대한중풍학회지 제14권 제1호(2013년 12월)
The Society of Stroke on Korean Medicine 2013;14(1):15-22

편마비 환자의 운동수행능력과 질량중심 변화의 상관 관계

Correlation between motor performance and displacements of center of pressure in hemiplegic patients

이일석, 임형문[1], 최산호, 오재건, 성강경, 이상관*
원광대학교 한의과대학 광주한방병원 심계내과학교실, [1]전남대학교 사회과학대학 심리학과

Ilsuk Lee, Hyungmoon Lim[1], Sanho Choi, Jaegun Oh, Kang-keyng Sung, Sangkwan Lee*
Department of internal medicine and neuroscience, College of Korean medicine, Wonkwang University
[1]Department of Psychology, Chonnam National University

■ **Objectives** The aim of this study is to look into the correlation between motor performance and displacement of center of pressure(CoP) in hemiplegic patients with cerebral stroke.

■ **Methods** We measured manual muscle test(MMT) as motor performance value and, anterior/posterior position(Ant./Post. position) and lateral symmetry of CoP as displacement of CoP values from 129 stroke patients. The gait analysis was carried out using treadmill gait analysis equipment.

■ **Results** In terms of motor performance, MMT of upper extremity negatively correlated with Ant/Post position of CoP, however, one of lower extremity did not. In addition, MMT of both extremities negatively correlated with lateral symmetry of CoP.

■ **Conclusion** Displacement of CoP was negatively correlated with hemiplegic patient's motor performance.

■ **Key words** Stroke, Manual muscle test, Center of Pressure

❑ 서론

신체의 균형은 신체의 중심을 유지하고 신체의 이동 시 환경의 변화에 반응하여 신체자세를 지속적으로 유지할 수 있는 능력을 말한다[1]. 인간이 일상생활을 영위하거나 활동을 함에 있어 균형을 유지하는 능력은 가장 기본적인 필수 요소 중 하나이다[2]. 균형은 크게 정적 균형과 동적 균형으로 나눌 수 있다. 정적 균형은 고정된 지면에 흔들림 없이 서 있는 능력을 말하고, 동적 균형은 지지면이 움직이거나 외부환경으로부터 자극이 있을 때 혹은 능동적으로 움직일 때의 균형을 말한다[3]. 균형은 주어진 자세에서 손실 없이 움직일 수 있는 동적 안정성, 그리고 최소의 외적 자극에 주어진 자세를 유지할 수 있는 부동성과 지지면에서 체중을 똑같이 분배할 수 있는 대칭성의 요소들을 포함한다[4].

* 교신저자: 이상관
전화: 062 670 6407, E-mail: sklee@wonkwang.ac.kr

질량중심의 이동은 신체중심의 이동궤적을 반영하는 척도로 이용되기 때문에, 질량중심의 이동은 균형장애의 진단과 치료의 평가 도구로 널리 활용되고 있다[5-9]. 하지만 기존의 대부분 연구에서는 균형장애의 진단과 치료의 평가를 압력판을 통하여 측정된 압력중심의 이동을 대상으로 했기 때문에 보행의 동적인 균형을 이해하기에는 무리가 있다[10-12].

뇌졸중 환자들은 편마비로 인해 신체 좌우의 비대칭이 나타나고[13] 전체 체중의 61~80%가 비마비된 하지에 편중되어 분포한다[14]. 또한 입각기(stance phase)에서 체중이동능력의 감소[15]와 자세반응의 비정상[2, 16] 등이 보고되고 있다. 이로 인해 편마비 환자들은 정상인에 비하여 낙상 위험이 더 높고[17, 18], 이런 이유로 낙상을 예방하기 위하여 뇌졸중 후 편마비 환자의 재활치료프로그램 목표는 균형능력과 보행능력을 회복하는데 초점이 맞춰지고 있다.

본 연구에서는 뇌졸중 후 편마비 환자의 보행시 질량중심 이동의 교차점에 대한 변수를 측정하여 편마비 환자의 운동기능과의 상관에 대하여 알아보고자 한다.

