

아급성기 뇌졸중 환자에서의 로봇 보조 보행훈련 효과

김지희

원광대학교 의과대학 병원 재활의학과

Effects of Robot-assisted Therapy on Lower Limb in Patients with Subacute Stroke

Ji Hee Kim

Department of Physical Medicine and Rehabilitation, Wonkwang University Hospital

요약 본 연구는 아급성기 뇌졸중 환자에서 로봇 보조치료법이 운동능력 및 기능적인 회복에 미치는 효과를 알아보고자 하였다. 환자 53명이 연구에 참여하였다. 로봇보조 보행치료군은 고식적인 치료에 추가로 Lokomat[®] 이용하여 하루에 삼십분씩, 일주일에 5회, 4주 동안 시행하였으며, 대조군은 고식적인 치료에 추가로 하루에 삼십분씩 고식적인 치료를 시행 받았다. 모든 환자들은 임상지표의 비교를 위해, 치료 전과 4주간의 치료 후 Fugl-Meyer assessment, Motricity index, functional ambulation category, Berg balance scale, 10m 보행검사, 한국판 수정 바텔지수, 한국판 간이 정신 상태검사와 백 우울증 척도를 평가 받았다. 환자들은 기능회복과 체성 감각 유발전위 검사 결과의 관계를 알아보기 위해 유발 전위 검사를 시행하였다. 아급성기 뇌졸중 환자에서 로봇 보조 보행치료군에서 대조군에 비해 하지의 운동기능, 보행 능력, 일상생활능력의 유의한 호전이 나타났다. 체성 감각 유발 전위 검사의 결과는 임상 지표들의 관련성 분석에서 Motricity index와 한국판 수정 바텔지수와 관련이 있는 것으로 나타나 아급성기 뇌졸중 환자의 기능을 예측하는데 유용할 것으로 생각된다. 로봇 보조 보행치료는 아급성기 뇌졸중 환자의 운동기능과 보행기능의 회복을 촉진하는 것으로 생각된다.

Abstract This study examined the effects of robot-assisted therapy on the motor and functional recovery of the lower limbs in 53 subacute stroke patients. Robot-assisted therapy was performed using Lokomat[®] (Hocoma AG, Zurich, Switzerland) for thirty minutes per day, five times a week for four weeks. The outcome measures used were the Fugl-Meyer assessment, Motricity index(MI), Functional ambulation category(FAC), Berg balance scale(BBS) for gait function and balance ability, 10m walking test, K-Modified Barthel Index(K-MBI) for the activities of daily living and Mini mental state examination (MMSE), and Beck's depression inventory(BDI) for depression. All patients recruited underwent these evaluations before and after the four week robot-assisted therapy. For the evaluation, the somatosensory evoked potentials were used to assess the functional recovery. Robot-assisted therapy on the lower limb after subacute stroke showed improvement in motor strength, gait function, and the activities of daily living. All changes in terms of MI, FAC, BBS, and K-MBI exhibited a statistically significant difference after the four weeks robot-assisted therapy. The somatosensory evoked potential result showed a correlation with the MI and K-MBI. Robot-assisted therapy is believed to facilitate the motor and functional recovery of the lower limb in subacute stroke patients.

Keywords : gait, rehabilitation, balance, stroke, robot-assisted therapy

1. 서론

뇌졸중 환자의 73%는 장애가 남는 것으로 알려져 있

으며[1], 근력 약화, 운동 조절의 어려움, 경직 등이 나타나며, 이로 인해 보행패턴의 변화, 균형능력 저하 등이 나타나게 된다[2]. 특히 하지 기능의 저하는 보행을 방해

*Corresponding Author : Ji Hee Kim (Wonkwang University Hospital)

Tel: +82-63-859-1610 email: gold82mouse@hanmail.net

Received April 18, 2016

Accepted July 7, 2016

Revised (1st May 12, 2016, 2nd May 26, 2016)

Published July 31, 2016

하여 환자의 이동성을 저해하는 중요한 원인 중 하나이다. 뇌졸중 후 초기에는 51%의 환자가 전혀 보행이 불가능한 상태가 되며 12%는 부축을 받아 걸을 수 있으며 37% 정도가 독립적 보행이 가능한 것으로 보고되어 있다[3]. 보행기능이 회복된다고 해도 정상인보다 보행속도가 저하되어 있어 문제없이 실외보행 (community ambulation)을 하는 경우는 많지 않다[4]. 그러므로 많은 환자들에게 중추신경계 회복을 돕는 물리치료를 통해 최대한 보행의 기능을 회복하는 것이 치료의 목표이다.

뇌졸중 후 잃어버린 능력에 대한 보상을 위해 남아있는 근력을 증대시키기 위한 많은 치료들이 시행되고 있다. 이러한 재활치료로는 근력을 회복시키기 위해 원하는 움직임 패턴으로 운동 조절을 재훈련 시키는 보바스, 브룬스트럼(brunstrum), 고유수용성 신경근 촉진법(proprioceptive neuromuscular facilitation) 등이 있다[5,6,7]. 그러나 어떤 치료도 다른 최근에 개발된 여러 치료들과 비교해서 뇌졸중환자의 일상생활 능력과 보행능력(walking performance)의 의미 있는 향상을 나타내지 못했다[8,9].

