

안플감각 자극운동이 성인여성의 안정성한계, 동적체중이동 및 팔다리 반응시간에 미치는 영향

김충유¹ · 이건철^{2*} · 이연섭³

¹부산성모병원 재활의학과 물리치료사, ²경남정보대학교 물리치료과 교수,
³대원대학교 물리치료과 교수

Effect of Vestibular Sensory Stimulation Exercise on Limit of Stability, Dynamic Weight Shift, and Upper and Lower Extremities Reaction Time in Adult Women

Chung-Yoo Kim, PT, MS¹ · Keon-Cheol Lee, PT, Ph.D^{2*} · Yeon-Seop Lee, PT, Ph.D³

¹Dept. of Rehabilitation Medicine, Busan St. Mary's Hospital, Physical Therapist

^{2*}Dept. of Physical Therapy, Kyungnam College of Information & Technology, Professor

³Dept. of Physical Therapy, Daewon University College, Professor

Abstract

Purpose : The purpose of this study was to investigate the effect of vestibular sensory stimulation exercise on the limit of stability, dynamic weight shift, and upper and lower extremities reaction time in adult women.

Methods : This study was conducted with 30 female. All subjects were randomly and equally assigned to an experimental group and a control group of 15 each. Subjects assigned to the experimental group received vestibular sensory stimulation training for 6 weeks. For the intervention, vestibular sensory stimulation exercises were conducted by referring to the Hamid exercise method and the Cawthorne-Cooksey exercise method, and the control group did not receive any intervention. All subjects were tested for limit of stability, dynamic weight shift, and upper and lower extremities reaction time before and after the intervention.

Results : The results of this study showed significant differences between groups in reaction time, moving velocity, and directional control in the limit of stability test after intervention. In the dynamic weight shift test after intervention, there was a significant difference between the groups in the slow directional control of left and right. And in the upper and lower extremities reaction time test after intervention, both scores and reaction time showed significant differences between groups.

Conclusion : As a result, the three vestibular sensory stimulation exercises applied in this study improved the limit of stability, dynamic weight shift, and upper and lower extremities reaction time.

Key Words : dynamic weight shift, limit of stability, upper and lower extremities reaction, time, vestibular exercise

*교신저자 : 이건철, kitpt2002@nate.com

제출일 : 2022년 4월 14일 | 수정일 : 2022년 4월 27일 | 게재승인일 : 2022년 5월 27일

I. 서론

국내 보건의료빅데이터개방시스템(Healthcare bigdata hub, 2021)에서 제공하는 질병 소분류(3단 상병)통계에 의하면 2021년 “전정기능의 장애(H81)”로 진료를 본 환자의 수는 약 1,132,188 명으로 2017년 989,713 명에 비해 5년 동안 약 14 % 증가하였고, 증가하는 추세를 보이고 있다. 그리고 성별 요양급여총액을 비교했을 때, 여성(67 %)의 경우 남성(34 %)에 비해 약 2배 정도 많았다. 이에 “전정기능의 장애(H81)” 항목에서 유병률이 증가하고 있으며, 여성에서 호발됨을 알 수 있다.

안뜰(전정)감각은 신체의 평형을 유지하며 균형을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 그러나 안뜰감각 외에도 시각 및 고유수용감각 요소들도 자세의 균형을 유지하는데 기여하고 있으며, 이들 감각의 통합을 통해 자세의 균형을 유지한다(Gaerlan, 2010). 자세의 균형은 감각계통 사이에서 복합적으로 통합되어 상호작용하고, 외부환경의 자극을 받아 들여 변화에 반응하며, 지지면 내에 신체 중력중심을 유지한다. 균형유지에 관여하는 비중을 보면 고유수용감각계통 58 %, 시각계통 22 %, 그리고 안뜰감각계통에서 20 % 정도가 관여하고 있다고 보고되고 있다(Lord 등, 1994). 따라서 균형을 유지하는 감각계통들의 통합 및 개별 감각계통의 부전에 의해서 균형 장애가 발생될 수 있다.

