

전정자극 훈련이 만성 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향

남기원¹, 오채은², 서동열^{1*}

¹동신대학교 물리치료학과, ²동신대학교 대학원 물리치료학과

The Effect of the Vestibular Stimulation Training on the Balance of Patient with Chronic Stroke

Ki-Won Nam¹, Chae-Eun Oh², Dong-Yel Seo^{1*}

¹Department of Physical Therapy, Dongshin University

²Department of Physical Therapy, Graduate School of Dongshin University

요약 본 연구의 목적은 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 전정자극훈련 프로그램이 정적 균형 및 동적 균형에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 본 연구는 2014년 7월 15일부터 9월 6일까지 진행하였으며, 대상자는 뇌졸중 진단을 받은 환자 20명이 본 연구에 참여하였고, 무작위로 Group I(일반운동치료, n=10)과 Group II(전정자극훈련, n=10)로 나누었다. 두 군 모두 주 3회, 회당 40분씩 6주간 치료적 중재를 실시하였다. 균형 능력은 Good Balance System을 이용하여 정적 균형 및 동적 균형을 측정하였으며, 중재 전과 후를 비교하였다. 연구 결과, 전정자극 훈련군에서는 눈감고 선자세의 좌우 및 전후 균형, 눈뜨고 선자세의 좌우 및 전후 균형, 이동시간, 이동거리에서 통계학적으로 유의한 차이를 보였고, 일반운동 치료군에서는 눈뜨고 선자세의 좌우 균형을 제외한 모든 항목에서 통계학적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 결론적으로, 본 연구에서 전정자극 훈련은 만성 뇌졸중 환자의 정적 균형 능력과 동적 균형 능력 향상에 긍정적인 영향을 미쳤으며, 이러한 뇌졸중 환자의 균형 능력 향상을 위한 치료프로그램에 다양한 방법으로 활용될 수 있을 것이다.

Abstract This study examined the effects of vestibular stimulation training on the static and dynamic balance of patients with chronic stroke. This study was conducted from July 15th to September 6th, 2014 and 20 subjects diagnosed with stroke participated in this study. The subjects were divided randomly into Group I (general therapeutic exercise, n=10) and Group II (vestibular stimulation training, n=10). Both groups were trained for 40 minutes, 3 times a week, for 6 weeks. The balance ability, static balance and dynamic balance, were evaluated using a Good Balance System and compared before-and-after intervention. In the vestibular training group, there were statistically significant differences in the left-right and anterior-posterior balance with the eyes closed and standing posture, in the left-right and anterior-posterior balance with the eyes open and standing posture, and moving time and distance. In the general therapeutic exercise group, there was no significant difference except in the left-right balance with the eyes open and standing posture. In conclusion, vestibular stimulation training had positive effects on the static and dynamic balance of chronic stroke patients, and this training can be effective in a treatment program to improve the balance ability of stroke patients.

Keywords : dynamic balance, good balance system, static balance, stroke, vestibular stimulation.

1. 서론

최근 우리나라의 사망원인 중 악성 신생물(암)과 심장 뇌혈관질환이 각각 1위와 2위를 차지하고 있으며[1], 현

대의학의 발달과 생활수준의 향상으로 인해 점차적으로 뇌졸중으로 인한 사망률은 감소하고 생존율은 증가되고 있으나, 뇌의 침범영역에 따라 후유장애가 남을 수 있기 때문에 지속적인 의료적인 관리와 비용이 필요하다[2,3].

*Corresponding Author : Dong-Yel Seo(Dongshin Univ.)

Tel: +82-61-330-3634 email: seody0815@dsh.ac.kr

Received November 15, 2017

Revised (1st November 27, 2017, 2nd December 4, 2017)

Accepted December 8, 2017

Published December 31, 2017

뇌졸중은 근력약화, 강직, 통증뿐만 아니라 감각기관과 평형능력 손상 등으로 인해 운동능력이 감소되며, 이와 같이 감소된 운동능력은 독립적인 일상생활을 위해 필요한 보행, 계단 오르기, 일어서기 및 방향전환 등과 같은 기능적 활동 수행에 제한을 주게 된다[4].

