

뇌졸중 환자에 대한 하지 재활 로봇 치료의 만족도

이준경¹ · 김대열² · 이승학² · 김지혜³ · 김덕용⁴ · 임길병⁵ · 유지현⁵

¹메디팜재활요양병원 재활의학과, ²울산대학교 의과대학 아산병원 재활의학과, ³울산대학교 의과대학 아산병원 아산생명과학연구원, ⁴연세대학교 의과대학 재활의학과, ⁵인제대학교 일산백병원 재활의학과

Satisfaction of Robot-assisted Gait Training in Patients with Stroke

Junekyung Lee, M.D.¹, Dae Yul Kim, M.D., Ph.D.², Seung Hak Lee, M.D., Ph.D.², Ji Hye Kim³,
Deog Young Kim, M.D., Ph.D.⁴, Kil-Byung Lim, M.D., Ph.D.⁵ and Ji-Hyun Yoo, M.D., Ph.D.⁵

¹Department of Rehabilitation Medicine, Medipharm Rehabilitation Hospital, Suncheon, Republic of Korea,

²Department of Rehabilitation Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea,

³Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea,

⁴Department and Research Institute of Rehabilitation Medicine, Yonsei University College of Medicine, Seoul, Republic of Korea,

⁵Department of Rehabilitation Medicine, Ilsan Paik Hospital, Inje University College of Medicine, Goyang, Republic of Korea

Abstract

Objective: To investigate levels of satisfaction with robot-assisted gait training in patients with stroke, and to investigate the satisfaction according to the patient's demographic characteristics, type of robot, and functional level.

Methods: One-hundred-and-ninety-nine stroke patients who received robot-assisted gait training completed a purpose-designed survey. Data on the characteristics of patients, type of robot, number of robot training sessions, and duration of each robot session were collected. Functional Ambulation Category (FAC), Berg Balance Scale (BBS), Modified Barthel Index (MBI), and Mini-Mental State Examination (MMSE) were measured at baseline.

Results: Patients showed high satisfaction in most items in the satisfaction survey for the robot-assisted gait training in patients with stroke. However, it showed the lowest level of satisfaction in the item whether the robot-assisted gait training was more effective than conventional physiotherapy. In addition, significantly higher satisfaction was observed in some items in women, when the disease duration was less than 3 months, and when the MBI score was low. When walking ability was high, significantly low satisfaction was observed in some items. No differences in satisfaction were observed according to age, type of robot, and level of balance and cognitive function.

Conclusion: Overall, robot-assisted gait training showed high satisfaction in patients with stroke. In some items, women, patients with short disease duration and low activities of daily living function showed high satisfaction, and patients with high walking ability showed low satisfaction. Therefore, various factors need to be considered in robot-assisted gait training in patients with stroke.

Key Words

Personal satisfaction, Surveys and questionnaires, Stroke, Robotics, Gait

접수일 : 2021년 10월 19일

게재 승인일 : 2021년 11월 1일

교신저자 : 김대열

주소 : 서울특별시 송파구 올림픽로 43길

88 울산대학교 의과대학 아산병원

재활의학과

Tel : 82 2 3010 3800

Fax : 82 2 3010 6964

e-mail : dykimsmart@gmail.com

서론

뇌졸중은 장애의 주요 원인 중 하나이다.¹ 많은 환자들이 뇌졸중 후 보행 장애를 겪는다. 이러한 보행 장애는 근력 약화, 운동 조절 장애, 고유 감각 저하 및 균형 능력 감소로 인해 발생한다. 뇌졸중 환자의 재활치료에서 보행 기능의 회복은 가장 중요한 목표 중 하나이며 환자의 사회 복귀에 주요한 영향을 미친다.^{2,3}

뇌졸중 환자의 회복을 위한 재활 치료는 여러 가지 방법이 있다. 최근 선호되는 치료의 개념은 작업 특이적이고 반복적이며 고강도의 물리치료이다.¹ 그러나 이러한 치료를 제공하기 위해서는 두 명 이상의 치료사가 필요하고 치료사의 신체적인 부담이 크며 시간이 많이 소모되어 비효율적인 면이 있으므로 치료를 환자에게 적용하는 데 제한이 있다. 이러한 문제를 해결하고 효과적인 재활치료를 제공하기 위해 다양한 방법이 개발되고 있다. 특히 로봇을 이용한 재활치료는 치료사의 신체적 부담을 경감할 수 있다. 또한 환자의 장애 정도에 따른 정량적 치료를 적용하기에 적합할 뿐만 아니라 체중 지지 시스템을 이용하여 낙상을 예방할 수 있는 장점이 있다.⁴⁻⁶

다양한 연구에서 뇌졸중 환자의 하지 재활 로봇 치료의 안전성과 유효성을 입증하였다.⁶ 그러나 하지 재활 로봇 치료에서 환자의 요구와 관점을 반영한 연구는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 하지 재활 로봇 치료에 대한 만족도를 조사하고, 환자의 인구학적 특성, 로봇의 종류, 기능 수준에 따른 만족도를 조사하고자 하였다.

