

# The Effects of Unstable Surface Training on Balance and Gait in Stroke Patients: A Systematic Review and Meta-Analysis

SeonCheol Yang<sup>a</sup>, Jihye Jung<sup>b</sup>, and Seungwon Lee<sup>c\*</sup>

<sup>a</sup>Department of Physical Therapy, Pogenhan Rehabilitation hospital, Seoul, Republic of Korea

<sup>b</sup>Institute of SMART Rehabilitation, Sahmyook University

<sup>c</sup>Department of Physical Therapy, College of Health and Welfare, Sahmyook University

**Objective:** Stroke patients need the training to adjust their posture and maintain balance is necessary to restore movement function, and unstable support training is one of the appropriate training. In this study, a systematic review and meta-analysis were conducted to find out the effects of unstable surface training on balance and gait in stroke patients.

**Design:** Systematic review and meta-analysis

**Methods:** After creating a search expression referring to MeSH and Emtree, the literature from 1976 to February 2022 was searched in the databases of PubMed, EMBASE, and Cochrane Library CENTRAL. A total of 331 studies were searched from three databases, and 11 studies were finally selected according to the inclusion criteria. Unstable surface training included studies using balance trainer, Whole-body vibration, and sand surfaces.

**Results:** The results were found to be  $d = 2.28$  ( $p = 0.02$ ) and the effect size was 0.36 (95% CI: 0.05, 0.67) on the Berg Balance Scale. In the Kinesthetic Ability Trainer static balance,  $d = 2.59$  ( $p = 0.01$ ) and the effect size was 1.01 (95% CI: 0.24, 1.78). Timed Up and Go test showed that  $d = 2.18$  ( $p = 0.03$ ) and the effect size was 0.38 (95% CI: 0.04, 0.72). At the gait speed,  $d = 0.99$  ( $p = 0.32$ ) and the effect size was 0.15 (95% CI: -0.15, 0.45). In the 6-minute walk test,  $d = 0.14$  ( $p = 0.89$ ) and the effect size was 0.04 (95% CI: -0.47, 0.55).

**Conclusions:** In this study was found that training was effective in balance if it became unstable in standing posture. Therefore, unstable surface training can be used to improve the balance of stroke patients in clinical practice.

**Key Words:** Stroke, Unstable Surface, Postural Balance, Gait

## 서론

뇌졸중은 신경근육계에 다양한 장애를 유발하여 일상생활은 물론 사회적, 생산적 활동의 기능적 결함을 초래한다 [1]. 정상적인 기능적 움직임을 저해하고 균형 유지, 평평하거나 울퉁불퉁한 표면에서의 걷기, 가정에서의 이동과 같은 독립적인 일상 활동의 감소로 이어질 수 있다 [1-3].

뇌졸중 환자의 균형과 보행을 개선하기 위한 중재로는 운동학습 접근법에 따른 과제중심의 훈련 [4], 다양한 동작의 반복 [5], 치료적 운동 [6], 시각적 피드백 훈련 [7], 청각 피드백 훈련 [8], 불안정 지지면 훈련 [9] 등 다양한 방법이 수행되었다.

균형훈련기구, 전신진동기구, 모래지면 등을 활용한 불안정 지지면에서의 훈련은 외적인 동요를 증가시켜 자세 정위 능력을 효과적으로 개선하므로 감각계 및 운동계의 활성을 통해, 자세를 스스로 조절할 수 있는 자세 전략에 도움을 준다 [9, 10]. 불안정한 지지면에서의 감각운동훈련은 감마 운동 신경세포를 통한 근방추의 민감도를 개선시켜 근육의 길이 변화를 더욱 빠르게 감지하고 반응하게 한다 [11]. 그리고 보행에 필요한 자세조절의 향상, 감각운동조절의 향상이 일어나며 [12] 보행 능력 향상을 위한 효과적인 방법으로 제안되었다 [13]. 불안정 지지면 훈련과 관련된 선행 연구에서는 10미터 보행검사와 브루넬 균형 평가 중 계단걸기 항목 (brunel balance

Received: Mar 1, 2023 Revised: Mar 20, 2023 Accepted: Mar 30, 2023

Corresponding author: Seungwon Lee (ORCID <https://orcid.org/0000-0002-0413-0510>)

Department of Physical Therapy, Sahmyook University

815 Hwarang-ro, Nowon-gu, Seoul

Tel: +82-2-3399-1630 Fax: +82-2-3399-1639 E-mail: swlee@syu.ac.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

assessment stepping subscale)에서 안정지지면 훈련군 대비 불안정 지지면 훈련군이 유의하게 개선된 것으로 나타났다[14, 15]. 또한 체계적 고찰 연구에서는 불안정 지지면에서 몸통 훈련을 한 실험군이 안정 지지면에서 훈련을 한 대조군보다 정적 균형과 동적 균형의 향상이 있었다[9]. 그리고 모래지면 훈련군이 일반 지지면 훈련군보다 6분 걷기 검사 결과의 향상이 있었다고 보고 했으며[16], 불안정 지지면 훈련군이 대조군 보다 10미터 걷기 검사 결과에서 향상이 있었다고 보고 했다[14].

선행연구에서 불안정 지지면 훈련으로 앉은 자세나 누운 자세에서 시행된 연구의 효과는 종합되었고 기립 자세에서 불안정 지지면 훈련을 시행한 연구는 종합하는 것이 필요하다. 따라서 본 연구의 목적은 뇌졸중 환자에게 기립자세에서 불안정 지지면 훈련이 균형과 보행에 미치는 효과를 알아보고 효과크기를 분석하여 뇌졸중 환자에 대한 중재의 방향을 제시하고 근거에 기반을 둔 임상 물리치료에 도움이 되고자 한다.

## 연구 방법

### 연구 설계

본 연구는 불안정 지지면 훈련이 뇌졸중 환자에게 미치는 효과에 대해 알아보고 효과크기를 검정하는 메타분석 연구이다. 연구 방법은 프로토콜에 등록되어 있으며 문헌고찰 질문, 검색전략, 포함기준, 비뮌림 위험 평가, 메타분석에 대한 계획, 이질성에 대한 계획이 포함되어 있다([https://www.crd.york.ac.uk/prospéro/display\\_record.php?RecordID=299727](https://www.crd.york.ac.uk/prospéro/display_record.php?RecordID=299727)).

