

Comparison of Effects on Static Balance in Stroke Patients According to Visual Biofeedback Methods

Kyu-Seong Choi^a, Il-Ho Kwon^b, and Won-Seob Shin^{a,b,c*}

^aDepartment of Physical Therapy, Graduate School of Health and Medicine, Daejeon University

^bDepartment of Physical Therapy, Graduate School of Daejeon University

^cDepartment of Physical Therapy, College of Health and Medical Science, Daejeon University

Objective: The purpose of this study is to investigate the impact of visual biofeedback methods utilizing pressure sensors on the static balance of stroke patients.

Design: Randomized crossover study.

Methods: A total of 27 patients with hemiparesis participated in this study. The following three feedback conditions were considered: condition 1 (Knowledge of performance feedback), condition 2 (Knowledge of result feedback), and condition 3 (None feedback). A force plate was used to measure static balance. The total sway length, average sway velocity, x-axis excursion, and y-axis excursion of the center of pressure were measured. One-way repeated-measures analysis of variance was employed for comparisons of variables between each condition. The statistical significance level was set at $\alpha = 0.05$ for all analyses.

Results: There was a significant difference in the static balance results between each feedback condition ($p < 0.05$). In the post-hoc results, it was confirmed that the static balance was significant in the order of knowledge of performance feedback, knowledge of result feedback, and none feedback.

Conclusions: When comparing the three conditions, it was observed that knowledge of performance feedback showed the most improved effect on static balance ability. As further research progresses, that this approach could be used as an effective intervention method in clinical settings.

Key Words: Stroke, Feedback, Training, Balance

서론

뇌졸중 환자의 주요 증상 중 하나인 편측마비로 인해 일상생활에서의 활동 수행이 제한되며, 균형능력에도 영향을 준다[1]. 뇌졸중 환자들은 감각과 운동능력 손상으로 인해 체중의 70%가 비마비측으로 치우치게 되며, 비대칭적인 서기 자세와 균형 문제가 발생한다[2].

균형은 신체를 주변 환경에 안정된 상태로 유지시키는 일상생활을 독립적으로 수행하기 위해 필수적인 운동 조절 능력 중 하나이다. 자세조절과 균형에는 내재적 피드백인 체성감각계, 시각계, 전정기계, 협응반응, 관절 가동범위 및 근력 등 여러 요소가 영향을 준다[3]. 이러한 내재적 피드백이 제대로 작동하지 않을 때, 운동과

관련된 정보를 치료사 또는 바이오피드백 등의 장비를 통해 정보를 전달받을 수 있다[4]. 균형 회복을 위한 중재로 가상현실[5], 수중치료[6], 테이핑[7], 시청각 피드백훈련[8] 등 많은 연구들이 진행되어 사용되고 있다.

특히 바이오 피드백 장비를 활용한 시각적 피드백은 뇌졸중 환자의 손상된 감각정보를 개선하고 보행 능력과 운동학습을 촉진할 수 있어[9], 자세 조절 능력 향상을 위한 효과적인 방법으로 널리 활용되고 있다. 시각적 피드백은 움직임 조절과 정확성 향상에 중요한 역할을 한다[10]. 균형에 문제가 있는 뇌졸중 환자의 균형 개선을 위한 중요한 치료 방법 중 하나로 사용되며, 다양한 연구에서 그 효과가 입증되어왔다[11].

외재적 피드백은 주변 환경이나 타인으로부터 정보를

Received: Sep 11, 2023 Revised: Sep 24, 2023 Accepted: Sep 25, 2023

Corresponding author: Won-Seob Shin (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-6515-7020>)

Department of Physical Therapy, Applied Science Building, 62, Daehak-ro, Dong-gu, Daejeon, 34520, Republic of Korea

Tel: +82-42-280-2294 Fax: +82-42-280-2295 E-mail: shinws@dju.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Copyright © 2023 Korean Academy of Physical Therapy Rehabilitation Science

