

## 뇌졸중 환자의 시선 방향 조절이 균형과 보행에 미치는 영향

권혜림 · 신원섭<sup>†</sup>

대전대학교 보건스포츠대학원 물리치료학과, <sup>1</sup>대전대학교 자연과학대학 물리치료학과

### The Effects of Visual Direction Control on Balance and Gait Speed in Patients with Stroke

Hye-Rim Kwon, PT, BSc, Won-Seob Shin, PT, PhD<sup>†</sup>

Department of Physical Therapy, Graduate School of Health and Sports, Daejeon University,

<sup>1</sup>Department of Physical Therapy, College of Natural Science, Daejeon University

Received: June 24, 2013 / Revised: August 7, 2013 / Accepted: August 14, 2013

© 2013 Journal of the Korean Society of Physical Medicine

#### | Abstract |

**PURPOSE:** The purpose of this study was to examine the effect of visual control on gait speed and balance in patients with stroke. Static balance and gait speed were investigated with comparison and fixed direction of visual.

**METHODS:** We included twenty-six patients with stroke. Participants were measured static balance while standing on a forceplate with one of 4 different visual direction in front, floor, non-affected side and affected side for 30 seconds. To compare of the gait speed, participants had to walk with one of fixed visual direction. And to compare of gait speed with visual dispersion, gait speed were measured with visual change in left and right, up and down direction every 5m, 2m and 1m intervals.

**RESULTS:** The result of the static balance with fixed visual showed that the affected side and the non-affected side were shown significantly increased sway of total sway length, mediolateral distance, anteroposterior distance, average velocity( $p<.05$ ). The gait speed with fixed visual showed that affected side was significantly slower( $p<.05$ ). And the gait

speed significantly increased as interval of visual dispersion decrease in the sagittal and horizontal plane( $p<.05$ ).

**CONCLUSION:** The results from this study showed that the visual direction effected on static balance and the faster visual movement made to increase the gait speed. Therefore the rehabilitation training with visual control may be implemented for stroke patients.

**Key Words:** Balance, Gait, Stroke, Visual direction control

#### I. 서론

뇌졸중 환자에게 안정성 유지를 위한 자세조절과 독립적 보행은 재활 과정에 중요한 목표이다(Yang 등, 2006). 뇌졸중 환자들은 마비측에 대한 무시의 특성을 가지며 신체인식의 구조화가 어려워 전반적인 균형의 유지가 어려운 특성을 갖는다(Rode 등, 1997). 무게 중심이 대부분 비마비측 하지에 편중되어 비마비측에 더 많은 체중을 줌으로써 비대칭적인 균형상태를 보이게 된다(Sackley과 Lincoln, 1997). 또한 자세조절 근육의 비효율적인 동원 양상과 자세 유지에 필요한 근육의

<sup>†</sup>Corresponding Author : shinws@dju.kr

지구력도 감소되어 균형조절에도 문제를 가진다(Harburn 등, 1995). 이로 인해 뇌졸중 환자는 마비측 하지의 지지시간 감소, 보행율(cadence)과 활보장 길이의 감소, 협응 능력의 저하가 발생하여 기능적 활동에 제한을 갖게 된다(Roerdink 등, 2007). 이러한 이유로 뇌졸중 환자의 30%는 보행시 보조도구를 사용하여야 하고 많은 만성 뇌졸중 환자들이 실외의 독립적 보행에 어려움을 가지고 있는 것으로 보고되고 있다(Bonan 등, 2004b). 뇌졸중 환자들의 보행 문제는 지역사회 생활에 적응할 수 있을 만큼 충분히 회복되지 않아서 사회적 고립이라는 더 큰 문제를 갖게 되는 경우가 많다(Bonan 등, 2004a). 따라서 보행훈련은 뇌졸중 환자들의 재활 과정에서 중요한 의미를 갖는다(Shin 등, 2010).