대부분의 중추신경계 손상 환자는 감각 결손을 가지게 되며, 감각 결손은 정확한 움직임을 방해하고 감각 입력이나 피드백에 기초한 움직임을 급격히 감소시켜 움직임이 둔하고 조화롭지 못하다[5]. 감각-운동능력의 조절에 있어서 중요한 요인은 관절, 건, 인대와 근육에 의한 고유수용성 감각 정보와 시각적 정보 및 전정계의 감각 정보 전달 등이 있으며, 이들 요인들이 조화를 잘 이루어야 원활한 조절이 가능해진다[6]. 따라서 감각-운동 손상의 결과로 발생하는 균형의 장애는 뇌졸중 환자의 독립적인 일상생활 활동의 성취와 퇴원 후 지속되는 장애를 예측하는 중요한 인자로 기능회복과 재활을 성공적으로 이끌기 위해서는 균형 장애를 조기에 평가하고 균형능력을 향상시키기 위한 치료를 제공해야하며[7], 뇌졸중 환자의 독립적인 활동과 보행기능 향상을 위해서는 균형능력과 자세균형조절 훈련이 가장 중요하게 강조되어야 할 요소 중 하나이다[8][9].

전정감각은 공간에서 머리의 위치변화를 수용하고, 직진운동의 감각정보와 운동방향의 변화, 머리의 회전운동감각과 반사적인 골격근의 긴장을 지배하며 사지의 움직임을 조절해 미세하게 신체를 재정렬시키고 자세 조절을 돕게 된다[10]. 전정계와 시각, 고유수용감각의 문제점을 갖게 되거나 중추신경계의 손상, 근골격계의 문제점이 생기게 되면 잘못된 정보가 중추로 전달되거나 중추에서의 통합능력에 장애가 생기고[11], 그로 인해 중추에서의 공간 인식 및 자세조절 명령에 혼란이 초래되어 평형기능에 장애가 생기고 어지럼증, 자세불안정 등을 초래하게 된다[12-13]. 따라서 효과적으로 균형을 유지하기 위해서는 전정기관, 고유수용성감각과 시각 정보 시스템으로부터 필요한 기능적인 입력이 있어야 한다[14].

뇌졸중 환자들의 대부분은 이러한 감각들이 제 기능을 발휘하지 못하여 신체 움직임이 느리고 둔화되며 서툴게 되어 동작수행에 어려움을 겪게 되고 균형조절능력이 감소하여[15], 같은 연령의 정상인에 비해 선 자세에서의 자세동요(postural sway)가 약 2배 이상 커지고[16], 안정성 한계도 감소한다[17].

따라서 뇌졸중 환자에게 전정자극 훈련이 균형에 미치는 효과를 규명하여 뇌졸중 환자의 재활운동에 도움을 줄 수 있는 연구가 요구된다. 하지만 기존의 전정감각과 관련된 대부분의 연구들이 아동에 국한되어 강조되어 왔으나, 전정자극훈련 프로그램이 아동뿐만 아니라 성인 뇌졸중 환자에게 적용할 경우에도 균형 향상에 도움이 될 것으로 생각된다.

본 연구의 목적은 이론적인 근거와 선행 연구들을 바탕으로 전정자극훈련을 적용하여 뇌졸중 환자의 균형에 미치는 영향을 알아보고, 뇌졸중 환자의 기능향상을 위한 재활프로그램에 도움을 주고자 한다.

2. 연구내용 및 방법

2.1 연구 대상자 및 절차

본 연구는 2014년 7월 15일부터 동년 9월 6일 까지 광주 Y병원에 입원하여 운동치료를 받는 성인 편마비 환자 20명을 대상으로 일반 운동군인 group 1과 전정자극 훈련군인 group 2로 무작위로 나누어 치료적 중재를 실시하였다.

연구 대상자의 선정기준은 재활의학과 전문의로부터 뇌졸중으로 진단받은 자, 뇌졸중 발병 후 6개월 이상인 자, 브룬스트롬 회복 단계가 3단계 이상인 자, 보조도구 사용 하에 독립보행이 가능한 자, 본 연구의 목적을 이해하고 연구 참여에 자발적으로 동의한 자로 하였다.

사전평가로 Good Balance System을 이용하여 뇌졸중 환자의 균형능력을 평가한 후 전정자극훈련 프로그램과 일반 운동치료를 주 3회, 일일 40분씩, 6주 적용 후 사후평가를 실시하였다.