### 적격기준

적격기준은 핵심 질문전략PICOS (Participants [P], Intervention [I], Comparison [C], Outcomes [O], Study Design [S]) 에 따라 구성되었다. P (Participants)는 뇌졸중 환자, I(Intervention)는 불안정 지지면 훈련, C (Comparison)는 일반적 중재 또는 안정지지면 훈련, O (Outcomes)는 균형과 보행, 그리고 S (Study Design)는 무작위 배정 임상시험 연구로 설정하였다.

### 선정기준

#### Participants

대상자는 뇌졸중진단을 받은 환자들로 선정하였다.

#### Intervention

중재는 기립자세에서의 불안정 지지면 훈련이 제시된 연구를 포함하였다.

### Comparison

비교대상으로는 일반적 중재 또는 안정지지면에서 훈련을 제공한 연구를 포함하였다.

### Outcomes

중재 후 균형과 보행이 결과 변수로 제시된 연구를 선정하였다.

### Study Design

통계수치(표본 수, 평균, 표준편차)가 제시된 연구, 무작위 배정 임상시험 연구가 포함 되었다.

### 제외기준

로봇, 3차원 균형훈련, 압력센서 훈련, 부분 체중지지 훈련, 전기 장치나 VR, Wii, 수중, 경사 트레드밀, 슬링을 사용한 연구, 앉은 상태에서 하는 연구, 초록만 있는 연구, 영어가 아닌 연구, 페드로 평가 점수가 6점 이하인 연구가 제외되었다.

### 자료의 검색 및 자료의 선정

자료의 검색은 기관생명심의위원회의 승인을 받은 후 2022년 1월~2월 13일까지 검색을 실시하였다. 자료의 검색과 자료의 선정의 전 과정은 PRISMA의 체계적 문헌고찰 흐름도에 따라 시행하였으며[17], 사용된 검색전략과 검색식은 물리치료 분야 메타분석 경험이 있는 전문가의 자문을 받았다. 자료의 검색은 Pubmed, EMBASE, Cochrane Library CENTRAL 총 3개의 데이터베이스에서 의학주제표목(medical subject headings, MeSH)을 참고하여 검색하였다. 사전 식별된 키워드(randomized controlled trial) AND (stroke) AND (unstable surface OR support surface OR balance training OR sling OR sling exercise OR weight perception OR suspension training OR physio ball OR trunk training OR air cushion OR swiss ball OR sand)을 이용하였다.

### 자료추출

자료의 선정은 문헌을 검색하여 문헌관리 프로그램 (EndNote 20, Thomson Reuters, NY, USA)에서 중복 자료를 확인하고 제거하였다. 검색된 문헌의 제목과 초록을 확인하여 선정하였고, 이후에는 원문을 검토하여 문헌의 선정 기준에 부합하는 연구를 선정하였다. 국내, 국외 문헌을 검색하여 DB를 통해 중복된 주제와 관련되지 않은 연구, 비실험 연구, 초록만 있는 연구, 선정기준과 다른 변수를 사용

한 연구를 제외하고 13편의 연구를 선정하였다. 원문 선정 후에 시행된 질적 평가에서 2편의 연구가 낮은 점수로 배제하고 메타분석에는 11편의 연구가 사용되었다. 선정과정은 PRISMA 흐름도에 따라 기술하였다. 데이터 코딩은 저자, 논문 제목, 연도, 국가, 연구 설계, 출판 유형, 표본 수, 연령, 중재 종류, 중재 환경, 중재자, 1회 중재 시간, 주당 중재 회수, 중재 기간, 측정도구, 피험자, 실험방법, 중재 결과, 평균, 표준편차 등을 추출하고 표로 만들어 정리하였다.

**개별 연구의 질 평가**

선정된 연구는 페드로(PEDro) 평가도구를 사용하여 평가하였다. 페드로 평가도구는 총 11점으로 연구의 질 평가 항목은 선정기준, 무작위 분배, 배정 눈가림, 기준치 대조, 참가자 눈가림, 치료사 눈가림, 평가자 눈가림, 적절한 추적조사, 치료의향 분석, 중재군간 비교, 평균 차이와 분산값의 제공이다. 평가도구는 페드로 홈페이지에서 참고하여 사용하였다[18]. 페드로 평가도구로 평가 후에 7점 이상의 연구만 포함하였다.

**자료 분석 방법**

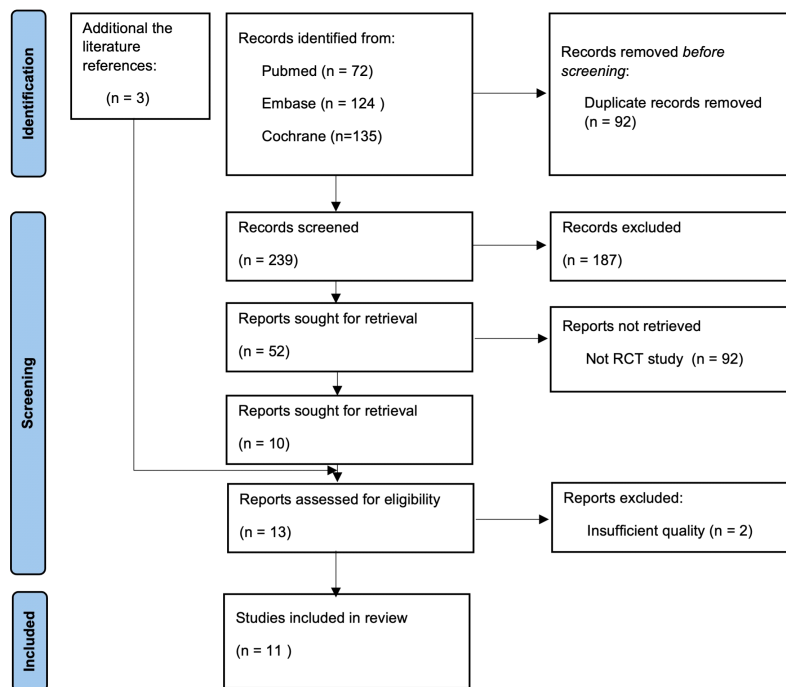
연구의 효과크기는 RevMan 프로그램 (version 5.4.1, Cochrane Library, Oxford, England)을 이용하여 산출하였다. 효과크기는 선정된 연구에서 실험 전 후의 평균 차이 값과 표준편차의 값을 사용하였다. 효과크기의 해석은 0.20~0.50의 효과크기는 '작은 효과, 0.50~0.80의 효과크기

