

뇌졸중 환자에서 로봇 보조 상지 재활의 임상적 결과

명지춘혜병원

김정수 · 박시운 · 이용석 · 서효진

Clinical Outcomes of Robot-assisted Arm Rehabilitation in Stroke Patients

Jungsoo Kim, O.T., Si-Woon Park, M.D., Yongseok Lee, M.D. and Hyojin Seo, O.T.

Myongji Choonhey Rehabilitation Hospital

Objective: We conducted a retrospective data analysis to review the results of robot-assisted arm rehabilitation in post stroke patients during past 2 years and find out positive influences of the outcomes.

Method: We measured improvements of arm function longitudinally in a group of sixty-four stroke patients, who participated in the robot-assisted arm therapy from January 2012 to December 2013. Treatment session lasted 30 to 40 minutes, 2 to 5 times a week. For at least more than one month, we used the InMotion2.0 (Interactive Motion Technologies, Watertown, MA, USA) and measured outcomes with the Fugl-Meyer assessment-upper extremity (FMA-UE), Korea-modified Barthel index (K-MBI) and InMotion robot arm evaluation index. Also, analysis on the subgroup was carried out.

Results: Following the robot-assisted arm rehabilitation, FMA-UE, K-MBI and InMotion robot arm evaluation index were significantly improved compared to baseline. Mean FMA-UE and K-MBI gain were 4.22 ± 0.76 , 7.63 ± 1.18 in each. However, in the subgroup analysis, the group with less intensity treatment (640 repetition) did not show any significant improvement.

Conclusion: This is an observational study showing improvements in arm function following robot-assisted arm rehabilitation compared to baseline, which was significant only in the subgroup who received the intervention longer and more intensity. (Brain & NeuroRehabilitation 2015; 8: 46-52)

Key Words: rehabilitation, robot-assisted, stroke, upper extremity

서론

뇌졸중은 갑작스러운 뇌혈관의 경색 혹은 출혈로 인해 뇌조직에 산소와 에너지의 공급이 중단되어 생기는 질환¹으로 중추신경계 세포의 손상을 초래하고 신경학적 기능에 대해 부분적 손상을 야기시켜 운동, 감각, 지각, 그리고 인지영역에 걸쳐 다양한 장애를 발생시키게 된다. 특히 상지 기능의 손상은 뇌졸중 후 초기 움직임이 전혀 없거나 미미한 움직임을 보이는 심각한 상지 마비가 있는 경우에서는 14%만이 완전 회복을 30%에서는 부분적인 회복을

보였으며 심각한 상지 마비가 있는 경우 단지 5%만이 정상적인 상지 기능을 회복하였고, 20% 정도만 일부 상지 기능을 회복하였다고 보고하고 있으며^{2,3} 상지 기능의 손상으로 인해 독립적인 일상생활작이 감소 될 뿐만 아니라 직업복귀를 방해하는 중요한 요인으로서 장기적인 재활치료를 요구하게 되는 원인이 되고 있는 실정이다.⁴ 상지의 기능 회복에 관해서는 뇌 손상 후 상지 기능의 신경학적 회복에는 신경가소성이 중요한 이론적 배경이 된다는 많은 연구가 있어 왔다.⁵⁻⁷ 신경가소성에 의한 기능의 회복은 신경해리(diaschisis)의 전환(reversal)과 세포회복의 활성화 뒤 기능적인 가소성으로 인해 신경 경로의 성질 변화가 일어나게 되고 결국 신경해부학적 가소성이 일어나 새로운 연결이 만들어 지는 것을 말한다.⁶ 이러한 신경가소성이 일어나기 위해서는 많은 양의 집중 훈련(high-dose intensive training)과 특화된 기능적 과제의 반복적 실행

Received: July 2, 2014, Revised (1st): August 26, 2014,

Accepted: January 14, 2015

Correspondence to: Si-Woon Park, Myongji Choonhey Rehabilitation Hospital, 782-3, Daerim-dong, Youngdeungpo-gu, Seoul 150-816, Korea