균형 장애를 위한 재활방법으로는 시각적 되먹임 등 생체되먹임을 이용한 고유수용감각훈련을 포함한 다양한 균형 과제를 이용하여 수행되어 왔으며, 많은 연구들은 고유수용감각을 원인으로 하는 균형 장애에 초점을 맞추어 연구되어 왔다(Barcala 등, 2013; Silva 등, 2018). 그러나 균형 장애의 원인이 안뜰감각에 있는 경우는 안뜰감각 자극에 초점을 맞춘 재활방법이 요구된다(Ha, 2011). 이러한 경우, 머리의 움직임 동반한 균형유지를 하는 방법(Hamid 운동법)이나 시각을 차단하거나 평형이 유지되지 않은 상태에서 과제를 행하는 방법(Cawthorne-Cooksey 운동법)이 잘 알려져 있다(Lee & Choi, 2014; Rhee 등, 2006). 이와 같은 방법들을 활용한다면 안뜰감각의 자극을 통해 균형능력을 증진시킬 수 있다.

균형능력의 평가는 균형능력이 요구되는 다양한 과제

를 수행하여 그 수행력을 통해 균형능력이 증진됨을 평가한다. 바닥면 내에서 최대한 멀리 중력중심을 이동시킬 수 있는지를 평가하는 안정성 한계 평가(Pickerill & Harter, 2011), 신체의 압력 중심을 동적으로 이동시키는 동적체중이동 평가(Emara 등, 2020), 그리고 균형능력 개선으로 인한 결과인 반응시간을 평가하는 방법(Song 등, 2015)을 활용할 수도 있다. 따라서 본 연구에서는 안뜰감각 자극운동이 안정성한계와 동적체중이동, 그리고 팔다리 반응시간에 미치는 영향을 알아볼 것이다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 부산 K 대학 재학생인 여성을 대상으로 참여자를 모집하였고, 이메일과 교내 게시판 공지를 통해 모집하였다. 그 결과 30명이 본 연구에 참여하게 되었다. 본 연구의 참여기준은 최근 3개월 이내 개인적으로 운동을 하지 않았으며, 실험에 자발적으로 참여를 원하는 자이며, 제외기준은 최근 3개월 이내 어지러움 증상을 호소한 경험이 있는 자, 안뜰계통 관련 병력이 있거나 관련 약물을 복용하는 자, 연구결과에 영향을 미칠만한 신경계나 근골격계 병력, 및 기능장애가 있는 자로 해당 대상자는 실험에서 제외하도록 정하였다. 모든 대상자가 참여기준과 제외기준을 만족하였다. 본 연구에 참여한 모든 대상자는 실험군과 대조군에 15명씩 임의균등 배정되었으며, 본 연구의 연구방법과 목적에 대해 듣고 동의를 하여 동의서를 작성하였다. 모든 실험과정은 연구윤리를 준수하여 수행되었다.

2. 실험 절차

본 연구의 실험은 2019년 3월부터 2019년 5월까지 세달 동안 진행되었으며, 실험군의 경우는 사전 평가 후 6주간의 주 3회 운동을 수행하였다. 반면, 대조군의 경우는 6주간 아무 처치도 하지 않았으며, 이후 사후 평가를 수행하였다. 측정된 모든 자료는 통계프로그램을 사용하여 분석하였다.

1) 안뜰감각 자극운동법 1

본 연구에서는 Hamid 운동법 중 일부를 이용하였으며, 그 방법은 불안정 지지면 위에서 메트로놈 분당 90 회의 박자로 걷도록 하였다. 동시에 머리를 좌우로 흔들며 걷게 하였으며, 보행 중 앞쪽에 놓인 손을 90° 굽힘하고 검지를 수직으로 세운 자세를 취하여 시야는 손가락을 향하도록 하였다. 운동프로그램은 6주간 주 3회로, 1회 실시할 때 180 cm 씩 3 세트를 실시하도록 하였다(Lee & Choi, 2014).