2.2 연구 도구 및 측정방법

선 자세에서 정적 및 동적 균형능력을 평가하기 위해 Good Balance System(Metitit Ltd, Finland)을 사용하였다(Figure 1)[18]. 대상자는 정적 균형평가를 위해 신발을 벗은 채로 지지대를 잡고 편안하게 양 발로 서도록 했다. 30초 동안 눈을 뜨고 양발서기자세에서는 대상자의 눈높이 수준에 표식을 두어 그곳을 가만히 응시하도록 지시하였고, 30초 동안 눈을 감고 양발서기자세에서는 안전을 위해 치료사 1명이 환자 옆에서 관찰하도록 하였다. 이러한 동작을 유도한 후 x축, y축 평균속도와

속도 모멘트를 측정하였고 동적 균형능력은 체중을 이동하여 목표점에 도달한 후 원래의 위치로 되돌아오는데 걸리는 시간과 이동거리를 측정하였다.

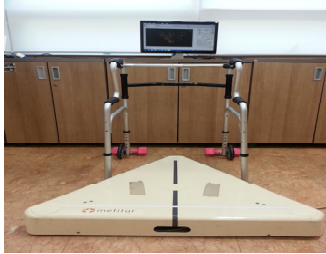


Fig. 1. Good Balance System

2.3 중재방법

2.3.1 전정자극 훈련 프로그램

전정자극 훈련 프로그램은 Hwang[19]과 Yu[20]의 운동 프로그램을 기반으로 성인에게 적합한 활동으로 수정, 보완하여 구성하였다.

전정자극훈련 프로그램은 40분 동안 전정감각 자극 및 입력을 위한 6가지 활동들로 구성하였으며, 모든 프로그램 진행 시 환자의 상태에 따라 감각의 강도, 시간, 빈도 및 횟수를 점진적으로 증가하며 조절하였다.

2.3.1.1 Mat Activity

누워서 좌, 우로 구르기 활동을 위해 가로 2 m, 세로 2 m인 매트(Figure 2)에 누워 좌, 우로 구르기를 5분 동안 시행하였다.

2.3.1.2 Swiss ball Activity

수직으로 튕기기와 전·후 직선자극, 좌·우 직선자극 활동을 위해 치료용 볼(Thera-band, USA)(Figure 3) 위에 앉아서 수직으로 튕기기를 2분, 전·후로 직선 움직임 1분 30초, 좌·우로 직선 움직임 1분 30초를 시행하였다.

2.3.1.3 Stability Trainer Activity

바로 선 자세에서 한발서기 활동을 위하여 가로 24 cm, 세로 42 cm, 높이 5 cm의 부드러운 강도의 파란색 Stability Trainer(Thera-band, USA)(Figure 4) 위에 서서 교대로 한발서기를 5분 동안 시행하였으며, 낙상 방지를 위해 양 옆에 보조 테이블을 두었다.

2.3.1.4 Swivel chair Activity

앉아서 좌·우로 회전하기 활동을 위하여 회전 의자(Figure 5)에 앉아 환자가 현기증을 느끼지 않는 속도로 치료사가 수동적으로 오른쪽으로 돌기 2분 30초를 시행한 후 왼쪽으로 돌기 2분 30초를 시행하였다.

2.3.1.5 Pro Rocker Board Activity

바로 선 자세에서 균형 잡기 활동을 위하여 20인치 의 Pro Rocker Board(Fitter First, USA)(Figure 6) 위에서 전·후로 균형 잡기를 2분 30초 동안 시행한 후 좌·우로 균형 잡기를 2분 30초 동안 시행하였다. 낙상 방지를 위해 양 옆에 보조 테이블을 두었다.

2.3.1.6 Trapeze Activity

앉아서 전·후, 좌·우로의 활동을 위하여 공중그네(Figure 7)를 사용하여 앉은 자세에서 치료사가 수동적으로 전·후로의 움직임 2분 30초 동안 시행한 후 좌·우로 움직임을 2분 30초 동안 시행하였다.



Fig. 2. Mat



Fig. 3. Swiss ball



Fig. 4. Stability Trainer



Fig. 5. Swivel chair



Fig. 6. Rocker Board



Fig. 7. Trapeze

2.3.2 일반 운동치료

2.3.2.1 준비운동

바로 누운 자세에서 치료사에 의해 스트레칭과 관절 가동범위운동을 5분간 적용하였다.