뇌졸중 환자에서 균형능력이나 보행기능 회복을 위한 근력의 회복은 같은 동작을 여러 번 반복해야 얻을 수 있는 것으로 보고되고 있다[10]. 또한 집중적인 목표 지향적인 치료가 행해졌을 때 회복이 좋았다는 보고가 있으며, 그 중 체중지지 트레드밀 보행훈련은 신경회로를 재조직화 하고, 걷지 못하는 환자들에게서 보행을 회복 시키는데 중요한 역할을 하였다[11]. 그러나 두명의 치료사가 참여하고, 체력적인 소모와 시간의 소비가 많이 필요하기 때문에 치료사가 다수의 환자를 치료하기 힘들고 매일 일정한 강도로 운동을 시켜 줄 수 없으므로, 효율성이 낮고 치료사의 일의 강도가 높기 때문에 치료를 일반적으로 적용하는데 제한이 있다.

뇌졸중 치료는 대개 발병 후 첫 1~2 주간을 급성기, 이후 2~3개월까지를 아급성기, 발병 6개월 후 부터를 만성기로 구분한다. 그러나 국내에는 아급성기 뇌졸중 환자에서 하지 재활 로봇을 이용한 연구가 부족한 실정이다. 이에 본 연구에서는 발병 3개월 이내의 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 하지 재활 로봇을 이용한 치료를 실시하고 고식적인 재활 치료를 실시한 대조군과 근력, 운동기능 및 일상생활활동작능력 회복 정도를 비교하여 로봇 보조 장치를 이용한 재활 치료의 운동 회복 및 기능 향상에 대한 효과를 알아보려고 하였다. 그리고 환자들

의 운동회복과 체성감각 유발전위(Somatosensory voked potential :SEP)와 관계를 알아보려고 하였다.

2. 본론

2.1 연구대상 및 방법

2.1.1 연구대상

2011년 3월부터 2011년 12월까지 oo 병원 재활의학과에서 뇌경색 또는 뇌출혈로 입원 치료를 받은 환자 중 연구포함 기준에 해당되는 53명을 대상으로 하였다. 연구 포함 기준은 만 35에서 80세의 초발 뇌졸중 환자로 병변측 근위부의 도수근력검사에서 Medical Research Council (MRC) 척도 1 이상이며, Functional Ambulation Category Scale(FAC)이 3 이하인, 발병 3개월 이내의 아급성기 환자로 하였다. 모든 대상자는 한국판 간이정신상태검사(K-mini mental status exam, K-MMSE)에서 15점 이상이거나 두 단계의 명령 수행이 가능한 환자이다. 또한 하지의 경직으로 인한 고관절, 슬관절, 발목관절에 구축이나 가동범위의 제한이 없으며, Locomat[®] 을 시행을 제한하는 통증이 없고, standing이 가능할 정도의 trunk tone이 유지 가능한 환자로, 실험을 충분히 이해하고 자발적 참여 의사를 지니고 있으며 연구 참여에 동의한 환자로 하였다. 하지의 질환으로 인해 병전에도 독립적인 보행이 불가능 했던 환자와 로봇 치료를 적절히 수행 할 수 없는 기타 기저 질환이 있는 경우와 예전에 robotic assisted device 치료를 받은 경우는 연구에서 제외하였다.

2.1.2 연구방법

하지 재활 로봇은 Locomat[®] (Hocoma AG, Zurich, Switzerland)를 사용하여 하지 재활 훈련을 실시하였다. (Locomat[®] 은 보행보조장치로 보행 장애가 있는 환자의 훈련을 위해 개발된 장치로 보행보조도구인 Lokomat 과 체중지지장치, 그리고 Wood way트레드밀(Woodway GmbH, Weil am Rhein, Germany) 로 이루어져 있다. (Fig.1)

로봇 보행훈련은 체중 지지 장치를 이용하여 환자를 장치에 세운 뒤, 환자의 다리를 로봇보행도구인 Locomat 에 고관절과 슬관절 부위를 맞춰서 부착시킨다. 고관절과 슬관절의 각도와 힘조절은 컴퓨터에 의해 이루어지

며, 이를 통해 환자의 상태에 맞춰 힘 조절이 가능하며, 유도 우력(guidance force)을 100% 에서 시작하여 환자의 상태에 맞게 양다리 또는 한쪽 다리에 적용하여 점차 감소시켜 환자의 능동적인 보행을 유도한다. 트레드밀 위에 환자가 체중부하장치에 의해 들어 올려져 보행을 하게 될 때 체중지지 강도 조절이 가능하며, 환자의 상태에 따라 초기에는 체중의 30-40 % 정도를 지지하여 보행치료를 시작하며 점차 그 지지하는 정도를 줄여나가며 훈련을 시행한다. 또한 Locomat[®] 과 가상현실 시스템을 결합하여 생체되먹임(biofeed back)을 이용 하였다. 환자가 능동적인 보행을 유도하는 힘을 주는 정도에 따라 가상현실의 아바타의 움직임이 조종되어진다. 이를 통해 단순히 보행만 보조하는 로봇에 가상현실의 시행 후 청각적 제공과 시각적 행동 되먹임(Visual-feedback)이 되어 보다 기능적으로 환자의 보행을 유도한다. 또한 장애물을 피하고, 동물을 잡는 등의 보다 정확한 동작과 힘을 주는 것을 통해 , 단순 반복 훈련(simple repetitive training)에서 벗어나, 반복적인 과제 수행 훈련(repetitive task-oriented training)을 수행할 수 있으며, 이를 통해 환자들의 보행능력을 증대시키는데 도움을 줄 수 있었다.