❑ 재료 및 방법

1. 연구 대상

본 연구는 2011년 11월부터 2013년 9월까지 원광대학교 광주한방병원에 외래 진료 및 입원 진료를 받은 광주 전남지역의 뇌졸중 환자 129명을 대상으로 하였다. 연구에 신뢰성을 높이기 위하여 선정 및 배제 기준은 다음과 같이 정했다. 첫째, 뇌졸중 후 편마비가 있는 환자를 연구에 포함시켰으며, 이중 증상이 양측으로 있는 환자는 연구에서 제외하였다. 둘째, 본 병원 혹은 타 병원에서 Brain CT 혹은 Brain MRI를 통해 뇌졸중을 확진 받은 사람을 대상으로 하였다. 셋째, 일과성 대뇌허혈발작 환자, 외상성 뇌출혈 환자, 발병일이 정확하지 않은 환자는 제외하였다.

본 연구의 대상자 총 129명 중 남성이 68명, 여성이 61명이었다. 연령대는 30대가 7명, 40대가 10명, 50대가 25명, 60대가 31명, 70대가 45명, 80대 이상이 11명이었다. 대상자의 질병특성으로는 뇌경색 환자가 101명, 뇌출혈 환자가 28명이었으며, 증상방향은 우측 편마비가 61명, 좌측 편마비가 68명이었다. 환자들 중 53명은 고혈압만을 가지고 있었으며, 13명은 당뇨병만을 가지고 있었다. 고혈압과 당뇨병을 동시에 가지고 있던 사람은 29명이며, 둘 다 없었던 사람은 34명이다. 평균 유병기간은 1개월 이하 56명, 1~3개월 42명, 3~6개월 13명, 6개월 이상 18명이었다(Table 1).

2. 운동 능력

원광대학교 광주한방병원에서 외래 진료 및 입원 진료를 받은 뇌졸중 환자를 대상으로 Manual muscle test(MMT, 129명)를 측정하였다. 측정은 숙련된 한의사가 시행하였으며, MMT는 Kendall의 기준[19](Appendix 1)을 따랐다.

3. 보행분석 장비

보행분석 장비는 Treadmill Gait anlaysis 장비(Zebris Co.Ltd FDM-T)를 사용하였고, 뇌졸중 후 편마비 환자가 Treadmill 위에서 걸을 때의 보행양상을 분석하여 질량중심 교차점의 전후위치(Ant./Post. Position, mm)와 좌우대칭성(Lateral symmetry, mm)에 대한 측정치를 획득하였다(Table 2 & Fig. 1).

4. 통계 분석

수집된 자료의 분석은 SPSS for window(Ver 20.0)프로그램을 사용하였다. 뇌졸중 후 편마비 환자의 운동능력과 질량중심 교차점의 전후위치 및 좌우대칭성 사이의 상관을 알아보기 위하여 상관분석(Pearson's correlation coefficient)을 시행하였다.

❑ 결과

1. MMT와 CoP 전후위치의 상관관계(Fig. 2)

MMT 상지(Upper Extremity, U/Ex)와 전후위치는 전체 편마비 환자($r(n = 129) = 0.214$, $P < 0.05$), 좌측 편마비 환자($r(n = 68) = 0.347$, $P < 0.01$)에서 유의한 부적 상관을 보였고, 우측 편마비 환자에서는 유의한 상관을 보이지 않았다. MMT 하지(Lower Extremity, L/Ex)와 전후위치는 전체 편마비 환자, 우측 편마비 환자, 좌측 편마비 환자에서 모두 유의한 상관을 보이지 않았다.

Table 1. Personal and medical information of 129 stroke patients.

Characteristic	Item	Number	(%)
Sex	Male	68	52.7%
	Female	61	47.3%
Age	∼39	7	5.4%
	40∼49	10	7.8%
	50∼59	25	19.4%
	60∼69	31	24.0%
	70∼79	45	34.9%
	80∼	11	8.5%
Impression	Infarction	101	78.2%
	Hemorrhage	28	21.8%
Affected side	Right	61	47.2%
	Left	68	52.8%
Underlying disease	Hypertension	53	41.1%
	Diabetes	13	10.0%
	Hypertension + Diabetes	29	22.5%
	Non Hypertension, Diabetes	34	26.4%
Disease duration (month)	∼1	56	43.4%
	1∼3	42	32.6%
	3∼6	13	10.0%
	6∼	18	14.0%

Table 2. Definitions of Center of Pressure Intersection Point Parameter[20].