받아들이는 과정으로, 수행지식(knowledge of performance; KP)과 결과지식(knowledge of result; KR)으로도 피드백이 활용할 수 있다[12]. 수행 지식(KP)은 움직임의 특성과 관련된 실제 동작의 특징을 환경과 연결하여 정보를 제공하는 것을 의미하며[13], 방금 수행한 동작에 대한 추가적인 정보를 제공한다[14]. 결과 지식(KR)은 숙련된 동작의 결과에 대한 외부적인 정보를 제공하며, 대상자가 행동을 완료한 후 목표한 결과와 실제 결과 간의 차이 및 오류의 원인을 설명하고, 대상자가 다음 번 시도에서 스스로 움직임을 개선하도록 돕는 방법이다. 결과지식 피드백은 비교적 명확하고 간결하게 제시되는 반면, 수행지식 피드백은 일상적인 운동학습 과정에서 자주 활용되며 다양한 운동 관련 정보를 제공하므로, 학습자의 주의와 집중을 필요로 하면서도 보다 효과적인 학습을 이루기 위한 유용한 전략 중 하나이다 [15].

이전 연구들은 다양한 변수들을 조합하여 수행지식 피드백과 결과지식 피드백을 제공하는 방식을 적용한 결과를 보여주었으며, 피드백의 긍정적인 학습효과에 대한 영향들을 제시하고 있다[16,17]. 그럼에도 불구하고, 각 피드백방법에 대한 검증 사례들은 제시되었지만, 뇌졸중 환자를 대상으로 균형에 대한 수행지식 피드백과 결과지식 피드백의 효과성을 동시에 입증하고 비교한 연구는 아직 부족한 상황이다[18].

따라서, 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 실시간 바이오피드백 훈련 시 외재적 피드백으로 수행지식 피드백과 결과지식 피드백을 적용하여 각 피드백 조건에 따라 운동 학습의 효과로 뇌졸중 환자의 정적 균형변화에 차이가 있는지 알아보려고 한다.

연구 방법

연구 대상

본 연구의 대상자는 대전광역시에 위치한 W 병원에서 입원 또는 외래진료를 받는 뇌졸중환자 30명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 선정 조건은 다음과 같다. 뇌졸중 진단을 받은 편마비환자로 독립적으로 2분 이상 선 자세를 유지할 수 있는 자로 선정하였으며, 시지각적 장애가 없고, 한국판 인지기능평가(MMSE-K) 점수가 24점 이상인 자로 하였다[19]. 제외조건은 뇌졸중 이외의 신경학적 질환을 가져 균형 능력에 문제가 있는 자, 하지에 정형외과적 질환을 가진 자, 연구내용을 충분히 인지하지 못하는 자로 하였다. 총 모집된 30명 중, 2명 거부, 1명 퇴원으로 제외되어 총 27명의 대상자가 최종으로 선정되었다. 연구 대상자들은 연구 방법과 목적에

대한 설명을 듣고, 자발적으로 동의서에 서명하여 연구 참여에 동의한 뇌졸중 환자로 구성하였다. 본 연구는 대전대학교 기관생명윤리위원회로부터 승인을 받은 후 연구가 진행되었다(IRB: 1040647-202304-HR-005-03).

연구 절차

본 연구는 무작위 교차실험 연구(randomized crossover study)로 최종적으로 선정된 30 명의 대상자에서 어지러움으로 인한 거부 2 명, 퇴원 1 명을 제외한 27 명을 대상으로 연구를 진행하였다. 모든 대상자들은 3 가지 피드백 조건에 따라 정적 균형을 측정하였으며, 각 피드백 조건은 다음과 같다. 첫째, 수행지식에 따른 시각적 바이오피드백(조건 1), 둘째, 결과지식에 따른 시각적 바이오피드백(조건 2), 셋째, 피드백을 받지 않은(조건 3)으로 하였다. 측정에 앞서 대상자들의 근육 긴장상태를 활성화시키기 위해 앉았다 일어서기 10 회와 5 분의 간단한 보행훈련을 수행하였다. 조건 1 과 2 에서 제공하는 피드백에 대해 설명하고 10 분씩 예비연습으로 적용한 뒤 5 분 이상의 충분한 휴식을 제공 후 측정하였다. 측정 순서는 무작위로 선정되었으며, 3 개의 번호를 적고 보이지 않게 여러 번 접은 종이를 상자에서 대상자가 직접 꺼내게 하여 번호에 해당하는 순서로 측정하였다. 피드백 조건 당 각 3 번씩 측정하고 평균값을 이용하였으며, 각 조건 사이에는 이전 조건의 영향이 없어질 수 있도록 24 시간이 지나고 다음 조건을 진행하였다. 정적 균형 측정은 힘판 위에서 2 분 동안 눈 뜬 상태로 손은 편안하게 떨어뜨리고 자연스럽게 양 발을 위치시키고 서게 하였다. 발의 위치는 재측정 간의 오차를 최소화 하기 위해 발바닥형태를 따라 프린트하여 힘판 위에 부착시켜 같은 위치에서 설 수 있도록 하였다. 힘판과 피드백도구까지의 거리는 2 m로 모든 조건에서 동일하게 유지되었으며, 신체의 중심이동을 눈으로 확인 할 수 있도록 시각적 피드백도구는 눈과 같은 높이에 위치 시켰다. 대상자의 무게중심 이동을 계산하기 위한 압력정보를 실시간으로 수집하기 위해 양 발에 압력 센서를 각 4 개씩 부착하였으며, 부착 위치는 엄지발가락 아래, 첫 번째 발 허리뼈 머리, 다섯 번째 발 허리뼈 머리, 발 뒤꿈치아래에 위치하였다[20](Figure 1).