연구 대상 및 방법

1) 연구 대상

본 연구는 환자 중심 의료기술 최적화 연구사업 관련하여 ‘뇌졸중 편마비 환자에서 하지 재활 로봇 치료의 효과 평가 연구’의 일부 과제로 시행되었다. 2020년 5월부터 2021년 8월까지 9개의 기관(서울아산병원, 세브란스병원, 일산백병원, 국립재활원, 울산대학교병원, 일산병원, 제주권역재활병원, 중앙대학교병원, 예순요양병원)에서 시행하였다. 본 연구는 하지 재활 로봇 치료를 받는 뇌졸중 환자를 대상으로 하였으며 현저한 인지 저하 및 심한 청력 손상 등 의사소통의 어려움으로 인해 하지 재활 로봇 치료를 할 수 없는 경우는 연구에서 제외하였다.

2) 연구 방법

본 연구에서 하지 재활 로봇 치료의 마지막 세션 후에 만족도 설문조사를 시행하였다. 또한 연구 대상자의 특성, 사용 로봇명, 로봇 치료 기간, 로봇 치료 횟수, 로봇 탑승 시간 관련 정보를 수집하였으며, 하지 재활 로봇 치료의 시작 전에 functional ambulation category (FAC), Berg balance scale (BBS), modified barthel index (MBI), mini-mental state examination (MMSE)을 측정하였다. 하지 재활 로봇 치료의 마지막 세션 후에 FAC 및 BBS를 측정하였다. 본 연구에서 사용한 하지 재활 로봇은 발판 기반형 로봇인 Morning Walk, 외골격형 로봇인 Lokomat과 Exowalk, 지상 보행 훈련 로봇인 Andago이다(Fig. 1). 모든 대상자들에게 연구 시작 전에 본 연구에 대하여 충분히 설명한 후 서면 동의서를 받았다.

설문지는 뇌졸중 재활을 전문적으로 하는 교수 6인과 치료사들로 구성된 전문가 그룹 회의를 통하여 개발하였다. 연구 진

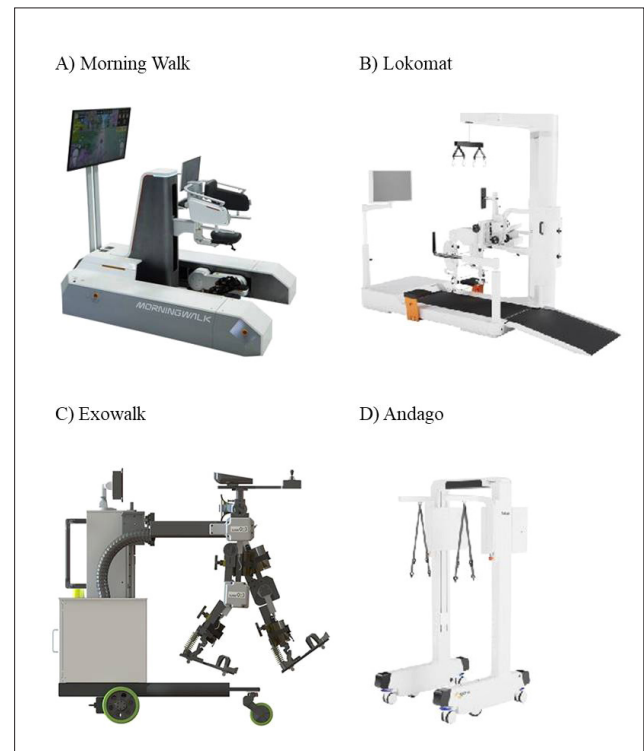


Fig. 1. Robotic devices used in this study.

Source: A) <http://www.curexo.com/english/medical/sub02.php?PHPSESSID=4e0a3da9a46cc7077fb18aa41dc6e11f>, B) <https://www.itero.si/en/vzorcna-stran/about-us/>, C) <http://hmhis.com/>, D) <https://www.itero.si/en/vzorcna-stran/about-us/>

행자 회의를 개최하였고, 이를 통하여 하지 재활 로봇 치료의 만족도와 관련한 항목을 분석하여 설문 도구를 작성하였다. 이후 만족도 설문 도구에 대한 전문가들의 타당도 검토 후 만족도 설문 도구의 수립을 완료하였다. 만족도에 대한 항목은 다음과 같다: (1) 로봇 치료가 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?, (2) 로봇 치료가 재활 의욕을 높인다고 생각하십니까?, (3) 로봇 치료가 재활 프로그램의 집중력 향상에 도움이 된다고 생각하십니까?, (4) 로봇 훈련 시간은 적절하다고 생각하십니까? (적절하지 않다면, 적절하다고 생각하는 시간은 몇 분입니까?), (5) 로봇 훈련 횟수는 적절하다고 생각하십니까? (적절하지 않다면, 적절하다고 생각하는 횟수는 몇 회입니까?), (6) 로봇 치료를 계속 받을 의사가 있습니까?, (7) 비슷한 질환을 가지고 있는 사람이 있다면, 로봇 치료를 권유하시겠습니까?, (8) 로봇 치료가 치료사와의 운동치료보다 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?, (9) 로봇 치료에 대해 전반적으로 만족하셨습니까?. 설문지의 각 항목은 1에서 4점까지 4단계로 나누어 1점은 '매우 그렇지 않다', 2점은 '그렇지 않다', 3점은 '그렇다', 4점은 '매우 그렇다'로 평가하였다. 마지막으로 로봇 치료 시 불편한 점(또는 부작용)과 개선점에 대한 의견을 자유롭게 작성하도록 하였다.

