 전/후의 3차원 동작분석 검사 결과 값을 토대로 두 중재간의 변화량을 비교 하였다. 결과 분석은 기술 통계와 대응표본 t검정을 사용하여 결과 값을 파악 하였다.

결과 : 연구 결과 상지 로봇 치료를 한 경우 팔 뻗기를 하는 동안 팔굽관절 움직임의 순발력, 효율성, 부드러움에서 향상을 보였으며, 과제 지향적 훈련(task-oriented training)과 비교 하였을 때 팔굽관절의 부드러움에서 유의한 차이를 보였다($p < .05$).

결론 : 단기적 상지 로봇 치료는 아급성기 뇌졸중 환자의 팔뻗기 시 팔굽관절 움직임에 효과를 보였으며, 추후 장기적인 연구를 통해 상지 기능의 움직임 개선에 대한 효과 입증에 필요하다.

주제어 : 과제지향적훈련, 뇌졸중, 로봇 재활, 상지 기능, 상지로봇

I. 서론

뇌졸중 발병 후 70% 이상은 상지기능의 마비가 발생하며, 60% 이상은 손의 기민성 저하를 보인다(Kwakkel, Kollen, van der Grond, & Prevo, 2003). 뇌졸중의 회복은 발병 후 초기 3~6개월 사이에 가장 많이 일어나게 되는데, 이 시기의 재활치료는 신경학적 회복에 도움을 주어 기능적인 회복을 촉진시킬 수 있으며(Rah et al., 2014), 발병 후 6개월 이전의 환자들은 혼자서 운동을 하는 것이 어렵기 때문에 치료사의 도움이 필요하게 된다.

뇌졸중 환자의 상지 기능 회복을 위한 치료에는 과제 지향적 운동, 관절가동범위 운동, 근력강화운동, 상상훈련, 강제유도운동 치료, 거울 치료, 음악 치료 등이 있으나(Pollock et al., 2014), 특정 치료방법이 더 효과적이라는 보고는 없다. 최근 들어 상지 기능 회복을 위한 치료 방법으로 로봇을 이용한 재활 연구가 많이 이루어지고 있다. 로봇 재활의 연구 대상은 주로 뇌졸중 환자나 척수 손상 환자로, 로봇을 이용하여 뇌 가소성을 촉진 시키고 운동 학습을 향상시키기 위한 치료적 접근 방법으로 개발 되고 있다(Duret, 2010).

뇌졸중 환자의 상지 로봇 치료는 1990년에 시작되었다. 그 당시에는 InMotion Arm Robot과 Armeo Power와 같은 몇몇 로봇 장비가 병원과 클리닉에서 상업적으로 이용되었다(Basteris et al., 2014). 지금까지 연구에 주로 사용된 상지로봇은 외골격 유형(exoskeleton type)과 단말 작동 유형(end-effector type)의 로봇이 있다(Mehrholz, Hadrach, Platz, Kugler, & Pohl, 2012). 다양한 종류의 로봇을 이용한 재활치료는 상지의 반복적인 움직임을 통한 고강도 치료를 시행 하여 환자에게 더욱 효과적이고 안정적인 재활 치료를 제공하고, 치료사의 업무 부담을 줄여줄 수 있다(Turchetti et al., 2014). 로봇 치료는 과제중심적 수행, 반복의 강도, 로봇의 보조, 감각 피드백의 강화, 지속적인 동기부여 등을 할 수 있다는 장점이 있다.

현재까지 주로 만성 환자의 상지 운동 수행의 향상을 위해 로봇 재활 치료가 시행 되고 있다(Sale et al., 2014).

이전 연구에서는 주로 뇌졸중 환자에게 로봇치료와 전통적 작업치료를 시행하여 상지 기능 및 일상생활 동작 수행 정도를 비교 하였다. 그 결과 대부분의 연구에서는 상지 기능과 일상생활동작 수행에 큰 차이가 없었다. 특히 로봇치료가 일상생활 동작 수행 향상에 영향을 미치지 않는다는 연구 결과가 많았다. (Mehrholz, Hadrach, Platz, Kugler, & Pohl, 2012; Prange, Jannink, Groothuis-Oudshoorn, Hermens, & Ijzerman, 2006; Kwakkel, Kollen, & Krebs, 2008). 하지만, 로봇치료간의 비교 연구에서는 저강도(lower intensity)의 로봇 치료를 한 그룹보다, 회당 두 배의 반복을 제공한 고강도(higher intensity)의 로봇 치료를 한 그룹이 더 큰 치료 효과를 보였다는 연구 결과도 있었다(Hsieh et al., 2012). 최근에는 로봇 자체의 프로그램을 통해 상지 운동 기능을 측정하여 효과를 비교한 연구들이 나오고 있으며, 그 결과 부드러움과 뻣기 오류 등에서 효과를 보였다는 연구 결과가 있었다. 이 결과는 로봇 치료가 손상된 팔의 근위부 운동에 그 초점이 맞추어져 있고, 상지의 기능적인 회복이 아닌 운동 조절 능력의 회복에 그 목적이 있기 때문일 것이다.