중재 방법

조건1. 수행지식 피드백(Knowledge of performance)

신체의 무게중심 점을 눈으로 확인할 수 있게 시각적 피드백을 30 X 30 cm 크기의 정방형 상자에 9개의 LED를 이용하여 무게중심 상태를 나타내었다. 센서에

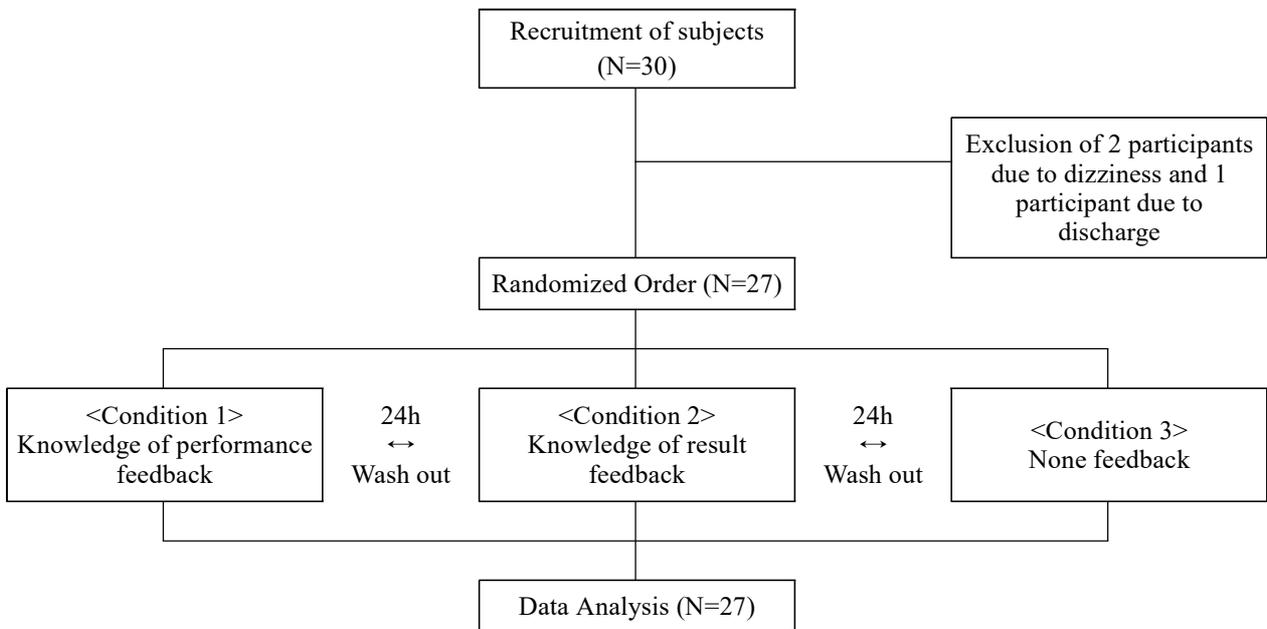


Figure 1. Flow chart

입력되는 압력을 계산하여 결과 값을 표시하였다. 예를 들어 9개의 LED중 가운데 하나만 점등이 되면 정확한 균형을 유지하고 있는 것으로 나타내고, 무게 중심이 앞으로 이동하게 되면 뒤로 이동하라는 시각적 피드백을 화살표모양으로 제공하여 수행에 대한 오류를 수정할 수 있게 도와준다. 시각적인 피드백을 실시간으로 제공함으로써 무게중심의 상태를 2분 동안 측정하였다(Figure 2).

