

뇌졸중환자의 반응크리기 동안에 하지근활성도와 BBS, TUG와의 상관관계

■ 박승규, 양대중, 김제호¹, 정용식¹

대불대학교 보건대학 물리치료학과, ¹대불대학교 보건대학원 물리치료학과

Correlation Between BBS, TUG and Lower Extremity Muscle Activity during Semi-Squat in Stroke Patients

Seung-Kyu Park, PT, PhD; Dae-Jung Yang, PT, PhD; Je-Ho Kim PT¹; Yong-Sik Jeong PT¹

Department of Physical Therapy, School of Public Health, Daebul University; ¹Department of Physical Therapy, Graduate School of Public Health, Daebul University

Purpose : We studied the correlation between reference voluntary contraction (% RVC) of vastus lateralis (VL) and vastus medialis (VM), Berg balance scale (BBS), and timed-up & go (TUG) test.

Methods : We recruited 30 stroke patients from a rehabilitation center at a hospital. All subjects could walk with or without an assisting device. Subjects were evaluated with % RVC of VL and VM, BBS, and TUG. The data were analyzed using a Pearson correlation coefficient.

Results : The % RVC of VL and VM and BBS ($p < 0.01$) showed a significant positive correlation. TUG negatively correlated with % RVC of VL and VM and BBS ($p < 0.01$).

Conclusion : Lower extremity muscle activity increases balance and walking ability. We recommend the implementation of lower extremity strength exercises in the rehabilitation of stroke patient.

Key words : %RVC, Vastus lateralis, Vastus medialis, Berg balance scale, Timed-up & go test

논문접수일 : 2011년 11월 4일

수정접수일 : 2011년 11월 28일

게재승인일 : 2011년 12월 6일

교신저자 : 박승규, pt755@hanmail.net

1. 서론

뇌졸중은 언어, 인지기능등과 같이 운동계와 감각계에 기능의 손상을 가져오며,¹ 비대칭적인 자세와 신체균형, 체중을 여러 곳으로 이동하는 능력의 결함, 섬세한 기능을 수행하는 특별한 운동 요소들이 문제점으로 나타나고,² 독립적인 기능감소와 낙상의 위험이 증가하게 되며, 기능적 활동과 일상생활을 영위하는데 있어서 상당한 불편과 어려움을 느낀다.³

특히, 편마비 환자들은 근활성패턴(muscle firing patterns)의 변화로 인해 하지의 비정상적인 보행이 자주 발생하며, 만성 뇌졸중 환자에게서는 느리고 불안정한 보행으로 인해 일상생활의 제한이 나타나게 되므로 뇌졸중 후 재활에서는 보다 빠르고 효율적인

보행이 가장 중요한 목적이다.⁴

보행은 인간의 신경조직과 근골격계 조직 등이 총괄적으로 사용되는 복잡한 과정이며, 한 체지가 몸을 앞으로 움직이게 하는 연속적이고 반복적인 동작이다.⁵ 편마비 환자의 경우에서도 어느 정도의 균형 유지가 획득되고 운동성이 확보되면 보행이 가능하게 되는데, 이러한 환자들이 보행을 수행하는데 있어 가장 어려운 문제는 정상적인 양만큼의 수의적 근수축을 생성할 능력이 부족하다는 것과 적절한 타이밍과 근활동 강도를 맞출 수 없다는 것이다.⁶ 뇌졸중 이후에 편마비 환자의 신체에서 발생하는 생리학적인 변화를 연구한 결과 type II 근육의 위축, 운동단위 동원의 손상, 최대 수축력 감소와 운동단위 발화율이 감소되는 것을 확인하고 이들 요소들이 마비측 근육에서 발생하는 근약화와 관련성이 있음을 보고