Tel: 02-3284-7774, Fax: 02-3284-7788

E-mail: seankpark05@yahoo.co.kr

(repetitive practice of specific functional tasks)이 효과적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다.^{2,8} 위와 같은 이론적 배경에 의하여 로봇을 이용한 재활치료가 새로운 시도로 각광받고 있으며 최근 10년 동안 로봇을 이용한 상지 재활 치료에 대한 많은 연구가 있어 왔다. 현재 로봇을 이용한 상지 재활 치료는 MIT-MANUS, MINE, ARM-Guide, T-WREX, 그리고 NeReBote 등의 재활로봇이 상용화되어 세계적으로 상지 재활 치료에 활용되고 있으며 로봇을 이용한 상지 재활 치료는 건측 상지 제한 운동법과 더불어 신경가소성의 강력한 근거를 가진 효과적인 치료법이라는 연구결과를 가지고 있어⁸ 최근 국내에서도 일선 기관에 많은 도입이 이루어 지고 있다.

InMotion2.0 (Interactive Motion Technologies, Watertown, MA, USA) (Fig. 1)은 로봇 보조 상지 재활 치료기 중 초기에 개발되어온 상지 재활 로봇으로서 환자가 손상측 팔로 로봇 팔의 말단 장치(end-effector)를 잡고 평면상에서 어깨와 팔꿈치 관절을 이용하여 화면상에 보여지는 과제지향적 움직임을 수행하는 재활 장비로서⁹ 기존의 연구에서는 4주에서 12주의 중재기간 동안 상지 기능에 대한 로봇을 이용한 치료 전 후의 결과에서 호전되었다고 보고하고 있으며 일상생활 동작에 대한 연구에서는 뚜렷한 호전의 결과를 보여주지는 못하고 있다.¹⁰

본 연구에서는 대상자의 특성에 따른 로봇을 이용한 상지 재활 치료를 받았던 환자들을 대상으로 상지의 기능 및 일상생활 동작의 효과에 대해 그 치료 결과를 분석하고 중증도, 인지기능, 발병 후 기간, 강도, 기간 및 빈도로 구분하여 치료의 효과에 영향을 미치는 인자에 대해 알아보고자 하였다.

연구대상 및 방법

1) 연구 대상

본 연구의 대상자는 서울 소재 뇌졸중 재활병원인 M병원에 입원 중인 뇌졸중으로 진단 받은 편 마비 환자 중



Fig. 1. Person with stroke engaged in robotic therapy using InMotion 2.0.

2012년 1월부터 2013년 12월까지 1일 2회씩 고식적인 물리치료 및 작업치료를 시행하였으며 InMotion2.0을 이용한 로봇 보조 상지 재활치료를 1개월 이상 받은 환자를 대상으로 하였다.

대상자는 총 64명으로 남 50명(78.1%), 여 14명(21.9%)이었으며 대상자들의 평균 연령은 51.3 ± 14.5 세였다. 본 연구는 서울 소재 M병원 연구윤리심의위원회의 승인을 받았다.

2) 연구도구

(1) Fugl-Meyer motor function assessment (FMA)

FMA는 뇌졸중으로 인한 편마비 환자에서 Brunnstrom의 회복단계를 분류하고 기능의 회복정도를 검사하기 위해 사용되고 있는 도구이다. 평가항목은 수행 정도에 따라 0~2점을 부여한다. 0점은 수행하지 못함, 1점은 부분적으로 수행함, 2점은 완전 수행함으로 나눈다. 전체 점수는 상하지의 기능을 모두 포함한다. 상지에 해당하는 검사는 33항목으로 만점은 66점이며 회복의 정도를 백분율로 나타낼 수도 있다. 본 연구에서는 편마비 환자의 상지 기능을 평가하기 위해 상지 검사 항목만을 사용하였다. 이 검사의 검사자간 신뢰도는 0.96이다.¹¹⁻¹⁴

(2) 한국판 수정바델지수(Korea modified Barthel index: K-MBI)

