

뇌졸중 환자에서 로봇보조치료 효과에 관한 체계적 고찰

박진혁*

*인제대학원대학교 보건경영학과 작업치료학전공

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자에서 로봇보조치료의 효과를 알아보기 위해 체계적 고찰을 통해 연구결과를 종합하고, 로봇보조치료에 관한 연구들을 비교하고 분석하고자 하는 것이다.

연구방법 : 2012년 6월부터 2012년 9월까지 외국학회지에 게재된 논문을 EMBASE, MEDLINE등을 통하여 검색하였다. 최종적으로 12개의 Randomized Controlled Trials(RCT) 논문을 대상으로 분석하였다.

결과 : 선정된 12편의 연구는 Pedro score 2~7점까지 다양했으며, 다양한 중재방법을 통하여 로봇보조치료의 효과를 극대화시키기 위한 연구들이 많았다. 주된 결과 측정도구로는 상지기능, 일상생활 활동 수행능력을 평가하는 도구가 사용되었다. 로봇보조치료의 결과로는 상지기능과 일상생활활동 수행능력에서 향상을 보이나 로봇보조치료군과 고식적인 재활치료군 사이에 유의한 차이는 보이지 않았다.

결론 : 로봇보조치료는 뇌졸중 환자에게 그 효과를 극대화시키기 위해 다양한 중재방법으로 적용되고 있으며, 중재방법에 따라 효과의 차이가 나는 것으로 나타났다. 본 연구는 로봇보조치료의 임상적 적용에 대한 근거를 제시하며, 향후 연구에서는 다양한 중재방법을 적용하여 로봇보조치료의 효과를 극대화할 수 있는 방법에 대한 연구가 필요하다.

주제어 : 뇌졸중, 로봇보조치료, 체계적 고찰

I. 서 론

뇌졸중은 뇌의 혈액공급 중단과 뇌 조직의 출혈로 인하여 뇌 세포의 괴사가 발생하여 부분적인 신경학적 손상을 유발하는 뇌혈관 질환이다(WHO, 2010). 뇌졸중 환자의 85% 이상은 편마비가 발생하며 그 중

69% 이상이 상지기능 손상을 가진다(Luke, Dodd, & Brock, 2004; Wolf et al., 2001).

뇌졸중 이후의 상지기능의 손상을 가진 대부분의 환자들은 독립적인 일상생활을 수행하는데 어려움을 보인다(Kwakkel, Kollen, van der Grond, & Prevo, 2003; Prange et al., 2009). 뇌졸중으로 인

한 상지기능의 회복은 하지에 비해 좋지 못하는데, 이것은 발병부위에 의한 것일 수도 있으며 상지가 하지에 비해 반복적인 운동의 기회가 적어 뇌의 재조직을 촉진할 기회가 적기 때문일 수도 있다(박병규와 양진환, 2003; Shumway-Cook & Woollacott, 2007).

Merians 등(2002)은 뇌졸중 후 편마비 환자의 효과적인 운동 기술 회복과 신경조직의 재구성을 위해서는 집중적인 훈련이 필수적이라고 하였다. 이러한 관점에서 편마비 환자의 상지기능을 향상시키기 위한 치료적 전략으로 마비측 상지의 집중적인 사용을 권장하는 치료방법들이 다양하게 연구되고 있다. 하지만 치료비용과 치료 환경의 제한으로 인하여 반복적이고 집중적인 치료에 어려움이 있다(Nef, Quinter, M ller, & Riener, 2009).

최근 급격한 기술 발전과 더불어 로봇보조치료가 뇌졸중 환자의 상지기능 향상을 위한 치료방법 중 하나로 제시되고 있다(Dobkin, 2004). NDT, 단일 반복 운동, 과제 지향적 치료 등의 고식적인 재활치료와 비교하여 로봇보조치료는 비용, 시간, 효율 측면에서 장점이 있는데, 로봇보조치료는 고식적인 재활 치료에 비해 장시간 동안 정밀하고 일관적인 치료를 제공할 수 있으며 간편하게 다양한 치료를 제공할 수 있다. 또한 매번 치료의 결과를 측정, 저장할 수도 있다(Bugar, Lum, Shor, & van der Loos, 2000; Fasoli, Krebs, Stein, & Hogan, 2004; Norouzi-Gheidari, Archambault, & Fung, 2012; Reinkensmeyer, Emken, & Cramer, 2004; Volpe et al., 2005). 그리고 무엇보다 더 로봇보조치료는 환자가 더욱 독립적으로 훈련이 가능케 하며, 치료사의 체력적인 부담을 덜어줄 수 있다(Kwakkel, Kollen, & Krebs, 2008).

강도 높은 반복적인 움직임은 기능 회복에 도움이 된다는 명백한 근거가 있다(Kwakkel, Kollen, & Lindeman, 2004; Butefisch, Humelsheim, Denzler, & Mauritz, 1995). 로봇보조치료는 이를 가능케 하며(Kwakkel et al., 2008), 또한 뇌졸중 환자의 상지기능 및 일상생활동작 향상에 로봇보조치료의 효과는 많은 연구에서 밝혀지고 있다(Prange,

Jannink, Groothuis-Oudshoorn, Hermens, & Ijzerman, 2006).