연구 대상자의 기능을 평가하기 위하여 FAC, BBS, MBI, MMSE를 측정하였다.

FAC는 보행 능력을 평가하는 도구이다. 환자가 보행을 할 때 필요한 신체적 도움의 정도에 따라 6단계(0-5점) 중 하나로 분류된다.⁷

BBS는 균형 능력을 측정하는 도구로, 14개의 항목으로 구성된다. 각 항목은 0점에서 4점까지 점수를 매기며 0점은 과제를 수행할 수 없음, 4점은 독립적인 과제 완료를 나타낸다. 총점은 최소 0점에서 최대 56점까지이다. 점수가 높을수록 높은 균형 능력을 나타낸다.⁸

MBI는 뇌졸중 환자의 일상생활 활동을 평가하기 위한 도구이다. 개인 위생, 목욕하기, 식사하기, 용변 처리, 계단 오르기, 옷 입기, 대변 조절, 소변 조절, 보행/의자차, 의자/침대 이동의 10개 문항으로 구성되어 있다. 각 항목은 작업을 수행하는 데 필요한 도움의 정도에 따라 5단계의 점수 체계를 가지며 총 0점에서 100점까지의 점수를 제공한다. 점수가 높을수록 높은 신체 기능 수준을 나타낸다.⁹

MMSE는 인지능력을 평가하는 데 가장 흔히 사용하는 도구이다. 지남력, 기억력, 기억 회상 능력, 주의 집중 및 계산력, 이해 및 판단력, 언어 기능을 포함한 12가지 항목으로 구성되며 30점 만점이다.¹⁰

통계 분석은 IBM SPSS Statistics for Windows version 22.0 (IBM Corp., Armonk, NY, USA)을 사용하였다. 대상자들의 인구학적 정보 및 초기 기능 평가 변수들에 대해 평균과 표준편차를 제시하였다. Shapiro-Wilk test를 이용하여 정규성 검정을 하였다. 성별, 나이, 뇌졸중의 유병기간, MBI, MMSE에 따른 만족도의 비교는 Mann-Whitney test를 이용하여 통계 분석하였다. 로봇의 종류, FAC, BBS 점수에 따른 만족도의 비교는 Kruskal-Wallis test를 이용하여 통계 분석하였다. FAC와 BBS 점수의 치료 전과 치료 후의 비교는 Wilcoxon signed rank test를 이용하여 통계 분석하였다. P값이 0.05 미만인 경우 통계적으로 유의한 것으로 설정하였다.

결과

1) 인구학적 정보 및 초기 기능 평가 변수

총 199명의 대상자들이 모집되었으며 모두 설문조사를 완료하였다. 대상자들의 인구학적 정보 및 초기 기능 평가 변수들에 대해 Table 1에 나타내었다. 199명의 환자 중 10명의 환자들은 데이터 소실로 인해 뇌졸중의 병인이 파악되지 않았고 외골격형 로봇을 이용하여 훈련을 받은 환자 중 1명은 Lokomat과 Exowalk를 모두 사용하였다. 또한 10명의 환자들은 기관의 사정상 BBS를 평가하지 못하였고 1명의 환자는 실어증으로 인해 MMSE를 측정하지 못하였다.

2) 설문지의 각 항목에 대한 만족도

만족도 설문지의 각 항목에 대한 결과는 Fig. 2에 나타내었다. '로봇 치료가 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?', '로봇 치료를 계속 받을 의사가 있습니까?', '비슷한 질환을 가지고 있는 사람이 있다면, 로봇 치료를 권유하시겠습니까?', '로봇 치료에 대해 전반적으로 만족하셨습니까?' 항목에서 '매우 그렇다' 및 '그렇다'라고 한 환자들의 비율이 90% 이상이었다(각각 93.97%, 92.46%, 94.97%, 94.97%). '로봇 치료가 재활 의욕을 높인다고 생각하십니까?', '로봇 치료가 재활 프로그램의 집중력 향상에 도움이 된다고 생각하십니까?', '로봇 훈련 시간은 적절하다고 생각하십니까?', '로봇 훈련 횟수는 적절하다고 생각