바델지수(Barthel index)는 1965년에 고안된 평가 도구로서 여러 차례 개정이 되었다. 본 연구에서는 제 5판 MBI를 한국 실정에 맞도록 수정, 번역 후 표준화 과정을 거쳐 개발한 한글판 수정바델지수를 사용하여 연구를 진행하였다. K-MBI는 10가지의 일상생활활동으로 구성되어 있으며 각 영역은 0~5점으로 점수를 주게 되고 만점이고 점수가 높을수록 독립성이 높은 것이다. 이 검사의 검사자간 신뢰도는 0.95~0.98이다.¹⁵

(3) InMotion robot arm evaluation

InMotion robot arm evaluation은 피검자의 자발적인 뻗

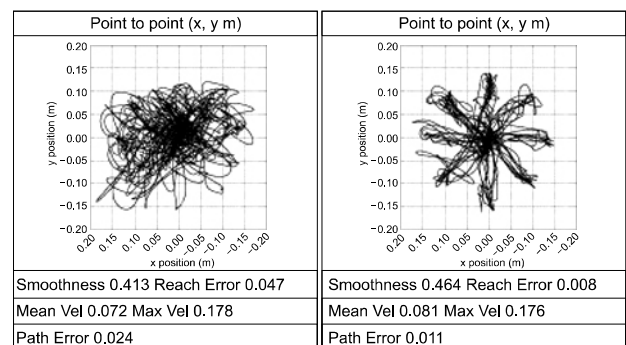


Fig. 2. Result of InMotion robot arm evaluation.

기, 원 그리기 그리고 저항에 대항하는 움직임을 시도함으로써 위치, 거리, 시간 그리고 동역학적 힘(kinetic force)에 대해 프로그램 된 계산을 통해 13가지 측정된 평가 값(9 kinematic, 4 kinetic force)을 보여줌으로써 상지의 손상과 움직임 회복에 대한 정보를 제공해주는 평가도구이다. InMotion robot arm evaluation과 FMA와의 상관성에 관련된 사전연구에서는 $R = 0.99$ 로 상관성을 입증 하였다.¹³

3) 연구방법

대상자들은 로봇 보조 상지 재활치료를 처방 받고 담당 치료사와 상담 후 1개월 이상 로봇을 이용한 상지 재활 치료를 받았다. 치료 시작 전 사전연습을 통해 환자의 특성을 파악하고 FMA-UE (Fugl-Meyer assessment-upper extremity, FMA-UE), K-MBI와 MMSE-K (mini mental state examination-Korea)평가를 실시하였으며 상지 재활 치료는 MIT-MANUS의 상용화 제품인 InMotion2.0을 이용하여 화면상에 보여지는 목표지향적인 과제를 환자의 특성에 따라 passive-passive, active-passive, active-active 모드를 통해 평면에서 어깨와 팔꿈치의 굽힘과 펴를 한 세션당 1,024회 반복 수행하였으며 주 2회에서 5회 실시 하였다. 기능 손상 정도에 따라 1,024회의 반복을 수행 하지 못할 경우 640회를 수행 하였다.

환자의 평가는 치료 전 Fugl-Meyer 평가 척도 중 상지 운동 척도(FMA-UE)로 신경학적 회복 정도와 한국판 수정 바텔지수(K-MBI)를 이용하여 일상생활 동작 정도를 측정 하였으며 평가 주기는 초기 평가 날짜를 기준하여 1개월 간격으로 담당 치료사에 의해 재평가를 실시 하였다.

4) 분석 및 통계

본 연구에서는 치료 전 후의 FMA-UE, K-MBI 그리고 InMotion robot arm evaluation에 대해서 ANCOVA를 이용하여 각 환자의 치료기간과 빈도를 보정 한 후 전후의 평균을 비교 하였으며 주당 치료횟수를 FMA-UE의 점수 변화 정도 5점 이상 과 점수변화에 미치는 예상인자를 찾기 위해 하위그룹 분석은 중증도, 인지기능, 발병 후 기간, 치료의 강도, 치료의 기간 그리고 치료의 빈도로 구분하였다. 중증도는 기존 연구에서 급성기 환자의 FMA-UE점수의 평균값을 참고하여 25점 기준,¹² 인지기능은 MMSE-K의 인지 등급을 참고하여 초기 점수 25점 기준,^{16,17} 발병 후 기간은 6개월 기준, 치료의 강도는 반복횟수 1,024회와 640회기준, 치료의 기간은 3개월 기준 그리고 치료의 빈도는 3회를 기준으로 각각 구분하여 개별항목에 대해 FMA-UE, K-MBI 그리고 InMotion robot arm evaluation 결과를 가지고 paired t-test를 이용하여 비교 하였으며 기