2.3.2.2 교각운동

바로 누운 상태에서 요부를 중립자세로 유지하고 두 무릎을 굽히고(60°굴곡) 발바닥은 바닥에 붙인 상태를 유지하며, 팔은 편안하게 바닥에 놓은 상태에서 골반을 들어 균형을 유지하도록 하였다. 이 동작을 뇌졸중 환자의 수준에 맞춰 운동 단계와 방법의 변화를 조절해가며 15분간 시행하였다.

2.3.2.3 크런치 운동

대상자를 바로 누운 자세로 하여 무릎아래에 베개를 받혀 다리가 이완되게 하고 고관절 굴곡근의 보상작용을 차단하였다. 그 다음 견갑골 밑에 수건으로 받쳐 주어 양쪽 어깨가 이완되도록 한 후 대흉근이 보상 작용하지 않도록 하여 머리를 멀리 쳐다보듯이 들고 복근이 수축 되도록 하였다. 이 동작을 뇌졸중 환자의 수준에 맞춰 운동 단계와 방법의 변화를 조절해가며 15분간 시행하였다.

2.3.2.4 마무리 운동

바로 누운 자세에서 치료사에 의해 스트레칭과 관절 가동범위운동을 5분간 적용하였다.

2.4 통계 방법

본 연구의 자료 분석은 Windows용 SPSS ver 20.0을 사용하였다. 대상자의 일반적 특성은 기술통계로 분석하였고, 중재 전·후의 변화량을 검정하기 위해 대응표본 t-검정을 사용하였다. 통계학적 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 하였다.

3. 연구 결과

3.1 연구 대상자의 일반적 특성

본 연구에서 일반 운동군은 남자 6명, 여자 4명, 전정 자극 훈련군은 남자 8명, 여자 2명이 참여하였으며, 대상자들의 일반적인 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristic of subjects.

	Group I (n=10)	Group II(n=10)	p
Sex(male/female)	6/4	8/2	0.329
Age(years)	57.80±11.35	59.80±13.27	0.721
Height(cm)	167.50±3.81	165.30±7.07	0.398
Weight(kg)	63.60±6.20	62.70±10.51	0.818

3.2 정적균형의 변화

3.2.1 눈감고 선 자세에서 균형의 변화

눈감고 선 자세에서 균형 변화를 비교한 결과, 좌우 및 전후 모두 일반 운동군유의한 차이가 없었으나 ($p>.05$), 전정자극 훈련군에서는 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 2).

Table 2. The comparison of static balance on closed eye within each groups(unit: mm/s).

	Group	Pre	Post	p
Left/right balance	I	14.83±5.00	9.28±5.14	0.135
	II	13.12±4.83	5.12±1.01	0.021
Antero-posterior balance	I	18.35±9.83	17.49±8.38	0.082
	II	21.30±11.83	10.64±5.74	0.014

I: General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

3.2.2 눈감고 선 자세에서 속도의 변화

눈감고 선 자세에서 속도 변화를 비교한 결과, 일반 운동군은 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 전정자극 훈련군은 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. The comparison of velocity on closed eye within each groups(unit: mm²/s).

Group	Pre	Post	p
I	54.39±44.63	48.39±35.66	0.152
II	61.96±46.93	23.07±7.62	0.002

I: General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

3.2.3 눈뜨고 선 자세에서 균형의 변화

눈뜨고 선 자세에서 균형 변화를 비교한 결과, 일반 운동군은 좌우균형에서만 유의한 차이가 있었고, 전정자극 훈련군은 좌우 및 전후균형 모두에서 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 4).

Table 4. The comparison of static balance on open eye within each groups(unit: mm/s).

	Group	Pre	Post	p
Left/right balance	I	14.71±4.32	9.94±2.35	0.036
	II	12.84±3.19	6.79±3.87	0.018
Antero-posterior balance	I	14.42±8.58	14.01±5.10	0.384
	II	15.46±6.99	8.05±2.13	0.001

I : General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

3.2.4 눈뜨고 선 자세에서 속도의 변화

눈뜨고 선 자세에서 속도 변화를 비교한 결과, 일반 운동군에서는 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 전정자극 훈련군은 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 5).

Table 5. The comparison of velocity on open eye within each groups(unit: mm²/s).