Fig. 1. Robot assisted gait training using Locomat[®]

연구 대상을 로봇 재활 치료군과 대조군으로 나누었으며, 로봇 재활 치료군은 1일 1회 로봇 치료와 1일 1회 고식적 재활 치료를 시행하였고 대조군은 1일 2회 고식

적 재활 치료를 시행하였다. 로봇 재활 치료군은 Locomat[®] (Hocoma AG, Zurich, Switzerland) 를 이용하였으며, 로봇 하지 재활 훈련 시간은 하루 30분 이었으며 4주간 주 5회, 총 20회를 시행하였다. (Fig.2)

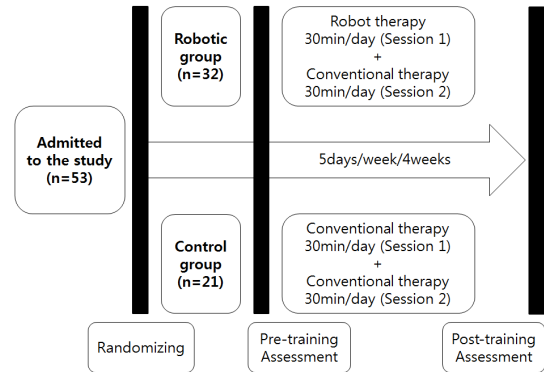


Fig. 2. Study flowchart

치료 방법을 환자에게 충분히 설명한 후 치료를 시행하였고, 치료 중 지속적인 보호 관찰 및 적절한 수행을 반복 지지 하였으며, 모든 조절 지표들은 환자의 근력, 기능의 호전에 따라 점진적으로 조절하였다.

두 군에서 치료 시작 전과 4주간 치료 후 하지 근력 측정을 위하여 각 관절별 굴곡과 신전을 구분하여 도수 근력검사를, 하지 기능 평가를 위하여 Fugl-Meyer motor assessment(FMA) 점수와 하지의 근력을 도수 측정하여 평가하는 Motricity Index(MI)점수, 보행을 하는데 도움이 필요한 정도에 따라 점수로 평가하는 Functional Ambulation Category Scale(FAC) 점수를 측정하였고, 보행 능력의 측정을 위하여 Berg Balance Scale(BBS) 점수, 10m 보행검사 점수를 측정하였다. 일상생활동작 수행 능력을 측정하기 위하여 장애의 정도를 결정하는데 주로 사용 되어지는 한글판 수정 바텔 지수(Korean version of modified Barthel index, K-MBI)를 측정하였다. 인지기능의 평가는 한국판간이정신상태검사(Korean-mini mental state examination, K-MMSE)로 우울증상 척도는 Beck's depression inventory(BDI)를 측정하였다.

체성감각 유발전위 검사는 Cadwell sierra wave 근전도기 (Cadwell, USA)를 사용하였으며 환자를 이완된 상태로 눕힌 후 막대 전극으로 양측 정중 신경과 경골 신경을 각각 완관절과 족관절에서 자극하였고 표면 침전극

을 사용하여 두피에서 기록하였다. 각 근육의 수축이 유발되는 최소한의 자극강도로 자극하였으며 초당 2.82회의 빈도로 100회의 반복자극을 주어 평균하는 과정을 수차례 반복하였다. 기록은 국제 뇌파 10~20 시스템의 Fz에 참고 전극을 삽입하여 정중 신경 검사 시는 C3'/C4'에, 경골 신경 검사시는 Cz'에 활성 전극을 삽입하여 기록하였다.

통계학적 분석은 WIndow SPSS version 19.0를 이용하였으며 통계적 유의 수준은 $p < 0.05$ 로 하였다. 두 군의 훈련 전 평가 점수를 비교하기 위해 독립표본 t-검정을 사용하였으며 각 군에서 치료 전과 후의 평가를 비교하기 위해 paired t-test with Bonferroni's correction을 사용하였다. 체성감각 유발 전위 검사결과는 건측에 비하여 환측에서 전혀 반응이 없는 군을 "1군", 건측에 비해 감소하였으나 파형이 나타나거나 건측과 유사하게 정상적으로 나타나는 "2군"으로 나누어서 각 군에 따른 여러 지표들을 독립표본 t-검정 분석하였다. 또한 체성감각 유발 전위 검사결과에서 반응이 있는 군에서 로봇치료군과 대조군을 독립표본 t-검정 분석하였다.

2.2 Result

2.2.1 대상자의 일반적 특성

환자 선정 기준에 부합하는 53명이 연구를 종료하였으며, 로봇 재활 치료군이 32명, 대조군이 21명이었으며, 로봇 재활 치료군 32명중 남자가 21명, 여자가 11명이었으며, 좌측 편마비가 11명 우측 편마비가 21명 이었다. 대조군 21명중 남자가 8명 여자가 13명이었으며, 좌측 편마비가 10명 우측 편마비가 11명이었다. 전체 대상자 중 뇌경색이 35명, 뇌출혈이 17명, 동시에 발생한 경우가 1명이었다. 발병 후 평균 유병 기간은 로봇 재활 치료군에서 23.66일(표준편차 18.78일), 대조군에서 26.14일(표준편차 29.32일) 이었다. 발병 후 기간은 24일에서 26일로 아급성기 환자를 대상으로 하였다. 로봇 재활치료군과 대조군은 일반적인 특상은 차이가 나타나지 않았으나, 로봇 재활치료군의 나이가 56.78세(표준편차 11.41세)이고, 대조군은 67.81세(표준편차 9.9세)로 대조군에서 유의하게 높았다(table 1).