조건2. 결과지식 피드백(Knowledge of result)

압력센서의 위치와 자세는 조건1과 동일하며, 같은

형태와 거리에서 측정하였다. 마찬가지로 30 X 30 cm 크기의 정방형 상자에 9개의 LED를 이용하여 무게중심 상태를 나타내었다. 이때, 가운데 LED의 점등은 정확한 균형을 유지하고 있는 것으로 나타내며, 이외에 LED점등은 점등된 방향으로 중심점이 이동되었다는 것으로 선 자세의 압력 이동에 대한 시각적 피드백을 제공한다. 예를 들면, 5시 방향에 불이 들어오면 왼발 뒤꿈치쪽 압력이 높은 것을 의미하고 9시 방향은 왼발 앞꿈치와 뒤꿈치 압력이 동일한 것을 의미한다. 실시간으로 중심의 이동을 시각적 피드백으로 제공하며 2분 동안 측정하였다[20] (Figure 2).

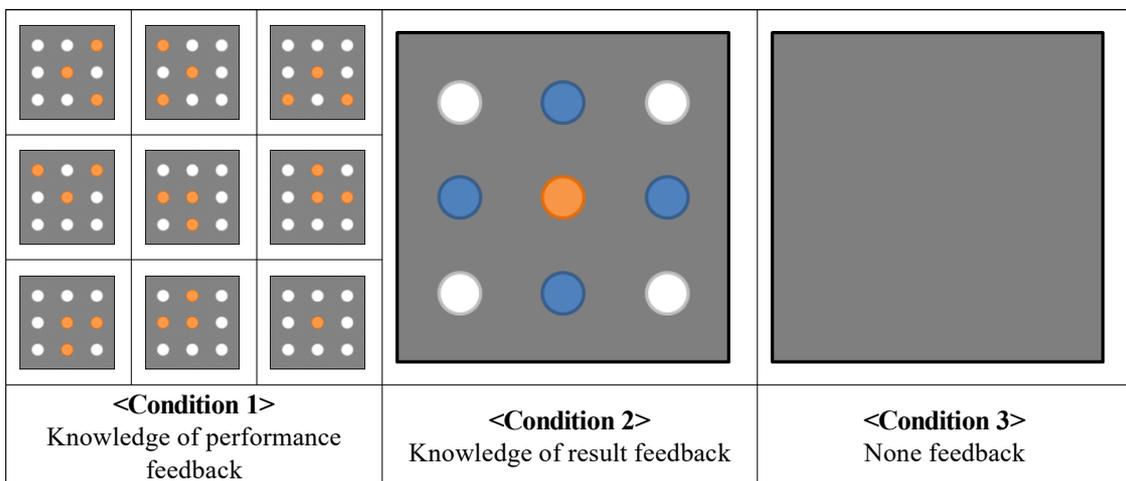


Figure 2. Display of three different types of feedback based on pressure sensors.

3. 피드백 없음(None feedback)

조건 1,2와 같은 형태와 거리로 설정하여, 어떠한 피드백 제공을 받지 않은 상태에서 바로 선 자세로 2분 동안 측정하였다(Figure 2).

평가 방법 및 측정 도구

힘판(Force plate)

본 연구에서 정적균형 측정은 힘판(Model BP400600, Advanced Mechanical Technology Inc, Waterton, MA, USA)을 사용하여 측정하였다. 대상자의 압력중심점을 연속적으로 수집할 수 있는 40 cm X 60 cm 크기의 장비이다. 측정 후에는 플랫폼 소프트웨어를 통해 중앙 압력의 길이, 면적, 속도 및 변위 네 가지 매개 변수를 시각화할 수 있다. 정적 균형은 압력 중심의 이동으로 평가된다[21]. 본 연구에 사용된 압력중심 매개 변수로는 평균 압력중심의 좌우편위(X축)와 상하편위(Y축), 총 동요거리, 평균 동요속도를 측정하였다.