본 연구에서는 발병 1개월 이상 발병 6개월 이내의 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 상지 로봇 치료를 실시하고, 1시간 후 움직임에 대한 평가를 즉시 실시하여 치료의 단기적 효과를 확인함으로써 인해서 아급성기 환자의 움직임 수행 향상에 대한 효과를 볼 것이다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상 및 방법

본 연구는 서울시 OO병원에 내원하여 치료를 받은

환자를 대상으로 의무기록을 수집 하였으며, 진행에 앞서 연세의료원 생명윤리심의위원회 (Institutional Review Board: IRB)의 심의를 통해 윤리적 절차를 거친 후 진행되었다. 연구 대상자는 OO병원에 입원한 뇌졸중 발병 환자 중 의무기록 분석을 통해 선정 기준에 부합하는 20명을 선별하였다. 실험군의 성별은 남성과 여성이 각각 10명(50%)씩 이었고, 전체 평균 연령은 약 51.2 ± 17.65 세였다. 발병 개월 수는 약 45.95 ± 20.20 개월이었으며, 발병원인은 뇌출혈 9명(45%), 뇌경색 11명(55%)이었다. 발병 부위는 왼쪽 9명(45%), 오른쪽 11명(55%)였다. 대상자들의 평균 FMA 점수는 22.20 ± 10.12 이었다. 본 실험에 대한 선별 및 배제 기준은 다음과 같다. 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

- 1) 선정 기준
 - (1) 뇌경색 또는 뇌출혈로 입원 치료를 받은 환자
 - (2) 발병일로부터 6개월이 지나지 않은 아급성기(subacute)환자
 - (3) 건측의 FMA 점수가 6점 이상
 - (4) 상지(shoulder & elbow)의 강직도가 MAS G2 미만
 - (5) 환측 상지에 통증을 호소하지 않는 자
- 2) 배제 기준
 - (1) 뇌경색 또는 뇌출혈을 포함한 뇌신경질환 과거력 발병 이력이 있는 자
 - (2) 뇌졸중 외에 다른 외과적, 신경학적, 정신과적 질환을 진단받은 자
 - (3) 편마비가 아닌 환자

Table 1. General characteristics of the participants (n=20)

	Age	The number of participants(%)	M±SD
Age	20~29Y	3(15%)	51.15±17.65
	30~39Y	3(15%)	
	40~49Y	4(20%)	
	50~59Y	3(15%)	
	60~69Y	3(15%)	
	70~79Y	3(15%)	
	80~89Y	1(5%)	
On-set	~19 days	2(10%)	45.95±20.20
	20~29 days	3(15%)	
	30~39 days	3(15%)	
	40~49 days	4(20%)	
	50~59 days	1(5%)	
	60 일~69 days	4(20%)	
	over 70 days	3(15%)	
Gender	Male	10(50%)	-
	Femele	10(50%)	-
Cause of disease	cerebral hemorrhage	9(45%)	-
	cerebral infarction	11(55%)	-
Damaged ares	Left side	9(45%)	-
	Right side	11(55%)	-
FMA-upper score	0~9	2(10%)	22.2±10.12
	10~19	5(25%)	
	20~29	9(45%)	
	30~39	2(10%)	
	40~49	2(10%)	

(4) 로봇 프로그램을 이해하는 데 어려움이 있는 자

2. 연구 설계

본 연구에서 사용된 연구 설계는 사전-사후 설계이다. 본 연구에서는 의무기록을 통해 선별 및 배제 기준에 부합하는 20명의 대상자를 추출 하였다. 대상자들의 기본적인 정보 분석을 위해 대상자의 성별, 나이, 진단명, 발병일, Fugl- Mayer Assessment, Modified Ashworth Scale 점수를 조사 하였으며, 결과 분석을 위해 로봇치료와 과제 지향적 훈련을 받기 전과 후의 동작분석 결과를 이용 하였다.

3. 연구 도구

1) Armeo Power(HocomaInc, Zurich, Switzerland)

Armeo Power는 뇌졸중, 외상성 뇌손상이나 신경학적 손상으로 인해 장애가 생긴 상지를 훈련하기 위해 고안된 것으로 상지에 집중적인 과제 지향적 훈련을 제공한다. Armeo Power는 환자 팔의 무게를 줄여줄 수 있으며, 환자가 특정 운동을 하는 동안 팔을 보조해주는 시스템이다. 로봇은 어깨, 상완, 전완 모듈의 3개의 관절로 구성되어 3차원 공간에서 로봇의 도움을 받으면서 움직임 동작을 가능하게 하며, 추가적으로 환자가 쥐기 동작을 하였을 때 압력에 반응하여 운동을 할 수 있도록 한다(Figure 1). Armeo power의 주요 작



Figure 1. Armeo Power

동 모드는 움직임(Mobilization), 치료적 운동(Therapy exercises), 평가를 위한 프로그램(Assessment Tools)의 3가지로 나뉘어 있다. 본 연구에서는 환자의 수행 수준에 따라 로봇의 보조 정도를 자동적으로 조절 할 수 있는 프로그램 중 기능적 동작인 팔뚝기 훈련을 할 수 있는 5가지 프로그램을 선정하였다. 선정된 과제는 어깨와 팔꿈치를 포함하여 2가지 이상의 관절 움직임을 훈련하도록 되어 있으며, Chase balloon(3D), Shelf(3D), Fruit shopping(2D), Egg cracking(2D), Rain mug(1D)를 주로 진행 하였다. 과제 진행 15분에 한번씩 1분간의 휴식 시간을 가졌다.