는 '보통 효과, 0.80 이상이면 '큰 효과'를 의미한다[19]. 연구들의 동질성 여부는 카이제곱 검정과 실제분산비율(I<sup>2</sup>)을 사용하여 확인하였고 임의효과모형으로 산출하였다. 실제 분산비율 값은 이질성이 없을 때 0%가 되며 30~60%는 중등도의 이질성, 75%이상인 경우는 이질성이 큰 것을 의미한다[20]. 추가분석은 R 프로그램(version 4.1.3, The R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria)을 이용하여 출간 오류 분석을 시행하였다.

**연구 결과**

**포함된 무작위 대조 시험들의 문헌검색과 특징**

국제 데이터베이스를 통해 총 331건의 연구 검색 후 중복된 연구들을 제외시키기 위해 Excel을 통해 중복된 92건의 연구가 확인되어 제외시켰다. 제목과 초록을 통해 일차적으로 스크리닝(screening) 후 187건을 제거하고 원문 검토를 통해 주제어가 벗어난 연구(30건), 초록만 있는 연구(10건), 비실험연구(1건), 선정기준과 다른 변수연구(1건)를 포함하여 42건을 제외하였다. 그 결과 10건의 RCTs가 정성적 및 정량적 분석에 포함하였다. 가능한 많은 근거를 파악하기 위해 선정된 10편의 참고 문헌 목록을 검색하였으며 그 중에 선정기준에 적합한 3편의 연구를 발견하여 추가하였다. 따라서 총 13편의 연구를 선정하였다(Figure 1). 선정된 연구의 일반적인 특성은 Table 1에 기술하였다.



**Figure 1.** PRISMA flow diagram

**Table 1.** Characteristics of the included trials

study	participants	duration	intervention	outcomes	conclusion
Kal et al. (2018) [35]	63	15/3/3	EG 1: balance board stabilization training with focus on internal elements EG 2: balance board stabilization training focusing on external factors	TUG	Muscular strength, postural sway values during single and double tasks were improved in all intervention groups. Balance, sensory function, and attention were significantly improved in the external factors focus group.
Liao et al. (2018) [36]	56	20/3/6	EG 1: visual feedback balance training EG 2: wedge training CG: traditional rehabilitation training	TUG	There was a statistically significant difference between groups ( $p < 0.01$ ). The EG 1 and EG 2 showed improvement over the CG.
Kim et al. (2017) [37]	28	30/5/6	EG: sand ground training CG: general ground training	TUG 6MWT	TUG showed improvement in both EG and CG. In the 6MWT, only the improvement of EG was shown.
Ordahan et al. (2015) [38]	50	20/5/6	EG: balance training CG: traditional rehabilitation training	BBS TUG	Both groups showed significant changes in BBS and TUG in the post-intervention test ( $p < 0.05$ ).
Brogrdh et al. (2012) [39]	31	45/2/6	EG: WBV (3.75 mm amplitude) CG: placebo WBV (0.2 mm amplitude)	BBS TUG Gait speed 6MWT	Both groups showed a slight improvement in physical function and gait performance after the intervention ( $p < 0.05$ ).
Alptekin et al. (2008) [40]	30	20/5/4	EG: balance training CG: traditional rehabilitation training	KAT Static balance	Static balance was significantly improved in EG than in CG ( $p < 0.05$ ).
van Nes et al. (2006) [41]	53	3/5/6	EG: WBV CG: combined music exercise	BBS	Both EG and CG showed improvement in BBS after intervention ( $p < 0.01$ ).
Yavuzeret al. (2006) [42]	41	15/5/3	EG: balance training CG: traditional rehabilitation training	Gait speed	In the control group, all results were not statistically significant.
Geiger et al. (2001) [43]	13	15/3/4	EG: balance training CG: traditional rehabilitation training	BBS TUG	Compared to the CG, the EG showed significant differences in both the BBS and TUG ( $p < 0.05$ ).
Walker et al. (2000) [44]	46	30/5/8	EG 1: visual feedback EG 2: balance training with general physical therapy CG: general physical therapy	BBS TUG Gait speed	Balance ability showed improvement in all groups ( $p < 0.05$ ). There were no differences between groups in all results.

The duration was in the order of minutes/times/weeks.

EG: experimental group, CG: control group, TUG: timed up and go test, 6MWT: 6minute walk test, WBV: whole body vibration.

## 개별 연구의 질 평가 결과

선정된 논문에 대한 평가는 페드로 평가를 사용하였다. 페드로 평가는 선정기준, 무작위 분배, 배정 눈가림, 기준치 대조, 참가자 눈가림, 치료사 눈가림, 평가자 눈가림, 적절한 추적조사, 치료의향 분석, 중재군간 비교, 평균 차이와 분산값의 제공의 항목으로 이루어져 있다.

선정기준과 무작위 분배는 11편의 연구 모두 기술되어 있었다. 배정 눈가림은 6편의 연구에 기술되어 있었고 기준치 대조는 11편의 연구 모두에 기술되어 있었다. 참가자 눈가림은 3편의 연구에 기술되어 있었고 치료사 눈가림은 1편의 연구에 기술되어 있었다. 평가자 눈가림은 8편의 연구에 기술되어 있었고 적절한 추적조사는 10편의 연구에 기술되어 있었다. 치료의향 분석, 중재군

**Table 2.** Individual study quality assessment

Study	PEDro score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Kal et al. (2019)	11	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O	O
Liao et al. (2018)	9	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O
Kim et al. (2017)	7	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O
Ordahan et al. (2015)	7	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O
Brogrdh et al. (2012)	10	O	O	O	O	O	X	O	O	O	O	O
Lee et al. (2012)	9	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O
Alptekin et al. (2008)	9	O	O	O	O	X	X	O	O	O	O	O
van Nes et al. (2006)	9	O	O	X	O	O	X	O	O	O	O	O
Yavuzer et al. (2006)	8	O	O	O	O	X	X	O	X	O	O	O
Geiger et al. (2001)	7	O	O	X	O	X	X	X	O	O	O	O
Walker et al. (2000)	8	O	O	X	O	X	X	O	O	O	O	O

1. eligibility criteria; 2. randomly allocated; 3. allocation was concealed; 4. the groups were similar at baseline regarding the most important prognostic indicators; 5. blinding of all subjects; 6. blinding of all therapists; 7. blinding of all assessors; 8. measures of at least one key outcome; 9. intention to treat; 10. between-group statistical comparisons; 11. measures of variability for at least one key outcome.