Table 1. Demographics and Baseline Characteristics of Patients

Characteristics	No. of cases
Gender, n (%)	
Female	61 (30.65)
Male	138 (69.35)
Age (years)	62.03 ± 14.38
Stroke etiology, n (%)	
Infarction	144 (72.36)
Hemorrhage	44 (22.11)
Infarction + hemorrhage	2 (1.01)
Unknown*	10 (5.03)
Side of weakness, n (%)	
Left	88 (44.22)
Right	104 (52.26)
Both	7 (3.52)
Duration from stroke (months)	3.14 ± 5.46
Type of robot, n (%)	
End-effector robot (Morning Walk)	139 (69.85)
Exoskeletons	
Lokomat [†]	22 (11.06)
Exowalk [†]	25 (12.56)
Overground gait training robot (Andago)	14 (7.04)
Sessions per week	3.89 ± 1.41
Total sessions	15.33 ± 17.90
Duration of each robot session (min)	22.37 ± 6.62
FAC	1.72 ± 1.41
BBS [‡]	26.91 ± 17.07
MBI	50.83 ± 23.53
MMSE [§]	24.07 ± 5.72

FAC: Functional Ambulation Category, BBS: Berg Balance Scale, MBI: Modified Barthel Index, MMSE: Mini-Mental State Examination

* Unknown due to data loss

[†] 1 patient received gait training using both Lokomat and Exowalk.

[‡] 10 patients were not measured due to institutional conditions.

[§] 1 patient were not measured due to aphasia.

하십니까?’ 항목에서 ‘매우 그렇다’ 및 ‘그렇다’라고 응답한 환자들의 비율이 80% 이상이었다(각각 89.95%, 89.95%, 86.93%, 81.91%). 그러나 ‘로봇 치료가 치료사와의 운동치료보다 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?’ 항목에서는 ‘매우 그렇다’ 및 ‘그렇다’라고 응답한 환자들의 비율이 66.83%로 가장 낮은 수치를 보였다.

‘로봇 훈련 시간은 적절하다고 생각하십니까?’ 항목에서 ‘그렇지 않다’ 및 ‘매우 그렇지 않다’라고 응답한 환자들에게 적절하다고 생각하는 치료 시간을 10분 미만, 10-20분, 30-40분, 40-50분, 60분 이상 중 한 가지를 선택하도록 하였다. 41명(13.07%)의 환자들이 ‘그렇지 않다’ 또는 ‘매우 그렇지 않다’라고 응답하였다. 이 환자들 중 적절하다고 생각하는 치료 시간은 10분 미만은 3명(7.32%), 10-20분은 10명(24.40%), 30-40분은 20명(48.78%), 40-50분은 7명(17.07%), 60분 이상은 1명(2.44%)으로, 30-40분이 적절하다고 응답한 환자 수가 가장 많았다. 또한 ‘로봇 훈련 횟수는 적절하다고 생각하십니까?’ 항목에서 ‘그렇지 않다’ 및 ‘매우 그렇지 않다’라고 응답한 환자들에게 적절하다고 생각하는 치료 횟수를 주 1회, 주 2회, 주 3회, 주 4회, 주 5회 이상 중 하나를 선택하도록 하였다. 43명(18.09%)의 환자들이 ‘그렇지 않다’ 또는 ‘매우 그렇지 않다’라고 응답하였다. 이 환자들 중 적절하다고 생각하는 치료 횟수는 주 1회는 3명(6.12%), 주 2회는 3명(6.12%), 주 3회는 15명(30.61%), 주 4회는 7명(14.29%), 주 5회는 15명(30.61%)으로, 주 3회가 적절하다고 응답한 환자 수가 가장 많았다.

3) 성별, 나이, 유병기간에 따른 만족도

성별에 따라 남성과 여성으로 나누어 각 만족도 항목을 비

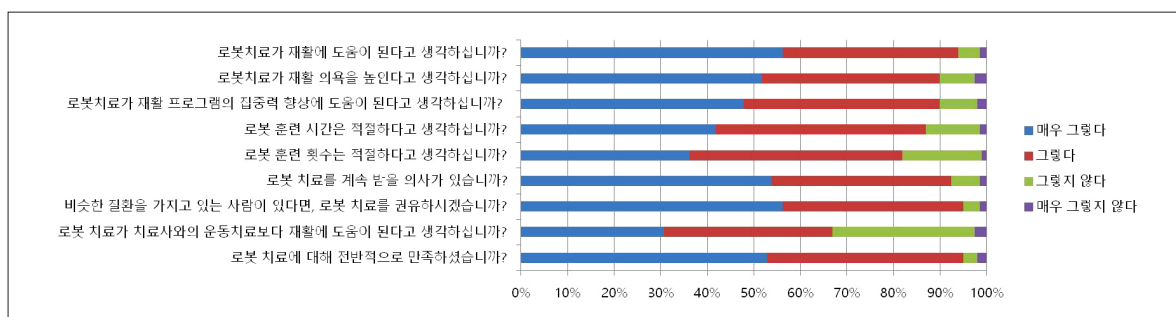


Fig. 2. Satisfaction with each item of the survey for robot-assisted gait training (n=199).