정상적인 일상생활을 위해 갑작스런 동요에 균형을 유지하고 장애물을 피할 수 있어야 하는데(Perry 등, 1995), 대다수의 뇌졸중 환자들은 보행 중 직면하는 장애물이나 방향의 전환에 어려움을 갖고 있다(Shumway-Cook 등, 2002). 또한 운동조절의 문제와 마비로 인한 자세 조절의 어려움을 극복하고자 시각 정보에 지나치게 의존하는 경향을 보인다. 이런 시각 의존 경향은 오히려 체성감각과 전정감각입력의 통합을 방해하여 이차적 손상을 유발할 수 있는 원인이 되기도 한다(Bonan 등, 2004b).

뇌졸중 환자들의 시선과 목, 몸통의 움직임은 균형의 조절과 보행에 영향을 미친다. 선행연구들에서 지나친 시각적 의존을 줄이기 위해 시각 정보의 차단을 이용한 훈련(Bonan 등, 2004b), 시각적 정보를 이용한 과제 지향적 훈련(Yang 등, 2007), 몸통 회전과 시각적 자극 훈련(Wiart 등, 1997) 등을 통해 다양한 시각 정보의 적용이 뇌졸중 환자들의 균형과 보행을 증진 시킬 수 있음을 보였다. Cicerone 등(2000)의 연구에서는 시각 훈련을 적용한 군이 일반적 재활 훈련군에 비해 일상생활 수행능력에서 유의하게 큰 향상을 보였다. Wiart 등(1997)의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 목과 몸통의 회전을 통해 마비측에 대한 시각정보를 받아들여 기능적 향상이 있었음을 보였다.

그러나 선행연구들에서는 단순히 시각을 차단을 하여 의존성을 줄이거나 정보를 제공하더라도 단일 방향

으로만 시행하여 편향된 시각정보에 따른 효과만을 제시하였다. 구체적인 시각 정보의 방법인 시선의 방향과 속도에 대한 다양성이 뇌졸중 환자의 무게중심의 이동이나 독립적 보행능력에 미치는 영향에 대한 연구는 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자를 대상으로 여러 방향으로 분산된 시각정보와 고정된 방향으로의 시각정보 제공이 정적균형과 보행능력에 미치는 효과를 알아보려고 한다.

## II. 연구 방법

### 1. 연구 대상

본 연구는 대전 소재 B재활병원에 입원중인 만성 뇌졸중 환자 26명(남성 15명, 여성 11명)을 대상으로 시행하였다. 연구대상자의 선정기준은 뇌졸중을 진단 받고 6개월 이상 경과되었으며 보조 도구 없이 10m 보행이 가능한 자(Salbach 등, 2005), 한국형 간이 정신 검사(K-MMSE) 24점 이상인 환자로 의사소통이 가능하고 인지 결함이 없는 자, 평가에 영향을 줄 수 있는 관절 구축 또는 근골격계의 통증이나 골절, 어지럼증이

Table 1. Characteristics of participants

	mean±SD	%
Sex(person)		
Male	15	57.69
Female	11	42.31
Age(yr)	55.35±10.21	
Weight(kg)	65.42±9.20	
Height(cm)	163.88±5.95	
Stroke type(person)		
Infarction	14	53.85
Hemorrhage	12	46.15
Hemiplegic side(person)		
Right	13	50
Left	13	50
Duration(month)	20.08±11.27	
MMSE-K(point)	26.96±1.51	

나 전정기관 손상이 없는 자, 선이등분(Line-bisection) 검사를 통해 편측 무시의 양상이 없는 자(Kim 등, 2012)로 본 연구에 대한 설명을 듣고 참여하는 것에 동의한 자를 대상으로 하였다. 연구대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

## 2. 연구 도구

선 자세에서의 정적균형능력을 분석하기 위한 측정 프로그램인 Balancia 프로그램(Mintosys, Korea)을 사용하였다. 블루투스로 연결된 Wii Balance Board로부터 X, Y축에 대한 무게중심 정보를 수집하여 전후, 좌우 동요거리와 속도, 체중지지율 등을 출력해준다. 모든 데이터는 100Hz로 샘플링하여 추출하였다. 모든 참가자는 압력판위에 신발을 벗고 팔을 양옆에 내려놓은 자세로 편안하게 선 자세로 측정하였다. 측정은 모두 눈을 뜬 상태로 30초간 실시하였으며, 3번 측정하여 평균값을 이용하였다. Balancia 프로그램은 뇌졸중 환자의 균형 능력을 평가 할 수 있는 측정자간 신뢰도( $r=.79\sim.96$ )와 타당도( $r=.85\sim.96$ )가 입증된 유용한 평가 도구이다(Park 등, 2013).