자료 분석

본 연구를 통해 수집된 모든 자료 분석을 위해 IBM SPSS (SPSS ver. 25.0, IBM Co., USA)통계 프로그램을 이용하여 통계처리를 하였다. 대상자들의 일반적 특성은 기술 통계를 이용해 평균 및 표준편차를 구하였으

며, Shapiro-Wilks 검정을 통한 정규성 검증을 실시하였다. 각 조건 별 효과를 알아보기 위해 일원배치 반복측정 분산분석(One-way repeated measures ANOVA)을 이용하였다. 사후분석은 Bonferroni 검정을 사용하였다. 본 연구의 통계학적 유의수준(α)은 0.05로 설정하였다.

연구 결과

• 연구대상자의 일반적 특성

본 연구 대상자는 총 27명으로 대상자들의 일반적인 특성은 다음과 같다(Table 1).

• 피드백 조건에 따른 동요거리와 동요속도 비교

각 피드백 조건 간의 동요거리와 동요속도는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$). 사후분석 결과, 수행지식피드백, 결과지식피드백, 피드백을 받지 않았을 때의 순으로 동요거리와 동요속도가 유의하게 작은 것으로 확인할 수 있었다(Table 2)(Figure 3).

• 피드백 조건에 따른 X축과 Y축 편위 차이

각 피드백 조건 간의 X축과 Y축의 편위에는 유의한 차이가 있었다($p < 0.05$)(Table 2).

Table 1. The General Characteristics of Participants.

(n=27)

Variables	Values
Sex (Male/Female)	17/10
Hemi-side (Lt./Rt.)	15/12
Age (years)	61.63 (8.42)
Height (cm)	165.30 (9.06)
Weight (kg)	66.63 (10.62)

Values are expressed as Mean (SD)

Table 2. Comparison of static balance according to various feedback conditions.

(n=27)

Variables	KP	KR	None	F (p)
Sway Length (cm)	3714.95 ±682.78	3833.98 ±732.89	4157.45 ±970.97	20.085(0.00)*
Sway Velocity (cm/s)	12.19±2.24	12.58±2.42	13.76±3.51	18.259(0.00)*
COP-Y Avr (cm)	1.09±1.19	2.57±1.78	4.93±2.31	53.751(0.00)*
COP-X Avr (cm)	1.19±0.96	2.25±1.22	3.61±1.57	58.066(0.00)*

Values are expressed as Mean (SD), *p < 0.05.

KP: Knowledge of performance feedback, KR: Knowledge of result feedback, None: None feedback, COP-Y Avr: Average center of pressure on the Y-axis, COP-X Avr: Average center of pressure on the X-axis.

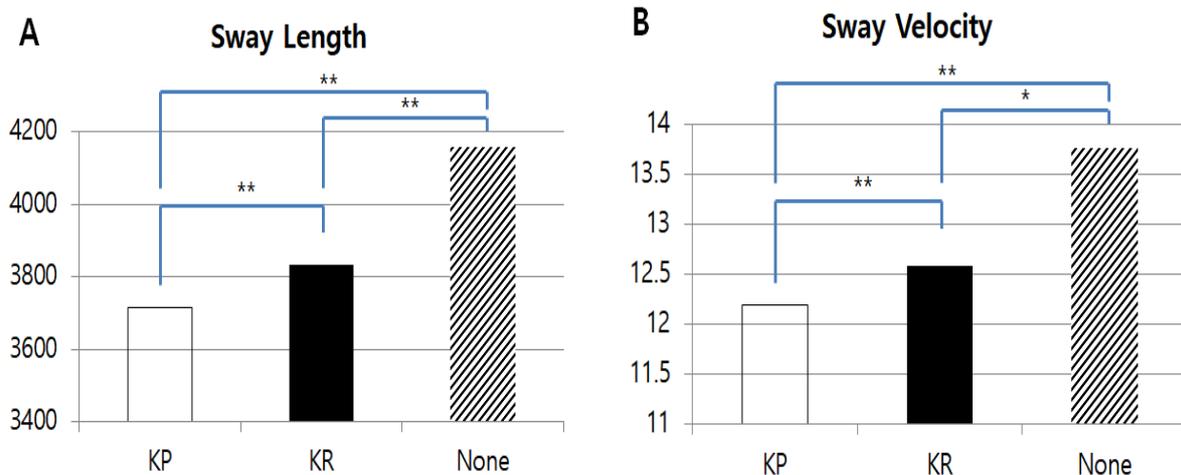


Figure 3. Comparison results of sway length and sway speed according to three feedback conditions.