2) Fugl-Meyer Assessment (FMA)

FMA는 1975년 Fugl-Meyer, Jaasko, Leyman, Olsson과 Steglinds에 의해 뇌졸중 환자의 운동 능력을 평가하기 위해 고안된 도구로 마비측과 비마비측의 운동기능, 균형, 감각과 관절 기능, 통증을 측정한다. 평가 항목의 수행 정도에 따라 0-2점을 부여하게 되어 있으며 총 113문항으로 구성되어 있다. 0점은 수행하지 못함, 1점은 부분적으로 수행, 2점은 완전 수행으로 점수를 부여한다. 상지 운동기능, 하지 운동기능, 균형, 감각, 관절가동범위, 통증으로 구성되어 있으며, 상하지 모두를 포함한 전체 점수는 0-100점이다. 본 연구에서는 상지 운동기능을 평가하는 문항만을 선별하여 사용 하였다(33문항, 총 66점). 상지 운동 기능 소항목의 검사자내 신뢰도와 검사자간 신뢰도는 각각 $r=.99$, $r=.98$ (Gladstone, Danells & Black, 2002)이고, 검사-재검사 신뢰도는 $.94-.99$ (Stanford, Moreland, Swanson, Stratford & Gowland, 1993), 내적 일치도는 Cronbach's $\alpha =.97$ (Wood-Dauphinee, Williams & Shapiro, 1990)이었다. 본 연구에서는 대상자 선정을 위해 의무기록상에 있는 FMA 점수를 사용하였다.

3) Modified Ashworth Scale(MAS)

MAS는 1987년 Bohannon 과 Smith에 의해 개정되

어 고안된 중추신경계 손상 환자의 강직을 평가하기 위해 고안된 도구이다. 측정 방법은 검사자가 환자의 팔이나 다리를 수동적으로 빠르게 움직이게 될 때 발생하는 근 긴장도를 평가하게 되어 있으며, 강직의 정도에 따라 0~4점 척도로 되어 있다. 개정된 MAS 도구에서는 움직임의 반 이하에서 강직이 있음을 표시하기 위해 1+라는 개념이 도입 되었다. 0점은 근 긴장도 변화가 없는 경우, 1점은 관절 가동범위 끝 부분에서 저항이 느껴지는 경우, 1+는 움직임의 1/2이하 지점에서 저항이 느껴지는 경우, 2점은 절반 이상의 관절가동범위에서 근 긴장도가 느껴짐, 3점은 수동적 움직임이 어려운 경우, 4점은 경직이 나타나는 경우로 정의 한다. MAS의 검사-재검사 신뢰도는 팔꿈치에서는 $k_w=0.84$ 로 높은 신뢰도를 보였으며(Gregson et al, 1999), 검사자간 신뢰도는 0.85로 나타났다(Bohannon & Smith, 1987). 본 연구에서는 팔꿈치의 강직만 선별 기준에 포함 하였다.

4) 3차원 동작 분석기(Zebris Medical GmbH motion analysis)

본 연구에서는 Zebris Medical GmbH에서 개발된 CMS-HS 동작분석기를 이용하여 환측 상지 움직임의 질적인 평가를 시행하였다. 이 장비는 컴퓨터, 초음파 마커 3개, 초음파 수신기, 어댑터, USB 케이블이 사용 되었다. 팔에 부착된 마커는 40kHz의 초음파를 방출 하며, 방출된 신호는 CMS10에서 수신 된다. 본 연구에서는 대상자가 환측 팔을 뻗을 때 팔굽관절의 빠르기, 순발력 부드러움에 대한 동작분석을 시행하였다.

4. 실험 방법

1) 독립변인

본 연구에서는 동일한 대상자에게 1회 1시간씩 상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련을 모두 시행하였다. 각 대상자에게 상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련의 적용

순서는 무작위로 진행 되었다. 모든 중재에는 치료사가 옆에서 언어적 힌트를 제공 하였으며, 로봇의 경우 대상자가 수행하지 못하는 부분은 로봇의 센서를 통해 자동적으로 보조를 제공 하였으며, 과제 지향적 훈련에서는 치료사가 신체적 접촉을 통해 팔꿈치와 손목에서 보조를 제공 하였다. 각 중재 간 수행 간격은 3일로 하여 학습으로 인한 영향을 줄일 수 있도록 하였다

(1) 상지 로봇치료(Robot-assisted Training)

본 연구에는 상지 재활 로봇으로 Armeo Power (HocomaInc, Zurich, Switzerland)를 사용하여 재활 훈련을 실시하였다. 본 연구에서는 환자의 수행 수준에 따라 로봇의 보조 정도를 자동적으로 조절 할 수 있는 프로그램 중 기능적 동작인 팔뻗기 훈련을 할 수 있는 5가지 프로그램을 선정하였다. 선정된 과제는 어깨와 팔꿈치를 포함하여 2가지 이상의 관절 움직임을 훈련 하도록 되어 있으며, Chase balloon(3D), Shelf(3D), Fruit shopping(2D), Egg cracking(2D), Rain mug(1D)를 주로 진행 하였다. 과제 진행 15분에 한번씩 1분간의 휴식 시간을 가졌다.

(2) 과제 지향적 훈련(Task-oriented training)

본 연구에서 과제 지향적 훈련(Task-oriented training)은 로봇 치료에서 시행되는 동작과 비슷한 뻗기 동작으로 이루어진 과제를 제공 하였다. 과제 지향적 훈련은 상지로봇 치료와 동일하게 팔 뻗는 동작을 할



Figure 2. Task-oriented training

수 있도록 두 부분 이상 관절의 움직임이 요구되는 과제를 구성 하였으며, 로봇과 동일하게 환자가 수행하지 못하는 부분에 있어서는 치료사가 팔꿈치와 손목을 잡고 신체적 보조를 제공하였으며, 손의 동작이 나오지 않아 과제를 잡을 수 없는 경우에는 치료사가 도움을 제공 하였다(Figure 2).