2.2.2 임상 지표의 변화 비교

로봇 재활 치료군과 대조군의 훈련 전 임상 지표 평가 비교에서 보행지표인 BBS, FAC 및 K-MBI, FMA,

MMSE, BDI는 두군 사이에 유의한 차이를 보이지 않았다. 그러나 로봇 치료군과 대조군의 하지의 MI가 치료군에서 대조군에 비해 통계학적으로 유의하게 낮은 수치를 보였으나, 치료 이후에는 두 군에서 차이가 나타나지 않았다. 로봇 재활 치료군과 대조군의 치료 후 임상지표평가에서 로봇 재활 치료군에서 BBS, FAC 및 K-MBI가 대조군에 비해 통계학적으로 유의한 호전을 보였다. 10M walking test, BDI는 치료 전, 후 두 군 모두에서 유의한 차이가 나타나지 않았다(table 2).

Table 1. General and disease related characteristics of the patients

| Variables | | Robotic group (n=32) | Control group (n=21) |
|-----------------|--------|----------------------|----------------------|
| Sex | Male | 21 (65.6%) | 8 (38.0%) |
| | Female | 11 (34.4%) | 13 (62.0%) |
| Affected side | Right | 21 (65.6%) | 11 (52.4%) |
| | Left | 11 (34.4%) | 10 (47.6%) |
| Duration (days) | | 23.7 ± 18.8 | 26.1 ± 29.3 |
| Age (years) | | 56.8 ± 11.4* | 67.8 ± 9.9* |

Table 2. Comparison of clinical outcome between the two group

| Variables | Group | Before | After |
|------------------|----------|--------------|----------------|
| Motricity index | Robotics | *41.8 ± 14.4 | 65.3 ± 18.4* |
| | Control | *53.6 ± 15.8 | 68.1 ± 18.6* |
| FMA | Robotics | 15.2 ± 8.2 | 21.5 ± 7.2* |
| | Control | 14.5 ± 4.7 | 29.0 ± 12.5* |
| BBS | Robotics | 17.2 ± 10.5 | **39.5 ± 13.0* |
| | Control | 21.1 ± 18.0 | **30.0 ± 18.1* |
| FAC | Robotics | 1.4 ± 1.1 | **3.7 ± 1.2* |
| | Control | 1.3 ± 1.2 | **2.9 ± 1.2* |
| MMSE | Robotics | 22.9 ± 5.6 | 26.6 ± 3.8* |
| | Control | 19.2 ± 7.4 | 22.6 ± 5.5* |
| BDI | Robotics | 15.2 ± 11.5 | 11.0 ± 10.9† |
| | Control | 15.7 ± 7.7 | 12.5 ± 9.5* |
| K-MBI | Robotics | 37.9 ± 13.6 | **76.0 ± 14.0* |
| | Control | 36.3 ± 19.6 | **63.4 ± 20.6* |
| 10m walking test | Robotics | 65.0 ± 44.6 | 34.9 ± 46.6* |
| | Control | 48.2 ± 39.7 | 30.1 ± 20.4* |

* $p < 0.05$ before treatment ** $p < 0.05$ after treatment

† $p < 0.05$ comparison of pretraining and post training outcome in the robotic and control group

재활 치료 전과 후 두 군간의 임상 지표의 호전 정도를 비교하였을 때 임상 지표의 치료 전후 비교에서 로봇 재활 치료군과 대조군 모두에서 MI, FMA, BBS, FAC 및 K-MBI, MMSE 에서 통계학적으로 유의한 호전을 보였다.

2.2.3 감각신경 유발 전위 결과에 따른 임상 지표의 변화 비교

체성감각 유발 전위 검사 결과는 정중신경(상지)을 기준으로 결과를 분석하였을 때 반응이 없는 14명과 반응이 있었던 39명을 기준으로 나누어서 비교 분석을 시행하였다. 치료 전, 후의 한글판 수정 바텔 지수 점수는 치료 전, 후에 유의한 차이가 나타나지 않았다. FMA에서는 치료 전에는 차이가 없었으나, 치료 후에는 감각신경 유발전위 결과에 따른 유의한 차이가 나타났다. 하지의 MI는 치료 전과 후 모두에서 감각신경 유발전위결과에 따른 유의한 차이가 나타났다. BBS는 치료 후에는 차이가 없었으나, 치료 전에는 감각신경 유발 전위 결과에 따른 유의한 차이가 나타났다(table 3).

경골 감각신경 유발 전위(하지)를 기준으로 반응이 없는 24명과 반응이 있었던 29명을 기준으로 나누어서 비교 분석을 시행하였다. 분석 하였을 때 한글판 수정 바텔 지수 점수와 하지의 MI, BBS는 치료 전, 후 모두에서 감각신경 유발전위결과에 따른 유의한 차이가 나타났다. FMA는 감각신경 유발 전위 결과에 따른 유의한 차이가 나타나지 않았다(table 4).