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

KP: Knowledge of performance feedback, KR: Knowledge of result feedback, None: None feedback

논의

본 연구에서는 서로 다른 피드백 조건의 도구를 편마비환자 27 명을 대상으로 피드백을 적용하여 어떠한 피드백조건이 균형능력에 영향을 미치는지 확인해보고자 연구를 진행하여 다음과 같은 결과를 확인하였다.

시각적 바이오피드백은 운동학습을 위해 최적화되어 가장 집중적으로 연구되며 운동학습을 촉진하는 것으로 밝혀져 있고[22], 편마비환자의 마비측으로 체중지지를 유도하여 마비측을 자극하여 균형능력을 향상시킬 수 있다고 보고하였다[23]. 이에 따라, 본 연구에서 압력센서기반의 시각적 바이오피드백을 이용하여 각 피드백 조건 별 정적 균형능력을 측정된 결과, 동요거리에서 조건 별 유의한 차이가 있었고($P < 0.05$), 수행지식피드백에서 가장 적은 동요거리를 확인할 수 있었다. 동요속도에서도 마찬가지로 조건 별 유의한 차이가 있었고($p < 0.05$), 수행지식피드백에서 가장 느린 동요속도를 확인할 수 있었다. 박대성 등은 정적 균형능력은 동요거리가 길고, 동요속도가 빠를수록 균형능력이 저하되어있다고 보고하였다[24]. 따라서, 본 연구에서는 결과지식 피드백이나 피드백을 제공하지 않은 조건에 비해 수행지식피드백을 제공하였을 때 정적 균형능력이 가장 개선됨을 확인할 수 있었다.

Ahn과 Park등은 뇌졸중 환자 20 명을 대상으로 닌텐도 Wii와 Wii 밸런스 보드 시스템을 이용한 연구에서 KP군과 KR군 모두 압력중심점의 이동이 유의하게 감소하였다고 보고하였다[25]. 이는 본 연구에서 피드백적용이 균형능력의 향상을 나타낸 것과 같은 결과를 나타

냈다. 그러나 본 연구에서 KP를 제공한 조건에서 조금 더 향상이 있었던 반면, KP군과 KR군에서 유의한 차이를 보이지 않았다. 이는 균형운동 및 다양한 학습과정에서 피드백을 제시할 때, 대상자의 운동 동작에 대한 오류 교정을 시각 혹은 청각기자재를 이용하여 높은 빈도로 제공할 수 있어, 학습상황 도중 결과지식피드백보다 수행지식피드백이 적합한 형태[26]로 실시간으로 즉각적인 피드백제공과 수행이 끝난 후 피드백제공의 차이가 있었기 때문이라 사료된다. 따라서 수행지식피드백은 대상자가 행동을 조절하고 빠르게 오류를 수정할 수 있도록 도와주며, 학습과정 중 높은 중요성을 가지고 있음을 강조한다.

Cirstea등의 연구에서 37 명의 편마비환자를 대상으로 팔 운동에 대한 피드백을 3 그룹으로 나누어 적용했을 때, 수행지식 피드백을 사용하면 더 나은 운동 결과를 얻을 수 있다고 보고하였다[27]. 본 연구에서도 수행지식피드백을 제공하였을 때, 균형능력이 개선되었다는 내용을 뒷받침할 수 있는 동일한 결과를 확인할 수 있었다. 뇌졸중 환자는 주의와 집중, 학습을 이해하는 부분에 있어 손상이 있으며, 정보를 이해함에 있어 어려움이 있다[28]. 이로 인해 결과지식 피드백의 제공이 목표에 대해 “맞다”, “틀리다” 등의 결과에 대한 정보만 간단하게 제시하는 것에 비해 수행지식 피드백제공은 목표에 도달할 수 있게 운동학적 정보에 대한 많은 정보를 포함하고 있어[29] 대상자가 직접 오류를 찾아내고 수정해야 하는 어려움을 줄여주기 때문에 더 유리했을 것이라 사료된다.