Group	Pre	Post	p
I	22.47±11.73	20.46±5.48	0.342
II	31.30±14.71	12.98±6.28	0.001

I : General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

3.3 동적균형의 변화

3.3.1 이동시간의 변화

이동시간의 변화를 비교한 결과, 일반 운동군은 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 전정자극 훈련군은 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 6).

Table 6. The comparison of Movement Time within each groups(unit: sec).

Group	Pre	Post	p
I	84.23±40.63	69.10±34.97	0.094
II	76.92±31.76	21.77±10.69	0.011

I : General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

3.3.2 이동거리의 변화

이동거리의 변화를 비교한 결과, 일반 운동군은 유의한 차이가 없었으나($p>.05$), 전정자극 훈련군은 유의한 향상이 관찰되었다($p<.05$)(Table 7).

Table 7. The comparison of Moving Distance within each groups(unit: mm).

Group	Pre	Post	p
I	4731.92±2708.03	4307.23±2237.99	0.165
II	4692.88±1839.73	1264.17±524.19	0.002

I : General exercise group

II: Vestibular stimulation training group

4. 고찰

전정계로부터의 구심성 정보는 머리와 체간의 정렬을 빠르게 하고, 신체 균형을 유지하며, 이러한 평형감각은 일상생활에서 자세변화에 따라 신체의 무게중심이 이동하였을 때 자세의 불균형을 방지하여 균형을 잡을 수 있도록 하는 기능을 가지고 있다[21]. 뇌졸중 발병 후 생존한 환자의 절반 이상은 오랜 기간 관절 가동성의 제한, 근육의 약증, 근 긴장도의 변화, 감각결손, 비정상적인 자세 반응, 인지문제 등으로 인해 균형능력이 떨어지게 된다[22-23].

최근 Karatas 등[24]은 38명의 편마비 뇌졸중 환자를 대상으로 등척성 및 등속성운동을 통해 체간 굴곡근과 신전근을 강화시켜 균형능력 향상을 보고했고, Park과 Kim[25]은 근진도-바이오피드백을 이용하여 열린사슬 운동과 닫힌사슬운동을 30명의 뇌졸중 환자에게 적용해 하지근육의 활성화 증가와 균형능력향상을 보고하였다. Lau와 Mak[26]은 아급성기 뇌졸중 환자를 대상으로 트레드밀 운동 후 보행 및 균형능력의 향상을 보고하였으며, Sim 등[27]은 자가 거울 균형 운동을 통해 만성 뇌졸중 환자들의 균형능력과 고유수용성감각이 향상됨을 보고하였다. 또한 Lee 등[28]도 가상현실게임을 통해 만성 뇌졸중 환자들의 균형능력 향상을 보고했다. 하지만 이러한 연구 결과들은 뇌졸중 환자의 근력강화에 고유수용성감각 향상에 초점을 맞춘 연구들로 균형조절에 중요한 역할을 하는 전정기관을 직접 자극하지는 않았다.

뇌졸중 환자를 대상으로 전정기관을 직접적으로 자극하기 위한 방법으로 할리워를 이용한 수중운동[29], 승마운동[30], 현수장치[31] 등이 이용되고 있으며, 본 연구에서는 지상에서 전정기관을 자극할 수 있는 프로그램을 설계하여 만성 뇌졸중 환자에게 적용 한 후 Good Balance System으로 정적균형과 동적균형을 측정하였다.

측정 결과, 정적균형에서는 전정자극 훈련군에서 좌우 및 전후 균형능력의 향상을 관찰할 수 있었다. 이는 연구대상자는 다르지만 뇌성마비 아동을 대상으로 공중그네를 이용하여 전정자극훈련을 적용하였을 때 자세조절 능력뿐만 아니라 사회참여, 인지능력도 향상되었다는 연구[32]와 중추 신경계 기능 부진 아동을 대상으로 전정감각 자극훈련을 적용하였을 때 정적균형능력이 증가되었다는 Hwang[19]의 연구와도 유사한 결과를 얻었다.

또한 중재방법은 다르지만 전정기관을 자극하기 위해 Kim 등[33]은 정신지체아동을 대상으로 8주 동안 수중운동프로그램을 적용해 자세동요의 감소를 확인했고, Montagna 등[34]도 18명의 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 할리워를 이용하여 균형 개선을 확인하였다. 또한 Nam[35]은 뇌졸중 환자에게 6주간 할리워 방법을 이용한 수중치료군에서 눈을 뜬 상태의 x축 평균속도는 37.54%, y축 평균속도는 19.92%의 감소를 확인했고 눈을 감은 상태의 x축 평균속도는 4.91%, y축 평균속도는 12.15%의 동요 감소를 확인하여 본 연구와 유사한 결과를 얻었다.