간 비교, 평균 차이와 분산 값의 제공에서 11편 모두 기술 되어 있었다(Table 2).

**불안정 지지면 훈련이 균형에 미치는 효과크기 차이 검증**

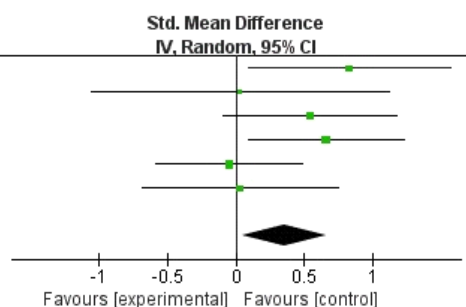
버그균형척도로 측정된 연구는 6편으로 연구들 간의 이질성은 낮게 나타났으며( $I^2=21%$ ) 효과크기는 0.36 (95% CI: 0.05, 0.67)로 나타났고 통계학적으로 유의하게 나타났다( $p=0.02$ )(Figure 2).

운동훈련기구(kinesthetic ability trainer) 정적 균형으로 측정된 연구의 효과크기는 1.01 (95% CI: 0.24, 1.78)로 나타났고 통계학적으로 유의하게 나타났다( $p=0.01$ )(Figure 3).

일어서서 걷기 검사로 측정된 연구는 8편으로 연구들 간의 이질성은 중증도로 나타났으며( $I^2=51%$ ) 효과크기는 0.38 (95% CI: 0.04, 0.72)로 나타났고 통계학적으로 유의하게 나타났다( $p=0.03$ )(Figure 4).

Study or Subgroup	Experimental			Control			Weight	Std. Mean Difference IV, Random, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Brogrdh et al 2012	2.1	2.43	16	0.2	1.98	15	14.4%	0.83 [0.09, 1.57]
Geiger et al 2001	7.65	7.67	6	7.36	8.06	7	7.3%	0.03 [-1.06, 1.12]
Lee, S. H. et al 2012	5.9	8.26	20	1.7	6.85	20	18.4%	0.54 [-0.09, 1.17]
Ordahan et al 2015	8.7	5.66	25	5.1	5.01	25	21.5%	0.66 [0.09, 1.23]
van Nes et al 2006	16.7	13.84	27	17.4	16.59	26	23.4%	-0.05 [-0.58, 0.49]
Walker et al 2000	10.7	6.79	16	10.4	11.37	14	15.1%	0.03 [-0.69, 0.75]
<b>Total (95% CI)</b>			<b>110</b>			<b>107</b>	<b>100.0%</b>	<b>0.36 [0.05, 0.67]</b>

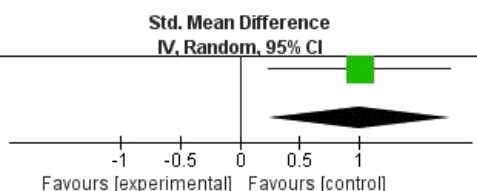
Heterogeneity: Tau<sup>2</sup> = 0.03; Chi<sup>2</sup> = 6.29, df = 5 (P = 0.28); I<sup>2</sup> = 21%  
Test for overall effect: Z = 2.28 (P = 0.02)



**Figure 2.** Effect size of BBS for unstable support surface intervention

Study or Subgroup	Experimental			Control			Weight	Std. Mean Difference IV, Random, 95% CI
	Mean	SD	Total	Mean	SD	Total		
Gok, H. et al 2008	135.4	93.3	15	56.9	52	15	100.0%	1.01 [0.24, 1.78]
<b>Total (95% CI)</b>			<b>15</b>			<b>15</b>	<b>100.0%</b>	<b>1.01 [0.24, 1.78]</b>

Heterogeneity: Not applicable  
Test for overall effect: Z = 2.59 (P = 0.010)