Center of Pressure Intersection point parameter	
Cyclogram	The course of the Center of Pressure(CoP) during the selected step cycles. When taking the double-standing phase and the load transfer into consideration, the typical butterfly diagram of the force application points is produced
Ant./Post. Position(mm)	Describes the shift forwards or backwards of the CoP Intersection Point in chronological sequence in the cyclogram display
Lateral symmetry(mm)	Describes the left or right shift of the CoP Intersection Point in chronological sequence in the cyclogram display

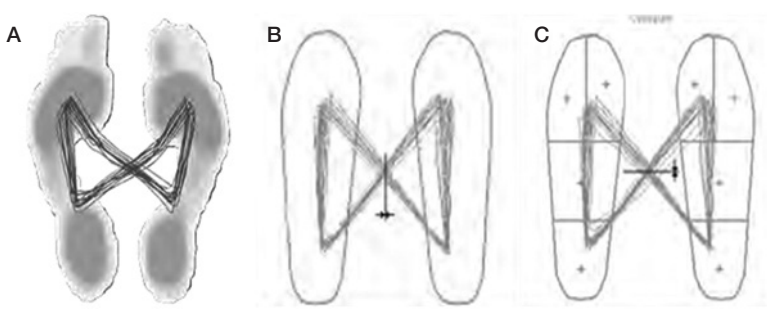

Fig.1. Butterfly-like cyclogram originated from displacement of center of pressure(A), Ant./Post. Position(B) and lateral symmetry(C).

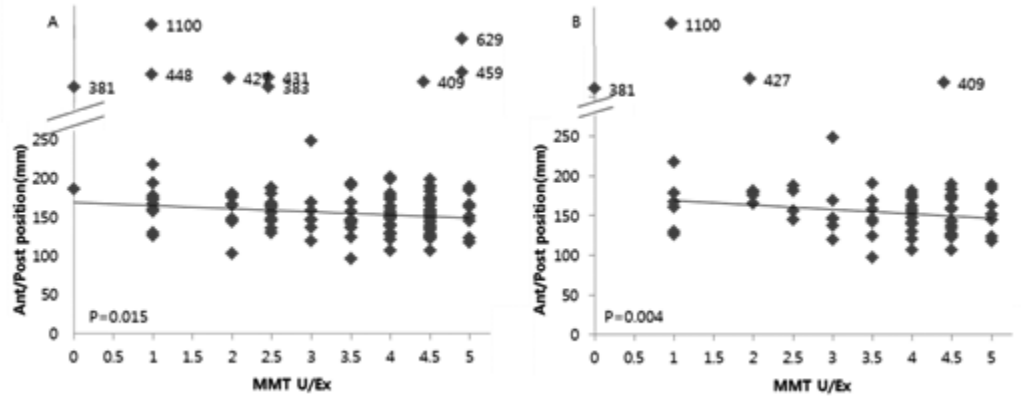

Fig. 2. The correlation between Ant./Post. Position of CoP and manual muscle test(MMT) of upper extremity during walking. A, Whole patients; B, Lt. hemiparesis patients.