이처럼 로봇보조치료에 대한 연구들이 많이 이루어져 왔으나 무작위 임상실험설계(Randomized Controlled Trials; RCT) 연구에 사용된 로봇은 Massachusetts Institute of Technology (MIT)-Manus(Krebs, Hogan, Aisen, & Volpe, 1998; Krebs, Volpe, Aisen, & Hogan, 2000), Assisted Rehabilitation and Measurement(ARM) Guide (Reinkensmeyer et al., 2000), Mirror Image Motion Enabler (MIME) (Bugar et al., 2000; Lum, Bugar, & Shor, 2004), In Motion Shoulder-Elbow Robot(Daly et al., 2005), Bi-Manu-Track (Basmajian et al., 1987) 5개이며, 무작위 임상실험 설계 연구 또한 부족해 아직 로봇보조치료에 대한 명백한 근거는 부족한 실정이다. 또한 기존의 다른 연구들에서 로봇보조치료가 고식적인 재활치료와 비교하여 뛰어난 점을 밝히지 못하였다(Logigian, Samuels, Falconer, & Zagar, 1983; Wagenaar et al., 1990; Wolf, LeCraw, & Barton, 1989; Butefisch et al., 1995; Prange et al., 2006; Norouzi-Gheidari et al, 2012).

이처럼 기술발전과 함께 최근 뇌졸중 환자에서 로봇보조치료의 효과에 대한 연구가 국내외에서 지속적으로 이루어지고 있으나 국내에서는 로봇보조치료에 대한 연구들의 양이 적을 뿐만 아니라 무작위 임상실험설계의 연구는 찾아보기 힘들다. 이에 본 연구는 현재까지 뇌졸중 환자에서 로봇보조치료의 효과와 관련된 국외 연구를 분석하고 근거를 제시하는 체계적인 방법을 사용하였다. 따라서 본 연구의 결과는 국내에서 로봇보조치료 계획 시 도움이 될 수 있는 정보 제공과 앞으로의 연구 방향을 정하는데 근거를 제시할 수 있을 것이다.

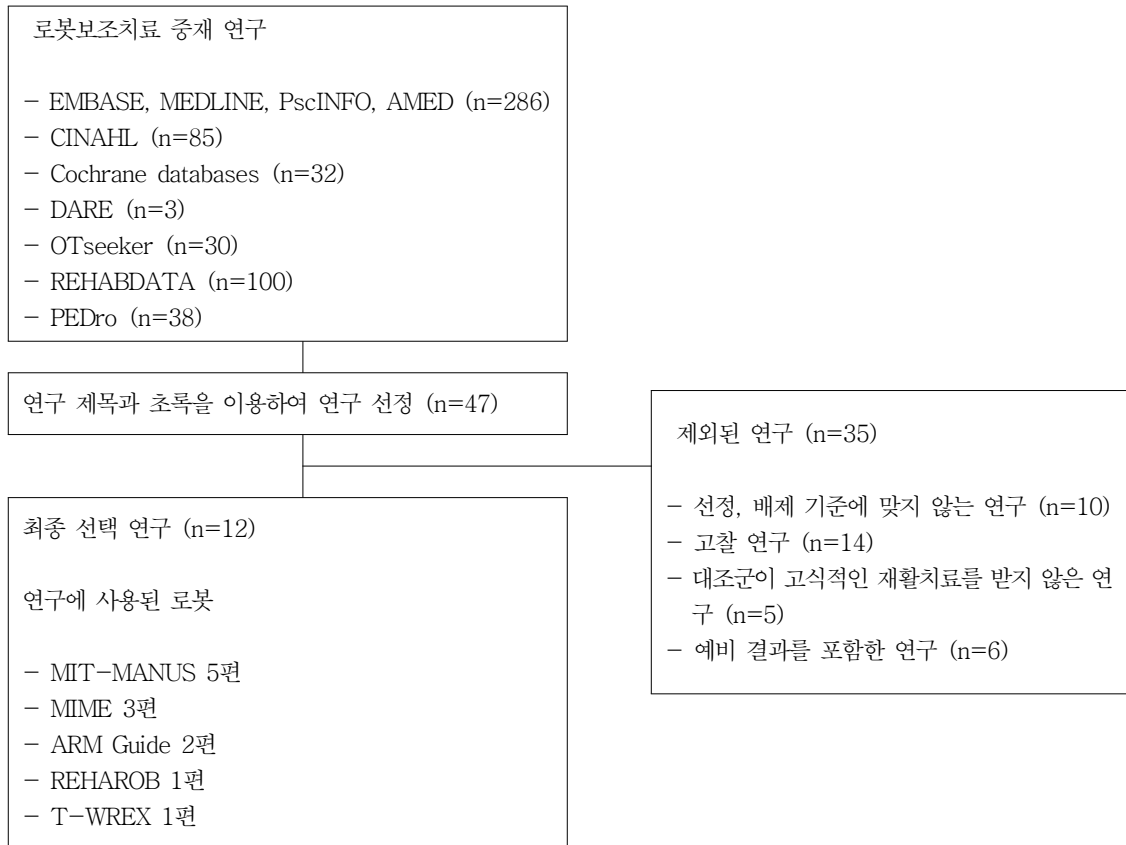


그림 1. 자료 수집 절차

II. 연구 방법

1. 자료 수집 및 분석 대상

본 연구는 2012년 6월 10일부터 2012년 9월 1일까지 로봇보조치료와 관련된 연구 동향을 분석하기 위해 EMBASE, MEDLINE, PsycINFO, CINAHL, AMED, DARE, Cochrane, OTseeker, REHABDATA, PEDro를 이용하여 자료를 수집하였다. 주요 검색어(key words)는 ‘cerebral vascular accident’, ‘cerebral vascular disorders’, ‘stroke’, ‘paresis’, ‘hemiplegia’, ‘upper extremity’, ‘arm’, ‘robot*’을 사용하여 검색하였다. 그 결과 총 574개의 논문이 검색되었다. 두 명의 작업치료사가 1차적으로 초록을

사용하여 분석한 결과 47개의 연구를 선정하였다. 직접 연구를 읽고 포함 및 배제기준에 근거하여 총 12개의 연구를 선정하였다(그림 1). 선정된 연구의 정확성 및 누락 가능성에 대해 한 명의 다른 연구 참여자가 확인하였다.