동적균형능력 검사에서도 전정자극 훈련군에서 이동시간과 이동거리에서 의미 있는 감소가 있었다. 이는 뇌졸중 환자를 대상으로 수중과 지상과제 훈련을 적용한 Lee[36]의 연구와 뇌졸중 환자를 대상으로 승마운동을 적용해 균형능력의 향상을 확인한 Han 등[37]의 연구와도 일치하는 결과를 보인다.

또한 발란스 볼과 회전 의자를 이용해 전정자극훈련을 실시하여 버그균형척도, Biodex균형 평가 시스템, 일어나 걸어가기 검사 등을 통해 뇌졸중 환자의 균형 및 보행능력 향상을 확인한 Jung과 Choi[38]의 연구와도 같은 연구결과를 보여 전정자극훈련이 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 도움이 된다는 사실을 확인할 수 있었다.

5. 결론

이상의 결과를 봤을 때, 뇌졸중 환자를 대상으로 다양한 방법을 이용한 전정기관 자극은 균형능력 향상에 도움이 됨을 알 수 있었고, 따라서 일상에서 비교적 쉽게 접할 수 있는 소도구들을 응용한 전정기관 자극 운동프로그램을 개발하고 활용한다면 뇌졸중 환자의 균형능력 향상에 도움을 줄 수 있을 것이라 생각된다.

References

- [1] Y. M. Kang, H. J. Kim, T. Y. Lee, B. J. Ku, "The relationship between death and clinical risk factors in Korean: Community Cohort Study", *Korean Public Health Research*, vol. 43, no. 3, pp. 81-90, 2017.
- [2] M. K. Aaslund, R. Moe-Nilssen, B. B. Gjelsvik, B. Bogen, H. Næss, H. Hofstad, J. S. Skouen, "A longitudinal study investigating how stroke severity, disability, and physical function the first week post-stroke are associated with walking speed six months post-stroke", *Physiother Theory Pract*, vol. 33, no. 12, pp. 932-942, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1080/09593985.2017.1360424>
- [3] M. Starosta, J. Redlicka, M. Brzeźniński, M. Niwald, E. Miller, "Brain stroke - risk of disability and possibilities of improvement in motor and cognitive functioning", *Pol Merkur Lekarski*, vol. 41, no. 241, pp. 39-42, 2016.
- [4] S. A. Sharp, B. J. Brouwer, "Isokinetic strength training of the hemiparetic knee: effects on function and spasticity", *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 78, no. 11, pp. 1231-1236, 1997.
- [5] F. Manguiere, J. E. Desmedt, J. Courjon, "Astereognosis and dissociated loss frontal or parietal components of somatosensory evoked potentials in hemiparetic lesions", *Brain*, vol. 106, no. 2, pp. 271-311, 1983.
DOI: <https://doi.org/10.1093/brain/106.2.271>
- [6] Y. S. Kim, H. Y. Kang, T. Y. Kim, "The effect of balance training using force platform on postural control and somatosensory pathway in adults with C.N.S. Disorders", *J Korean Soci Phys Ther*, vol. 11, no. 3, pp. 71-79, 1999.
- [7] S. F. Tyson, M. Hanley, J. Chillala, A. Selley, R. C. Tallis, "Balance disability after stroke", *Phys Ther*, vol. 86, no. 1, pp. 30-38, 2006.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/86.1.30>
- [8] B. J. Brouwer, E. G. Culham, R. A. Liston, T. Grant, "Normal variability of postural measures: implications for the reliability of relative balance performance outcomes", *Scan J Rehabil Med*, vol. 30, no. 3, pp. 131-137, 1998.
DOI: <https://doi.org/10.1080/003655098444048>
- [9] S. L. Patterson, L. W. Forrester, M. M. Rodgers, A. S. Ryan, F. M. Ivey, J. D. Sorkin, R. F. Macko, "Determinants of walking function after stroke: differences by deficit severity", *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 88, no. 1, pp. 115-119, 2007.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2006.10.025>
- [10] F. B. Horak, C. L. Shupert, V. Dietz, G. Horstmann, "Vestibular and somatosensory contributions to responses to head and body displacements in stance", *Exp Brain Res*, vol. 100, no. 1, pp. 93-106, 1994.
DOI: <https://doi.org/10.1007/BF00227282>
- [11] A. C. Geurts, G. M. Ribbers, J. A. Knoop, J. van Limbeek, "Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury", *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 77, no. 7, pp. 639-644, 1996.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S0003-9993\(96\)90001-5](https://doi.org/10.1016/S0003-9993(96)90001-5)
- [12] L. K. Huon, T. C. Wang, T. Y. Fang, L. J. Chuang, P. C. Wang, "Vertigo and stroke: a national database