하였다.⁷ 뇌졸중 이후 신경학적인 변화로 인해 근육의 특성이 변화하여 근육이 약화되어, 동일 연령대의 뇌졸중환자와 건강한 대상자의 무릎관절 펌근의 기능을 비교한 결과 뇌졸중환자의 비마비측과 마비측의 펌근 토크발생률이 건강한 대상자들보다 낮다고 하였다.⁸ 뇌졸중으로 인한 편마비 환자의 근력강화를 위한 운동의 효과는 지속적으로 연구되어왔고, 그 중에서 일어서기, 균형 그리고 보행에 있어서 넙다리네갈래근과 관련된 연구가 많이 진행되어왔다.^{9,10} 하지 근육 중 넙다리네갈래근은 무릎관절에 대한 정상적인 자세배열과 보행의 입각기 초기 충격 완화작용을 담당하며, 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 협응작용은 무릎 넙다리관절의 배열과 무릎관절의 정상기능을 위해 필요하다.¹¹ 임상적으로 근력측정은 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들의 기능회복을 예측하는데 기초가 되는 매우 중요한 항목이다.¹²

균형은 다양한 감각-운동과정과 환경적, 기능적 상황 사이의 상호작용에 의존하는 복잡한 운동 기술이다.¹³ 대부분 뇌졸중 환자들이 일상생활과 보행 시 균형 능력의 손상으로 어려움을 호소하며, 이를 확인하기 위해 균형 능력과 그 특성을 정확하게 평가하는 것이 필요하다.¹⁴

균형을 평가할 때 임상에서 많이 이용되는 측정도구는 버그균형척도(Berg Balance Scale, BBS)와 일어나 걸어가기 검사(Timed Up & Go Test, TUG)가 있다.¹⁵ 버그 균형척도는 지역사회 일반 노인들의 균형능력을 평가하기 위해 개발된 것으로 신뢰도와 타당도가 높으며, 환자가 17개 항목의 정적인 동작 및 다양한 기능적 움직임 수행하는 동안 균형능력을 평가하는 도구이고,^{16,17} 노인뿐 아니라 환자의 균형상태를 파악하고 질병의 양상을 평가하며 치료에도 이용되고 있다.¹⁸ 일어나 걸어가기 검사는 기능적 운동성을 검사하는 방법으로 46cm 높이의 팔걸이가 있는 의자에 앉은 자세에서 일어나 3m 왕복하여 돌아와 다시 앉는 시간을 측정하는 것이다. 이 검사는 균형이나 보행속도 및 기능적 동작들을 평가하는데 타당도가 높고,¹⁹ 쉽고 빠르며 특별한 장비 없이 간단하게 기능적인 이동능력과 균형능력을 검사하는 방법으로²⁰ 노인의 낙상위험을 예측하기 위하여 제작된 것이지만 뇌졸중 환자에게도 적용되고 있다.²¹

뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구들은 여러 가지 중재가 보행에 미치는 영향에 관한 연구가 대부분이며 뇌졸중 환자의 닫힌 사슬에서 하지의 근활성도와 균형, 운동성의 관계에 관한 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 연구는 뇌졸중 환자의 하지의 근활성도와 균형 및 운동성에 상관관계를 확인하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상 및 기간

본 연구는 2011년 5월부터 3개월간 M병원에 발병일 1년 이상 경과된 뇌졸중 환자를 30명을 대상으로 하였으며 연구의 참여기준에 적합한 자로 본인 또는 보호자에게 본 연구의 내용과 목적을 충분히 설명하고 참여 동의서를 받은 후 진행하였다.

연구 대상자의 참여기준은 다음과 같이 선정하였다. 10m 이상 독립적인 보행이 가능한 자, 실험에 영향을 줄 수 있는 근골격계 질환이 없으며 영향을 주는 약물이나 알코올을 섭취하지 않은 자, 신경학적 검사로 청각, 전정, 안구 손상이 없는 자, 편측 무시(unilateral spatial neglect) 증상이 없고 언어 이해능력에 장애가 없는 자, 지시하는 내용을 이해하고 따를 수 있는 자로 한국형 간이정신상태검사(mini-mental state examination-K, MMSE-K)에서 24점 이상으로 의사소통과 이해가 가능한 자로 도구 평가 시에 충분히 지시에 따라줄 수 있는 자를 대상으로 하였다. 대상자의 일반적 특성은 다음과 같다(표 1).