1) 포함기준

- (1) 대상자가 성인 뇌졸중 환자인 연구
- (2) 뇌졸중 환자의 재활을 위해 로봇보조치료의 효과를 보고한 연구
- (3) 상지 기능 및 일상생활동작 결과를 제시한 연구
- (4) 무작위 임상실험설계 연구
- (5) 대조군이 고식적인 재활치료를 받은 연구

표 1. 방법론적 질 평가를 위한 기준

기준	여부	
	예	아니오
1. 연구 참여자를 실험군과 대조군으로 무작위로 할당하였나?		
2. 할당은 비밀로 하였나?		
3. 그룹 간에 결과 지표에 대한 기초선이 측정되었나?		
4. 대상자들에게 맹검법을 실시하였나?		
5. 치료사에게 맹검법을 실시하였나?		
6. 평가 담당자에게 맹검법을 실시하였나?		
7. 적어도 하나의 중요한 결과를 측정하였나? (처음 할당된 대상자 수의 85% 이상을 대상으로 해야 한다)		
8. 계획했던 치료와 분석이 제대로 이루어졌는가?		
9. 그룹 간 결과에 대해 통계적으로 비교하였나?		
10. 결과에 대해 효과 크기 측정과 그 측정에 대한 변수를 제공하였나?		

2) 배제기준

- (1) 서로 다른 로봇을 사용하여 비교한 연구
- (2) 외과적인 수술이나 의학적인 처치가 사용된 연구
- (3) 전, 후 비교 연구
- (4) 영어로 쓰이지 않은 연구

각각의 로봇에 따라 각 그룹에 포함되었고, 뇌졸중에 의한 급성기와 만성기 환자로 모두 다양하게 나누어져 연구되었다. 연구 대상자들은 남자가 여자보다 많았으며, 연령은 50대에서 60대가 주를 이루었다. 연구 대상자에 관한 일반적 특성은 (표 2)와 같다.

2. 분석방법

본 연구에서 최종적으로 선정된 12편의 연구에 대한 질적 평가를 위해 두 명의 작업치료사가 PEDro score의 10가지 내부 타당도 항목을 사용하였다(표 1). 대상자수, 발병기간, 성별, 연령 등과 같은 연구 대상자의 일반적인 특징과 중재 특성 및 방법과 결과 등에 관한 연구 특성을 체계적으로 분석하였다.

2. 대상 연구의 근거에 대한 질적 수준

반복적인 읽기와 분석을 통해 연구 참여자 3명 중 2명의 동의를 구한 경우로 EBRSR에서 제시하는 Pedro score 점수를 기준으로 연구의 질을 평가하였다. 12편의 연구에 대한 질적 수준은 아래와 같다(표 3). 12편의 연구 모두 무작위 실험 연구에 해당하였으며, PEDro score의 범위는 최저 2점에서 최고 7점이며, 평균 5.4점이었다.

III. 연구 결과

1. 연구 대상자에 관한 일반적 특성

총 12편의 연구를 통해 로봇보조치료에 대한 효과를 분석하였다. 각 연구에서는 6명에서 49명의 대상자가

3. 로봇보조치료를 사용한 연구의 특성

본 연구에서 분석한 12편의 연구의 특성은 연구자, 게재년도, 중재방법과 시간, 결과로 분류하여 표 4에 제시하였다. 분석한 연구의 세부적인 중재방법에서 실험군은 로봇보조치료를 사용하고, 대조군에서는

NDT, 단일 반복 운동, 과제 지향적 치료의 고식적인 재활치료를 사용하였다. 로봇보조치료의 중재 회별 적용시간은 45분에서 220분으로 다양하였다.

중재방법에서 MIT-Manus를 이용한 연구가 12개 중 5개(41.7%)로 가장 많았고, 그 다음은 MIME 3개(25.0%), ARM Guide 2개(16.7%), REHAROB, T-WREX가 각각 1개(8.3%)였다.

중재 효과를 평가하기 위해 사용된 도구는 상지 기능을 평가하는 Fugl-Meyer Assessment of Upper Extremity, Chedoke-McMaster, Wolf Motor Function Test를 사용하였으며, 일상생활활동 평가로는 Functional Independence Measure 운동활동 지표를 평가하는 Motor Activity Log 신체적 상태를 평가하는 Modified Ashworth Scale을 사용하였다.

MIT-Manus를 이용하여 총 5편의 연구가 진행되었으며, 그 중 3편은 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였고 나머지 2편은 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구였다. 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하는 상지기능이 증진되어 효과적이라는 결과를 가졌다. 그러나 3편의 연구 모두 F-M 항목에서 실험군과 대조군 간의 유의한 차이는 없었으며, FIM 항목에서는 1편의 연구에서만 실험군이 대조군 보다 유의하게 향상되었다(Aisen, Krebs, Hogan, McDowell, & Volpe, 1997; Rabadi et al., 2008; Volpe et al., 2008; Volpe et al., 2000). 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 한 2편의 연구 결과 두 그룹 모두 상지기능의 효과는 있었지만, 실험군 대조군 간의 유의한 차이는 없었다(Lo et al., 2010; Volpe et al., 2008).

MIME을 이용한 연구는 총 3편이며, 그 중 1편은 급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였고 나머지 2편은 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 3편의 연구 모두 실험군에서 F-M의 Sh/El 항목 점수가 대조군에 비해 유의하게 향상되었으며, FIM에서는 두 그룹 간의 유의한 차이는 없었다(Burgar et al., 2000; Lum, Bugar, Shor, Majmundar, & van der Loos, 2002; Lum et al., 2006).

ARM Guide를 이용한 연구는 총 2편이며, 2편 모두 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. Kahn,

Averbuch, Rymer와 Reinkensmeyer(2001)의 연구에서는 두 그룹 간의 ChMcM에서 유의한 차이는 없었다. 대상자를 달리한 Kahn, Zygmien, Rymer와 Reinkensmeyer(2006)의 연구에서는 실험군이 대조군에 비해 ChMcM의 유의한 향상을 보였다.