2) 종속 변인

(1) 팔 뻗기 움직임

대상자의 상지 운동 회복은 3차원 동작 분석기를 사용하여 팔뻗기 움직임을 파악 하였다. 환측 팔의 뻗기 과제를 수행하는 동안 변화되는 팔굽 관절의 움직임을 분석하여 움직임의 빠르기, 순발력, 부드러움을 확인 하였다. 평가를 위해 대상자는 의자에 앉아 등을 붙인 자세에서 가슴 스트랩으로 상체를 고정 시킨 뒤 의자를 책상에 밀착 후 건측 팔은 무릎 위, 환측 팔은

책상 위에 위치 시켰다. 정확한 평가를 위해 대상자의 전방 20cm 앞에 시작점을 표시하고, 팔 길이의 70%에 해당하는 지점에 7cm×7cm×13cm(3"×3"×5") 크기의 나무 조형물을 두어 도착점을 표시 하였다. 팔 뻗기를 시행할 때 대상자에게 “물건에 손이 닿을 때까지 편안하고 자연스럽게 팔을 뻗으시면 됩니다”라고 지시 하였으며 실시하기 전 대상자의 이해를 돕기 위해 팔 뻗기 동작을 3회 연습 시켰다. 전방의 시작점에서 도착점의 표적까지 도달하는 움직임을 1회로 정의하여 총 10회 반복 하였다. 동작 분석 측정을 위한 마커의 위치 및 환자의 자세는 Figure 3와 같다.

3) 분석 방법

대상자들의 일반적 정보는 기술 통계(descriptive statistics)를 사용하여 빈도분석을 하였다. 3차원 동작 분석기를 이용하여 얻어진 결과는 3DAwin 1.02를

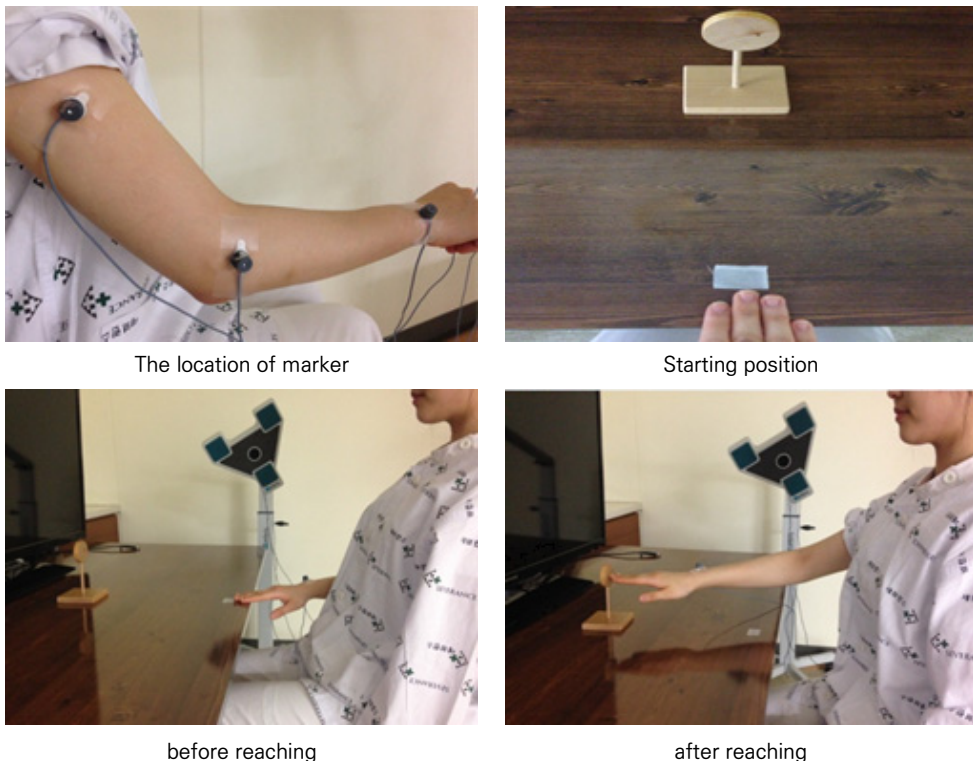


Figure 3. motion analysis by using reaching task

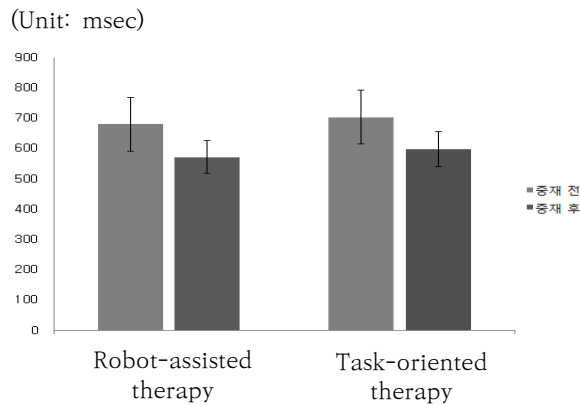
사용하여 분석하였고, 팔뻗기 움직임 구간은 1번 표식자의 속도가 0에서 증가할 때부터 시작해서 다시 최대한 0에 가까워질 때까지로 하였다. 반복 측정 된 10회의 결과 중 2~9회까지 총 8번의 팔뻗기 측정값의 평균치를 사용하였다. 반복 측정된 결과 값을 이용하여 상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련의 결과값을 비교 하였으며, 통계 처리를 위해 SPSS 18.0 프로그램을 사용 하였다. 두 중재 간의 치료 효과를 비교하기 위하여 대응 표본 T검정을 실시하였고, 통계학적 유의수준은 $\alpha=0.05$ 로 하였다.