**Figure 3.** Effect size of static balance exercise training equipment in unstable support surface intervention

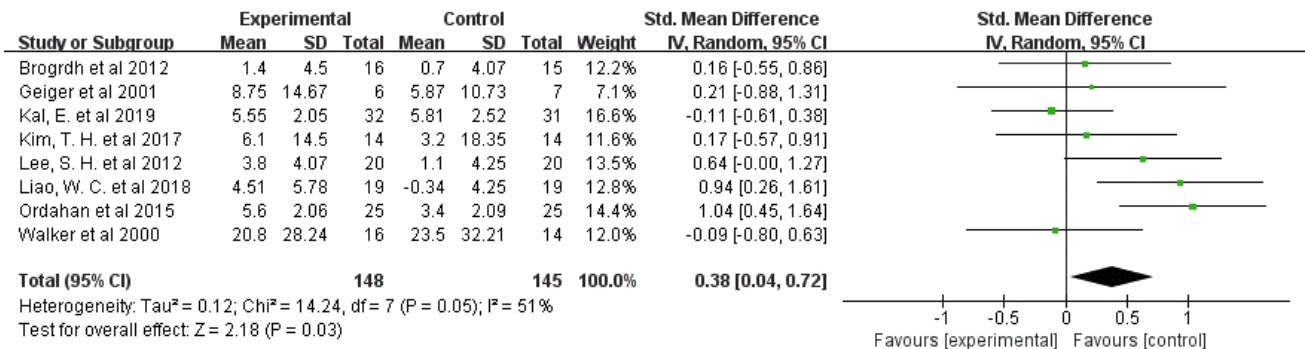


Figure 4. Effect size of TUG of unstable support surface intervention

이질성이 51%로 상당한 것에 대해 효과크기의 이질성을 설명하기 위하여 추가로 메타회귀분석을 시행하였다. 불안정 지지면 훈련과 일어서서 걷기 검사 사이의 조절 변수로 나이, 중재 종류, 중재 환경, 출간연도, 대상자 수, 중재기간, 중재 횟수, 중재 시간으로 메타회귀분석을 시행하였다. 분석 결과, 나이의 조절 변수에서 회귀계수는 나이가 증가할수록 효과크기가 감소하는 것으로 나타났다(B = -0.0569). 나이에 대한 통계성은 유의하지 않게 나타났다(Q = 2.34, df = 1, p = 0.13). 연구간 분산의 비율이 작은 설명력이 나타났다(R<sup>2</sup> = 28.48). 다른 조절 변수에서는 연구간 분산의 비율이 매우 적은 것으로 나타났다(0 ~ 5.9%).

불안정 지지면 훈련이 보행에 미치는 효과크기 차이 검증

보행 속도로 측정한 연구는 5편으로 연구들 간의 이질성은 없는 것으로 나타났으며(I<sup>2</sup> = 0%) 효과크기는 0.15 (95% CI: -0.15, 0.45)로 나타났고 통계학적으로 유의하지 않게 나타났다(p = 0.32)(Figure 5).

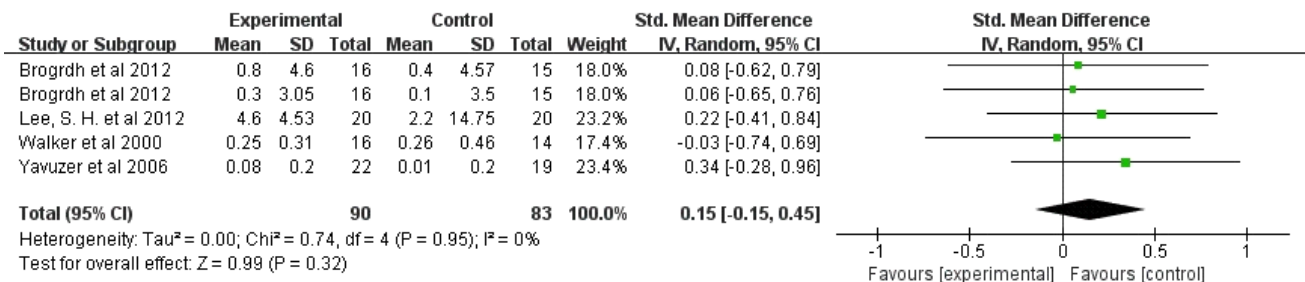


Figure 5. Effect size of gait speed in unstable support surface intervention

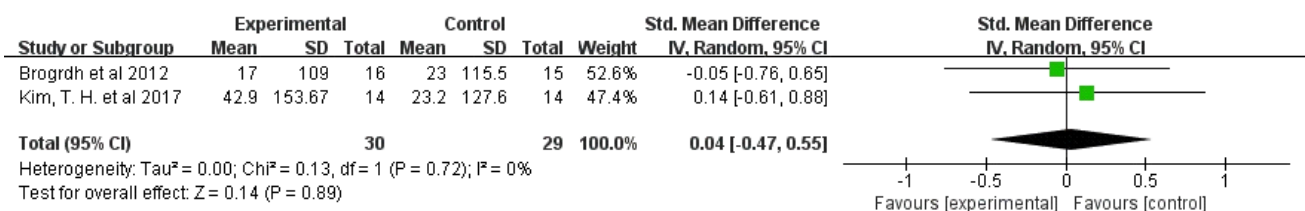
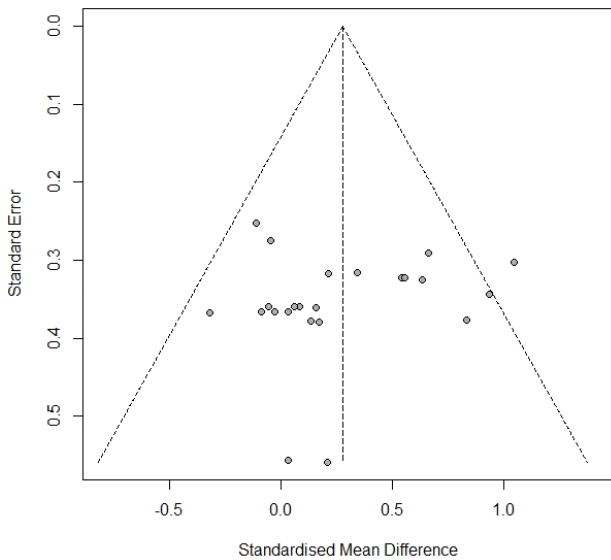


Figure 6. Effect size of 6MWT of unstable support surface intervention

6분 걷기 검사로 측정한 연구는 2편으로 연구들 간의 이질성은 없는 것으로 나타났으며(I<sup>2</sup> = 0%) 효과크기는 0.04 (95% CI: -0.47, 0.55)로 나타났고 통계학적으로 유의하지 않게 나타났다(p = 0.89)(Figure 6).

출간 오류 분석

본 연구에서 시각적인 판단 방법으로 분석한 전체 연구에 대한 깔때기 그림(funnel plot)을 확인한 결과 약간의 좌측 편향 비대칭적으로 나타났다. 시각적으로 약간의 비대칭이 나타났다. 절삭과 채움의 방법으로 교정하였을 때 교정 이전의 효과크기 0.28 (95% CI: 0.11, 0.44) d = 3.34, p = 0.0008에서 이후 효과크기 0.37 (95% CI: 0.21, 0.53) d = 4.51, p = 0.0001로 나왔다. 대칭연구로 전환하기 위해 4개의 연구데이터를 투입하였고 0.09의 효과크기만 증가하는 것으로 나타났다(figure 7, 8). 이는 오류가 본 연구의 결과에 큰 영향을 주지 않는 것으로 알 수 있다.