Table 3. Clinical outcome from the response of median nerve SEP in before and after rehabilitation treatment

| Variables | | No response (n=14) | Response (n=39) | p-value |
|-----------------|--------|--------------------|-----------------|---------|
| k-MBI | Before | 32.1 ± 13.4 | 39.2 ± 16.4 | 0.16 |
| | After | 65.6 ± 14.9 | 72.9 ± 18.5 | 0.18 |
| FMA | Before | 13.5 ± 8.7 | 15.8 ± 6.9 | 0.40 |
| | After | 18.0 ± 5.3 | 25.4 ± 9.5 | 0.03** |
| Motricity Index | Before | 33.4 ± 10.6 | 51.2 ± 15.0 | 0.01* |
| | After | 54.7 ± 19.6 | 70.6 ± 16.1 | 0.01** |
| BBS | Before | 13.3 ± 9.3 | 20.7 ± 15.0 | 0.04* |
| | After | 29.1 ± 15.4 | 37.9 ± 15.6 | 0.08 |

Table 4. Clinical outcome from the response of tibial nerve SEP in before and after rehabilitation treatment

| Variables | | No response (n=24) | Response (n=29) | p-value |
|-----------------|--------|--------------------|-----------------|---------|
| MBI | Before | 30.9 ± 16.1 | 42.5 ± 14.3 | 0.01* |
| | After | 65.8 ± 18.6 | 75.3 ± 16.2 | 0.05** |
| FMA | Before | 13.6 ± 7.1 | 16.9 ± 7.7 | 0.21 |
| | After | 21.1 ± 8.7 | 25.7 ± 9.2 | 0.14 |
| Motricity Index | Before | 38.3 ± 10.4 | 53.3 ± 16.6 | 0.01* |
| | After | 60.9 ± 19.8 | 71.0 ± 15.9 | 0.05** |
| BBS | Before | 13.6 ± 10.9 | 23.1 ± 13.9 | 0.01* |
| | After | 30.9 ± 16.5 | 39.4 ± 14.4 | 0.05** |

Table 5. Comparison of clinical outcome between the two group(in SEP response group)

| Variables | | Group | Before | After |
|-----------------|----------|-------|-------------|---------------|
| Motricity index | Robotics | | 46.2 ± 14.0 | 69.7 ± 15.5 |
| | Control | | 57.1 ± 14.1 | 71.8 ± 17.2 |
| MBI | Robotics | | 38.6 ± 15.4 | **79.6 ± 13.6 |
| | Control | | 39.8 ± 17.9 | **65.3 ± 20.8 |

* p<0.05 clinical outcome of between the robotics and control group (before treatment),

** p<0.05 clinical outcome of between the robotics and control group (after treatment)

상지 체성감각 유발 전위 반응을 보인 39명, 로봇 재활치료군 21명과 대조군 18명을 분석하였다. 한글판 수정 바텔 지수 점수는 치료전에는 두군에서 차이가 나타나지 않았으나, 치료 후에는 로봇 재활 치료군에서의 점수가 유의하게 높게 나타났다. 하지의 MI는 치료 후에는 차이가 없었으나, 치료 전에는 앞서 분석과 마찬가지로 유의한 차이가 나타났다(table 5).

2.3 고찰

우리가 일상생활을 수행하는데 가장 중요한 것은 보행 능력이다. 이에 뇌졸중 환자가 보행능력을 습득하여 가족의 부담을 덜고 스스로 이동하는 것을 최우선의 목표로 하게 된다. 보행능력의 습득을 위해서는 하지의 근력을 회복하는 것 뿐만 아니라, 체중지지 및 중심의 이동, 힘 조절 이 함께 조화를 이루어야한다. 환자들은 하지의 근력회복을 위한 치료와 함께 보행능력의 재습득을 위하여 여러 가지 치료를 수행한다.

보행 능력 습득을 위한 방법으로 체중지지트레드밀 훈련은 걷지 못하는 환자에서 보행을 회복시키는데 중요한 역할을 하였으나, 효율성이 낮고 치료사의 일의 강도가 높기 때문에 치료를 일반적으로 적용하는데 제한이 있다고 앞에서도 언급하였다.

고식적 치료는 치료사가 다수의 환자를 매일 일정한 강도로 치료하는데 한계가 있으며 치료사의 수준과 역량이 환자의 치료 수준에 중요한 영향을 미친다는 한계가 있다. 또한 치료사 개개인에게 주어진 일의 강도에 따라 환자의 치료가 달라지는 경우도 있으며, 이에 보행을 위한 표준 치료법이 없고 치료의 효과를 정량적으로 분석하는데도 제한이 있다. 이러한 제한점을 극복하기 위해 개발된 로봇 치료의 긍정적인 면이 여러 논문에서 보고되고 있으나, 고식적인 치료의 대안이 될 수 있는지는 여러 의문이 있다.

하지 로봇 치료가 기존의 치료법과 비교하여 가지고 있는 장점은 고강도 반복 훈련을 실시하여 많은 훈련을 할 수 있다는 장점과 일정한 강도의 힘의 되먹임 작용, 훈련시간의 상당 부분 자동화 등이 가장 널리 알려져 있는 부분이다.

뇌졸중 이후 근력을 회복하고 보행능력의 습득을 위한 신경가소성의 증대를 위해서 다양한 연구가 진행되어져 왔으며, 가장 중요한 것은 반복되는 많은 동작 즉, 수만 번의 같은 동작의 수행이 중요하다는 연구가 많이 있다.

재활 치료 전과 후 두군 간의 임상 지표의 호전 정도를 비교하였을 때 보행능력 및 균형능력의 지표인 FAC와 BBS는 치료 후 통계학적으로 유의한 차이가 나타났다. FAC는 치료 전 로봇 보행 치료군에서는 1.4, 대조군에서는 1.3으로 나타났으며, 4주간의 치료 후 3.7, 2.9로 로봇 보행 치료군에서 효과의 차이가 의미있게 나타났다. BBS는 치료 전 로봇 보행 치료군에서는 17.2, 대조군에서는 21.1으로 나타났으며, 4주간의 치료 후 39.5, 30.0으로 로봇 보행 치료군에서 효과의 차이가 의미있게 나타났다. 과거 hidler의 연구에서는 아급성기 뇌졸중 환자에서 총 12-24번의 로봇 보행치료를 시행하고, 대조군에서는 고식적인 훈련을 추가로 시행하여 두군 모두에서 치료직후, 3개월 후 보행시간 FAC, BBS의 개선이 있었으나, 두군 사이의 의미 있는 차이가 나타나지 않았다[12]. 그러나 본 연구에서는 로봇보행치료의 효과가 의미 있게 나타난 것으로 해석할 수 있다.