2) 안뜰감각 자극운동법 2

본 연구에서는 Cawthorne-Cooksey 운동법 중 일부를 이용하였으며, 그 방법은 계단에서 메트로놈 90 bpm의 박자로 눈을 감고 계단 오르내리기를 하도록 하였다. 보호 반응으로 나타나는 손의 보상을 막기 위해 공을 든 상태로 실시하였다. 운동프로그램은 6주간 주 3회로, 1회 실시할 때 15.6 cm 높이 22계단 씩 5 세트를 실시하도록 하였다(Rhee 등, 2006).

3) 안뜰감각 자극운동법 3

본 연구에서는 Cawthorne-Cooksey 운동법 중 일부를 이용하였으며, 그 방법은 공을 든 상태로 메트로놈 분당 110 회의 박자로 45 cm² 공간 내에서 낮은 상태로 제자리 돌기를 3바퀴 수행한 뒤, 일어나 135 cm 떨어져 있는 연구자에게 공을 던지도록 실시하였다. 운동프로그램은 6주간 주 3회로, 1회 실시할 때 3회전 후 공 던지기를 5 세트를 실시하도록 하였다(Rhee 등, 2006).

4. 측정도구 및 측정방법

1) 안정성한계 검사

안정성한계 검사를 수행하기 위해서 균형측정도구(balance master, Neuroco international, USA)를 사용하였다. 안정성 한계의 측정은 모니터에 표시된 피험자의 중력중심과 시계방향으로 나열된 8개의 목표물을 확인하여, 피험자가 자신의 중력중심을 8개의 목표물에 최대한 가까이 이동시키는 검사이다(Lee, 2001). 이때 목표물까지의 이동시간은 10초이며, 측정변수는 반응시간, 이동속도, 정점이동거리, 최대이동거리, 그리고 방향조절력이다.

2) 동적체중이동 검사

동적체중이동 검사를 수행하기 위해서 균형측정도구(balance master, Neuroco international, USA)를 사용하였다. 검사는 중력중심을 좌우 및 전후로 중력중심을 옮길 때 이동속도에 따른 구간속도 및 방향조절력을 측정하였다. 세 가지 이동속도는 3초당 한 축으로 중력중심을 이동하는 느린 속도, 2초당 한 축으로 중력중심을 이동하는 중간 속도, 그리고 1초당 한 축으로 중력중심을 이동하는 빠른 속도로 설명이 되며(Lee, 2001), 측정변수는 구간속도와 방향조절력이다.

3) 팔 반응시간 검사

팔 반응시간 검사를 수행하기 위해서 검사장비(dynavision2000, Red balance, ITA)를 사용하였다. 팔 반응시간 검사는 장비 앞에서 50 cm 거리를 두고 측정을 수행하며, 시지각의 집중을 위해 주위환경을 어둡게 하여 정면을 바라 본 상태에서 A타입으로 1분간 실시하였다(Nam 등, 2009). 측정변수는 점수와 반응시간이다.

4) 다리 반응시간 검사

다리 반응시간 검사를 수행하기 위해서 가상운전시물레이터(GDS-K511A1, Gridspace, Korea)를 사용하였다. 가상운전시물레이터는 실제 차량과 동일하게 구성되어 있으며, 운전환경을 제공하기 위해 3개의 모니터, 사이드 미러를 설치하였다. 적성검사(simulator-based aptitude test) 모드를 활용하여 측정하였으며, 모니터의 화면에 신호기 신호에 맞춰 브레이크, 액셀, 경음기를 조작해야 한다(Yang 등, 2009). 측정변수는 점수와 반응시간이다.

5. 자료분석

본 연구의 결과를 분석하기 위해 통계프로그램 SPSS Ver. 25.0를 이용하였다. 자료의 분석은 대상자의 일반적 정보의 동질성 검정은 독립 t검정을 수행하였고, 안정성 한계, 동적체중이동, 팔다리 반응시간의 경우는 집단 내 비교는 Wilcoxon 순위합 검정, 집단 간 비교는 Mann-Whitney U검정을 수행하여 분석하였다. 통계학적 유의수준은 .05로 정하였다.

Ⅲ. 결 과

1. 연구대상자의 일반적 특성

본 연구의 실험군과 대조군 대상자의 평균 연령, 신장, 폐중은 아래 Table 1과 같으며, 모든 연구대상자의 일반적 특성은 사전 동질성을 보인다($p>.05$).