존의 연구에서 상자와 나무토막 검사(box and block test, BBT)점수와 상관계수에 대한 회귀분석 방정식에 의해 FMA-UE의 점수변화가 5점 이상일 때 의미 있다¹⁸는 연구 결과에 근거하여 상지의 기능회복에 영향을 미치는 예상 인자를 찾기 위해 FMA-UE의 점수변화 정도 5점 이상을 기준으로 나눈 것을 이용하여 로지스틱 회귀분석을 추가로 시행하였다. 통계는 SPSS version 18.0을 이용하였고 p 값이 .05미만일 때 유의한 것으로 판단하였다.

결 과

총 64명 대상자의 나이는 평균 51.3 (11~85)세였으며 성별은 남성이 50명(78.1%), 여성이 14명(21.9%)이었고 허혈성 뇌졸중이 24명(37.5%), 출혈성 뇌졸중이 40명(62.5%)으로 나타났으며 우측 편 마비는 25명(39.1%), 좌측 편 마비는 33명(51.6%)이었다. 발병 후 기간은 평균 6.8(0~24)개월이었으며 6개월 이상인 만성기 환자는 29명이었고 1개월 미만의 환자는 3명이었다(Table 1).

FMA-UE는 치료 전 14.73 ± 2.06 , 치료 후 18.74 ± 2.38 ; $p=0.001$ 로 유의미한 변화가 관찰되었으며 5점 이상 호전을 보인 환자는 총 20명(31.3%)이었다. K-MBI는 치료 전

Table 1. Baseline Characteristics of the Study Participants (N = 64)

Characteristics	Value*
Age (years)	51.34 ± 14.51
10~29	4 (6.3)
30~39	11 (17.2)
40~49	11 (17.2)
50~59	20 (31.3)
60~69	10 (15.6)
70~89	8 (12.5)
Sex	
Male	50 (78.1)
Female	14 (21.9)
Stroke Type	
Ischemic	24 (37.5)
Hemorrhagic	40 (62.5)
Impairment type	
Rt. hemiplegia	25 (39.1)
Lt. hemiplegia	34 (53.1)
Quadriplegia	5 (7.8)
Initial assessment scores	
FMA-UE	15.02 ± 15.60
K-MBI	60.94 ± 19.42
MMSE-K	23.29 ± 6.88

*mean ± SD or n (%). FMA-UE: Fugl-Meyer assessment-upper extremity, K-MBI: Korea-modified Barthel index, MMSE-K: mini mental state examination-Korea.

Table 2. Duration, Frequency-adjusted Means of Overall Clinical Outcome Variables between Pre- and Post-treatment of Robot-assisted Arm Rehabilitation

	Pre-treatment	Post-treatment	p
	Mean \pm SD	Mean \pm SD	
FMA-UE	14.73 \pm 2.06	18.74 \pm 2.38	0.001*
K-MBI	60.46 \pm 2.51	67.85 \pm 2.91	0.001*
InMotion Robot Arm Evaluation			
Smoothness	0.37 \pm 0.01	0.49 \pm 0.02	0.003*
Reach error	0.08 \pm 0.01	0.03 \pm 0.01	0.001*
Mean velocity	0.09 \pm 0.01	0.10 \pm 0.01	0.002*
Max velocity	0.16 \pm 0.01	0.21 \pm 0.01	0.004*
Path error	0.03 \pm 0.01	0.02 \pm 0.01	0.002*

FMA-UE: Fugl-Meyer assessment-upper extremity, K-MBI: Korea-modified Barthel index.