- survey”, *Otol Neurotol*, vol. 33, no. 7, pp. 1131-1135, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.1097/MAO.0b013e31826426ee>
- [13] V. Sharma, J. Kaur, “Effect of core strengthening with pelvic proprioceptive neuromuscular facilitation on trunk, balance, gait, and function in chronic stroke”, *J Exerc Rehabil*, vol. 13, no. 2, pp. 200-205, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.12965/jer.1734892.446>
- [14] L. J. Janssen, L. L. Verhoeff, C. G. Horlings, J. H. Allum, “Directional effects of biofeedback on trunk sway during gait tasks in healthy young subjects”, *Gait Posture*, vol. 29, no. 4, pp. 575-581, 2009.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.gaitpost.2008.12.009>
- [15] R. W. Bohannon, “Gait performance of hemiparetic stroke patients: selected variables”, *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 68, no. 11, pp. 777-781, 1987.
- [16] D. S. Nichols, “Balance retraining after stroke using force platform biofeedback”, *Phys Ther*, vol. 77, no. 5, pp. 553-558, 1997.
DOI: <https://doi.org/10.1093/ptj/77.5.553>
- [17] R. A. Geiger, J. B. Allen, J. O’Keefe, R. R. Hicks, “Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without biofeedback/force plate training”, *Phys Ther*, vol. 81, no. 4, pp. 995-1005, 2001.
- [18] S. H. Nam, K. W. Kang, J. W. Kwon, Y. W. Choi, C. S. Kim, “The effects of handrails during treadmill gait training in stroke patients”, *J Korean Soc Phys Ther*, vol. 25, no. 1, pp. 23-28, 2013.
- [19] S. S. Hwang, “The effects of vestibular stimulation on balance and fundamental psychological process of children with central nervous system dysfunction”, Doctor’s Degree, Dankook University, 1998.
- [20] H. Y. Yu, “The effect of the vestibular- and proprioceptive sensory program on the posture balance and occupational performance”, Master’s Degree, Inje University, 2013.
- [21] P. M. Kennedy, J. T. Inglis, “Modulation of the soleus H-reflex in prone human subjects using galvanic vestibular stimulation”, *Clin Neurophysiol*, vol. 112, no. 11, pp. 2159-2163, 2001.
DOI: [https://doi.org/10.1016/S1388-2457\(01\)00665-4](https://doi.org/10.1016/S1388-2457(01)00665-4)
- [22] I. V. Bonan, F. M. Colle, J. P. Guichard, E. Vicaut, M. Eisenfisz, P. Tran Ba Huy, A. P. Yelnik, “Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography”, *Arch Phys Med Rehabil*, vol. 85, no. 2, pp. 268-273, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2003.06.017>
- [23] C. D. Wolfe, “The impact of stroke”, *Br Med Bull*, vol. 56, no. 2, pp. 275-286, 2000.
DOI: <https://doi.org/10.1258/0007142001903120>
- [24] M. Kararas, N. Cetin, M. Bayramoglu, A. Dilek, “Trunk Muscle strength in relation to balance and functional disability in unihemispheric stroke patients”, *Am J Phys Med Rehabil*, vol. 83, no. 2, pp. 81-87, 2004.
DOI: <https://doi.org/10.1097/01.PHM.0000107486.99756.C7>
- [25] Y. K. Park, J. H. Kim, “Effects of kinetic chain exercise using EMG-biofeedback on balance and lower extremity muscle activation in stroke patients”, *J Phys Ther Sci*, vol. 29, no. 8, pp. 1390-1393, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.29.1390>
- [26] K. W. Lau, M. K. Mak, “Speed-dependent treadmill training is effective to improve gait and balance performance in patients with sub-acute stroke”, *J Rehabil Med*, vol. 43, no. 8, pp. 709-713, 2011.