Table 1. General characteristics of subject

	Age (yr)	Height (cm)	Weight (kg)	BMI (kg/m ²)
EG	20.07±2.22	161.15±4.28	64.03±9.65	24.62±3.24
CG	20.13±2.33	160.95±6.52	60.46±9.90	23.29±3.22
<i>p</i>	.937	.924	.325	.270

EG; experimental group, CG; control group, BMI; body mass index

2. 안뜰감각 자극운동에 따른 안정성한계 변화

안뜰감각 자극운동 후 안정성한계 검사 결과를 비교해 본 결과, 반응시간과 이동속도에서는 모든 방향에서 (전, 후, 좌, 우측) 집단 간 유의한 차이를 보였고($p<.05$),

방향조절력에서는 전측과 좌측 방향에서만 집단 간 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 2). 그리고 정점이동거리는 전측에서, 방향조절력은 우측에서 사전동질성을 충족시키지 못했다.

Table 2. Comparison of limit of stability according to intervention

		CG (n=15)		EG (n=15)	
		Pre	Post	Pre	Post
Reaction time (sec)	F	1.09±.41	.86±.25*	.95±.36	.49±.05*#
	B	.76±.22	.75±.21	.92±.32	.50±.09*#
	R	.92±.21	.82±.19	.89±.28	.49±.08*#
	L	.75±.21	.73±.21	.83±.18	.48±.06*#
Moving velocity (°/sec)	F	4.50±1.59	5.56±1.84	5.14±1.36	9.33±2.63*#
	B	3.90±1.55	4.37±1.41	3.88±1.54	6.27±1.07*#
	R	4.25±1.13	5.12±1.63*	4.74±1.47	8.33±2.51*#
	L	5.44±1.62	6.60±2.29	5.90±2.11	9.78±2.11*#
End point excursion (%)	F	87.09±13.83	88.20±11.76	77.04±15.82#	93.60±11.56*
	B	71.84±14.28	77.67±16.36	65.36±17.21	74.27±14.97
	R	88.13±13.67	88.62±13.85	80.44±17.51	91.31±2.51
	L	84.71±12.58	82.22±11.60*	82.64±15.33	94.60±8.15*
Maximal excursion (%)	F	101.07±7.39	102.33±6.55	100.60±7.92	104.02±6.57
	B	91.62±7.57	93.13±9.61	82.56±14.10	88.11±11.34*
	R	102.71±5.09	101.09±5.31	99.00±6.67	101.11±8.18
	L	100.60±5.28	102.53±6.56	100.96±6.60	103.49±5.22
Directional control (%)	F	81.96±10.79	84.16±5.61	79.84±6.43	79.60±6.02#
	B	68.82±16.57	73.09±11.05	56.71±22.51	58.13±16.25
	R	81.13±9.35	81.69±6.42	74.33±9.46#	73.00±9.09
	L	75.73±11.27	78.11±7.00	72.53±10.52	72.24±7.57#

F; forward, B; backward, R; right, L; left, CG; control group, EG; experimental group

* $p<.05$, # $p<.05$

*; significant differences between groups

#; significant within-group differences

3. 안뜰감각 자극운동에 따른 동적체중이동 변화

안뜰감각 자극운동 후 동적체중이동 검사 결과를 비교해 본 결과, 좌우방향으로는 느린 방향조절력에서 집

단 간 유의한 차이를 보였고($p<.05$), 전후방향으로는 느린 구간속도와 중간 구간속도에서 집단 간 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 3).