보행능력의 평가는 10m 보행 검사를 실시하였다. 10m 보행검사는 신경학적 손상 환자의 보행 능력을 평가 할 수 있는 신뢰도와 타당도가 높은 방법으로 널리 사용되고 있다. 대상자가 편안한 속도로 10m에 도달하였을 때까지 보행속도를 디지털 초시계로 측정한다(Duncan 등, 2003; Eng 등, 2002). 보행속도에 대한 평가는 뇌졸중 환자의 보행능력 회복과 수행능력 정도를 볼 수 있는 신뢰도( $r=.89\sim 1.00$ )가 높은 측정방법이다(Dobkin, 2006; Salbach 등, 2001).

## 3. 연구절차

정적균형능력의 평가는 힘판 위의 선자세에서 시선의 방향을 다르게 하여 무게중심의 이동길이, 속도를 측정하였다. 시선의 방향은 정면, 바닥, 비마비측, 마비측 보기로 시행 순서는 무작위로 선택하여 시행하였다. 시선의 방향이 선택되면 그 방향으로만 시선을 고정된 상태로 30초 동안 똑바로 서있는 자세의 균형을 측정하였다. 시선의 방향 크기는 측정 전 환자의 목의 상하

굴곡, 좌우 회전의 정도를 측정한 후 불편하지 않은 정도의 최대 범위로 고정하도록 하였다. 또한 좌우로 시선을 고정할 때 일정한 높이를 유지하도록 보행 평가시 양 옆 벽에 눈높이 위치로 선을 그어 그 선을 바라보도록 하였다.

보행능력의 평가는 독립적으로 10m 보행을 실시하게 하고 시선을 고정시킨 상태와 시선을 변화시키는 상태로 나누어 측정하였다. 시선의 고정시 평가는 정적 균형능력 평가와 마찬가지로 정면, 바닥, 비마비측, 마비측 보기의 4가지 중 각각 무작위 추첨을 통해 시행 순서를 정하였다. 선택된 방향으로 시선을 고정하여 10m 보행 속도를 평가하였다.

시선의 이동 속도에 따른 보행의 변화는 시선의 수평면 이동과 시상면 이동으로 나누어 실험하였다. 수평면 이동은 시선의 방향이 좌우 또는 우좌로 이동하는 것이고 시상면 이동은 상하 또는 하상으로 이동하는 것을 말한다. 각각의 경우에서 3가지로 속도를 변화시켜 보행속도의 변화를 알아보았다. 시선의 방향을 5m 간격마다 변경하는 경우, 2m 간격마다 변경하는 경우, 1m 간격마다 변경하는 경우를 비교하였다. 시선의 시작 방향은 환자가 편안해 하는 방향을 바라보도록 하고 시작하도록 하였다. 보행시 시선변화 간격에 대한 정보는 치료사가 목적 위치에 도달 했을 때 소리로 신호를 주어 시행하도록 하였다. 모든 요소의 보행 속도의 측정은 3회에 걸쳐 시행하여 평균값을 이용하였다. 하나의 검사가 끝날 때 마다 3분의 휴식시간을 제공하였고 실험에 참가한 환자의 안전을 위하여 보행시 치료사가 옆에서 함께 동행하였다.

## 4. 통계 처리

본 연구에서 측정된 결과는 윈도우용 SPSS ver. 18.0을 이용하여 분석하였고, 대상자의 일반적인 특성은 기술통계량의 평균과 표준편차를 사용하였다. 측정값들의 정규분포 여부를 알아보기 위하여 Shapiro-Wilk 검정을 실시하였다. 보행 시와 정적균형 측정 시 시선의 방향과 시선변화에 따른 보행속도와 비교하기 위하여 일요인 반복측정 분산분석(one-way repeated measured ANOVA)를 사용하여 검정하였다. 또한 사후검정(post

hoc)방법으로는 Bonferroni 검정을 실시하였다. 통계적 유의성을 검정하기 위한 유의수준은  $\alpha=.05$ 로 하였다.