**Figure 7.** Funnel plot of effects for the entire study (before cutting and filling)

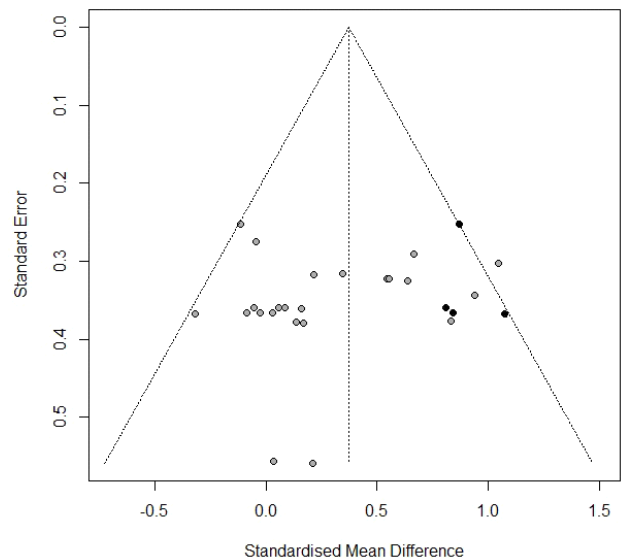
다음은 통계적인 판단방법으로 23개의 연구 데이터로 Egger의 회귀분석(Egger's regression test)을 시행하였다. 그 결과는 통계적으로 유의하지 않게 나타났다(검사 결과:  $t = -0.46$ ,  $df = 21$ ,  $p = 0.65$ ). 이는 효과크기와 표준오차 사이의 관계가 없다는 귀무가설을 채택하게 되어 출간 오류가 없음을 나타낸다[21].

## 논의

본 연구에서 뇌졸중 환자에 대한 기립 자세에서의 불안정 지지면 훈련이 균형과 보행에 미치는 영향을 메타분석을 통해 효과크기로 종합하여 제시하고자 한다.

먼저 버그균형척도를 균형 측정변수로 사용한 연구 분석 결과 효과크기는 0.36으로 중간 크기였다. 이는 불안정 지지면에서 몸통 훈련을 했을 때 균형의 효과크기가 0.39로 나타난 선행 메타분석 연구와 비슷하다[9]. 또한 운동훈련기구로 측정한 정적 균형의 효과크기는 1.01로 나타났다. 불안정 지지면 훈련은 자세 조절을 위해 많은 노력을 요구하기 때문에 이러한 훈련으로 정적인 상태와 다양한 기능적인 움직임을 수행하는 동안에도 대상자가 균형을 유지하는 능력을 평가하는 척도에서 효과적으로 나타난 것으로 보인다[22].

본 연구에서 일어서서 걷기 검사는 효과크기가 0.38로 중간 크기로 나타났다. 선행 연구에서는 불안정 지지면에서 시행한 정적 균형, 동적 균형 훈련들이 일어서서 걷기 검사의 결과를 개선시킨다고 하였다[23]. 일어서서 걷기 검사는 앉은 상태에서 서기, 걷기, 돌기의 동작으로



**Figure 8.** Funnel plot of effects for the entire study (after cutting and filling)

나누어지는데[24], 불안정 지지면에서의 자세 조절 훈련이 일어서서 걷기 검사의 서기, 걷기, 돌기의 동작 유지에 영향을 미쳐 긍정적 결과를 나타낸 것으로 생각된다. 따라서 뇌졸중 환자의 균형을 개선하기 위해 불안정 지지면 훈련을 적용하는 것이 좋은 전략이 될 수 있다.

보행 속도는 효과크기가 0.15로 효과를 나타내지 못했다. 보행 속도 관련 운동에 관한 선행 메타분석 연구에서 높은 강도의 점진적 저항 훈련과 리듬적인 요소를 가진 운동이 노인들의 보행 속도를 향상 시키는데 효과가 있었고 균형 훈련과 지구력 훈련을 추가하였을 때는 효과가 적다고 하였다[25]. 또한 다른 메타 분석에서 뇌졸중 환자에게 하지 저항 훈련을 제공하는 것이 보행 속도를 향상시킨다고 하였다[26]. 저항 훈련이 노인의 보행 속도를 어떻게 향상 시키는지를 연구 하였을 때, 엉덩관절 펌근과 발목 발바닥 굽힘근이 유의미한 변수로 나타났다[27]. 본 연구에서 메타분석에 포함된 연구는 전신진동기구와 균형훈련기구들로 기립자세에서 균형을 유지하는 정적 균형과 관련된 훈련이었기 때문에 보행 속도에서 효과를 나타내지 못한 것으로 보인다. 따라서 불안정 지지면 훈련에 더하여 하지의 저항 훈련과 리듬요소를 가진 운동을 시행한다면 보행 속도에서 유의미한 차이를 얻을 수 있을 것으로 생각한다.

6분 걷기 검사에서는 효과크기가 0.04로 효과를 나타내지 못했다. 선행 연구에서 실험군이 15주간 저항 운동을 하였을 때, 6분 걷기 검사에서 대조군보다 유의미한 결과를 나타냈다[28]. 다른 연구에서 불안정 지지면 훈련군이 대조군보다 6분 걷기 검사에서 향상이 나타났

데 불안정 지지면 훈련과 더불어 트레드밀 보행훈련이 병행 되었기에 6분 걷기 검사에서 유의미한 결과가 나온 것으로 보인다[13]. 또한 뇌졸중 환자를 대상으로 8주간 최대 심박 수의 60~80%의 높은 강도로 실내 자전거 운동을 하였던 연구에서 6분 걷기 검사의 결과가 상당히 개선되었다[29]. 본 연구에서 메타분석에 포함된 전신진동기구는 기립자세에서 균형을 유지하는 것으로 보행에서 정적 균형과 관련된 입각기, 단하지 지지기, 양하지 지지기에만 영향을 준 것으로 보인다. 모래 지면 훈련은 보행훈련을 하였으나 지지면이 불안정하여 속도를 빠르게 하기 어렵고 훈련 시간이 30분 정도로 Linder 등의 연구[29]에서 제시된 최대 심박 수의 기준보다 운동의 강도가 낮았기 때문에 6분 걷기 검사에서 효과를 나타내지 못한 것으로 보인다. 따라서 불안정 지지면 훈련과 더불어 높은 강도의 유산소 운동을 추가한다면 6분 걷기 검사에서 유의미한 결과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다.