재활 치료 전과 후 두군 사이의 임상 지표의 호전 정도를 비교하였을 때 10M walking test는 두군간 통계학적으로 유의한 차이를 보이지 않았다. 치료 전 로봇 보행 치료군에서는 64.9sec, 대조군에서는 48.2sec로 나타났으며, 4주간의 치료후 34.9, 30.1로 두군 모두에서 치료 전보다 유의한 개선을 보였으나, 치료 후를 비교하였을 때 로봇 보행 치료군에서 우위성이 나타나지는 않았다. 이는 로봇재활치료의 효과가 고식적인 치료와 크게 차이가 없다는 이전 연구와 유사하나[12], 치료사의 부담이 줄고, 훈련시간의 상당부분의 자동화됨을 고려할 때 로봇치료의 필요성의 근거가 된다. Demet은 만성기 뇌졸중 환자에서 총 10번의 로봇 보행치료를 시행하고, 대조군에서는 conventional training을 추가로 시행하여 비교 분석하였다. 두군 모두에서 치료직후 보행시간의 개선이 있었으나, 로봇 보행 치료군에서는 치료 후 8주 뒤에 시

행한 10 m walking test에서도 보행시간의 개선이 유지가 되었으나, 고식적인 치료군에서는 치료 직후에는 유의한 개선이 있었으나 8주 뒤에는 의미가 없는 것으로 나타나서 로봇보행치료의 우수성을 보여주었다.[13] 본 연구에서는 치료 직후의 비교연구에만 그쳐 추가적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

로봇 치료는 특성이 다른 두 그룹에 적용할 수 있다. 서기는 가능하나 근위부의 근력 저하로 평지에서 중등도 이상의 도움이 필요하여 보행연습에는 치료사의 많은 도움이 필요한 군과 보행시 최소한의 도움이 필요하나, 체중이동이 잘 이루어지지 않거나 잘못된 보행패턴으로 보행 회복이 이루어지고 있는 환자군에서 다르게 적용해 볼 수 있다. 본 논문에서는 두 그룹의 적용 시 차이를 언급하지 않고 있으나, 환자의 특성에 따라 올바른 보행 패턴을 배우고, 근력의 회복에 따라 unloading 되는 무게를 점차 줄여가고, guidance force를 조절해 가면서 단순한 보행의 획득에만 초점을 맞추는 것이 아니라 보행의 질을 개선해나가는 것에도 도움을 주는 구체적인 로봇 보행 치료의 방향에 대한 연구가 더욱 필요할 것으로 생각 된다.

본 연구 결과 로봇 재활 치료군과 대조군 모두 4주간 치료 후 로봇 재활 치료군은 한글판 수정 바텔 지수가 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이가 나타났다.

Rosalyn은 여러 문헌의 systematic review를 통해 뇌졸중 후 하지의 기능을 개선시키는데 생체되먹임이 효과를 가지는지 분석해서, 생체되먹임이 일반적인 치료보다 우위에 있음을 보여주었다.[14]. 이에 본 연구에서도 게임처럼 가상 현실에 적용하여 본인이 제대로 가고 있는지에 대하여 화면으로 확인 할 수 있으며, 지속적으로 환측의 움직임을 상상하게 됨으로 생체 되먹임 치료가 이루어 질수 있다. 로봇 치료를 받은 환자군의 나이의 특성상 대조군보다 어려서 가상 현실의 게임에 조금 더 익숙할 수 있으며, 치료를 받는 동안 다시 걸을 수 있다는 희망과 자신을 가상현실의 주인공으로 인식하며 피드백을 받을수 있다는 점에서 여러 긍정적인 효과를 가져올 수 있다. Cheng의 연구에서는 일어서는 과정 동안 반신마비 뇌졸중 환자들에게 시각적, 청각적인 되먹임을 제공하는 훈련은 매일 20분간 주 5회, 3주간 실시하였을 때 환자의 체중부하의 대칭성이 호전되고 낙상이 줄었으며, 치료 직후, 6개월 후 수치 모두 유사했다는 결과를 보여서 추후 환자의 관찰기간을 늘려 로봇보행치료의 효과를

연구해보는 것이 필요할 것으로 생각되어 진다.[15]

본 연구 결과 로봇 재활 치료군과 대조군 모두 4주간 치료후 로봇 재활 치료군은 한글판 수정 바텔 지수가 대조군에 비해 통계적으로 유의한 차이가 나타났다. 이는 과거의 연구들과 유사한 결과 이며, Locomat과 유사하게 한국에서 개발한 하지 보행 보조 로봇 (WALKBOT)의 효과의 분석에서도 한글판 수정 바텔 지수가 로봇보행군에서 유의하게 높게 나타났으며, 세부 항목에서도 “보행”영역에서 유의한 차이가 있었음이 보고되었다. [16]

환자의 간지 우울 척도를 고찰해볼 때 두군 모두 에서 유의한 개선을 보이지는 않아, 보행능력이 환자의 기분 에 미치는 영향에 대한 분석방법을 바꿔야 할 것으로 생각되며, 환자의 점수의 편차가 매우 커서 분석에 어려움이 있었다. 과거 Kim의 연구에서는 Beck 우울 척도의 개선이 로봇 보행군에서 더 컸다고 보고 하였으며[17], Calabrò의 연구에서도 해밀턴 우울척도 등의 로봇 보행 치료군에서 유의한 정신적인 개선이 있었다고 보고하였다[18]. 그러나 이는 만성기 뇌졸중 환자를 대상으로 한 것으로 본 연구가 아급성기 뇌졸중 환자에서의 효과에 대한 보고로의 의미가 있다고 할 수 있다. 뇌졸중 환자에서 우울증을 치료하는 것은 매우 중요하며 우울증상의 개선과 기능개선에 밀접한 관련이 있음이 여러 연구에서 나타났다.