Table 3. Comparison of dynamic weight shift according to intervention

			CG (n=15)		EG (n=15)	
			Pre	Post	Pre	Post
L/R	On-axis velocity (°/sec)	S	3.56±.76	3.26±.57*	3.73±.84	3.03±.46*
		M	4.83±.82	5.29±.75*	5.28±.92	4.83±.68
		F	9.17±2.08	10.36±1.79*	9.59±2.07	9.33±1.22
	Directional control (%)	S	77.13±16.71	78.33±5.18	78.47±7.55	82.87±2.59*#
		M	83.27±9.11	85.07±4.35	84.27±4.89	87.00±3.42*
		F	89.13±3.89	90.00±4.78	88.60±3.98	90.60±3.54
F/B	On-axis velocity (°/sec)	S	2.36±.31	2.28±.32	2.44±.42	2.07±.14*#
		M	3.20±.40	3.31±.52	3.11±.58	2.89±.37#
		F	5.19±1.55	5.96±1.10	5.05±.99	5.59±.81
	Directional control (%)	S	80.27±6.87	79.87±7.53	72.60±14.18	74.14±9.64
		M	79.00±15.00	83.40±4.53	73.6±20.68	79.07±8.01
		F	79.33±10.71	83.07±9.01	74.47±16.71	81.13±8.24

F; forward, B; backward, R; right, L; left, S; slow velocity, M; moderate velocity, F; fast velocity, CG; control group, EG; experimental group

* $p<.05$, # $p<.05$

*; significant differences between groups

#; significant within-group differences

4. 안뜰감각 자극운동에 따른 반응시간 변화

안뜰감각 자극운동 후 반응시간 검사 결과를 비교해

본 결과, 팔다리 모두 점수와 반응시간에서 집단 간 유의한 차이를 보였다($p<.05$)(Table 4).

Table 4. Comparison of upper and lower extremities reaction time according to intervention

			CG (n=15)		EG (n=15)	
			Pre	Post	Pre	Post
Upper extremity	Score		55.87±9.37	66.40±11.02*	61.33±12.60	79.27±8.09*#
	Response time		1.10±.21	.93±.18*	1.01±.25	.76±.07*#
Lower extremity	Score		53.20±12.35	63.27±9.58*	59.87±13.55	74.00±7.64*#
	Response time		1.25±.19	1.11±.16*	1.16±.21	.94±.10*#

CG; control group, EG; experimental group

* $p<.05$, # $p<.05$

*; significant differences between groups

#; significant within-group differences

IV. 고 찰

안뜰계통은 시각과 밀접한 연관을 가지고 있으며, 이는 안뜰눈반사를 통해 알 수 있다(Kim & Kang, 2016). 또한, 머리의 움직임도 안뜰계통의 반사작용의 도움으로 머리의 움직임에 의해서 균형을 잃지 않도록 유지된다. 이러한 안뜰계통의 기능은 안뜰척수 신경로, 안뜰눈 신경로, 안뜰소뇌 신경로 등 안뜰신경로의 생리적 작용에 의해 수행된다고 볼 수 있다(Khan & Chang, 2013). 따라서 본 연구의 결과 또한 다양한 안뜰신경로의 활성을 유발하는 다양한 과제를 수행함에 따라 동적균형 및 이와 연관된 팔다리 반사 능력에 영향을 준 것으로 보인다.

실제로 여러 연구에서 이에 대해 입증하고 있는데, Choi 등(2011)의 연구는 공을 이용한 머리의 회전운동을 3주간 수행하였을 때, 정상성인에서 균형능력이 증가됨을 보고하였고, 이는 안뜰계를 자극하여 균형조절한 결과임을 보고하였다. 또한, Jung과 Chol(2014)의 연구는 뇌손상으로 인해 감각계통의 소실 및 통합의 문제가 있는 뇌졸중 환자를 대상으로 증재를 수행하였는데, 수직-수평자극 훈련, 회전자극 훈련, 안뜰감각을 자극하는 평지 보행훈련과 불안정지면을 활용한 훈련, 총 네 가지 훈련을 4주간 적용하였다. 그 결과 버그 균형평가 및 Biodex 균형평가에서 유의한 증진을 보고하였다. 위의 결과들을 고려했을 때, 본 연구의 안뜰감각 자극운동이 안정성한계와 동적체중이동 능력의 증진을 보인 것이 설명이 될 수 있다. 본 연구의 결과는 안정성한계 검사 결과에서, 반응시간과 이동속도에서는 모든 방향에서(전, 후, 좌, 우측) 집단 간 유의한 차이를 보였고, 방향조절력에서는 전측과 좌측 방향에서만 집단 간 유의한 차이를 보임에 따라 이를 통계적으로 검증하였다. 또한, 동적체중이동도 전반적인 증진을 보이지는 않았지만 좌우 방향으로는 느린 방향조절력에서 집단 간 유의한 차이를 보였고, 전후방향으로는 느린 구간속도와 중간 구간속도에서 집단 간 유의한 차이를 보였다.