본 연구에서 불안정 지지면 중재로 포함된 전신진동기구는 기립자세를 유지하기 위해 신체정렬과 자세긴장도와 관련된 근육들이 수축하기 위한 노력이 증가한다. 전신진동기구의 수직 방향 움직임은 대상자의 안쪽과 가쪽 안정성을 무너뜨리는데, 이 안정성을 회복하기 위해 발목전략, 엉덩이전략, 몸통전략으로 균형을 조절한다[10, 30]. Yang 등[31]은 뇌졸중 환자에 대한 전신진동기구 훈련 연구 4개 연구를 분석하여 균형능력에 효과적이지 않다고 하였지만, Fischer 등[32]은 뇌졸중 환자 대상으로 4주 이상 중재를 적용한 연구 4개의 효과를 분석한 결과, 6분 걷기 검사에서 효과적이었다고 하였다.

균형 변수 중 일어서서 걷기 검사에서 효과크기의 이질성이 상당한 것에 대해서 회귀분석이 시행되었고, 나이의 변수가 가장 설명력이 있는 것으로 나타났다. 버블그림의 회귀선으로 볼 때 나이가 증가할수록 효과크기는 감소하는 것으로 나타났다. 나이가 증가함에 따라 신체의 기능은 저하되고 노화현상이 일어난다[33]. 때문에 같은 훈련을 시행하더라도 나이가 적은 사람에 비해 상대적으로 더 적은 효과가 나오게 된다. 일어서서 걷기 검사는 대상의 균형능력, 자세 조절 능력, 보행 능력을 복합적으로 평가하는 척도이기때문에[34] 나이가 증가할수록 효과크기는 감소하는 것으로 나타났다고 생각된다.

메타분석에 포함된 연구의 변수 중 균형에서 큰 효과크기를 나타냈지만 보행에서는 효과를 나타내지 못했다. 따라서 균형을 향상 시키는 방법으로는 긍정적으로 사용될 수 있으며 보행에 관해서는 부족한 중재방법을 보완하여 추가 연구가 필요할 것으로 보인다. 본 연구의 제한점으로는 선정된 연구가 학술지에 출판된 연구만 포함

되었다. 출판연구는 긍정적이면서 통계적으로 유의미한 결과가 나온 연구는 그렇지 않은 연구보다 더 출간이 잘 되는 경향이 있기 때문에 이를 고려해야한다[21]. 또한 영어로 된 출간물로만 선정이 되는 제한점이 있었다. 또한 불안정 지지면 훈련에 관한 연구를 선정하였는데 균형훈련기구, 전신진동기구, 모래지면 훈련의 중재 종류만 포함되고 다양한 중재를 포함하지 못하였다.

## 결론

본 연구는 뇌졸중 환자에게 불안정 지지면 훈련을 했을 때 균형과 보행에 미치는 영향을 알아보기 위해 체계적 문헌 고찰을 하고 메타분석 한 것이다. 기립 자세에서의 불안정 지지면 훈련은 일반적인 재활치료에 비해 균형에는 효과적인 것으로 나타났다. 따라서 균형을 개선하는 방법으로 사용하는데 좋은 전략으로 사용할 수 있다. 보행에서는 효과를 나타내지 못하였는데, 하지의 저항 운동이 보행의 결과를 개선시킨다는 선행 메타분석의 결과를 참고로 하여 중재방법을 보완하는 것이 필요하다. 본 연구에서 포함한 균형훈련기구, 전신진동기구, 모래지면 뿐만 아니라 다양한 불안정 지지면을 활용하여 임상적 의미를 제시할 수 있는 질 높은 연구가 필요할 것으로 보인다.

## 이해 충돌

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

## 참고문헌

1. Umphred DA, Lazaro RT. Neurological rehabilitation: Elsevier Health Sciences; 2012.
2. O'Sullivan SB, Schmitz TJ, Fulk G. Physical rehabilitation: FA Davis; 2019.
3. Raffin E, Hummel FC. Restoring Motor Functions After Stroke: Multiple Approaches and Opportunities. Neuroscientist. 2018;24:400-16.
4. Bayouk JF, Boucher JP, Leroux A. Balance training following stroke: effects of task-oriented exercises with and without altered sensory input. Int J Rehabil Res. 2006;29:51-9.
5. Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic stroke: a randomized, controlled pi-