본 연구는 상하지 체성감각신경 유발전위를 환자의 예후와 연관시켜서 고찰해보았다. 감각신경 유발전위의 결과와 수정바텔지수와와의 연관성에 대한 연구가 있으며, PARK의 연구에 의하면 운동신경 유발전위 또는 감각신경 유발전위를 모두 검사하여 결과의 유무에 따라 분류하여 modified Rankin Scale (mRS)의 수치의 변화를 비교하였을 때, 운동신경 유발전위와 감각신경 유발전위 수치가 기능적인 예후를 측정하는데 도움을 줄 수 있다고 분석 하고 있다. [19],[20] 본 연구에서는 감각신경 유발전위, 운동신경 유발전위를 교차 분석을 시행하지는 않았으나, 다른 논문과 유사하게 체성감각신경 유발전위의 결과와 치료 전후의 MBI점수가 연관성이 있음이 증명되었다. 이는 감각신경 유발전위의 검사를 통해 환자의 예후를 예측하고, 이를 통해 환자의 치료 목표와 치료 방법을 결정하는데 중요한 역할을 할 수 있다.

로봇보행치료의 효과에 대하여서는 국내 및 국외에서 여러 연구가 이루어졌으나, 발병 30일 이전의 급성기 및 아급성기의 효과에 관한 연구가 많지는 않아, 본 연구에

서 국내의 아급성기 환자의 보행 치료에 대한 효과를 고 식적인 치료와 다양한 방면에서 비교하였다는데 의의가 있다. 그러나 대조군과 치료군간에 유의한 나이 차이가 있었으며, 치료군의 하지근력이 대조군에 비해 매우 낮 았다는 제한점 등이 있었다. 젊은 환자들이 로봇치료에 대한 선호도가 매우 높았으며, Locomat 의 특성상 키가 작은 환자에게 적용하는데 제한이 있어, 키가 작은 노인 들에게 적용하기가 어려웠으며, 연령에 따라 기계에 적 용하는 능력이 다를 수 있었다. 이에 환자군을 선별하여 연구하며, 치료기간을 늘리고, 평가를 추가적으로 시행 하는 등의 제한점을 보완한 연구가 더 필요할 것으로 생 각되어 진다.

3. 결론

본 연구에서 로봇 보행치료는 아급성기 뇌졸중 환자 에서 하지의 운동기능의 회복을 촉진시키고, 보행기능을 회복시키는데 효과적인 보행훈련 도구임을 보여주었다. 이에 뇌졸중의 중증 정도와 기간에 따른 효과의 차이를 비교하는 등의 추가 적인 연구가 필요할 것으로 생각되 어진다.

References

- [1] Gresham G, Duncan P, Stason W. Post Stroke Guidelines Technical Report. Rehabilitation. Clinical Practice Guideline, No. 16. U.S. Department of Health and Human Services. Public Health Service, Agency for Health Care Policy and Research; Rockville, MD: 1995. AHCPR Publication No. 95-0662.
- [2] Gunes Yavuzer, MD, Duygu Geler-Külcü, MD, Birkan Sonel-Tur, MD, Sehim Kutlay, MD, Süreyya Ergin, MD, Henk J. Stam, MD, PhD, “Neuromuscular Electric Stimulation Effect on Lower-Extremity Motor Recovery and Gait Kinematics of Patients With Stroke: A Randomized Controlled Trial”, Arch Phys Med Rehabil, 87(4), 536-540, 2006, Available From : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999306000487>
- [3] Jorgensen H, Nakayama H, Raaschou H, Olsen T. “Recovery of walking function in stroke patients: The Copenhagen Stroke Study.”, Arch Phys Med Rehabil, 76, 27 - 32, 1995, Available From : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999395800387>
- [4] Goldie PA, Matyas TA, Evans OM, “Deficit and change in gait velocity during rehabilitation after stroke”, Arch