III. 연구 결과

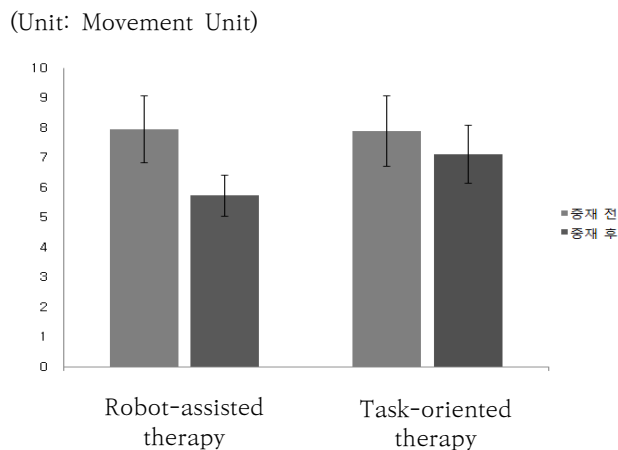
1. 팔뻗기 움직임

1) 팔굽관절 움직임 빠르기

상지 로봇 치료를 한 경우 중재 전 66.80 ± 53.43 에서 중재 후 74.74 ± 54.88 으로 부드러움이 향상 되었으나 유의미한 변화를 보이지 않았다. 과제 지향적 훈련을 한 경우 중재 전 68.48 ± 53.30 에서 중재 후 67.39 ± 52.48 으로 부드러움의 저하를 보였다. 하지만 두 그룹 모두 유의미한 차이는 없었다(Figure 4)(Table 2).



*p<.05 Figure 4. Maximun angular speed of elbow joint



*p<.05 Figure 5. change of instant movement of elbow joint

2) 팔굽관절 움직임 순발력

상지 로봇 치료를 한 경우 중재 전 679.79 ± 397.20 에서 중재 후 571.73 ± 245.19 으로 순발력이 향상 되었고, 과제 지향적 훈련을 한 경우 중재 전 702.40 ± 296.63 에서 중재 후 596.37 ± 259.63 으로 순발력이 향상되었다. 하지만 두 가지 중재 모두 유의미한 향상을 보이지는 않았다(Figure 5)(Table 2).

3) 팔굽관절 움직임 부드러움

상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련을 한 경우 모두 팔굽관절 움직임의 부드러움이 향상 되었다(Figure 6)(Table 2). 상지 로봇 치료를 한 경우 중재 전 7.96 ± 5.02 에서 중재 후 5.73 ± 3.07 으로 유의한 부드러움 개선이 일어났고 과제 지향적 훈련을 한 경우 7.89 ± 5.17 에서 중재 후 7.11 ± 4.28 부드러움 개선이 일

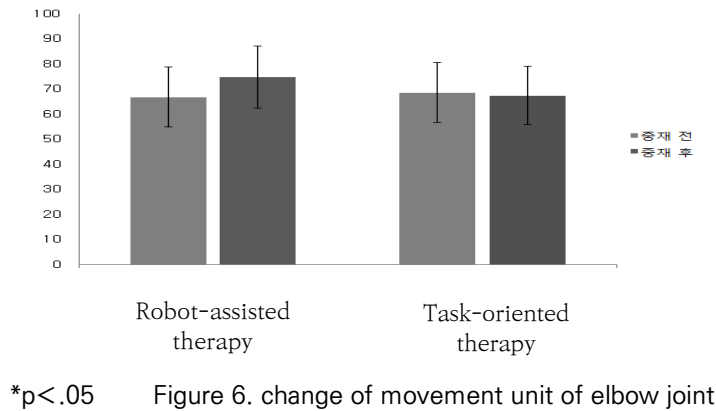


Table 2. Change of smooth movement before and after intervention among groups (N=20)

Division	Before (M ± SD)	After (M ± SD)	t	p
Maximun angular speed of elbow joint(°/s)				
Robot-assisted therapy	66.80 ± 53.43	74.74 ± 54.88	-1.16	.26
Task-oriented therapy	68.48 ± 53.30	67.39 ± 52.48	.20	.84
instant movemnt of elbow joint(msec)				
Robot-assisted therapy	679.79 ± 397.20	571.73 ± 245.19	1.94	.68
Task-oriented therapy	702.40 ± 296.63	596.37 ± 259.63	1.67	.11
Movemrnt unit of elbow joint(unit)				
Robot-assisted therapy	7.96 ± 5.02	5.73 ± 3.07	2.65	.02*
Task-oriented therapy	7.89 ± 5.17	7.11 ± 4.28	1.12	.28

*p < .05

M-mean, SD-standard deviation

어났다. 상지 로봇 치료가 과제 지향적 훈련보다 움직임의 부드러움이 유의하게 향상된 것을 알 수 있었다($p < .05$).