Table 2. Comparison of Satisfaction According to Patient Characteristics

Items [†]	Gender		Age (years)		Duration from stroke (months)	
	Female (n = 61)	Male (n = 138)	< 65 (n = 110)	≥ 65 (n = 89)	≤ 3 (n = 149)	> 3 (n = 50)
1	3.57 ± 0.56	3.43 ± 0.69	3.45 ± 0.67	3.51 ± 0.64	3.51 ± 0.68	3.38 ± 0.57
2	3.52 ± 0.65	3.32 ± 0.76	3.35 ± 0.74	3.42 ± 0.74	3.43 ± 0.74	3.24 ± 0.72
3	3.48 ± 0.65	3.30 ± 0.74	3.33 ± 0.69	3.39 ± 0.75	3.40 ± 0.75	3.24 ± 0.59*
4	3.43 ± 0.67	3.21 ± 0.73*	3.24 ± 0.75	3.33 ± 0.67	3.34 ± 0.71	3.10 ± 0.74*
5	3.25 ± 0.70	3.14 ± 0.75	3.14 ± 0.72	3.22 ± 0.75	3.21 ± 0.77	3.08 ± 0.63
6	3.49 ± 0.60	3.41 ± 0.71	3.43 ± 0.70	3.45 ± 0.66	3.45 ± 0.71	3.40 ± 0.57
7	3.56 ± 0.59	3.45 ± 0.67	3.47 ± 0.66	3.49 ± 0.64	3.52 ± 0.67	3.38 ± 0.57
8	3.07 ± 0.79	2.89 ± 0.86	2.86 ± 0.86	3.05 ± 0.81	2.95 ± 0.88	2.94 ± 0.74
9	3.57 ± 0.56	3.40 ± 0.69	3.44 ± 0.67	3.47 ± 0.64	3.49 ± 0.68	3.34 ± 0.59

[†]1: Has robot-assisted gait training helped rehabilitation?, 2: Did robot-assisted gait training increase the motivation for rehabilitation treatment?, 3: Did robot-assisted gait training help improve concentration in the rehabilitation program?, 4: Was the robot-assisted gait training time appropriate?, 5: Was the number of robot-assisted gait training sessions appropriate?, 6: Are you willing to continue with robot-assisted gait training?, 7: Would you recommend robot-assisted gait training to someone with a similar disease?, 8: Has robot-assisted gait training been more helpful for rehabilitation than conventional physiotherapy?, 9: Overall, were you satisfied with the robot-assisted gait training?

*p < 0.05 (Mann-Whitney test)

교하였다(Table 2). ‘로봇 훈련 시간은 적절하다고 생각하십니까?’ 항목에서 여성이 유의하게 높은 만족도를 나타냈다. 일반적으로 노인으로 규명하는 65세를 기준으로 65세 미만과 65세 이상으로 나누어 나이에 따른 각 만족도 항목을 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 뇌졸중의 유병 기간을 아급성기인 3개월을 기준으로 3개월 이내와 3개월 이후로 나누어 유병기간에 따른 각 만족도 항목을 비교하였다. ‘로봇 치료가 재활 프로그램의 집중력 향상에 도움이 된다고 생각하십니까?’ 및 ‘로봇 훈련 시간은 적절하다고 생각하십니까?’ 항목에서 3개월 이하의 환자들에서 통계적으로 유의하게 높은 만족도가 관찰되었다.

4) 로봇 종류에 따른 만족도

본 연구에서 사용한 하지 재활 로봇인 Morning Walk, Lokomat, Exowalk, Andago의 4개의 그룹으로 나누어 로봇 종류에 따른 각 만족도 항목을 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 3).

5) 기능 수준에 따른 만족도

FAC는 보행 능력에 따라 기능적 보행을 할 수 없는 0점, 보행 시 다른 사람의 도움이 필요한 1-3점, 독립적인 보행이 가능한 4-5점¹¹으로 나누어 각 만족도 항목을 비교하였다(Table 4). ‘로봇 치료가 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?’ 항목에 대하여 FAC 4-5인 환자군에서 통계적으로 유의하게 가장 낮은 만족도를 보였다. BBS 점수는 균형 능력 정도에 따라 0-20점은 ‘휠체어 이용(wheelchair bound)’, 21-40점은 ‘도움을 받아 보행(walking with assistance)’, 41-56점은 ‘독립적(independent)’으로 나누어^{12,13} 각 만족도 항목을 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다.