REHAROB을 이용한 연구는 1편이며, 대상자에 대해서는 자세한 내용이 기술되어 있지 않았다. 연구 결과 F-M, FIM에서 두 그룹 모두 유의한 향상을 보였지만 그룹 간 우월성을 판별할 수 없었고, 실험군에서 Shoulder adductor와 Elbow flexor의 MAS 등급의 감소는 대조군보다 유의하였다(Fazekas, Horvath, Troznai, & Toth, 2007).

T-WREX를 이용한 연구는 1편이며, 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하였다. 연구 결과 F-M, FIM에서 두 그룹 간의 유의한 차이는 없었다(Housman, Scott, & Reinkensmeyer, 2009).

12편의 연구에서는 로봇보조치료의 효과를 극대화시키기 위한 노력으로 중재방법의 다양화를 보이고 있었다. 전반적인 중재방법에서는 로봇보조치료만 적용한 연구와 고식적인 재활치료와 로봇보조치료를 같이 적용한 연구도 있었으며 Volpe 등(2000)의 연구에서는 고식적인 재활치료와 로봇보조치료를 같이 적용하는 것이 더욱 효과적이라고 하였다. 또한 로봇보조치료 프로그램의 다른 중재방법으로는 능동저항 운동과 능동보조운동을 조합해 시행한 연구, 수동운동을 시행한 연구, 능동보조운동을 시행한 연구가 있었으며 각 연구결과의 차이점은 없었다. 그리고 대조군에 비해 실험군의 중재 시간을 더 많이 하여 진행한 연구도 있었으며, 중재 시간을 동일하게 진행한 다른 연구에 비해 로봇보조치료 효과의 차이가 있는 것으로 보였다.

종합적으로 로봇보조치료 연구 결과 모든 연구에서 상지기능 및 일상생활활동의 향상을 보고하였다. 그러나 12편의 연구 중 적어도 하나의 평가에서 실험군이 대조군보다 유의한 향상을 보고한 연구는 7편(58.3%), 통계적으로 유의하지 못한 연구는 5편(41.7%)이 있었다.

표 2. 대상자의 일반적인 정보

연구	N(명)		평균 발병기간				남/여			평균 나이(년)			비장애 유형	로봇
	E	C	E	C	C	E	C	E	C	E	C			
Aisen et al., 1997	10	10	2.8주	3.3주	5/5	6/4	58.5	63.3	급성기	MIT-Manus				
Burgar et al., 2000	11	10	26.5개월	26.4개월	9/2	5/5	64.6	63.3	만성기	MIME				
Volpe et al., 2000	30	26	14일	15.8일	14/16	14/12	62	67	급성기	MIT-Manus				
Kahn et al., 2001	6	4	-	-	-	-	-	-	만성기	ARM Guide				
Lum et al., 2002	13	14	30개월	28.8개월	12/1	8/6	63.2	65.9	만성기	MIME				
Kahn et al., 2006	10	9	6년	8년	4/6	7/2	55.6	55.9	만성기	ARM Guide				
Lum et al., 2006	10	6	13주	10주	9/1	4/2	62.3	59.9	아급성기	MIME				
Fazekas et al., 2007	15	15	23개월	9개월	7/8	10/5	56.6	55.9	-	REHAROB				
Rabadi et al., 2008	10	10	19일	22일	5/5	5/5	79.5	67.8	급성기	MIT-Manus				
Volpe et al., 2008	11	10	35주	40주	8/3	7/3	62	60	만성기	MIT-Manus				
Housman et al., 2009	14	14	7년	9년	11/3	7/7	54.2	56.4	만성기	T-WREX				
Lo et al., 2010	49	50	3.6개월	4.8개월	47/2	48/2	66	64	만성기	MIT-Manus				

E : 실험군, C : 대조군
 - : 자세한 언급이 없음.

표 3. PEDro scale을 이용한 연구 질 평가

연구	기준										PEDro 합계
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Aisen et al., 1997	예	아니오	예	예	아니오	예	아니오	아니오	예	예	6
Burgar et al., 2000	예	아니오	예	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	6
Volpe et al., 2000	예	아니오	예	예	아니오	예	예	아니오	예	예	7
Kahn et al., 2001	예	아니오	예	아니오	아니오	예	아니오	아니오	예	예	5
Lum et al., 2002	예	아니오	예	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	6
Kahn et al., 2006	예	아니오	예	아니오	아니오	예	아니오	아니오	예	예	5
Lum et al., 2006	예	아니오	아니오	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	5
Fazekas et al., 2007	예	아니오	아니오	아니오	아니오	예	아니오	아니오	아니오	아니오	2
Rabadi et al., 2008	예	아니오	아니오	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	6
Volpe et al., 2008	예	아니오	예	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	6
Housman et al., 2009	예	아니오	예	아니오	아니오	예	아니오	아니오	예	예	5
Lo et al., 2010	예	아니오	예	아니오	아니오	예	예	아니오	예	예	6