- Phys Med Rehabil 77, 1074-1082, 1996, Available From : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999396900726>
- [5] Bobath B., "Treatment of adult hemiplegia", Physiotherapy, 63, 310 - 313, 1977
- [6] Brunnstrom S. Movement Therapy in Hemiplegia. A neurophysiological approach, Harper & Row, NY, 1970
- [7] Voss D., Dorothy E., "Proprioceptive neuromuscular facilitation", Am J Phys Med Rehabil, 46, 38 - 98, 1967, Available From : http://journals.lww.com/ajpmr/Citation/1967/02000/PROPRIOCEPTIVE_NEUROMUSCULAR_FACILITATION_.56.aspx
- [8] Langhammer B, Stanghelle J., "Bobath or motor relearning programme? A comparison of two different approaches of physiotherapy in stroke rehabilitation: A randomized controlled study", Clin Rehabil, 14, 361 - 369, 2000 Available From : <http://cre.sagepub.com/content/14/4/361.short>
- [9] E. Matteo Paci, "PHYSIOTHERAPY BASED ON THE BOBATH CONCEPT FOR ADULTS WITH POST-STROKE HEMIPLEGIA: A REVIEW OF EFFECTIVENESS STUDIES", J Rehabil Med, 35, 2 - 7, 2003 Available From : <http://medicaljournals.se/jrm/content/download.php?doi=10.1080/16501970306106>
- [10] C. E. Lang, J. R. MacDonald, and C. Gnip, "Counting repetitions: An observational study of outpatient therapy for people with hemiparesis post-stroke," J. Neurol. Phys. Ther., vol. 31, pp. 3 - 0, 2007, Available From : http://journals.lww.com/jnpt/Abstract/2007/03000/Counting_Repetitions_An_Observational_Study_of.4.aspx
- [11] Bogey R, Hornby GT, "Gait training strategies utilized in poststroke rehabilitation: are we really making a difference?", Top Stroke Rehabil., 14(6), 1 - 8, 2007, Available From : <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1310/tsr1406-1>
- [12] Joseph Hidler, Diane Nichols, Marlena Pelliccio, Kathy Brady, Donielle D., Campbell, Jennifer H., Kahn, T. George Hornby, "Multicenter Randomized Clinical Trial Evaluating the Effectiveness of the Lokomat in Subacute Stroke", Neurorehabilitation and Neural Repair, 5-13, 2009, Available From : <http://nrm.sagepub.com/content/23/1/5.short>
- [13] Demet Erdogan Ucar, Nurdan Paker, Derya Bugdayci, "Lokomat: A therapeutic chance for patients with chronic hemiplegia", NeuroRehabilitation 34, 447-453, 2014, Available From : <http://content.iospress.com/articles/neurorehabilitation/nre1054>
- [14] Stanton Rosalyn, Ada L, Dean CM, Preston E., "Biofeedback improves activities of the lower limb after stroke: a systematic review.", J Physiother, 57, 145-155, 2011, Available From : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1836955311700352>
- [15] Pao-Tsai Cheng, MD, Shu-Hsia Wu, MS, Mei-Yun Liaw, MD, Alice M.K. Wong, MD, Fuk-Tan Tang, MD, "Symmetrical Body-Weight Distribution Training in Stroke Patients and Its Effect on Fall Prevention", Arch Phys Med Rehabil, 82, 1650-1654, 2001, Available From : <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0003999301865680>
DOI: <http://dx.doi.org/10.1053/apmr.2001.26256>
- [16] Soo-Yeon Kim, Li Yang, In Jae Park, Eun Joo Kim, Min Su JoshuaPark, Sung Hyun You, Yun-Hee Kim, Hyun-Yoon Ko, and Yong-Il Shin, "Effects of Innovative WALKBOT Robotic-Assisted Locomotor Training on Balance and Gait Recovery in Hemiparetic Stroke: A Prospective, Randomized, Experimenter Blinded Case Control Study With a Four-Week Follow-Up", IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng, 636-642, 2015, Available From : http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=7078908&tag=1
DOI: <http://dx.doi.org/10.1109/TNSRE.2015.2404936>
- [17] Kyung Hoon Jung, M.D., Hyun-Geun Ha, P.T., M.S.I, Hee Joon Shin, P.T., M.S.I, Suk Hoon Ohn, M.D., Duk Hyun Sung, M.D., Peter K.W. Lee, M.D. and Yun-Hee Kim, M.D., Ph.D. "Effects of Robot-assisted Gait Therapy on Locomotor Recovery in Stroke Patient" Annals of Rehabilitation Medicine 32(3):258-266, 2008, Available From : <http://www.koreamed.org/SearchBasic.php?RID=0041JKARM/2008.32.3.258&DT=1>
- [18] Calabrò, Rocco S., De Cola, Maria C., Leo, Antonino, Reitano, Simone, Balletta, Tina, Trombetta, Giovanni, Naro, Antonino, Russo, Margherita, Bertè, Francesco, De Luca, Rosaria, Bramanti, Placido, "Robotic neurorehabilitation in patients with chronic stroke: psychological well-being beyond motor improvement", International Journal of Rehabilitation Research, 38(3):219-225, 2015, Available From : <http://www.ingentaconnect.com/content/wk/ijrre/2015/0000038/00000003/art00006>
- [19] B D ZEMAN, C YIANNIKAS, "Functional prognosis in stroke: use of somatosensory evoked potentials", J Neurol Neurosurg Psychiatry, 52, 242-247, 1989, Available From : <http://jnnp.bmj.com/content/52/2/242.short>
- [20] Sang Yoon Lee, MD, Jong Youb Lim, MD, Eun Kyoung Kang, MD, Moon-Ku Han, MD, PhD, Hee-Joon Bae, MD, PhD, Nam-Jong Paik, MD, PhD, "PREDICTION OF GOOD FUNCTIONAL RECOVERY AFTER STROKE BASED ON COMBINED MOTOR AND SOMATOSENSORY EVOKED POTENTIAL FINDINGS", J Rehabil Med, 42: 16 - 20, 2010, Available From : <http://www.ingentaconnect.com/content/mjl/sreh/2010/0000042/00000001/art00004>
DOI: <http://dx.doi.org/10.2340/16501977-0475>

김 지 희(Ji Hee Kim)

[정회원]



- 2012년 2월 : 원광대학교 대학원 의학과 전공 (의학 석사)
- 2014년 3월 ~ 현재 : 원광대학교 의과대학 병원 재활의학과 임상 조교수

<관심분야>
뇌졸중, 심장재활