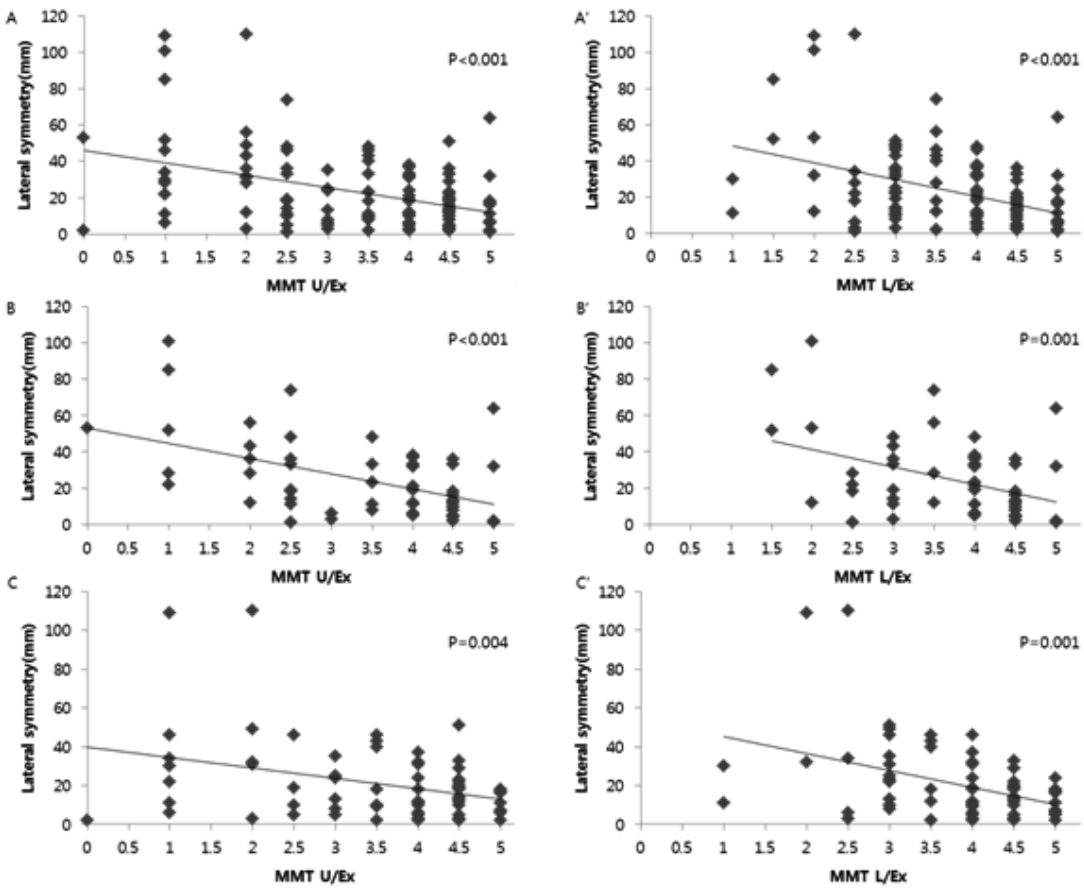

Fig. 3. The correlation between lateral symmetry of center of pressure and manual muscle test(MMT) of upper and lower extremity during walking. A and A', Whole patients; B and B' Rt.hemiparesis patients; C and C' Lt.hemiparesis patients. U/Ex, Upper extremity; L/Ex, Lower Extremity.

2. MMT와 CoP 좌우대칭성의 상관관계(Fig. 3)

MMT U/Ex는 전체 편마비 환자($r(n = 129) = 0.413$, $P < 0.01$), 우측 편마비 환자($r(n = 61) = 0.489$, $P < 0.01$), 좌측 편마비 환자($r(n = 68) = 0.341$, $P < 0.01$)에서 좌우대칭성과 유의한 부적 상관을 보였으며, MMT L/Ex 또한 전체 편마비 환자($r(n = 129) = 0.404$, $P < 0.01$), 우측 편마비 환자($r(n = 61) = 0.405$, $P < 0.01$), 좌측 편마비 환자($r(n = 68) = 0.402$, $P < 0.01$)에서 좌우대칭성과 유의한 부적 상관을 보였다.

❑ 고찰 및 결론

본 연구에서는 뇌졸중 후 편마비 환자의 운동기능과 질량중심의 교차점 변수의 상관에 대하여 알아보았다. 운동기능은 전체적인 면을 관찰하기 위하여 Manual Muscle Test(MMT)를 변수로 사용하였다. 질량 중심의 교차점 변수는 CoP가 전체적으로 전후좌우 어떤 방향으로 기울어있는지를 나타내주는 변수로, 전후위치(Ant./Post. Position)와 좌우대칭성(Lateral symmetry)을 변수로 사용하였다. 각 환자는 전체 편마비 환자 그룹, 우측 편마비 환자 그룹, 좌측 편마비 환자 그룹으로 나누어 각각의 운동변수와 보행 변수들의 상관을 보았다.