표 4. 로봇보조치료의 연구 분석

연구	중재방법 (E vs C)	프로그램	중재시간 (분)		평가	결과	
			E	C			
1	CT +RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동	자세히 기술 되어 있지 는 않지만 실험군이 대 조군에 비해 1주에 4~5 시간 치료를 더 받았다.	60	60	F-M, FIM	두 그룹에서 F-M의 Sh/EI 항목 점수가 유의하게 증가하였 으나 그룹 간의 차이는 없었다. FIM의 motor 항목 점수에 서 실험군이 대조군보다 유의하게 향상되었다.
2	RT vs NDT	수동운동		60	60	F-M, FIM	실험군에서 F-M의 Sh/EI 항목 점수가 대조군에 비해 유의 하게 향상되었다. FIM에서는 두 그룹 간의 유의한 차이는 없었다.
3	CT + RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동		120	60	F-M, FIM	두 그룹 간 F-M 점수의 유의한 차이가 없었다. FIM에서는 실험군이 대조군보다 유의하게 향상 되었다.
4	RT vs CT	능동보조운동		-	-	ChMcM	두 그룹 간의 유의한 차이가 없었다.
5	RT vs NDT	수동운동		50	50	F-M, FIM	실험군에서 F-M의 Sh/EI 항목 점수가 대조군에 비해 유의 하게 향상되었다. FIM에서는 두 그룹 간의 유의한 차이는 없었다.
6	RT vs CT	능동보조운동		45	45	ChMcM	실험군이 대조군보다 유의하게 향상 되었다.
7	RT vs NDT	수동운동		60	60	F-M, FIM	실험군에서 F-M의 Sh/EI의 항목 점수가 대조군에 비해 유 의하게 향상되었다. FIM에서는 두 그룹 간의 유의한 차이는 없었다.

표 4. 로봇보조치료의 연구 분석(계속)

연구	중재방법 (E vs C)	프로그램	중재시간 (분)		평가	결과
			E	C		
8	RT + NDT vs NDT	수동운동	60	30	F-M, FIM, MAS	두 그룹에서 F-M의 Sh/EI, FIM에서의 유의한 향상을 보였으나, 그룹 간의 차이는 없었다. 실험군에서 Shoulder adductor와 Elbow flexor의 MAS 등급의 감소는 대조군보다 유의하였다.
9	CT + RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동	220	220	F-M, FIM	두 그룹에서 유의하게 향상되었다. 그룹 간의 유의한 차이는 없었다.
10	RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동	60	60	F-M	두 그룹에서 F-M의 Sh/EI 항목 점수가 유의하게 향상되었다. 그룹 간의 유의한 차이는 없었다.
11	RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동	60	60	F-M, MAL	두 그룹 간의 유의한 차이가 없었다.
12	RT vs CT	능동저항운동+ 능동보조운동	60	60	F-M, WMFT	두 그룹 간의 유의한 차이가 없었다.

1 : Aisen et al., 1997, 2 : Burgar et al., 2000, 3 : Volpe et al., 2000, 4 : Kahn et al., 2001, 5 : Lum et al., 2002, 6 : Kahn et al., 2006
7 : Lum et al., 2006, 8 : Fazeakas et al., 2007, 9 : Rabadi et al., 2008, 10 : Volpe et al., 2008, 11 : Housman et al., 2009, 12 : Lo et al., 2010
ChMcM : Chedoke-McMaster, CT : Conventional therapy, EI : Elbow, FIM : Functional Independence Measure, F-M : Fugl-Meyer, MAS : Modified Ashworth Scale, MAL : Motor Activity Log, NDT : Neurodevelopmental therapy, RT : Robot-assisted therapy, WMFT : Wolf Motor Function Test

IV. 고찰

본 연구에서는 뇌졸중 환자에서 로봇보조치료에 관한 중재효과의 체계적인 고찰을 통하여 연구 대상자의 특성과 고식적인 재활치료와 비교한 로봇보조치료 효과에 대해 알아보았다. 최근 기술의 발전과 더불어 뇌졸중 환자에게 임상적으로 널리 사용되고 있는 로봇보조치료는 다양한 중재방법을 통하여 연구에 적용이 되고 있었다. 특히, 고식적인 재활치료와 더불어 적용하는 로봇보조치료는 상지기능 향상을 촉진하고 치료효과를 극대화 할 수 있었다(Norouzi-Gheidari et al., 2012).

대다수의 뇌졸중 환자들은 상지의 손상을 보인다. 이러한 손상은 일상생활로의 복귀에 가장 큰 걸림돌이 되며, 회복을 위한 가장 큰 요소 중 하나이다(De Kroon, IJzerman, Lankhorst, & Zilvold, 2004). 로봇보조치료는 손상된 상지의 기능적인 회복을 위한 치료 전략의 하나이며, 많은 연구자들은 상지 재활을 위한 로봇들을 많이 개발해왔다. 하지만 아직 근거가 많이 부족하고 최선의 전략을 위한 로봇보조치료의 중재법에서 많은 문제점과 지속적인 연구가 필요하다(Prange et al., 2006).

로봇보조치료를 사용한 여러 가지 연구들을 비교한 결과 상지기능 향상에 효과적인 것으로 보이며, 고식적인 재활치료만을 사용하는 것보다 로봇보조치료를 병행하는 것이 그 효과를 극대화 할 수 있었다(Kwakkel et al., 2008; Norouzi-Gheidari et al., 2012). 하지만 로봇보조치료의 효과는 어깨, 팔꿈치 등의 상지 근위부에 한정되었으며, 원위부에서는 실험군과 대조군 사이의 유의한 차이가 없었다(Lum et al., 2006; Lum et al., 2002; Masiero, Celia, Rosati, & Armani, 2007). 이는 본 연구에서 고찰한 연구들의 로봇들이 상지의 근위부에 초점을 맞춘 것이 대다수였기 때문이다.

로봇보조치료의 효과는 급성기 뇌졸중 환자뿐만 아니라 만성기 뇌졸중 환자에게도 나타났다. 본 연구에 포함된 만성기 뇌졸중 환자 대상의 연구는 6편으로 적은 수로써 일반화 하기는 어렵다. 하지만 뇌졸중

이후 3~6개월 사이에 회복이 거의 이루어진다는 점에서(Hendricks, Van Limbeek, Geurts, & Zwarts, 2002) 만성기 뇌졸중 환자의 로봇보조치료 효과는 기존의 만성기 뇌졸중 환자들의 기능향상을 보고한 연구(Page, Gater, & Bach-Y-Rita, 2004)와 일치하며 의미 있는 것으로 보인다.