MBI 점수는 최소 0점, 최대 100점으로, 중간 값인 50점을 기준으로 0-50점인 환자와 51-100점인 환자로 나누어 각 만족도 항목을 비교하였다(Table 4). MBI 점수가 0-50점인 환자군에서 MBI 51-100인 환자군에 비해 ‘로봇 치료가 재활 프로그램의 집중력 향상에 도움이 된다고 생각하십니까?’ 항목에 대하여 통계적으로 유의하게 높은 만족도를 보였다. 일반적으로 정상 인지 기능으로 설정되는 MMSE 24점¹⁴을 기준으로 정상 인지 기능을 나타내는 24점 이상과 인지 기능의 저하를 나타내

Table 3. Comparison of Satisfaction According to Type of Robot

Items [†]	Type of robot			
	End-effector robots (Morning walk) (n = 139)	Exoskeletons		Overground gait training robot (Andago) (n = 14)
		Lokomat (n = 22)	Exowalk (n = 25)	
1	3.54 ± 0.61	3.41 ± 0.73	3.36 ± 0.76	3.21 ± 0.80
2	3.47 ± 0.70	3.14 ± 0.83	3.24 ± 0.78	3.14 ± 0.77
3	3.42 ± 0.69	3.23 ± 0.81	3.28 ± 0.74	3.14 ± 0.77
4	3.34 ± 0.72	3.18 ± 0.80	3.12 ± 0.67	3.14 ± 0.66
5	3.23 ± 0.74	3.05 ± 0.84	3.04 ± 0.73	3.14 ± 0.53
6	3.47 ± 0.65	3.41 ± 0.73	3.40 ± 0.76	3.29 ± 0.73
7	3.54 ± 0.59	3.41 ± 0.73	3.40 ± 0.82	3.21 ± 0.70
8	2.95 ± 0.85	2.86 ± 0.77	2.88 ± 0.93	3.21 ± 0.70
9	3.53 ± 0.61	3.32 ± 0.72	3.36 ± 0.70	3.14 ± 0.86

[†]1: Has robot-assisted gait training helped rehabilitation?, 2: Did robot-assisted gait training increase the motivation for rehabilitation treatment?, 3: Did robot-assisted gait training help improve concentration in the rehabilitation program?, 4: Was the robot-assisted gait training time appropriate?, 5: Was the number of robot-assisted gait training sessions appropriate?, 6: Are you willing to continue with robot-assisted gait training?, 7: Would you recommend robot-assisted gait training to someone with a similar disease?, 8: Has robot-assisted gait training been more helpful for rehabilitation than conventional physiotherapy?, 9: Overall, were you satisfied with the robot-assisted gait training?

Table 4. Comparison of Satisfaction According to Level of Physical and Cognitive Function

Items [†]	FAC			BBS			MBI		MMSE	
	0	1-3	4-5	0-20	21-40	41-56	0-50	51-100	< 24	≥ 24
	(n = 40)	(n = 133)	(n = 26)	(n = 72)	(n = 70)	(n = 47)	(n = 95)	(n = 104)	(n = 70)	(n = 128)
1	3.53±0.51	3.53±0.66	3.15±0.78*	3.42±0.73	3.54±0.56	3.51±0.72	3.51±0.63	3.44±0.69	3.39±0.71	3.52±0.63
2	3.28±0.72	3.46±0.71	3.15±0.83	3.29±0.80	3.44±0.65	3.47±0.78	3.42±0.71	3.35±0.76	3.30±0.77	3.42±0.72
3	3.35±0.62	3.42±0.70	3.04±0.87	3.36±0.77	3.41±0.63	3.30±0.78	3.48±0.67	3.23±0.74*	3.31±0.79	3.38±0.68
4	3.33±0.73	3.32±0.71	2.96±0.66	3.21±0.77	3.33±0.68	3.19±0.71	3.31±0.70	3.24±0.73	3.31±0.69	3.25±0.73
5	3.13±0.76	3.28±0.69	2.73±0.78	3.07±0.79	3.29±0.62	3.11±0.79	3.22±0.74	3.13±0.73	3.30±0.69	3.10±0.75
6	3.43±0.59	3.48±0.66	3.23±0.86	3.33±0.73	3.56±0.56	3.45±0.77	3.47±0.63	3.41±0.73	3.37±0.68	3.48±0.66
7	3.45±0.55	3.53±0.65	3.31±0.79	3.44±0.69	3.49±0.63	3.51±0.66	3.49±0.63	3.48±0.68	3.40±0.69	3.52±0.63
8	2.98±0.83	2.98±0.83	2.69±0.88	2.82±0.84	2.96±0.84	3.19±0.82	2.94±0.83	2.95±0.85	2.94±0.80	2.95±0.87
9	3.43±0.55	3.51±0.64	3.20±0.85	3.39±0.72	3.50±0.61	3.49±0.66	3.50±0.59	3.40±0.71	3.40±0.67	3.49±0.64

FAC: Functional Ambulation Category, BBS: Berg Balance Scale, MBI: Modified Barthel Index, MMSE: Mini-Mental State Examination

[†]1: Has robot-assisted gait training helped rehabilitation?, 2: Did robot-assisted gait training increase the motivation for rehabilitation treatment?, 3: Did robot-assisted gait training help improve concentration in the rehabilitation program?, 4: Was the robot-assisted gait training time appropriate?, 5: Was the number of robot-assisted gait training sessions appropriate?, 6: Are you willing to continue with robot-assisted gait training?, 7: Would you recommend robot-assisted gait training to someone with a similar disease?, 8: Has robot-assisted gait training been more helpful for rehabilitation than conventional physiotherapy?, 9: Overall, were you satisfied with the robot-assisted gait training?