### III. 결과

#### 1. 시선방향에 따른 정적균형의 차이

시선방향에 따른 정적균형의 차이를 평가한 결과 총 동요거리, 좌우 동요거리, 평균속도가 유의한 차이를 보였다( $p<.05$ ). 사후검정 결과 정면보기는 총 동요거리와 좌우 동요거리, 평균속도에서 마비측보기와 비마비측 보기에 비해 유의하게 작은 동요거리와 동요속도를 보였다( $p<.05$ ). 마비측보기와 비마비측보기 간의 유의한 차이는 없었으며 바닥보기는 다른 그룹과 정적균형에 차이를 보이지 않았다(Table 2).

#### 2. 시선방향에 따른 보행속도의 차이

시선을 고정한 상태로 10m 보행 속도를 평가한 결과 시선 방향에 따라 보행 속도에 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 사후검정 결과 정면보기, 바닥보기, 비마비측 보기의 보행속도는 차이가 없었으며 마비측보기만이 유의한 보행 속도의 저하를 보였다( $p<.05$ )(Table 3).

#### 3. 시선이동의 속도에 따른 보행속도의 차이

수평면 상에서의 시선이동 시 시선변화의 속도에 따라 보행 속도에 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 시선을 1m 간격, 2m 간격, 5m 간격으로 빠르게 변화시킨 순으로 각각 보행속도가 유의하게 빠르게 나타났다( $p<.05$ )(Table 4). 시상면 상에서의 시선이동 시 시선변화의 속도에 따라 보행 속도에 유의한 차이가 있었다( $p<.05$ ). 시선을 1m 간격으로 빠르게 변화시킨 경우가

Table 2. Difference of static balance according to variable visual direction

	Straight <sup>A</sup>	Floor <sup>B</sup>	Affected side <sup>C</sup>	Non-affected side <sup>D</sup>	F	p	post hoc
Path length(cm)	80.95±15.98 <sup>a</sup>	88.32±29.54	86.41±21.14 <sup>†</sup>	87.75±25.83 <sup>†</sup>	3.174*	.043	A<C,D
Medio-lateral	51.33±14.95	59.53±29.69	56.55±20.39 <sup>†</sup>	57.89±24.42 <sup>†</sup>	3.794*	.024	A<C,D
Antero-posterior	51.32±7.65	52.03±7.60	52.95±8.66	53.23±8.89	2.047	.135	-
Average velocity(cm/s)	2.70±.53	2.94±.98	2.88±.70 <sup>†</sup>	2.92±.86 <sup>†</sup>	3.176*	.043	A<C,D

<sup>a</sup>mean±SD, \* $p<.05$ .

<sup>†</sup> : Significant difference compared with Straight

Table 3. Differences of gait speed according to variable visual direction

	Straight <sup>A</sup>	Floor <sup>B</sup>	Affected side <sup>C</sup>	Non-affected side <sup>D</sup>	F	p	post hoc
Velocity (m/s)	.56±.18 <sup>a</sup>	.56±.16	.53±.18 <sup>†</sup>	.55±.18	10.985*	.000	A,B,D>C

<sup>a</sup>mean±SD, \* $p<.05$ .

<sup>†</sup> : Significant difference compared with Straight, Floor and Non-affected side

Table 4. Differences of gait speed according to variable interval of visual dispersion

	5m interval <sup>A</sup>	2m interval <sup>B</sup>	1m interval <sup>C</sup>	F	p	post hoc
Transverse plane (m/s)	.53±.19 <sup>a</sup>	.54±.20	.57±.22	3.698*	.043	C>B>A
Sagittal plane (m/s)	.54±.19	.56±.19	.57±.21	11.028*	.001	C=B>A

<sup>a</sup>Mean±SD, \* $p<.05$ .

2m 간격, 5m 간격으로 변화시킨 경우보다 보행속도가 유의하게 빠르게 나타났다( $p<.05$ )(Table 4).