Wang등은 뇌졸중환자들의 균형능력을 측정하기 위

해 힘판을 이용하여 압력중심점을 분석하였다[30]. 이를 참고하여 본 연구에서도 같은 힘판을 이용하여 압력중심점의 X축과 Y축에 대한 편위를 측정하여 중앙에서 얼마나 벗어나있는지를 확인하였다. 평균이 0 에 가까울 수록 한쪽으로 쏠린 정도가 적은 즉, 압력중심점에 가까이 균형을 잡았다는 의미로 수행지식피드백을 받았을 때, 가장 균등한 체중지지를 확인할 수 있었다.

본 연구는 나타나는 효과를 바로 보는 즉각적인 연구이지만 연구설계에 이전 조건의 영향을 없애는 시간이 24 시간이기 때문에 하루하루 컨디션이 달라지는 환자 특성상 완벽하게 같은 상태에서 균형능력 측정의 어려움이 있었으며, 피드백 도구 특성상 다양한 균형능력을 측정하지 못한 점과 한 기관, 대상자의 수가 다소 적어 모든 편마비 환자에게 일반화하기에는 어려움이 있다. 그러나, 본 연구는 압력센서를 이용한 시각적 바이오 피드백 제공방법이 편마비 환자의 정적 균형능력이 어떠한 영향이 있는지, 개선의 가능성이 있는지 알아보기 위한 연구로서 수행지식기반과 결과지식기반의 피드백 모두 균형능력에 긍정적인 효과가 있는 것을 고려해 보았을 때 효율적인 균형운동학습을 위해 제공될 수 있을 것이기에 향후 연구에서는 장기간의 균형훈련을 한 중재로 제한점을 보완한 추가적인 연구가 이루어진다면 보다 확실히 규명할 수 있는 연구가 나올 것으로 기대한다.

결론

본 연구는 직접 만든 압력센서를 이용한 시각적 바이오 피드백 도구를 사용하여 피드백 제공방법에 따라 편마비 환자의 균형능력이 어떠한 영향을 미치는지 알아보고자 하였다. 본 연구의 결과를 통해 수행지식피드백과 결과지식피드백이 피드백을 제공하지 않는 조건과 비교하여 정적 균형능력 개선에 유의미한 결과가 있었다. 3가지의 피드백 조건 중 가장 효과적인 것은 수행지식피드백인 것으로 나타났다. 따라서 수행지식피드백 제공이 효율적인 운동학습을 이끌어 낼 수 있으며, 향후 중재연구가 후속 연구로 진행되면 임상에서 효율적인 중재방법으로 사용될 수 있을 것이다.

이해 충돌

본 연구의 저자들은 연구, 저작권, 및 출판과 관련하여 잠재적인 이해충돌이 없음을 선언합니다.

참고문헌

1. Bohannon RW. Knee extension strength and body weight determine sit-to-stand independence after stroke. *Physiother Theory Pract.* 2007;23:291-7.
2. Vearrier LA, Langan J, Shumway-Cook A, Woollacott M. An intensive massed practice approach to retraining balance post-stroke. *Gait Posture.* 2005;22:154-63.
3. Punt M, Bruijn SM, Wittink H, van de Port IG, Wubbels G, van Dieën JH. Virtual obstacle crossing: Reliability and differences in stork survivors who prospectively experienced falls or no falls. *Gait Posture.* 2017;58:533-8.
4. Magill RA. Motor learning concepts and application. 6th ed. McGraw-Hill, New York. 2001.
5. Shin WS, Song CH. Effects of Virtual Reality-based Exercise on Static Balance and Gait Abilities in Chronic Stroke. *J Korean Phys Soc.* 2009;21:33-40.
6. Shin YJ, Shin HS. Effects of Aquatic Gait and Balance Training on Static Balance and Gait in Stroke Patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society.* 2022;23:424-30.
7. Cho YH, Park SJ, Kim SH. Effect of Paretic and Non-paretic Side Spine Taping on Balance Ability in Patients with Stroke. *J Int Acad Phys Ther Res.* 2019;10:1779-84.
8. Cho KH, Lee WH. The Effects of Two Motor Dual Task Training on Balance and Gait in Patients with Chronic Stroke. *J Kor Soc Phys Ther.* 2010;22:7-14.
9. Sackley CM, Lincoln NB. Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: Effects on stance symmetry and function. *J Disabil Rehabil.* 1997;19:536-46.
10. Zelaznik HN, Hawkins B, Kisselburgh L. Rapid visual feedback processing in single-aiming movements. *J Mot Behav.* 1983;18:353-72.
11. Heiden E, Lajoie Y. Games-based biofeedback training and the attentional demands of balance in older adults. *Aging Clin Exp Res.* 2010;22:367-73.
12. Schmidt RA. Motor control and learning: A behavioral Emphasis. 2nd ed. Human Kinetics Publishers, Champaign. 1988
13. Magil RA. Motor Learning and Performance From