*p < 0.05 (Mann-Whitney test)

Table 5. Changes in Functional Ambulation Category and Berg Balance Scale

	Pre	Post	Difference (Post - Pre)	p-value
FAC (n=199)	1.72 ± 1.41	3.03 ± 1.36	1.30 ± 1.13	< 0.001
BBS (n=179) [†]	26.10 ± 16.87	38.37 ± 15.33	12.27 ± 11.14	< 0.001

FAC: Functional ambulation category, BBS: Berg Balance Scale

[†]20 patients were not measured due to institutional conditions.

는 24점 미만으로 나누어 각 만족도 항목을 비교하였으나 통계적으로 유의한 차이는 관찰되지 않았다(Table 4).

6) 치료 전과 치료 후의 비교

FAC와 BBS의 치료 전과 후를 비교하였다(Table 5). FAC와 BBS 모두 하지 재활 로봇 치료 전에 비해 치료 후 통계적으로 유의하게 향상되었다.

고찰

본 연구는 설문지를 이용하여 뇌졸중 환자의 하지 재활 로봇 치료에 대한 만족도를 조사하였으며 대부분의 항목에서 높은 만족도를 나타냈다. 그러나 '로봇 치료가 치료사와의 운동치료보다 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?' 항목에서는 가장 낮은 만족도를 보였다. 또한 환자의 인구학적 특성, 로봇의 종류, 기능 수준에 따른 만족도 분석에서 여성, 유병기간이 3개월 이내인 경우, MBI 점수가 낮은 경우 그렇지 않은 경우에 비해 일부 항목에서 높은 만족도가 관찰되었으며 보행 능력이 높은 경우 일부 항목에서 낮은 만족도가 관찰되었다. 나이, 로봇의 종류, 균형 능력, 인지 기능 수준에 따른 만족도 차이는 관찰되지 않았다.

현재까지의 연구에서 로봇 보행 훈련과 고식적인 보행 치료를 통합하여 시행한 경우 고식적인 치료만 단독으로 한 경우에 비해 보행 능력이 향상됨을 보고하였다. 그러나 로봇 보행 훈련과 고식적인 보행 치료 효과의 차이에 대해서는 근거가 부족하다.⁶ 본 연구에서 '로봇 치료가 치료사와의 운동치료보다 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?' 항목에서 가장 낮은 만족도를 보인 것은 이전의 연구 결과⁶와 관련이 있을 것으로 생각된다.

본 연구는 환자의 인구학적 특성, 로봇의 종류, 기능 수준에 따른 만족도를 비교 분석하였다. 뇌졸중 환자에서 로봇을 이용한 보행 훈련은 유병기간 3개월 이내 및 보행 불가능한 환자에서 효과적이라고 밝혀졌다.⁶ 본 연구에서 유병기간 3개월 이내와 3개월 이후 환자들로 나누어 설문지의 각 항목을 비교 분석하였을 때 하지 재활 로봇 치료의 집중력 향상 효과 및 로봇 훈련 시간에 대한 만족도가 3개월 이내 환자들에서 유의하게 만족도가 높았다. 이 결과는 로봇 보행 훈련이 유병기간 3개월 이내의 뇌졸중 환자에게 효과적이라는 이전 연구 결과⁶와 관련이 있을 것으로 생각된다. 환자의 보행 능력 수준을 나타내는 FAC 점수가 0점, 1-3점, 4-5점인 환자들의 각 만족도 항목을 비교 분석하였을 때 '로봇 치료가 재활에 도움이 된다고 생각하십니까?' 항목에서 FAC 4-5인 환자들에서 유의하게 낮은 만족도를 보였다. 이는 뇌졸중 환자의 로봇 보조 보행 훈련이 보행이 불가능한 환자에서 효과적⁶이라는 것과 관련이 있을 것으로 생각된다. MBI 점수가 0-50인 환자들에서 하지 재활 로봇 치료의 집중력 향상 효과 항목에서 MBI 51-100점인 환자들에 비해 만족도가 높았다. 이전의 연구에서 운동 장애가 심한 환자가 그렇지 않은 환자에 비해 FAC, rivermead mobility index, barthel index로 측정된 기능의 향상이 더 유의하게 나타났다.¹⁵ 본 연구에서 MBI가 낮은 환자들에서 MBI가 높은 환자들에 비해 일부 항목에서 높은 만족도를 보인 것은 이전의 연구 결과¹⁵와 관련이 있을 것으로 추정되나 추가적인 연구가 필요하다.