#### IV. 고 찰

시각 정보는 환경에 대한 정보뿐만 아니라 환경 안에서 신체의 방향감을 제공한다. 뇌졸중 환자들은 편마비로 인한 불안정성을 시각 정보의 의존을 증가시켜 보상하는데 이러한 지나친 시각 정보의 의존은 균형과 보행에 영향을 주게 된다(Bonan 등, 2004b). 이에 본 연구는 고정된 시각 정보와 여러 방향으로의 분산된 시각 정보가 뇌졸중 환자의 정적균형과 보행 능력에 미치는 영향을 알아보기 위해 시행되었다.

본 연구의 결과 시선방향에 따른 정적균형을 평가한 결과 총 동요거리, 좌우 동요거리, 평균속도에서 유의하게 차이가 있는 것으로 나타났다. 수평면의 고정된 마비측보기와 비마비측보기시 두 방향에서는 균형능력의 차이는 없는 것으로 나타났다. 하지만 정면보기에 비해 총 동요거리와 좌우 동요거리, 평균속도가 유의하게 크게 나타나 수평면으로의 고정된 시선 방향은 정적 균형능력을 감소시킬 수 있음을 의미한다.

보행에서는 시선을 고정된 상태로 10m 보행 속도를 평가한 결과 시선 방향에 따라 보행 속도에 유의한 차이가 있었으며 정면보기, 바닥보기, 비마비측보기의 보행속도가 마비측보기의 속도보다 유의하게 빠른 것으로 나타났다. 고정된 시선 방향의 정적균형평가와 마찬가지로 정면을 보는 것보다 마비측과 비마비측을 바라본 수평면상의 시선 고정이 평균적으로 보행속도의 저하를 보였지만 마비측을 바라본 경우가 통계적으로 유의한 차이가 있었다. 이는 편측 무시가 없을지라도 익숙하지 않은 마비측으로의 시선 고정이 불안감을 만들고 이를 보상하기 위한 불필요한 자세를 만드는데 이러한 비효율성이 보행 속도를 감소시키는 요인이 된 것으로 보여진다(Dodd과 Morris, 2003; Patterson 등, 2008).

시선을 분산시킨 상태의 10m 보행속도를 평가한 결과 수평면 상에서의 시선이동 시 시선변화의 속도에 따라 보행 속도에 유의한 차이가 있었다. 시선의 이동

속도에 대한 선행된 연구가 없었으므로 사전에 다양한 속도로 예비실험을 실시하였다. 선 상태에서 시선을 다양한 속도로 변화시킨 결과 1초마다의 시선 변화에 몇몇 환자들이 불편을 호소하였다. 대상자들의 보행속도는 0.5m/s로 가장 시선 변화속도가 빠른 1m 보행시 평균 2초가 소요되었다. 따라서 모든 환자들이 편안하게 시선을 옮길 수 있는 1m 간격을 최소로 하여 10m를 적절한 간격으로 나눌 수 있는 2m, 5m로 시행하였다. 실험 결과 시선을 5m 간격, 2m 간격, 1m 간격으로 빠르게 변화시킨 순으로 각각 보행속도가 유의하게 빠르게 나타났다. Wiat 등(1997)의 연구에서도 뇌졸중 환자에게 목과 몸통의 회전 움직임을 통해 기능적 향상을 보였는데 이는 회전을 통한 좌우 시각정보가 신체중양선에 대한 인식을 향상시킨 이유라고 설명하였다. 보행 시 머리의 회전방향과 같은 방향으로 흉추도 짝을 이루어 움직이고 반대방향으로 팔 흔들기가 일어난다. 또한 하지 입각기 시에 같은 방향의 골반이 짝을 이루어 회전이 일어난다. 그러나 뇌졸중 환자들의 경우 고유수용성 감각의 저하와 몸의 축을 이루는 근육의 약화로 인해 편측으로의 과도하게 고정된 시선의 의존 양상을 보인다. 이로 인해 보행 시 자연스러운 분절의 회전을 방해하고 보행의 안정성과 속도를 저하시키는 결과를 만든다(Lamontagne 등, 2005). 본 연구에서도 시선의 좌우 수평면 이동시 비마비측에 대한 정보 증가로 인해 보행 속도 증가에 영향을 미쳤을 것이라 생각된다. 하지만 5m 간격의 이동시에는 보행 속도가 가장 느리게 나타났다. 이는 마비측으로의 시선고정 보행과 마찬가지로 일정 기간 동안 마비측을 보고 보행을 해야 하므로 속도의 저하가 나타난 것으로 생각된다. 5m 간격은 본 연구 대상자의 평균 보행속도를 감안할 때 10초에 해당하는 시간이다. 뇌졸중 환자들은 일반적으로 시각정보가 비마비측으로 편중되어 있는데 이것을 의도적으로 마비측으로 고정시키는 경우에 심리적 불안함이 증가하여 보행의 속도에 영향을 미치기 때문이다(Eng 등, 2008).