본 연구에서 고찰한 연구 중 3편은 실험군과 대조군의 치료 시간을 각각 달리 하였다(Aisen et al., 1997; Volpe, Krebs, Hogan, Edelstein, Diels, & Aisen, 2000; Fazekas et al., 2007). 3편의 연구에서는 로봇보조치료를 받는 실험군이 고식적인 재활치료를 받은 대조군보다 더 많은 시간의 치료를 받았다. 높은 강도의 치료는 낮은 강도의 치료보다 더 좋은 효과를 보일 수 있다(Kwakkel, Wagenaar, Twisk, Lankhorst, & Koetsier, 1999; Platz, 2003). 하지만 나머지 9편의 연구에서는 실험군과 대조군이 같은 시간의 치료를 받았으며, 각 평가항목에서 실험군이 대조군 보다 유의하게 향상된 연구도 있었다(Volpe et al., 2008; Bugar et al., 2000; Lum et al., 2002; Lum et al., 2006; Kahn, et al., 2006).

일반적으로 뇌졸중 이후 운동 기능이 좋을수록 일반적인 재활치료가 최대의 효과를 낼 수 있다고 하였고(Broeks, Lankhorst, Rumping, & Prevo, 1999), 로봇보조치료도 마찬가지로 초기 운동 기능이 좋을수록 최대의 치료 효과를 낼 수 있다고 하였다(Takahashi, Der-Yeghiaian, Le, & Cramer, 2008). 본 연구에서도 동일한 로봇을 사용한 Kahn 등(2001) 연구와 Kahn 등(2006) 연구를 비교해 보면 초기 운동 기능이 더 좋았던 Kahn 등(2006) 연구에서 ChMcM 점수가 실험군이 대조군보다 유의하게 향상됨을 확인 할 수 있었다.

상지의 원위부인 손과 손목의 적절한 움직임은 일상생활활동에 있어서 중요한 요소이며, Functional Independence Measure는 일상생활활동을 평가할 수 있는 도구 중 하나이다(Prange et al., 2006). 하지만 본 연구에서 분석한 연구들의 대부분은 상지의 근위부인 어깨, 팔꿈치에 초점을 맞춘 로봇들을 사용

하였다. 그 결과, 12편의 연구 중에서 2편만이 FIM 점수에서 실험군이 대조군보다 유의하게 향상됨을 확인할 수 있었다(Aisen et al., 1997; Volpe et al., 2000). 기존의 로봇보조치료는 일상생활활동 수행능력보다는 기능 회복을 초점을 맞춰왔다(Norouzi-Gheidari et al., 2012). 따라서 추후 개발되는 로봇은 상지의 근위부뿐만 아니라 원위부에도 초점을 맞추며, 일상생활활동 수행능력도 향상시킬 수 있는 로봇이 개발되어야 할 것이다.

로봇보조치료에 사용되는 프로그램은 다양하지만 크게 수동운동, 능동보조운동, 능동저항운동 3가지로 구성되어 있다. Fasoli, Krebs, Stein, Frontera과 Hogan(2003)의 연구에서는 능동저항운동과 능동보조운동의 차이를 비교하였으며, 능동저항운동이 더 효과가 있었다. 또 Stein 등(2004)의 연구에서도 마찬가지로 능동저항운동과 능동보조운동의 차이를 비교하였으나 다른 점을 밝히지 못하였다. 본 연구에서도 서로 다른 프로그램을 사용하였고 치료 효과도 각각 달랐다. Prange 등(2006)은 아직은 각각의 중재방법의 효과 차이는 불분명하다고 하였다.

이와 같이 아직 로봇보조치료의 효과는 기존의 고식적인 재활치료에 비해 크게 다른 점이 없음을 확인할 수 있었다. 그러나 기존의 고식적인 재활치료에 비해 로봇보조치료는 강도 높고 정확한 훈련을 치료사의 체력적인 부담 없이 제공할 수 있다는 큰 장점이 있다. 그리고 다양한 프로그램을 제공함으로써 환자들에게 동기부여를 하여 치료 참여도를 이끌어 낼 수 있다(Norouzi-Gheidari et al., 2012).

로봇보조치료의 효과는 중재방법의 다양성에 따라서 효과가 차이나는 것을 체계적 고찰을 통해 알 수 있었다. 하지만 아직 최적의 중재방법을 명백히 밝히지 못해 다양한 중재방법을 적용한 연구를 통해 로봇보조치료 효과를 극대화 할 수 있는 방법을 찾을 필요가 있다. 국외에 비해 국내의 로봇보조치료의 연구는 활발히 이루어지지 못하고 있다. 앞으로 국내 작업치료 연구에서도 뇌졸중 환자에서 다양한 중재방법을 통해 로봇보조치료의 활용이 필요하다.

V. 결 론

본 연구는 뇌졸중 환자에서 로봇보조치료의 효과에 대해 체계적 고찰을 통해 연구 대상자의 특성과 연구의 중재 특성에 대해 알아보았다. 최근 기술발전과 더불어 많은 관심을 받고 있는 로봇보조치료는 뇌졸중 환자에게 다양한 방법으로 연구에 적용되고 있었다. 또한 각 로봇의 특성과 프로그램에 따라 효과의 차이가 나는 것으로 보였다.