그리고 6주간의 안뜰감각 자극운동 후 팔다리의 반응시간을 평가하였을 때, 집단 간 통계학적인 유의미한 변화를 관찰 할 수 있었는데, 특히 앞서 언급한 균형능력들의 증진에 의해 균형을 잡은 상태에서의 기능적 퍼포

먼스가 증가된 결과로 설명이 된다. 보다 큰 균형능력을 요구하는 과제가 제공되면, 우리 신체는 더 많은 감각정보를 요구하게 되며, 결과적으로 고유수용감각 뿐 아니라 시각과 안뜰감각 등 더 많은 감각의 동원과 통합을 요구하게 된다(Lamontagne 등, 2007). 본 연구에서 수행된 과제들이 시각의 차단 및 머리의 움직임을 유도한 부분, 그리고 회전운동을 통해 안뜰감각의 과제를 높인 부분이 안뜰감각의 더 높은 수준의 동원을 유도한 것으로 이에 본 연구에서 수행한 안뜰감각 자극운동이 순발력과 더 높은 균형능력을 요구하는 팔다리 반응시간에 영향을 준 것이다. 실제로 Marioni 등(2013)의 연구에서는 전정기능 장애가 있는 노인을 대상으로 전정재활을 수행했을 때, 실험군에서 운동검사 항목 중 반응시간 및 움직임속도의 개선을 보고하였다. 본 연구에서도 이와 마찬가지로 안뜰감각 자극운동이 팔다리의 반응시간에 증진을 유도한 것으로 보인다. 따라서 본 연구의 결과들을 근거로 안뜰감각 자극운동이 안정성한계, 동적체중이동 및 팔다리 반응시간을 증진시키는데 도움이 됨을 알 수 있었다.

다만, 본 연구의 결과는 균형능력에 문제가 있거나 안뜰계통의 장애가 있는 대상으로 적용을 한 것이 아니기에, 다른 대상자에게 적용하기에는 한계가 있다. 또한, 본 연구에서 적용된 과제는 정상성인을 기준으로 충분한 안뜰감각에 자극을 유도하기 위해 낙상의 위험이 다시 높을 수 있다. 따라서 본 연구의 과제를 임상에서 적용하기 위해서는 과제의 난이도(강도) 조절과 안전을 위한 추가 조치가 필요하다. 또한, 일부 연구결과에서 사전동질성을 확보하지 못했고, 대조군에서 유의한 차이를 보이는 결과를 보였는데, 이에 추후 연구에서는 사전동질성의 확보 및 재검사에 의한 증진을 보완할 추가적인 통제가 적용되어야 할 것으로 생각된다. 추후 연구에서는 앞서 언급된 문제를 보완하여 안뜰계통 및 균형의 문제가 있는 대상을 위한 과제를 설계를 통해 균형 및 일상생활활동의 증진에 기여할 것이다.

V. 결 론

본 연구는 안뜰감각 자극운동을 성인 여성에게 6주간

적용하여 안정성한계, 동적체중이동, 팔다리 반응시간의 변화를 관찰하였고, 그 결과 안뜰감각 자극운동이 안정성한계, 동적체중이동, 그리고 팔다리 반응시간에 영향을 주는 것을 확인할 수 있었다. 이에 본 연구에서 수행된 안뜰감각 자극운동은 성인여성의 안뜰감각 기능증진을 통해 균형능력과 반응속도를 포함한 동적 균형능력의 개선을 기대할 수 있을 것이다. 추후 연구에서는 본 연구의 결과를 근거로 안뜰감각 장애가 있는 대상의 동적균형 개선을 위한 방법들을 연구할 것이다.