본 연구에서 전체 뇌졸중 후 편마비 환자의 상지의 전체적인 운동기능(MMT)은 전후위치와 유의한 부적 상관을 보였다. Elftman[21]은 HAT(머리, 팔, 체간)라는 용어를 이동장치 위에 구조물이라고 설명하였다. Perry[22]는 체간의 근육들 중 양측의 내재신근들과 요방형근의 작용은 체간의 전방회전을 감소시킨다고 보고하였다. 또한 Ustinova 등[23]은 상지의 움직임이 질량중심의 전방이동과 연관이 있다고 보고하였으며, Archambault[24], Cirstea[25], Levin[26]은 뇌졸중 후 편마비 환자 체간의 움직임 장애가 상지의 움직임 장애와 서로 연관이 있다고 보고하였다. 기존 연구들[23-26]을 근거로 하였을 때, 뇌졸중 후 편마비 환자는 상체의 편마비로 인해 체간의 근육들이 작용을 하지 못하여 신체가 앞으로 기울 것으로 사료된다. 이는 본 연구에서 뇌졸중 후 편마비 환자의 상지의 전체적인 운동기능이 불량할수록 전후위치와는 부적상관을 보인 것으로 확인할 수 있다.

또한 본 연구에서 전체 뇌졸중 후 편마비 환자의 하지의 전체적인 운동기능(MMT)은 전후위치와 유의한 상관을 보이지 못하였다. 이는 상지의 움직임이 질량중심의 전방이동과 연관이 있다고 한 기존 연구들[23-26]을 근거로 하였을 때, 상대적으로 하지의 움직임은 전후위치에 많은 영향을 끼치지 못한 것으로 사료된다.

전체 뇌졸중 후 편마비 환자의 상지의 전체적인 운동기능(MMT)은 좌우대칭성과 유의한 부적 상관을 보였다. 이는 편마비로 인한 운동기능의 저하로 인하여 마비된 팔의 무게를 감당하지 못하고 질량중심이 마비된 측으로 쏠렸기 때문으로 사료된다.

또한 전체 뇌졸중 후 편마비 환자의 하지의 전체적인 운동기능(MMT)은 좌우대칭성과 유의한 부적 상관을 보였다. 뇌졸중 후 편마비 환자는 마비된 하지의 체중 부하가 정상 하지에 비해 적기 때문에 정적 자세에서 좌우로 이동하는 것이 커진다[27-31]. 또한 마비된 하지의 느려지고 손상된 평형반응으로 인해, 신체가 요동칠 때 자세를 적응하는데 장애가 있다[16, 32-34]. 그리하여 Tyson 등[35]은 운동능력이 좋아 보행능력이 양호할수록 좌우로 움직이는 정도가 감소한다고 보고하였고, Iida Hirokazu 등[36]은 운동기능이 떨어지는 환자일수록 좌우로 움직이는 정도가 증가한다고 보고하였다. 이러한 기존 연구들은 본 연구에서 뇌졸중 후 편마비 환자의 하지의 전체적인 운동기능(MMT)이 불량할수록 좌우대칭성도 불량해지는 결과를 뒷받침하고 있다.

본 연구에서 우측 편마비 환자와 좌측 편마비 환자의 운동기능 변수와 질량중심의 교차점 변수에 대한 상관은 서로 다른 결과를 보였다.

질량중심의 전후위치는 좌측 편마비 환자의 전체적인 운동기능(MMT)과 유의한 부적 상관을 보였으나, 우측 편마비 환자의 전체적인 운동기능(MMT)과는 유의한 상관을 보이지 못하였다. 이는 본 연구의 한계점 때문으로 사료된다. 본 연구에서는 모든 데이터를 후향적으로 확인하였기 때문에 전체적인 운동기능의 측정에 있어 미흡한 면이 있었

고, 환자의 잘 쓰는 손과 발을 일일이 조사하지 못하였으며, 보행에서 전후 위치에 영향을 미칠 수 있는 입각기와 유각기에 대하여 정확한 조사가 이루어지지 못하였다. 이에 전후위치와 환자의 전체적인 운동기능에 대해서는 보다 잘 통제된 연구가 필요할 것으로 사료된다.