- lot trial. *Arch Phys Med Rehabil.* 2000;81:409-17.
6. Duncan P, Studenski S, Richards L, Gollub S, Lai SM, Reker D, et al. Randomized clinical trial of therapeutic exercise in subacute stroke. *Stroke.* 2003;34:2173-80.
  7. Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1988;69:395-400.
  8. Cheng PT, Wu SH, Liaw MY, Wong AM, Tang FT. Symmetrical body-weight distribution training in stroke patients and its effect on fall prevention. *Arch Phys Med Rehabil.* 2001;82:1650-4.
  9. Van Criekinge T, Saeys W, Vereeck L, De Hertogh W, Truijzen S. Are unstable support surfaces superior to stable support surfaces during trunk rehabilitation after stroke? A systematic review. *Disabil Rehabil.* 2018;40:1981-8.
  10. Shumway-Cook A, Woollacott MH. *Motor control: translating research into clinical practice*: Lippincott Williams & Wilkins; 2007.
  11. Granacher U, Gollhofer A, Strass D. Training induced adaptations in characteristics of postural reflexes in elderly men. *Gait Posture.* 2006;24:459-66.
  12. Jeong T-G, Park J-S, Choi J-D, Lee J-Y, Kim J-S. The effects of sensorimotor training on balance and muscle activation during gait in older adults. *J Korean Soc Phys Ther.* 2011;23:29-36.
  13. Bang D-H, Shin W-S, Noh H-J, Song M-S. Effect of unstable surface training on walking ability in stroke patients. *J Phys Ther Sci.* 2014;26:1689-91.
  14. Jung K-S, Cho H-Y, In T-S. Trunk exercises performed on an unstable surface improve trunk muscle activation, postural control, and gait speed in patients with stroke. *Phys Ther Sci.* 2016;28:940-4.
  15. Karthikbabu S, Nayak A, Vijayakumar K, Misri Z, Suresh B, Ganesan S, et al. Comparison of physio ball and plinth trunk exercises regimens on trunk control and functional balance in patients with acute stroke: a pilot randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2011;25:709-19.
  16. Hwang B-H, Kim T-H. The effects of sand surface training on changes in the muscle activity of the paretic side lower limb and the improvement of dynamic stability and gait endurance in stroke patients. *J Exerc Rehabil.* 2019;15:439.
  17. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, Altman DG. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. *PLoS Med.* 2009;6:e1000097.
  18. PEDro. PEDro scale. <https://pedro.org.au/english/resources/pedro-scale/2020> [cited 1999 21 June].
  19. Cohen J. *Statistical power analysis for the behavioral sciences*: Routledge. Lawrence Erlbaum Associates; 2013.
  20. Higgins JP, Thompson SG, Spiegelhalter DJ. A re-evaluation of random-effects meta-analysis. *J R Stat Soc Ser A Stat Soc.* 2009;172:137-59.
  21. Hwang SD. *Meta-analysis using R: Hakjisa*; 2015.
  22. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: a systematic review. *Phys Ther.* 2008;88:559-66.
  23. Jehu DA, Paquet N, Lajoie Y. Balance and mobility training with or without concurrent cognitive training improves the timed up and go (TUG), TUG cognitive, and TUG manual in healthy older adults: an exploratory study. *Aging Clin Exp Res.* 2017;29:711-20.
  24. Sebastiã E, Sandroff BM, Learmonth YC, Motl RW. Validity of the Timed Up and Go Test as a Measure of Functional Mobility in Persons With Multiple Sclerosis. *Arch Phys Med Rehabil.* 2016;97:1072-7.
  25. Van Abbema R, De Greef M, Crajé, Krijnen W, Hobbelen H, Van Der Schans C. What type, or combination of exercise can improve preferred gait speed in older adults? A meta-analysis. *BMC Geriatr.* 2015;15:72.
  26. Mehta S, Pereira S, Viana R, Mays R, McIntyre A, Janzen S, et al. Resistance training for gait speed and total distance walked during the chronic stage of stroke: a meta-analysis. *Top Stroke Rehabil.* 2012;19:471-8.
  27. Uematsu A, Tsuchiya K, Kadono N, Kobayashi H, Kaetsu T, Hortobáyi T, et al. A behavioral mechanism of how increases in leg strength improve old adults' gait speed. *PLoS One.* 2014;9:e110350.
  28. Larsson A, Palstam A, Lögren M, Ernberg M, Bjersing J, Bileviciute-Ljungar I, et al. Resistance exercise improves muscle strength, health status and pain intensity in fibromyalgia--a randomized controlled trial. *Arthritis Res Ther.* 2015;17:161.

29. Linder SM, Davidson S, Rosenfeldt A, Lee J, Koop MM, Bethoux F, et al. Forced and Voluntary Aerobic Cycling Interventions Improve Walking Capacity in Individuals With Chronic Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2021;102:1-8.
30. Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF. Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance. *J Neurophysiol.* 1996;75:2334-43.
31. Yang X, Wang P, Liu C, He C, Reinhardt JD. The effect of whole body vibration on balance, gait performance and mobility in people with stroke: a systematic review and meta-analysis. *Clin Rehabil.* 2015;29:627-38.
32. Fischer M, Vialleron T, Laffaye G, Fourcade P, Hussein T, Chèe L, et al. Long-Term Effects of Whole-Body Vibration on Human Gait: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Front Neurol.* 2019; 10:627.
33. Kim MK, Lee HJ, Lee WH. Ultrasound imaging for age-related differences of lower extremity muscle architecture. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2015;4:38-43.
34. An SH, Park D-S, Lim JY. Discriminative validity of the timed up and go test for community ambulation in persons with chronic stroke. *Phys Ther Rehabil Sci.* 2017;6:176-81.
35. Kal E, Houdijk H, van der Kamp J, Verhoef M, Prosé R, Groet E, et al. Are the effects of internal focus instructions different from external focus instructions given during balance training in stroke patients? A double-blind randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2019;33:207-21.
36. Liao WC, Lai CL, Hsu PS, Chen KC, Wang CH. Different weight shift trainings can improve the balance performance of patients with a chronic stroke: A randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore).* 2018;97:e13207.
37. Kim T-h, Hwang B-h. Effects of gait training on sand on improving the walking ability of patients with chronic stroke: a randomized controlled trial. *J Phys Ther Sci.* 2017;29:2172-5.
38. Ordahan B, Karahan AY, Basaran A, Turkoglu G, Kucuksarac S, Cubukcu M, et al. Impact of exercises administered to stroke patients with balance trainer on rehabilitation results: a randomized controlled study. *Hippokratia.* 2015;19:125-30.
39. Brogådh C, Flansbjerg UB, Lexell J. No specific effect of whole-body vibration training in chronic stroke: a double-blind randomized controlled study. *Arch Phys Med Rehabil.* 2012;93:253-8.
40. Alptekin N, Gok H, Geler-Kulcu D, Dincer G. Efficacy of treatment with a kinaesthetic ability training device on balance and mobility after stroke: a randomized controlled study. *Clin Rehabil.* 2008;22:922-30.
41. van Nes IJ, Latour H, Schils F, Meijer R, van Kuijk A, Geurts AC. Long-term effects of 6-week whole-body vibration on balance recovery and activities of daily living in the postacute phase of stroke: a randomized, controlled trial. *Stroke.* 2006;37:2331-5.
42. Yavuzer G, Eser F, Karakus D, Karaoglan B, Stam HJ. The effects of balance training on gait late after stroke: a randomized controlled trial. *Clin Rehabil.* 2006;20:960-9.
43. Geiger RA, Allen JB, O'Keefe J, Hicks RR. Balance and mobility following stroke: effects of physical therapy interventions with and without bio-feedback/forceplate training. *Phys Ther.* 2001;81: 995-1005.
44. Walker C, Brouwer BJ, Culham EG. Use of visual feedback in retraining balance following acute stroke. *Phys Ther.* 2000;80:886-95.