참고문헌

- Barcala L, Grecco LAC, Colella F, et al(2013). Visual biofeedback balance training using wii fit after stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci*, 25(8), 1027-1032. <https://doi.org/10.1589/jpts.25.1027>.
- Choi SH, Cho HY, Kang YH, et al(2011). Effect of vestibular training using ball on static balance in normal subjects. *J Korean Acad Clin Electrophysiol*, 9(2), 13-18. <https://doi.org/10.5627/KACE.2011.9.2.013>.
- Emara A, Mahmoud S, Emira M(2020). Effect of body weight on static and dynamic posturography. *Egyptian J Otolaryngol*, 36(12), Printed Online. <https://doi.org/10.1186/s43163-020-00012-6>.
- Gaerlan MG(2010). The role of visual, vestibular, and somatosensory systems in postural balance. Graduate school of Nevada University, United States of America, Master's thesis.
- Ha MS(2011). The effects of Brandt-Daroff exercise on vestibular function of a college student with vertigo. *J Psychol Behav*, 3(1), 53-61.
- Jung HY, Choi JD(2014). The effects of vestibular sensory stimulation training on balance and gait in the patients with stroke. *J Korean Phys Ther*, 26(5), 365-371.
- Khan S, Chang R(2013). Anatomy of the vestibular system: a review. *NeuroRehabilitation*, 32(3), 437-443. <https://doi.org/10.3233/NRE-130866>.
- Kim CY, Kang JH(2016). Effects of the vestibular caloric stimulation with ice water on the autonomic nervous system. *J Korean Soc Integr Med*, 4(3), 27-30. <https://doi.org/10.15268/ksim.2016.4.3.027>.
- Lamontagne A, Paquette C, Fung J(2007). Stroke affects the coordination of gaze and posture during preplanned turns while walking. *Neurorehabil Neural Repair*, 21(1), 62-67. <https://doi.org/10.1177/1545968306290822>.
- Lee GC(2001). Effect of sitting balance training using balance master on stroke patients. Graduate school of Yonsei University, Republic of Korea, Master's thesis.
- Lee HJ, Choi S(2014). Factors influencing adherence to vestibular rehabilitation exercise program in patients with dizziness. *Korean J Adult Nurs*, 26(4), 434-443. <https://doi.org/10.7475/kjan.2014.26.4.434>.
- Lord SR, Sambrook PN, Gilbert C, et al(1994). Postural stability, falls and fractures in the elderly : results from the double osteoporosis epidemiology study. *Med J Aust*, 160(11), 688-691.
- Marioni G, Fermo S, Lionello M, et al(2013). Vestibular rehabilitation in elderly patients with central vestibular dysfunction: a prospective, randomized pilot study. *Age*, 35, 2315-2327. <https://doi.org/10.1007/s11357-012-9494-7>.
- Nam GK, Kim BN, Jun CR, et al(2009). The effect of visual perception training on the balance of stroke patients using dynavision. *J Korean Soc Occup*, 17(1), 49-61.
- Pickerill ML, HarterRA(2011). Validity and reliability of limits-of-stability testing: a comparison of 2 postural stability evaluation devices. *J Athl Train*, 46(6), 600-606. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-46.6.600>.
- Rhee CK, Jung JY, Jung YW(2006). Practice of vestibular rehabilitation. *J Korean Balance Soc*, 5(1), 149-157.
- Silva PB, Mrachacz-Kersting N, Oliveira AS, et al(2018). Effect of wobble board training on movement strategies to maintain equilibrium on unstable surfaces. *Hum Mov Sci*, 58, 231-238. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2018.02.006>.

Song MO, Lee ES, Park SH(2015). The effect of dynamic visual-motor integration training on the visual perception reaction velocity. J Korean Soc Integr Med, 3(4), 37-42. <https://doi.org/10.15268/ksim.2015.3.4.037>.
Yang HC, Park SW, Jang SJ, et al(2009). Rehabilitation of drivers with brain injury using virtual reality based

driving simulator. J Korean Acad Rehabil Med, 33(3), 271-275.

Healthcare Bigdata Hub. Status of disease by gender/age section, 2021. Available at <http://opendata.hira.or.kr/op/opc/olap3thDsInfo.do/> Accessed May 16, 2022.