본 연구에서는 뇌졸중 후 편마비 환자 129명을 대상으로 보행분석을 시행하여, 각 환자의 운동기능과 질량중심의 교차점 변수의 상관에 대하여 유의한 결과를 얻었다. 그러나 본 연구가 후향적으로 진행되어 뇌졸중 후 편마비 환자의 보행에 영향을 줄 수 있는 강직이나 아탈구 등을 세세히 조사하지 못한 점, 여러가지 여건상 보행 분석시에 정확한 조건에서 시행하지 못한 점, 운동기능을 개개인의 주관적인 평가로 측정하였다는 점은 본 연구의 제한점으로 남아있다.

향후 본 연구보다 잘 설계된 광범위한 연구가 진행된다면, 뇌졸중 환자의 운동기능과 질량중심의 교차점 변수에 대하여 명확한 상관관계를 밝혀 뇌졸중 후 편마비 환자의 동적 균형을 보다 정밀하게 평가할 수 있을 것으로 사료된다.

❑ 감사의 글

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education, Science and Technology(MEST) (No. 2008-0062484).

참고문헌

1. Tyson SF, Hanley M, Chillala J, Selley A, Tallis RC. Balance disability after stroke. Physical therapy. 2006;86(1):30-8.
2. Horak FB. Clinical measurement of postural control in adults. Physical Therapy. 1987;67(12):1881-5.
3. Ragnarsdóttir M. The concept of balance. Physiotherapy. 1996;82(6):368-75.
4. Goldie P, Bach T, Evans O. Force platform measures for evaluating postural control: reliability and validity. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1989;70(7):510-7.
5. de Haart M, Geurts AC, Huidekoper SC, Fasotti L, van Limbeek J. Recovery of standing balance in postacute stroke patients: a rehabilitation cohort study. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2004;85(6):886-95.
6. Garland SJ, Willems DA, Ivanova TD, Miller KJ. Recovery of standing balance and functional mobility after stroke. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2003;84(12):1753-9.
7. Guerraz M, Shallo–Hoffmann J, Yarrow K, Thilo KV, Bronstein AM, Gresty MA. Visual control of postural orientation and equilibrium in congenital nystagmus. Investigative ophthalmology & visual science. 2000;41(12):3798-804.
8. Rocchi L, Chiari L, Cappello A, Gross A, Horak FB. Comparison between subthalamic nucleus and globus pallidus internus stimulation for postural performance in Parkinson's disease. Gait & posture. 2004;19(2):172-83.
9. Tossavainen T, Juhola M, Pyykkö I, Aalto H, Toppila E. Development of virtual reality stimuli for force platform posturography. International journal of medical informatics. 2003;70(2):277-83.
10. Nishikawa T, Kurosaka M, Yoshiya S, Lundin T, Grabiner M. Effects of prophylactic ankle supports on pronation during gait. International orthopaedics. 2002;26(6):381-5.
11. Tang P-F, Woollacott MH. Phase-dependent modulation of proximal and distal postural responses to slips in young and older adults. The Journals of Gerontology Series A: Biological Sciences and Medical Sciences. 1999;54(2):M89-M102.
12. Weidenhielm L, Olsson E, Broström L, Börjesson-Hederström M, Mattsson E. Improvement in gait one year after surgery for knee osteoarthrosis: a comparison between high tibial osteotomy and prosthetic replacement in a prospective randomized study. Scandinavian journal of rehabilitation medicine. 1993;25(1):25-31.
13. Goldie P, Matyas T, Evans O, Galea M, Bach T. Maximum voluntary weight-bearing by the affected and unaffected legs in standing following stroke. Clinical Biomechanics. 1996;11(6):333-42.