Table 3. Comparison of Clinical Outcomes of FMA-UE Subgroups between Pre- and Post-treatment of Robot-assisted Arm Rehabilitation

			Pre-treatment	Post-treatment	p
			Mean \pm SD	Mean \pm SD	
Severity	FMA (UE) \geq 25	12	41.11 \pm 13.45	48.56 \pm 15.25	0.009*
	FMA (UE) <25	52	8.15 \pm 5.32	11.51 \pm 6.81	0.001*
Cognition function	MMSE-K \geq 25	40	17.06 \pm 16.67	22.19 \pm 18.45	0.001*
	MMSE-K <25	24	9.50 \pm 9.42	12.00 \pm 11.57	0.009*
Chronicity	Time since onset $>$ 6	27	9.52 \pm 6.45	11.19 \pm 7.26	0.010*
	Time since onset \leq 6	37	17.38 \pm 17.95	23.24 \pm 19.84	0.001*
Intensity	Repeats per times = 1024	54	15.19 \pm 15.50	19.81 \pm 17.53	0.001*
	Repeats per times = 640	10	8.25 \pm 7.83	9.63 \pm 8.86	0.218
Frequency	Times per week \geq 3	38	14.93 \pm 15.16	19.00 \pm 17.85	0.001*
	Times per week <3	26	12.80 \pm 14.29	16.95 \pm 15.49	0.001*
Duration	Therapy duration \geq 3 mos	28	10.91 \pm 12.20	15.77 \pm 15.50	0.001*
	Therapy duration <3 mos	36	16.57 \pm 16.19	20.07 \pm 17.81	0.001*

FMA-UE: Fugl-Meyer assessment-upper extremity, MMSE-K: mini mental state examination-Korea.

Table 4. Comparison of Clinical Outcomes of K-MBI Subgroups between Pre- and Post-treatment of Robot-assisted Arm Rehabilitation

			Pre-treatment	Post-treatment	p
			Mean \pm SD	Mean \pm SD	
Severity	FMA (UE) \geq 25	12	59.11 \pm 14.54	70.33 \pm 17.57	0.004*
	FMA (UE) <25	52	60.63 \pm 20.47	67.29 \pm 21.35	0.001*
Cognition function	MMSE-K \geq 25	40	66.58 \pm 15.36	75.13 \pm 15.72	0.001*
	MMSE-K <24	24	49.06 \pm 21.40	55.11 \pm 22.72	0.001*
Chronicity	Time since onset $>$ 6	27	61.19 \pm 22.90	63.90 \pm 22.90	0.006*
	Time since onset \leq 6	37	59.76 \pm 16.86	70.69 \pm 18.63	0.001*
Intensity	Repeats per times = 1024	54	63.52 \pm 18.03	71.52 \pm 18.78	0.001*
	Repeats per times = 640	10	43.75 \pm 18.94	48.50 \pm 19.79	0.027*
Frequency	Times per week \geq 3	38	63.17 \pm 18.51	70.87 \pm 19.35	0.001*
	Times per week <3	26	56.15 \pm 20.44	63.30 \pm 22.03	0.001*
Duration	Therapy duration \geq 3 mos	28	55.14 \pm 21.13	64.73 \pm 23.19	0.001*
	Therapy duration <3 mos	36	64.76 \pm 17.24	70.29 \pm 18.35	0.001*

FMA-UE: Fugl-Meyer assessment-upper extremity, K-MBI: Korea-modified Barthel index, MMSE-K: mini mental state examination-Korea.

Table 5. Univariate-Logistic Regression Analysis for the Group that Shown Clinically Important Changes in FMA-UE (≥ 5)

		FMA-UE ≥ 5		
		β	p	OR (95% CI)
Severity	FMA-UE ≥ 25	-0.76	0.29	0.54 (0.12~2.03)
Cognition function	MMSE-K ≥ 25	-0.13	0.83	0.91 (0.34~2.92)
Chronicity	Time since onset >6 mos	1.72	0.01	5.21 (1.43~19.42)*
Intensity	Repeats per times=1024	-0.83	0.35	0.43 (0.14~2.53)
Frequency	Times per week ≥ 3	0.74	0.24	2.02 (0.63~6.42)
Duration	Therapy duration ≥ 3 mos	-1.12	0.66	0.33 (0.12~1.13)

FMA-UE: Fugl-Meyer assessment-upper extremity, K-MBI: Korea-modified Barthel index, MMSE-K: mini mental state examination-Korea, β : estimated coefficient, CI: confidence interval, OR: odds ratio.