IV. 고찰

본 연구는 상지 로봇 치료가 아급성기 뇌졸중 환자들의 상지 기능 회복에 미치는 영향을 보기 위한 것이다. 본 연구를 통해 상지 로봇 치료 후 뇌졸중 환자의 팔뻗기 시 팔굽관절의 부드러움이 향상된다는 것을 확인하였고, 이는 Daly 등(2005)과 Yoo와 Kim 등(2015)이 만성환자를 대상으로 한 연구와 비슷한 결과를 보여 준다. Sale 등(2014)의 연구에서는 로봇 보조 치료가 강직을 현저히 감소시키고 어깨와 팔꿈치의 수동적 움직임과 기능을 향상시켜 아급성기 뇌졸중 환자의 초기 재활에 도움을 준다는 것을 보여 주었다. 따라서 본 연구에 참여한 대상자들 역시 로봇 치료를 통해 비정상적 근 긴장도가 저하 되어 움직임의 부드러움에 영향을 주었을 가능성이 있다. Daly 등(2005)의 연구에서는 12명의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 로봇과 운동 학습 훈련 또는 기능적 신경근 자극과 운동학습을 진행 하였다. 연구 결과 로봇과 운동 학습을 함께한 그룹에서 Arm Motor Ability Test(AMAT)의 총점과 어깨/팔꿈치 점수, Fugl-Meyer의 상지 협응 점수에서 현저한 향상을 보였다. 또한, 목표 정확성, 움직임의 부드러움에도 현저한 향상을 보였다. Yoo와 Kim(2015)의 연구에서는 15명의 뇌졸중 환자에게 로봇치료와 전통적 작업치료를 모두 시행 하였다.중재 결과 상지 기능과 일상생활동작 영역에서 향상을 보였으며, 로봇을 사용한 평가 프로그램 결과 값에서도 상지 움직임의 부드러움과 정확도 향상을 보였다. 위 논문들은 본 연구와 동일하게 상지의 움직임 분석을 통해 로봇 치료의 효과를 확인 하였다. 하지만, 본 연구에서는 아급성기 환자에게 단기적으로 로봇치료를 적용한 뒤 효과를 확인

한 것이기 때문에, 선행 연구들과 같이 장기적으로 중재를 적용 하였을 때 상지의 움직임에 효과가 있을지에 대해서는 추후 연구가 필요할 것이다 팔굽관절 움직임의 빠르기(movement time; °/s)는 상지로봇 치료를 한 경우 속도 향상을 보였으나, 과제 지향적 훈련(task-oriented training)을 한 경우 속도 저하를 보였다. 이는 두 치료 모두 유의미한 변화는 아니었으나, 과제 지향적 훈련(task-oriented training)은 속도가 저하된 것에 반해 상지 로봇 치료를 한 경우는 관절 움직임의 빠르기가 향상 된 것으로 보아 상지 로봇 치료가 움직임의 속도 향상에 긍정적인 효과를 준다고 생각 된다. Duret, Courtial, Grosmaire와 Hutin(2015)의 연구에서도 대상자들이 로봇치료 수행 후 구간시간(slottime)이 단축되었다는 비슷한 결과를 보였다. Colombo, Sterpi, Mazzone, Delconte & Pisano 등(2013)의 연구에서 아급성기와 만성기 환자에게 로봇 치료를 적용 하였을 때 훈련 초기 두 그룹에서 비슷한 향상을 보였으나, 만성기보다 아급성기에 더 장기적인 회복이 일어난다는 보고가 있었다. 하지만 아급성기에는 자연 회복으로 인한 영향을 배제하기 어렵고, 아직 까지 로봇치료를 적용하였을 때 어떤 기능적 회복에 영향을 주는지 명확하지 않은 상태이다. 따라서 본 연구에서는 아급성기 환자를 대상으로 상지 로봇 치료와 과제 지향적 훈련을 각각 1시간씩 진행한 뒤, 즉각적인 운동 기능의 향상 정도를 비교하여 자연 회복으로 인한 효과를 배제하도록 설계 하였다. 이전의 연구 결과들에서는 상지 로봇을 이용한 치료 효과를 보기 위해 FMA, MFT, MMT와 같은 상지 기능 평가와 FIM, MBI등의 일상생활동작 평가 도구들을 주로 사용했다. Joo 등(2014)의 연구에 따르면 아급성기 환자를 대상으로 상지 로봇 치료를 시행 하였을 때 상지기능과 일상생활동작에 향상을 보였으나 기존 치료와 비교하여 유의한 차이를 보이지 않았다. 상지 로봇의 경우 움직임 조절과 같은 질적 향상을 하는데 효과적인 장비로, 기능 수행에 대한 치료적 효과를 보는 것은 어려울 것이라

생각한다. 하지만 대부분의 상지 기능 검사의 경우 움직임의 양적인 수행 기능을 측정하기 위한 평가 도구이기 때문에, 기존에 주로 사용 되었던 측정 도구의 사용이 적합하지 않았을 가능성이 있다. 또한, 일상생활 동작 평가 도구의 경우 사지의 움직임에 대한 평가가 아니라 환자가 장애에 대해 보상을 하고 그 방법을 학습한 결과를 보는 것이기 때문에 로봇 치료 후 결과를 보는 것은 잘못된 평가 선정이었다고 생각된다. 아급성기 환자는 움직임 회복이 이루어지는 단계이다. 따라서 일상생활동작을 검사하기 이전에 움직임 수행에 대한 평가가 선행 되어야 하나, 사전 연구들에서는 수행의 양적 측정을 하여 그 효과성을 정확히 전달하지 못하였다. 이에 따라 본 연구에서는 상지 로봇 치료 후 3차원 동작분석검사를 통해 움직임의 질적인 부분을 평가 하였다. 기존 선행 연구에서는 주로 손기능과 일상생활 평가를 통해 그 효과를 분석 하였다(Conroy et al, 2011; Fazekas, Horvath, Troznai, & Toth, 2007; Hsieh et al, 2012; Husemann, Muller, Krewer, Heller, & Koenig, 2009; Kahn, Zygman, Rymer, & Reinkensmeyer, 2006; Mayr, Kofler, & Saltuari, 2008). 최근 들어 손기능 평가 이외에도 상지 움직임을 분석하여 부드러움이나 속도 등을 평가 하는 연구들이 나오고 있으나, 아급성기 환자만을 대상으로 진행된 연구는 없었다(Duret, Courtial, Grosmaire, & Hutin, 2015; Sale et al., 2014; Yoo & Kim, 2015). 따라서, 본 연구에서는 기존에 진행되지 않은 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 단기적 로봇치료를 시행하여 상지 움직임의 질적 평가를 했다는 것에 그 의의가 있다.