본 연구에서 시상면의 변화는 횡단면과 같이 1m 간격에서 가장 빠르게 나타났는데 시상면의 시선변화가 머리의 상하 움직임을 유발하고 보행의 속도를 증가시키는 것으로 보인다. 시상면의 결과는 Hirasaki 등(1999)

의 시상면에서 머리의 빠른 움직임은 보행 속도를 증가시킨다는 연구와 일치한다. 시선 방향의 이동시 발생하는 구심성 자극은 자세를 조절하는 반사에 영향을 준다. 목의 움직임이 이석수용기(otolith receptor)를 자극하면 외측 전정핵으로부터 하행신경전달로를 통해 감마운동신경원을 자극한다. 이러한 하행신경로의 자극은 몸통과 사지의 근육방추신경원을 흥분시켜 움직임을 활성화시킨다(Sasaki와 Polus, 2012). 또한 시선의 이동으로 인한 주변 환경의 시각 정보들은 보행시 다른 감각 정보들과 통합되어 넘어지지 않고 안정된 균형상태를 유지하도록 한다(Lamontagne 등, 2005). 이러한 안정적 요소가 보행속도를 증가시켰을 것으로 생각된다.

본 연구는 다양한 방향의 고정된 시각적 정보와 다양한 시선의 이동속도에 따라 뇌졸중 환자들의 균형과 보행이 어떠한 변화가 있는지 알아보고자 시행되었다. 그 결과로 다양한 시각적 정보를 제공하는 것이 환자들의 자세조절과 보행에 도움이 되는 것으로 나타났다. 이와 같은 결과를 토대로 마비측에 편중되지 않는 다양한 시각적 정보를 제공하는 보행훈련의 제공이 뇌졸중 환자의 재활에 필수적임을 제안하고자 한다.

## V. 결론

본 연구는 안정적 균형과 보행을 목적으로 뇌졸중 환자 26명을 대상으로 다양한 시선조절이 뇌졸중 환자의 균형과 보행에 미치는 영향을 알아보았으며, 그 결과는 다음과 같다. 정적 균형검사에서 총 동요거리, 좌우 동요거리, 평균속도가 정면보기와 비교하여 마비측 보기와 비마비측 보기가 유의한 차이를 보였다. 보행에서의 결과는 시선을 고정한 상태로 10m 보행 속도 평가에서 정면보기, 바닥보기, 비마비측 보기의 보행속도가 마비측보기의 속도보다 유의하게 빨랐다. 시선 분산의 10m 보행속도 평가 결과는 수평면 상에서의 시선이동시 시선을 1m 간격, 2m 간격, 5m 간격으로 빠르게 변화시킨 순으로 각각 보행속도가 유의하게 빠르게 나타났다. 시상면에서는 시선이동 시에 시선을 1m 간격으로

빠르게 변화시킨 경우가 2m 간격, 5m 간격으로 변화시킨 경우보다 보행속도가 유의하게 빠르게 나타났다. 본 연구의 결과를 통해 다양한 방향으로의 시선분산이 뇌졸중 환자의 정적 균형과 보행 속도에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