60.46 \pm 2.51, 치료 후 67.85 \pm 2.91; $p=0.001$ 로 역시 치료 전후의 의미 있는 변화가 있었다. InMotion2.0의 InMotion robot arm evaluation 결과 역시 smoothness, reach error, mean velocity, max velocity, path error에서는 유의확률이 모두 0.05미만으로 의미 있는 변화가 있었다 (Table 2).

발병 후 기간은 평균 6.7 (0~24)개월이었으며 InMotion2.0을 이용한 치료기간은 평균 2.18 (1~8)개월 이었고 치료횟수는 주당 평균 2.67 (1~5)회 이었다. 하위 그룹 분석 결과에서는 중증도, 인지기능, 치료의 기간 등에서는 모두 유의한 결과를 보여주었으나 치료의 강도 항목에서 로봇에 의해 움직인 횟수가 1,024회를 움직인 그룹에서만 유의한 결과를 보여주었다. 일상생활 동작 부분에서는 모든 하위그룹 분석 결과에서 의미 있는 결과를 보여 주었다(Table 3, 4).

분석결과 발병 후 치료기간이 FMA-UE의 점수 변화 5 점 정도의 의미 있는 예측인자였으며 오즈비(odds ratio, OR)를 통해 추정해보면 발병 후 6개월 이상의 그룹이 6개월 이하의 그룹보다 FMA-UE의 점수에서 5.2배 이상의 변화가 가능할 것이라고 볼 수 있을 것이다(Table 5).

고 찰

이 연구의 목적은 로봇 보조 상지 재활치료가 신경학적 상지 기능과 일상생활 동작에 미치는 정도를 분석하고 임상적으로 유의한 예측인자에 대해 알아보고자 하는 것이었다. 이 연구에서는 로봇 보조 상지 재활치료를 치료 전과 비교하여 상지 기능 및 일상생활 동작 수행에 호전이 있었음을 알 수 있었으며, 이는 치료의 강도 및 치료 기간에 따라 차이가 있음을 알 수 있었다. InMotion 2.0을 이용한 기존의 연구에서 Lo 등⁹은 1,024회의 반복 움직임이 상지의 기능에 효과가 있다고 보고하였는데 본 연구에서 역시 1,024회를 반복한 그룹에서만 유의한 결과를 볼 수

있었다. 예측인자에 대한 분석에서는 발병 후 6개월 이상의 그룹이 FMA-UE점수 변화에 유의 하다고 분석되었으나 MIT-MANUS를 이용한 이전 연구에 따르면 상지의 신경학적 회복 정도에서 FMA의 변화량은 고식적인 재활치료에 추가적인 로봇을 이용한 치료에서 Volpe 등^{10,19}은 67 \pm 10.2세의 30명 급성기 환자를 대상으로 Aisen 등²⁰은 58.5 \pm 8.3세의 10명의 급성기 환자를 대상으로 연구한 결과에서 각각 5.0 \pm 2.5과 14.1 \pm 9.7의 FMA-UE 점수 변화를 보였으며, Lo 등⁹은 64 \pm 11세의 49명을 대상으로 한 만성기 환자를 대상으로 한 연구에서는 1.1 \pm 5.1의 변화를 보인 것으로 보고 된 바 있어 본 연구와는 다른 결과를 보였으나 본 연구에서의 급성기 환자와 만성기 환자에 있어 치료강도에 대한 통제가 명확하지 않았다는 점에서 단순 비교는 불가할 것으로 사료된다. 치료의 강도에 관한 이전 연구에서는 Hsieh 등²¹에서 저 강도와 고강도를 각각 6명으로 나누어 만성기 환자를 대상으로 실시한 결과 저 강도는 FMA-UE의 점수 변화가 37.7에서 40.0이었으나 고강도는 44.0에서 49.3으로 변화하여 치료의 강도가 로봇을 이용한 상지 재활치료에 영향을 미치는 것으로 보고 된 바 있다.