본 연구는 대상자의 수가 적어 연구 결과를 모든 뇌졸중 환자로 일반화 하는 데는 제한 점이 있으며, 아급성기 환자의 특성상 자연회복 및 학습으로 인한 영향을 받을 수 있기 때문에 3일간의 중재 간격을 두었으나 완벽하게 배제 하였다고 보기는 어려움이 있다. 또한 본 연구에서는 단기 중재에 대한 효과를 본 것으로 장기적으로 중재가 진행 되었을 때 그 효과가 지속

될지 여부에 대해서는 판단하기 어려움이 있다. 따라서 추후 연구에서는 좀 더 많은 대상자들에게 1~2주 이상의 장기 적용 후 움직임의 향상에 대한 비교 연구가 필요할 것으로 생각 된다. 더불어, 상지 로봇 치료의 프로그램 적용 및 난이도 조절 등과 같은 프로토콜 개발 또한 필요 할 것이다.

V. 결 론

본 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 상지 로봇 치료의 효과를 알아 보았다. 그 결과, 상지 로봇 치료를 받은 집단은 3차원 동작분석 결과 팔굽관절의 움직임 빠르기, 순발력, 부드러움에 향상을 보였으며, 특히 팔굽관절 움직임의 부드러움에 유의한 효과를 보였다($p < .05$). 과제 지향적 훈련(task-oriented training)을 받은 집단의 3차원 동작분석 결과는 팔굽관절 움직임의 빠르기에서 향상을 보이지 못하였으나 순발력과 부드러움에서는 향상을 보였다. 본 연구의 결과는 상지 로봇 치료가 팔뻗기를 하는 동안 팔굽관절의 움직임을 조절하는데 단계적으로 효과가 있음을 보여 주었다. 이는 대부분의 선행 연구들이 수지기능 평가와 일상생활 동작 평가를 시행하여 상지 로봇 치료의 효과를 보려 했던 것을 고려하면, 기존 연구들의 한계를 개선할 수 있었다는 것에 의의가 있다. 추후 상지 로봇 치료의 효과성을 입증하기 위해 상지 움직임 조절에 대한 다양한 연구들이 이루어 져야 할 것이다.

References

- Basteris, A., Nijenhuis, S. M., Stienen, A. H., Buurke, J. H., Prange, G. B., & Amirabdollahian, F. (2014). Training modalities in robot-mediated upper limb rehabilitation in stroke: a framework for classification based on a systematic review. *Journal of Neuroeng Rehabilition*,

11, 111. doi: 10.1186/1743-0003-11-111

- Bohannon, R. W., & Smith, M. B. (1987). Interrater reliability of a modified Ashworth scale of muscle spasticity. *Physiotherapy*, *67*(2), 206-7.
- Colombo, R., Sterpi, I., Mazzone, A., Delconte, C., & Pisanò, F. (2012). Robot-aided neurorehabilitation in sub-acute and chronic stroke: Does spontaneous recovery have a limited impact on outcome? *NeuroRehabilitation*, *33*(4), 621-629.
- Conroy, S. S., Whittall, J., Dipietro, L., Jones-Lush, L. M., Zhan, M., Finley, M. A., & Bever, C. T. (2011). Effect of gravity on robot-assisted motor training after chronic stroke: A randomized trial. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *92*(11), 1754-1761. doi: 10.1016/j.apmr.2011.06.016
- Daly, J. J., Hogan, N., Perepezko, E. M., Krebs, H. I., Rogers, J. M., Goyal, K. S., ... Ruff, R. L. (2005). Response to upper-limb robotics and functional neuromuscular stimulation following stroke. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, *42*(6), 723-736.
- Duret, C. (2010). Contributions of robotic devices to upper limb poststroke rehabilitation. *Rev Neurol (Paris)*, *166*(5), 486-493. doi: 10.1016/j.neurol.2009.10.004
- Duret, C., Courtial, O., Grosmaire, A. G., & Hutin, E. (2015). Use of a robotic device for the rehabilitation of severe upper limb paresis in subacute stroke: Exploration of patient/robot interactions and the motor recovery process. *Biomed Research International*, *2015*, 7 doi: 10.1155/2015/482389
- Fazekas, G., Horvath, M., Troznai, T., & Toth, A. (2007). Robot-mediated upper limb physiotherapy for patients with spastic hemiparesis: A preliminary study. *Journal of Rehabilitation Medicine*, *39*(7), 580-582. doi:10.2340/16501977-0087
- Fugl-Meyer, AR., Jaakso, L., Leyman, I., Olsson, S., & Steglind, S. (1975). The post-stroke hemiplegic patient. 1. a method for evaluation of physical performance. *Scandinavian journal of rehabilitation medicine*. *7*(1), 13-31.
- Gladstone, D. J., Danells, C. J., & Black, S. E. (2002). The fugl-meyer assessment of motor recovery after stroke: A critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *16*(3), 232-240.
- Gregson, J. M., Leathley, M., Moore, A. P., Sharma, A. K., Smith, T. L. & Watkins, C. L. (1999). Reliability of the tone assessment scale and the modified ashworth scale as clinical tools for assessing poststroke spasticity. *Archives of Physical Medicine Rehabilitation*, *80*(9), 1013-1016.
- Hsieh, Y. W., Wu, C. Y., Lin, K. C., Yao, G., Wu, K. Y., & Chang, Y. J. (2012). Dose-response relationship of robot-assisted stroke motor rehabilitation: The impact of initial motor status. *Stroke*, *43*(10), 2729-2734. doi: 10.1161/strokeaha.112.658807
- Husemann, B., Müller, F., Krewer, C., Heller, S., & Koenig, E. (2007). Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: A randomized controlled pilot study. *Stroke*, *38*, 349-354.
- Joo, M. C., Park, H. I., Noh, S. E., Kim, J. H., Kim, H. J., & Jang, C. H. (2014). Effects of robot-assisted arm training in patients with subacute stroke. *Brain & Neurorehabilitation*, *7*(2), 111. doi:10.12786/bn.2014.7.2.111
- Kahn, L. E., Zygmant, M. I., Rymer, W. Z., & Reinkensmeyer, D. J. (2006). Robot-assisted reaching exercise promotes arm movement recovery in chronic hemiparetic stroke: A randomized controlled pilot study. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, *3*(1), 12-12. doi: 10.1186/1743-0003-3-12
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., van der Grond, J., & Prevo, A. J. (2003). Probability of regaining dexterity in the flaccid upper limb: Impact of severity of paresis and time since onset in acute stroke. *Stroke*, *34*(9), 2181-2186. doi: 10.1161/01.str.0000087172.16305.cd
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., & Krebs, H. I. (2008). Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: A systematic review. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *22*(2), 111-121. doi: 10.1177/1545968307305457
- Mayr, A., Kofler, M., & Saltuari, L. (2008). ARMOR: an electromechanical robot for upper limb training following stroke. A prospective randomized controlled pilot study. *Handchir Mikrochir Plast chir*, *40*, 66-73. doi: 10.1055/s-2007-989425
- Mehrholz, J., Hadrich, A., Platz, T., Kugler, J., & Pohl, M. (2012). Electromechanical and robot-assisted arm training for improving generic activities of daily living, arm function, and arm muscle strength after stroke.