참 고 문 헌

- 박병규, 양진환. (2003). 뇌졸중 환자의 상지 운동기능 회복양상. *대한뇌졸중학회지*, 5(1), 89-95.
- Aisen, M. L., Krebs, H. I., Hogan, N., McDowell, F., & Volpe, B. T. (1997). The effect of robot-assisted therapy and rehabilitative training on motor recovery following stroke. *Archives of Neurology*, 54(4), 443-446.
- Basmajian, J. V., Gowland, C. A., Finlayson, A. J., Hall, A. L., Swanson, L. R., & Stratford, P. W. (1987). Stroke treatment: Comparison of integrated behavioural physical therapy vs. traditional physical therapy programs. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 68(5), 276-272.
- Broeks, J. G., Lankhorst, G. J., Rumping, K., & Prevo, A. J. (1999). The long-term outcome of arm function after stroke: Results of a follow-up study. *Disability and Rehabilitation*, 21(8), 357-364.
- Bugar, C. G., Lum, P. S., Shor, P. C., & van der Loos, H. M. (2000). Development of robots for rehabilitation therapy: The Palo Alto VA/Stanford experience. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(6), 663-673.

- Butefisch, C., Humelsheim, H., Denzler, P., & Mauritz, K. H. (1995). Repetitive training of isolated movements improves the outcome of motor rehabilitation of the centrally paretic hand. *Journal of the Neurological Science*, *130*(1), 56–68.
- 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.
- De Kroon, J. R., IJzerman, M. J., Lankhorst, G. J., & Zilvold, G. (2004). Electrical stimulation of the upper limb in stroke: Stimulation of the extensors of the hand vs. alternate stimulation of flexors and extensors. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *83*(8), 592–600.
- Dobkin, B. H. (2004). Strategies for stroke rehabilitation. *Lancet Neurology*, *3*(9), 528–536.
- Fasoli, S. E., Krebs, H. I., Stein, J., Frontera, W. R., & Hogan, N. (2003). Effects of robotic therapy on motor impairment and recovery in chronic stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *84*(4), 477–482.
- Fasoli, S. E., Krebs, H. I., Stein, J., & Hogan, N. (2004). Robotic technology and stroke rehabilitation: Translating research into practice. *Topic in Stroke Rehabilitation*, *11*(4), 11–19.
- 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: <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0087>
- Hendricks, H. S., Van Limbeek, J., Geurts, A. C., & Zwarts, M. J. (2002). Motor recovery after stroke: A systematic review of the literature. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, *83*(11), 1629–1637.
- Housman, S. J., Scott, K. M., & Reinkensmeyer, D. J. (2009). A randomized controlled trial of gravity-supported, computer-enhanced arm exercise for individuals with severe hemiparesis. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, *23*(5), 505–514. doi: 10.1177/1545968308331148
- Kahn, L. E., Averbuch, M., Rymer, W. Z., & Reinkensmeyer, D. J. (2001). Comparison of robot-assisted reaching to free reaching in promoting recovery from chronic stroke. *In Proceedings of the International Conference on Rehabilitation Robotics* (pp. 39–44). Amsterdam, The Netherlands: IOS Press
- Kahn, L. E., Zygmant, M. L., 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.
- Krebs, H. I., Hogan, N., Aisen, M. L., & Volpe, B. T. (1998). Robot-aided neurorehabilitation. *IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering*, *6*(1), 75–87.
- Krebs, H. I., Volpe, B. T., Aisen, M. L., & Hogan, N. (2000). Increasing productivity and quality of care: Robot-aided neu-

- ro-rehabilitation. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(6), 639–652.
- 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
- Kwakkel, G., Kollen, B., & Lindeman, E. (2004). Understanding the pattern of functional recovery after stroke: Facts and theories. *Restorative Neurology and Neuroscience*, 22(3–5), 281–299.
- Kwakkel, G., Kollen, B. J., van der Groot, 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.
- Kwakkel, G., Wagenaar, R. C., Twisk, J. W., Lankhorst, G. J., & Koetsier, J. C. (1999). Intensity of leg and arm training after primary middle-cerebral-artery stroke: A randomized trial. *Lancet*, 354(9174), 191–196.
- Lo, A. C., Guarino, P. D., Richards, L. G., Haselkorn, J. K., Wittenberg, G. F., Federman, D. G., ... Peduzzi, P. (2010). Robot-assisted therapy for long-term upper-limb impairment after stroke. *The New England Journal of Medicine*, 362(19), 1772–1783.
- Logigian, M. K., Samuels, M. A., Falconer, J., & Zagar, R. (1983). Clinical exercise trial for stroke subjects. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 64(8), 364–367.
- Luke, C., Dodd, K. J., & Brock, K. (2004). Outcomes of the Bobath concept on upper limb recovery following stroke. *Clinical Rehabilitation*, 18(8), 888–898.
- Lum, P. S., Bugar, C. G., Shor, P. C., Majmundar, M., & van der Loos, M. (2002). Robot-assisted movement training compared with conventional therapy techniques for the rehabilitation of upper-limb motor function after stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 83(7), 952–959.
- Lum, P. S., Bugar, C. G., & Shor, P. C. (2004). Evidence for improved muscle activation patterns after retraining of reaching movements with the MIME robotic system in subjects with post-stroke hemiparesis. *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 12(2), 186–194.
- Lum, P. S., Bugar, C. G., van der Loos, M., Shor, P. C., Majmundar, M., & Yap, R. (2006). MIME robotic device for upper limb neurorehabilitation in subacute stroke subjects: A follow-up study. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 43(5), 631–642.
- Masiero, S., Celia, A., Rosati, G., Armani, M. (2007). Robotic-assisted rehabilitation of the upper limb after acute stroke. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 88(2), 142–149.
- Merians, A. S., Jack, D., Boian, R., Tremaine, M., Burdea, G. C., Adamovich, S. V., ... Poizner, H. (2002). Virtual reality-augmented rehabilitation for patients following stroke. *Physical Therapy*, 82(9), 898–915.
- Nef, T., Quinter, G., Moller, R., & Reiner, R. (2009). Effects of arm training with the robotic device ARMin I in chronic stroke: Three single case. *Neurodegenerative*