14. Sackley CM. Falls, sway, and symmetry of weight-bearing after stroke. Disability & Rehabilitation. 1991;13(1):1-4.
15. Dettmann MA, Linder MT, Sepic SB. Relationships among walking performance, postural stability, and functional assessments of the hemiplegic patient. American Journal of Physical Medicine & Rehabilitation. 1987;66(2):77-90.
16. Badke MB, Duncan PW. Patterns of rapid motor responses during postural adjustments when standing in healthy subjects and hemiplegic patients. Physical therapy. 1983;63(1):13-20.
17. Suzuki T, Yoshida H, Hashimoto T, Yoshimura N, Fujiwara S, Fukunaga M, et al. Case-control study of risk factors for hip fractures in the Japanese elderly by a Mediterranean Osteoporosis Study (MEDOS) questionnaire. Bone. 1997;21(5):461-7.
18. Ashburn A, Hyndman D, Pickering R, Yardley L, Harris S. Predicting people with stroke at risk of falls. Age and ageing. 2008;37(3):270-6.
19. Kendall FP, McCreary EK, Provance PG, Abeloff DK. Muscles: testing and function. 1993.
20. Zebris. Zebris FDM 1.0 Software user manual. 2012.
21. Elftman H. The functional structure of the lower limb. Human Limbs and Their Substitutes. 1954:411-36.
22. Perry J. Gait analysis: Normal and pathological function2006.
23. Ustinova KI, Goussev VM, Balasubramaniam R, Leven M. Disruption of coordination between arm, trunk, and center of pressure displacement in patients with hemiparesis. MOTOR CONTROL-CHAMPAIGN-. 2004;8(2):139-59.
24. Archambault P, Pigeon P, Feldman A, Levin M. Recruitment and sequencing of different degrees of freedom during pointing movements involving the trunk in healthy and hemiparetic subjects. Experimental Brain Research. 1999;126(1):55-67.
25. Cirstea M, Levin MF. Compensatory strategies for reaching in stroke. Brain. 2000;123(5):940-53.
26. Levin MF, Michaelsen SM, Cirstea CM, Roby-Brami A. Use of the trunk for reaching targets placed within and beyond the reach in adult hemiparesis. Experimental brain research. 2002;143(2):171-80.
27. Shumway-Cook A, Anson D, Haller S. Postural sway biofeedback: its effect on reestablishing stance stability in hemiplegic patients. Archives of physical medicine and rehabilitation. 1988;69(6):395-400.
28. Mizrahi J, Solzi P, Ring H, Nisell R. Postural stability in stroke patients: vectorial expression of asymmetry, sway activity and relative sequence of reactive forces. Medical and Biological Engineering and Computing. 1989;27(2):181-90.
29. Rode G, Tiliket C, Boisson D. Predominance of postural imbalance in left hemiparetic patients. Scandinavian journal of rehabilitation medicine. 1997;29(1):11-6.
30. Laufer Y, Dickstein R, Resnik S, Marcovitz E. Weight-bearing shifts of hemiparetic and healthy adults upon stepping on stairs of various heights. Clinical rehabilitation. 2000;14(2):125-9.
31. Dickstein R, Abulaffio N. Postural sway of the affected and nonaffected pelvis and leg in stance of hemiparetic patients. Archives of physical medicine and rehabilitation. 2000;81(3):364-7.
32. Di Fabio RP. Lower extremity antagonist muscle response following standing perturbation in subjects with cerebrovascular disease. Brain research. 1987;406(1):43-51.
33. Petersen H, Magnusson M, Johansson R, Fransson P. Auditory feedback regulation of perturbed stance in stroke patients. Scandinavian journal of rehabilitation medicine. 1996;28(4):217-23.
34. Holt R, Simpson D, Jenner J, Kirker S, Wing A. Ground reaction force after a sideways push as a measure of balance in recovery from stroke. Clinical rehabilitation. 2000;14(1):88-95.
35. Tyson SF. Trunk kinematics in hemiplegic gait and the effect of walking aids. Clinical rehabilitation. 1999;13(4):295-300.
36. Iida H, Yamamuro T. Kinetic analysis of the center of gravity of the human body in normal and pathological gaits. Journal of biomechanics. 1987;20(10):987-95.

Appendix-1 Manual muscle test

No. □□-□□□□ 피험자 □-□□

측정일: 20 년 월 일
측정자:

Manual Muscle Test

Manual Muscle Test	
GRADE	DEGREE OF STRENGTH
0 Zero	No contraction
1 Trace	Trace contraction
2 Poor	Able to move with gravity eliminated
3 Fair	Activity movement against gravity
4 Good	Able to move joint against some resistance
5 Normal	Normal power