## References

- Bonan IV, Colle FM, Guichard JP et al. Reliance on visual information after stroke. Part I: Balance on dynamic posturography. *Arch Phys Med Rehabil.* 2004a;85(2): 268-73.
- Bonan IV, Yelnik AP, Colle FM 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.* 2004b;85(2):274-8.
- Cicerone KD, Dahlberg C, Kalmar K et al. Evidence-based cognitive rehabilitation: recommendations for clinical practice. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81(12): 1596-615.
- Dobkin BH. Short-distance walking speed and timed walking distance: Redundant measures for clinical trials? *Neurology.* 2006;66(4):584-6.
- Dodd KJ, Morris ME. Lateral pelvic displacement during gait: abnormalities after stroke and changes during the first month of rehabilitation. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003;84(8):1200-5.
- Duncan P, Studenski S, Richards L et al. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke.* 2003;34(9):2173-80.
- Eng JJ, Chu KS, Dawson AS et al. Functional walk tests in individuals with stroke relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke.* 2002;33(3): 756-61.
- Eng JJ, Pang MY, Ashe MC. Balance, falls, and bone health: role of exercise in reducing fracture risk after stroke. *Journal of rehabilitation research and development.*

- 2008;45(2):297.
- Harburn KL, Hill KM, Kramer JF et al. Clinical applicability and test-retest reliability of an external perturbation test of balance in stroke subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1995;76(4):317-23.
- Hirasaki E, Moore ST, Raphan T et al. Effects of walking velocity on vertical head and body movements during locomotion. *Experimental brain research.* 1999;127(2): 117-30.
- Kim SH, Moon YJ, Lim YJ. The relationship between left-sided hemiplegia patient's neglect and space. *J Neurocog Rehabil.* 2012;4:39-45.
- Lamontagne A, De Serres SJ, Fung J, Paquet N. Stroke affects the coordination and stabilization of head, thorax and pelvis during voluntary horizontal head motions performed in walking. *Clinical Neurophysiology.* 2005;116(1):101-11.
- Patterson KK, Parafianowicz I, Danells CJ et al. Gait asymmetry in community -ambulating stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 2008;89(2):304-10.
- Park DS, Lee DY, Choi SJ et al. Reliability and validity of the balancia using wii balance board for assessment of balance with stroke patients. *Journal of Korean Academy of Rehabilitation Medicine.* 2013;14(6): 2767-72.
- Perry J, Garrett M, Gronley JK et al. Classification of walking handicap in the stroke population. *Stroke.* 1995;26(6): 982-9.
- Rode G, Tiliket C, Boisson D. Predominance of postural imbalance in left hemiparetic patients. *Scand J Rehabil Med.* 1997;29(1):11-6.
- Roerdink M, Lamoth CJ, Kwakkel G et al. Gait coordination after stroke: benefits of acoustically paced treadmill walking. *Phys Ther.* 2007;87(8):1009-22.
- Sackley CM, Lincoln NB. Single blind randomized controlled trial of visual feedback after stroke: effects on stance symmetry and function. *Disability & Rehabilitation.* 1997;19(12):536-46.
- Salbach NM, Mayo NE, Higgins J et al. Responsiveness and predictability of gait speed and other disability measures in acute stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82(9):1204-12.
- Salbach NM, Mayo NE, Robichaud-Ekstrand S et al. The effect of a task-oriented walking intervention on improving balance self-efficacy poststroke: a randomized, controlled trial. *J Am Geriatr Soc.* 2005;53(4):576-82.
- Sasaki H, Polus BI. Can neck muscle spindle afferents activate fusimotor neurons of the lower limb? *Muscle Nerve.* 2012;45(3): 376-84.
- Shin WS, Lee DY, Lee SW. The Effects of Rehabilitation Exercise Using a Home Video Game (PS2) on Gait Ability of Chronic Stroke Patients. *Journal of Academia-Industrial Cooperation Society.* 2010;11(1): 368-74.
- Shumway-Cook A, Patla AE, Stewart A et al. Environmental demands associated with community mobility in older adults with and without mobility disabilities. *Phys Ther.* 2002;82(7):670-81.
- Wiat L, Come AB, Debelleix X et al. Unilateral neglect syndrome rehabilitation by trunk rotation and scanning training. *Arch Phys Med Rehabil.* 1997;78(4):424-9.
- Yang YR, Wang RY, Lin KH et al. Task-oriented progressive resistance strength training improves muscle strength and functional performance in individuals with stroke. *Clin Rehabil.* 2006;20(10):860-70.
- Yang YR, Wang RY, Chen YC et al. Dual-task exercise improves walking ability in chronic stroke: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007;88(10): 1236-40.