DOI: <https://doi.org/10.2340/16501977-0838>
- [27] G. S. Sim, H. S. Jeon, “Comparison of the effects of Wii games and mirror self-balancing exercises on knee joint proprioception and balance in chronic stroke patients”, *Phys Ther Korea*, vol. 24, no. 1, pp. 30-40, 2016.
DOI: <https://doi.org/10.12674/ptk.2016.24.1.030>
- [28] H. C. Lee, C. L. Huang, S. H. Ho, W. H. Sung, “The effect of a virtual reality game intervention on balance for patients with stroke: A randomized controlled trial”, *Games Health*, vol. 6, no. 5, pp. 303-311, 2017.
DOI: <https://doi.org/10.1089/g4h.2016.0109>
- [29] J. C. Montagna, B. C. Santos, C. R. Battistuzzo, A. P. Loureiro, “Effects of aquatic physiotherapy on the improvement of balance and corporal symmetry in stroke survivors”, *Int J Clin Exp Med*, vol. 4, no. 4, pp. 1182-1187, 2014.
- [30] M. Yasuhiro, D. Kazuya, Y. Toru, S. Eiji, M. Kouichi, S. Youichi, K. Tetsuhiko, “Effect of exercise using a Horse-Riding Simulator on physical ability of frail seniors”, *J Phys Ther Sci*, vol. 20, pp. 177-183, 2008.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.20.177>
- [31] A. P. Mulavara, I. S. Kofman, Y. E. De Dios, C. Miller, B. T. Peters, R. Goel, R. Galvan-Garza, J. J. Bloomberg, “Using low levels of stochastic vestibular stimulation to improve locomotor stability”, *Front Syst Neurosci*, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.3389/fnsys.2015.00117>
- [32] S. I. An, “The effects of vestibular stimulation on a child with hypotonic cerebral palsy”, *J Phys Ther Sci*, vol. 27, no. 4, pp. 1279-1282, 2015.
DOI: <https://doi.org/10.1589/jpts.27.1279>
- [33] E. S. Kim, H. K. Lee, R. J. Park, “Effects of aqua exercise program on the improvement of static balance in child with mental retardation”, *J Korean Phys Ther*, vol. 16, no. 1, pp. 139-152, 2004.
- [34] J. C. Montagna, B. C. Santos BC, C. R. Battistuzzo, A. P. Loureiro, “Effects of aquatic physiotherapy on the improvement of balance and corporal symmetry in stroke survivors”, *Int J Clin Exp Med*, vol. 7, no. 4, pp. 1182-1187, 2014.
- [35] H. C. Nam, “Effect of aquatic therapy for functional restoration in the persons with chronic stroke”, Master’s Degree, Daegu University, 2006.
- [36] D. J. Lee, “Effect of the aquatic training on balance and walking in stroke patients”, *J Spec Educ Rehabil*, vol. 47, no. 2, pp. 21-41, 2008.
- [37] J. Y. Han, J. M. Kim, S. K. Kim, J. S. Chung, H. C. Lee, J. K. Lim, J. Lee, K. Y. Park, “Therapeutic effects of mechanical horseback riding on gait and balance ability in stroke patients”, *Ann Rehabil Med*, vol. 36, no. 6, pp. 762-769, 2012.
DOI: <https://doi.org/10.5535/arm.2012.36.6.762>
- [38] H. Y. Jung, J. D. Choi, “The effects of vestibular sensory stimulation training on balance and gait in the patients with stroke”, *J Korean Phys Ther*, vol. 26, no. 5, pp. 365-371, 2014.

남 기 원(Ki-Won Nam)

[정회원]



- 2001년 8월 : 대구대학교 재활과학 대학원 재활과학과 (이학석사)
- 2003년 8월 : 대구대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2006년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

물리치료 기초의학, 정형계 물리치료학

오 채 은(Chae-Eun Oh)

[정회원]



- 2015년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)

<관심분야>

물리치료 임상

서 동 열(Dong-Yel Seo)

[정회원]



- 2013년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (이학석사)
- 2016년 2월 : 동신대학교 대학원 물리치료학과 (이학박사)
- 2016년 3월 ~ 현재 : 동신대학교 물리치료학과 교수

<관심분야>

정형계 물리치료학, 정형도수치료학