로봇을 이용한 상지 재활치료는 일정한 시간에 고강도와 고 빈도의 치료를 제공할 수 있을 뿐만 아니라 화면을 통해 보여지는 프로그램 화면을 통해 과제지향적인 치료가 가능하고 컴퓨터가 실시간으로 환자의 치료 상황에 대해 피드백을 주어 쌍방향의 치료 효과를 뇌졸중으로 인한 편 마비 환자에게 제공할 수 있다는 점에서 상지 재활치료의 새로운 제안으로서 고려되고 있다. 이러한 장점은 신경가소성이 일어나기 위해서 필요한 많은 양의 집중된 훈련(high-dose intensive training)과 특화된 기능적 과제의 반복적 실행(repetitive practice of specific functional tasks)과도 부합될 뿐만 아니라 뇌졸중 재활에서 양 반응 관계(dose-response relationship)에 관련된 연구에서 밝히고 있는 신경학적 회복을 강화하기 위해서는 치료의 강도가 중

요한 요소²²라는 측면에서도 로봇을 이용한 상지 재활 치료가 충분한 대안이 될 수 있음을 보여주는 근거라고 할 수 있을 것이다.

뇌졸중 환자에서 로봇 보조 상지 재활치료의 임상적 결과의 분석에 의하며 상지 기능의 신경학적 회복 및 일상생활 활동작의 호전에 유의미한 변화가 있었다. 치료의 강도가 낮은 환자 군의 신경학적 회복 정도에서는 유의한 변화가 없었으며 상지 기능의 신경학적 회복에 영향을 미치는 요인으로서는 발병 후 6개월후 치료를 받은 그룹에서 통계학적으로 유의한 결과를 얻었다. 따라서 본 연구의 결과를 통해서 치료계획 수립 시 치료의 강도설정과 발병 후 기간에 맞는 환자의 선정이 치료에 도움이 될 것으로 판단된다.

이 연구는 몇가지 제한점을 가진다. 첫번째로 대조군이 없기 때문에 상지 및 기능적 호전이 자연적인 회복에 의한 것인지 치료의 효과에 의한 것인지 확인이 어렵다. 두번째로 치료의 강도를 무작위로 나눈 것이 아니므로 상지의 기능에 영향을 주는 운동신경망 손상의 기본적인 차이가 영향을 미쳤을 가능성을 배제할 수 없다. 세번째로 치료 시작 시기가 다양하여 이 연구에서 보여준 6개월 전 후의 치료 효과의 차이가 로봇 보조 상지 재활치료의 차이인지 뇌졸중 회복 과정의 차이인지 구분하기 어렵다. 이 연구는 2년간의 임상적 치료결과를 후향적으로 분석한 것으로 위의 문제점들에 대한 적절한 보완을 통한 전향적 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

뇌졸중 환자에서 로봇 보조 상지 재활치료후 상지 기능의 신경학적 회복 및 일상생활활동작의 호전에 유의미한 변화가 있었다. 로봇을 이용한 상지 재활치료 시 고강도 훈련과 발병 후 기간에 맞는 환자의 선정을 통해 보다 효율적인 치료에 도움이 될 것으로 생각된다.