- Diseases*, 6(5–6), 240–251. doi:10.1159/000262444
- Norouzi-Gheidari, N., Archambault, P. S., & Fung, J. (2012). Effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs: Systematic review and meta-analysis of the literature. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 49(4), 479–496.
- Page, S. J., Gater, D. R., & Bach-Y-Rita, P. (2004). Reconsidering the motor recovery plateau in stroke rehabilitation. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 85(8), 1377–1381. doi:10.1016/j.apmr.2003.12.031
- Platz, T. (2003). Evidence-based rehabilitation of the arm—A systematic review of the literature. *Nervenarzt*, 74(10), 841–849.
- Prange, G. B., Jannink, M. J., Groothuis-Oudshoorns, 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.
- Prange, G. B., Jannink, M. J., Stienen, A. H., van der Kooij, H., Ijzerman, M. J., & Hermens, H. J. (2009). Influence of gravity compensation on muscle activation patterns during different temporal phases of arm movements of stroke patients. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 23(5), 478–485. doi:10.1177/1545968308328720
- Rabadi, M. H., Galgagno, M., Lynch, D., Akerman, M., Lesser, M., & Volpe, B. T. (2008). A pilot study of activity-based therapy in the arm motor recovery post stroke: A randomized controlled trial. *Clinical Rehabilitation*, 22(12), 1071–1082. doi:10.1177/0269215508095358
- Reinkensmeyer, D. J., Emken, J. L., & Cramer, S. C. (2004). Robotics, motor learning, and neurologic recovery. *Annual Review of Biomedical Engineering*, 6, 497–525.
- Reinkensmeyer, D. J., Kahn, L. E., Averbuch, M., McKenna-Cole, A. N., Schmit, B. D., & Rymer, W. Z. (2000). Understanding and treating arm movement impairment after chronic brain injury: Progress with the ARM Guide. *Journal of Rehabilitation Research and Development*, 37(6), 653–662.
- Shumway-Cook, A., & Woollacot, M. H. (2007). *Motor control* (3rd ed.). USA: Lippincott Williams & Wilkins.
- Stein, J., Krebs, H. I., Frontera, W. R., Fasoli, S. E., Hughes, R., & Hogan, N. (2004). Comparison of two techniques of robot-aided upper limb exercise training after stroke. *American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation*, 83(9), 720–728.
- Takahashi, C., Der-Yeghiaian, L., Le, V., & Cramer S. C. (2008). Robot-based hand motor therapy after stroke. *Brain*, 131(2), 425–437. doi:10.1093/brain/awm311.
- Volpe, B. T., Ferraro, M., Lynch, D., Christos, P., Krol, J., & Trudell, C. (2005). Robotics and other devices in the treatment of patients recovering from stroke. *Current Neurology and Neuroscience Reports*, 5(6), 465–470. doi:10.1007/s11910-005-0035-y
- Volpe, B. T., Krebs, H. I., Hogan, N., Edelstein, L., Diels, C., & Aisen, M. L. (2000). A novel approach to stroke rehabilitation: Robot-aided sensorimotor stimulation. *Neurology*, 54(10), 1938–1944.
- Volpe, B. T., Lynch, D., Rykman-Berland, A., Ferraro, M., Galgano, M., Hogan, N., &

- Krebs, H. I. (2008). Intensive sensorimotor arm training mediated by therapist or robot improves hemiparesis in patients with chronic stroke. *Neurorehabilitation and Neural Repair*, 22(3), 305–310. doi: 10.1177/1545968307311102.
- Wagenaar, R. C., Meijer, O. G., Van Wieringen, P. C., Kuik, D. J., Hazenberg, G. J., Lindeboom, J., ... Rijswijk, H. (1989). The functional recovery of stroke: A comparison between neuro-developmental treatment and the Brunnstrom method. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, 22(1), 1–8.
- Wolf, S. L., Catilin, P. A., Ellis, M., Archer, A. L., Morgan, B., & Piacentino, A. (2001). Assessing Wolf motor function test as outcome measure for research in patients after stroke. *Stroke*, 32(7), 1635–1639.
- Wolf, S. L., LeCraw, D. E., & Barton, L. A. (1989). Comparison of motor copy and targeted biofeedback training techniques for restitution of upper extremity function among subjects with neurologic disorders. *Physical Therapy*, 69(9), 719–735.
- World Health Organization. (2010). *Stroke, cerebrovascular accident*. Geneva (Switzerland) : WHO

Abstract

A Systematic Review on the Effects of Robot-Assisted Therapy for Stroke Patient

Park, Jin-Hyuk*, B.H.Sc., O.T.

*Dept. of Public Health & Health Care Management in Inje Institute of Advanced Studies

Objective : The purpose of this study was to look at a systematic review on the effects of robot-assisted therapy on stroke rehabilitation in upper limbs. Through this comprehensive study, we have to compare the studies.

Methods : We systematically examined papers published in journal from June 2012 to September 2012, using EMBASE, MEDLINE, etc. 12 studies(randomized controlled trials) were included in the analyses.

Results : Selected 12 studies were Pedro score 2 or more. The primary outcome measure tools including tools for upper extremity function and activities daily of living were used. Through various intervention, Robot-assisted therapy maximizes the effectiveness of intervention. The effects of upper extremity function and functional ability(ADL) by robot-assisted therapy showed significant effect, but no difference exists between the robot-assisted therapy and conventional therapy groups in terms of upper extremity function and functional ability.

Conclusions : Robot-assisted therapy has been widely used clinically for stroke patients to maximize the effect had been applied to various interventions. Robot-assisted therapy depending on the methods of intervention showed that the effect of difference. In the future study, the use of robot-assisted therapy applied to a variety of interventions is needed on occupational therapy.

Key Words : Robot-assisted therapy, Stroke, System atic review