다양한 종류의 하지 재활 로봇이 개발되었으며, 크게 외골격형(exoskeletons) 및 발판 기반형 로봇(end-effector robots), 체중 지지 트레드밀 훈련(body-weight supported treadmill training) 및 지상 보행 훈련(overground gait training) 로봇으로 분류할 수 있다.^{16,17} 뇌졸중 환자에 대한 하지 재활 로봇 치료의 유효성은 다양한 연구에서 입증되었으나 보행 능력에 대한 로봇 종류 간의 차이에 대해서는 근거가 부족하다.⁶ 본 연구에서도 만족도의 각 항목에서 Morning Walk, Lokomat,

Exowalk, Andago의 로봇 종류에 따른 유의한 차이가 보이지 않았다.

본 연구는 9개의 기관에서 하지 재활 로봇 치료를 받는 뇌졸중 환자를 대상으로 하였으므로 치료 환경이 동일하지 않았고, 각 기관의 평가자들이 신체 및 인지 기능을 측정하였다. 이러한 점이 결과에 영향을 미칠 수 있어 제한점이 있다.

결론

본 연구는 설문지를 이용하여 뇌졸중 환자의 하지 재활 로봇 치료에 대한 만족도를 조사하였으며 대부분의 항목에서 높은 만족도를 나타냈다. 그러나 치료사와의 운동치료보다 하지 재활 로봇 치료가 더 효과적인지에 대한 항목에서는 가장 낮은 만족도를 보였다. 또한 여성, 유병기간이 3개월 이내인 경우, 일상생활 동작 능력이 낮은 경우 일부 항목에서 높은 만족도가 관찰되었으며 보행 능력이 높은 경우 일부 항목에서 낮은 만족도가 관찰되었다. 따라서 하지 재활 로봇 치료에 다양한 요인이 고려되어야 하며 환자의 만족도를 향상시키기 위한 추가적인 연구가 필요하다.

감사의 글

본 연구는 보건복지부의 재원으로 「환자중심 의료기술 최적화 연구사업」의 지원을 받았음(과제고유번호: HI19C0481, HC19C0264).

REFERENCES

- Langhorne P, Bernhardt J, Kwakkel G. Stroke rehabilitation. *Lancet* 2011;377:1693-1702
- Eng JJ, Tang P-F. Gait training strategies to optimize walking ability in people with stroke: a synthesis of the evidence. *Expert Rev Neurother* 2007;7:1417-1436
- Balaban B, Tok F. Gait disturbances in patients with stroke. *PM&R* 2014;6:635-642
- Yang HE, Kyeong S, Lee SH, Lee WJ, Ha SW, Kim SM, et al. Structural and functional improvements due to robot-assisted gait training in the stroke-injured brain. *Neurosci Lett* 2017;637:114-119
- Husemann B, Muller F, Krewer C, Heller S, Koenig E. Effects of locomotion training with assistance of a robot-driven gait orthosis in hemiparetic patients after stroke: a randomized controlled pilot study. *Stroke* 2007;38:349-354
- Mehrholz J, Thomas S, Kugler J, Pohl M, Elsner B. Electromechanical-assisted training for walking after stroke. *Cochrane Database Systematic Rev* 2020;10:CD006185
- Mehrholz J, Wagner K, Rutte K, Meißner D, Pohl M. Predictive validity and responsiveness of the functional ambulation category in hemiparetic patients after stroke. *Arch Phys Med Rehabil* 2007;88:1314-1319
- Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Phys Ther* 2008;88:559-566
- Shah S, Vanclay F, Cooper B. Improving the sensitivity of the Barthel Index for stroke rehabilitation. *Clin Epidemiol* 1989;42:703-709
- Bour A, Rasquin S, Boreas A, Limburg M, Verhey F. How predictive is the MMSE for cognitive performance after stroke? *J Neurol* 2010;257:630-637
- Marvin K. Functional Ambulation Categories (FAC)
- Berg KO, Wood-Dauphinee SL, Williams JI, Maki B. Measuring balance in the elderly: validation of an instrument. *Can J Public Health* 1992;83 Suppl 2:S7-11
- Pizzorno JE, Murray MT. *Textbook of natural Medicine-E-Book*: Elsevier Health Sciences; 2020
- Creavin ST, Wisniewski S, Noel-Storr AH, Trevelyan CM, Hampton T, Rayment D, et al. Mini-Mental State Examination (MMSE) for the detection of dementia in clinically unevaluated people aged 65 and over in community and primary care populations. *Cochrane Database of Systematic Reviews* 2016
- Morone G, Bragoni M, Iosa M, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, et al. Who may benefit from robotic-assisted gait training? A randomized clinical trial in patients with subacute stroke. *Neurorehabil Neural Repair* 2011;25:636-644

16. Morone G, Paolucci S, Cherubini A, De Angelis D, Venturiero V, Coiro P, et al. Robot-assisted gait training for stroke patients: current state of the art and perspectives of robotics. *Neuropsychiatr Dis Treat* 2017;13:1303-1311
 17. Alias NA, Huq MS, Ibrahim B, Omar R. The efficacy of state of the art overground gait rehabilitation robotics: a bird's eye view. *Procedia Comput Sci* 2017;105:365-370
-