References

- Go AS, Mozaffarian D, Roger VL, Benjamin EJ, Berry JD, Blaha MJ, Dai S, Ford ES, Fox CS, Franco S. Heart Disease and Stroke Statistics –2014 Update A Report From the American Heart Association. *Circulation*. 2014;129:e28-e292
- Shin MJ, Kim SH, Lee C-H, Shin Y-I. Optimal strategies of upper limb motor rehabilitation after stroke. *Brain & NeuroRehabilitation*. 2014;7:21-29
- Rabadi M, Galgano M, Lynch D, Akerman M, Lesser M, Volpe B. A pilot study of activity-based therapy in the arm motor recovery post stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil*. 2008;22:1071-1082
- Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet*. 2011;377:1693-1702
- Pekna M, Pekny M, Nilsson M. Modulation of neural plasticity as a basis for stroke rehabilitation. *Stroke*. 2012;43:2819-2828
- Wieloch T, Nikolich K. Mechanisms of neural plasticity following brain injury. *Current opinion in neurobiology*. 2006;16:258-264
- Zemke AC, Heagerty PJ, Lee C, Cramer SC. Motor cortex organization after stroke is related to side of stroke and level of recovery. *Stroke*. 2003;34:e23-e26
- Chang WH, Kim Y-H. Robot-assisted Therapy in Stroke Rehabilitation. *Journal of stroke*. 2013;15:174-181
- Lo AC, Guarino PD, Richards LG, Haselkorn JK, Wittenberg GF, Federman DG, Ringer RJ, Wagner TH, Krebs HI, Volpe BT, Bever CT, Jr., Bravata DM, Duncan PW, Corn BH, Maffucci AD, Nadeau SE, Conroy SS, Powell JM, Huang GD, Peduzzi P. Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *N Engl J Med*. 2010;362:1772-1783
- Kwakkel G, Kollen BJ, Krebs HI. Effects of robot-assisted therapy on upper limb recovery after stroke: a systematic review. *Neurorehabil Neural Repair*. 2008;22:111-121
- Gladstone DJ, Danells CJ, Black SE. The Fugl-Meyer assessment of motor recovery after stroke: a critical review of its measurement properties. *Neurorehabilitation and Neural Repair*. 2002;16:232-240
- Platz T, Pinkowski C, van Wijck F, Kim I-H, di Bella P, Johnson G. 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. *Clinical rehabilitation*. 2005;19:404-411
- Krebs HI, Krams M, Agrafiotis DK, DiBernardo A, Chavez JC, Littman GS, Yang E, Byttebier G, Dipietro L, Rykman A, McArthur K, Hajjar K, Lees KR, Volpe BT. Robotic measurement of arm movements after stroke establishes biomarkers of motor recovery. *Stroke*. 2014;45:200-204
- See J, Dodakian L, Chou C, Chan V, McKenzie A, Reinkensmeyer DJ, Cramer SC. A standardized approach to the Fugl-Meyer assessment and its implications for clinical trials. *Neurorehabil Neural Repair*. 2013;27:732-741
- Jung HY, Park BK, Shin HS, Kang YK, Pyun SB, Paik NJ, Kim SH, Kim TH, Han TR. Development of the Korean version of Modified

- Barthel Index (K-MBI): multi-center study for subjects with stroke. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine*. 2007; 31:283-297
- 16) Kwon YC, Park J-H. Korean version of Mini-Mental State Examination (MMSE-K). Part I: development of the test for the elderly. *J Korean Neuropsychiatr Assoc*. 1989;28:125-135
 - 17) Park J, Kwon Y. Standardization of Korean version of the Mini-Mental State Examination (MMSE-K) for use in the elderly: Part II. diagnostic validity. *J Korean Neuropsychiatr Assoc*. 1989;28:508-513
 - 18) Hsieh Y-w, Lin K-c, Wu C-y, Lien H-y, Chen J-l, Chen C-c, Chang W-h. Predicting Clinically Significant Changes in Motor and Functional Outcomes After Robot-Assisted Stroke Rehabilitation. *Archives of physical medicine and rehabilitation*. 2013
 - 19) Volpe BT, Krebs HI, Hogan N, Edelsteinn L, Diels CM, Aisen ML. Robot training enhanced motor outcome in patients with stroke maintained over 3 years. *Neurology*. 1999;53:1874-1876
 - 20) Norouzi-Gheidari N, Archambault PS, Fung J. Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: systematic review and meta-analysis of the literature. *J Rehabil Res Dev*. 2012;49:479-496
 - 21) Hsieh YW, Wu CY, Liao WW, Lin KC, Wu KY, Lee CY. Effects of treatment intensity in upper limb robot-assisted therapy for chronic stroke: a pilot randomized controlled trial. *Neurorehabil Neural Repair*. 2011;25:503-511
 - 22) Hsieh YW, Wu CY, Lin KC, Yao G, Wu KY, Chang YJ. Dose-response relationship of robot-assisted stroke motor rehabilitation: the impact of initial motor status. *Stroke*. 2012;43:2729-2734