- Cochrane Database Systematic Reviews*, 6, Cd006876. doi: 10.1002/14651858.CD006876.pub3
- Pollock, A., Farmer, S. E., Brady, M. C., Langhornem, P. Mead, G. E., Mehrholz, J. & Van Wijc, F. (2014). Interventions for improving upper limb function after stroke. *Cochrane Database Systematic Reviews*, 11, Cd010820. doi: 10.1002/14651858.CD010820.pub2
- Prange, G. B., Jannink, M. J., Groothuis-Oudshoorn, C. G., Hermens, H. J., & Ijzerman, M. J. (2006). Systematic review of the effect of robot-aided therapy on recovery of the hemiparetic arm after stroke. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43(2), 171-184.
- Rah, U. W., Kim, Y. H., Ohn, S. H., Chun, M. H., Kim, M. W., & Shin, M. J. (2014). Clinical practice guideline for stroke rehabilitation in korea 2012. *Brain & NeuroRehabilitation*, 7(1), 1-75. doi.org/10.12786/bn.2014.7.Supp11.S1
- Sale, P., Franceschini, M., Mazzoleni, S., Palma, E., Agosti, M., & Posteraro, F. (2014). Effects of upper limb robot-assisted therapy on motor recovery in subacute stroke patients. *Journal of Neuroengineering and Rehabilitation*, 11, 104. doi: 10.1186/1743-0003-11-104
- Stanford, J., Moreland, J., Swanson, L. R., Stratford, P. W., & Gowland, C. (1993). Reliability of the Fugl-Meyer assessment for testing motor performance in patients following stroke. *Physio Therapy*, 73(7), 447-454.
- Turchetti, C., Vitiello, N., Trieste, L., Romiti, S. Geisler, E., & Micera, S. (2014). Why effectiveness of robot-mediated neurorehabilitation does not necessarily influence its adoption. *IEEE Reviews in Biomedical Engineering*, 7, 143-153. doi: 10.1109/rbme.2014.2300234
- Wood-Dauphinee, S. L., Williams, J. I., & Shapiro, S. H. (1990). Examining outcome measures in a clinical study of stroke. *Stroke*, 21(5), 731-739.
- Yoo, D. H., & Kim, S. Y. (2015). Effects of upper limb robot-assisted therapy in the rehabilitation of stroke patients. *Journal of Physical Therapy Science*, 27(3), 677-679. doi: 10.1589/jpts.27.677

Short-term Effect of Robot-assisted Therapy on Arm Reaching in Subacute Stroke Patients

Hong, Won-Jin*, M.S., O.T. Kim, Yong-Wook*, MD, PhD., Kim, Jongbae**, Ph.D.,
Park, Ji-Hyuk**, Ph.D., O.T.,

* Dept. of Occupational Therapy, Severance Hospital, Yonsei University

**Dept. of Occupational Therapy, College of Health Science, Yonsei University

Objective : The purpose of this study was to investigate the short-term effect of robot-assisted therapy to improve upper extremity function in subacute stroke.

Method : This study was a retrospective study using the medical record. The subjects were 20 patients who were diagnosis with stroke within 6 months. All patients received general rehabilitation intervention during the experimental period and robot-assisted therapy and task-oriented training. Robot assisted therapy was composed of 1 sessions, 1hour per person and task-oriented training was same. For result analysis, descriptive statistics, paired t-test were used.

Results : After intervention, all participants got 3D motion analysis about reaching. For the result, there was statistically significant improvement in smoothness in robot assisted therapy($p < .05$). there was no statistically significant difference between robot assisted therapy and task-oriented training in speed, time. In this result, we knew the robot assisted therapy can short term effect in elbow joint during arm reaching.

Conclusion : Robot assisted therapy is considered as alternative choice in clinical occupational therapy for improving upper extremity function in subacute stage stroke patients.

Key words : Robot-assisted therapy, Stroke, Task-oriented, Upper limb