- Principles To Practice. Champaign, Human Kinetics. 1998.
14. Huh JY. The effects of summary knowledge performance(KP) in person with MR on golf putting learning. *Korean J Adapt Phys Act*. 2003;11:231-42.
 15. Thorpe DE, Valvano J. The effects of knowledge of performance and cognitive strategies on motor skill learning in children with cerebral palsy. *Pediatr Phys Ther*. 2002;14:2-15.
 16. Oh DS, Choi HS, Kim TH, Roh JS. Effects of Relative Frequency of Knowledge of Performance on Balance Retraining in Patients With Hemiplegia. *Physical Therapy Korea*. 2001;8:9-19.
 17. Nam GY, Jung BI, Cho SH, Hur HK. The Use of the 'Knowledge of Results' for WristProprioceptive Training in Patients With Hemiplegia. *KSOT*. 2000;8:15-29.
 18. Van Vliet PM, Wulf G. Extrinsic feedback for motor learning after stroke: What is the evidence?. *J Disabil Rehabil*. 2006;28:831-40.
 19. Park JH, Kwon YC. 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;28:508-13.
 20. Kwon IH, Song JY, Kim DY. A Study on the Balance Characteristics of the Elderly using the Balance System based on the Pressure Sensor. *The HCI Society of Korea*. 2018;1:666-9.
 21. Iuliana BB, Flavia DG, Simona M, Adrian P. TRX Suspension training method and static balance in junior basketball players. *STUDIA UBB EDUCATIO ARTIS GYMN*. 2015;3:27-34.
 22. Lee SW, Shin DC, Song CH. The effects of visual feedback training on sitting balance ability and visual perception of patients with chronic stroke. *J Phys Ther Sci*. 2013;25:635-9.
 23. Bonan IV, Yelnik AP, Colle FM, Michaud C, Normand E, Panigot B, et al. Reliance on visual information after stroke. Part ii: Effectiveness of a balance rehabilitation program with visual cue deprivation after stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 2004;85:274-8.
 24. Park DS, Lee DY, Choi SJ, Shin WS. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*. 2013;14:2767-72.
 25. Ahn MH, Park KD, You YY. The effect of feedback on somesthetic video game training for improving balance of stroke patients. *J Korean Soc Phys Med*. 2012;7:401-9.
 26. Schmidt RA, Young DE. Methodology for motor learning: A paradigm for kinematic feedback. *J Mot Behav*. 1991;23:13-24.
 27. Cirstea CM, Ptito A, Levin MF. Feedback and cognition in arm motor skill reacquisition after stroke. *Stroke*. 2006;37:1237-42.
 28. Crane L. *Mental retardation: A Community integration approach*. Thomson Learning. Wadsworth Belmont. 2002.
 29. Schmidt RA, Lee TD, Winstein CJ, Wulf G, Zelaznik HZ. *Motor Control and Learning: A Behavioral Emphasis*. Sixth Edition. Human Kinetics. 2018.
 30. Wang Y, Hu Z, Chen K, Yang Y. Automatic characterization of stroke patients' posturography based on probability density analysis. *BioMedical Engineering OnLine*. 2023;22:1-16.