표 1. 대상자의 일반적 특성(n=30)

특성	명(%)	
성별	남성	17(57)
	여성	13(43)
나이	50-60년	16(53)
	60-70년	14(47)
진단	뇌경색	18(60)
	뇌출혈	12(40)
영향을 받은 쪽	오른쪽 편마비	17(57)
	왼쪽 편마비	13(43)
기간	1-2년	8(27)
	2-3년	16(53)
	3-4년	6(20)

2. 실험방법

1) 측정도구

(1) 표면 근전도 시스템

반 옹크리기 동안의 하지의 근활성도를 측정하기 위해 MP100 표면 근전도 시스템(Biopac System Inc, 미국)을 이용하였고 여기에서 전환된 디지털 신호는 개인용 컴퓨터에서 Acqknowledge 3.91 소프트웨어를 이용하여 자료처리 하였다. 표면 근전도 신호에 대한 피부저항을 감소시키기 위하여 부착 부위의 털을 제거하

고 가는 사포로 3~4회 문질러 피부각질층을 제거한 후, 소독용 알코올로 피부를 깨끗이 하였다. 가쪽넓은근을 측정하기 위해 무릎뼈 가쪽위 모서리로부터 위 10cm, 가쪽으로 6~8cm 지점에 부착하였고 안쪽넓은근을 측정하기 위해 무릎뼈의 안쪽위 모서리에서 위 4cm, 안쪽으로 3cm 지점에 부착하여 근활성도를 측정하였다. 근전도 신호의 표본추출률(sampling rate)은 1,024Hz로 설정하였고, 잡음을 최소화 하기 위하여 대역 여과필터 60Hz, 대역통과필터 30~450Hz를 사용하였고, 수집된 신호는 실효치 진폭(root mean square, RMS) 처리를 하였다. Bolgla²⁰에 의하면 최대수축의 제한이 있는 환자에게는 최대 수축값을 사용하지 않는다고 보고하였다. 따라서 편마비 환자를 대상으로 실험한 본 연구에서는 최대 수축값을 사용하기에는 무리가 있어 특정 동작의 근수축을 기준수축(reference voluntary contraction, RVC)으로 삼아 이를 기준으로 정규화하는 %RVC RMS 방법을 사용하였다. 선 자세를 5초 유지한 후 이를 기준으로, 무릎을 40도 굴곡한 반응크리기를 5초 유지한 후 전, 후 1초를 제외한 3초의 신호로 RMS값을 산출하여 %RVC로 각 근육들의 근전도 신호를 정규화 하였다.

(2) 버그균형척도(Berg's balance scale; BBS)

균형 능력을 평가하기 위해 BBS를 사용하였다. BBS의 항목은 14개 항목으로 구성되어 있으며, 각 항목마다 최저 0점부터 최고 4점까지 기능을 평가하며 계산된 최고점은 56점이다. 평가항목을 독립적으로 수행하거나, 정해진 시간 내에 수행하면 4점으로 평가하고, 점차적으로 보조 정도에 따라 점수를 낮게 단계적으로 평가한다. 45점 이하가 나올 경우 보행 시 지팡이와 같은 보조도구가 필요하다는 것을 시사하며, 또한 낙상 가능성이 높다고 평가된다. 이 검사의 평가시간은 대체로 15분이 소요되고 보행속도와 상관관계가 매우 높은 것으로 알려져 있다. 한 명의 숙달된 검사자에 의해 연구 전과 후에 평가를 실시하였으며, 실험 전에 각 조건의 자세를 설명하고, 시범을 보인 후 몇 번의 연습을 거쳐 측정자세와 방법에 익숙해진 다음에 측정하였다.

(3) 일어나 걸어가기 검사(time up & go test, TUG)

TUG는 기능적 운동성(functional mobility)과 이동능력을 측정할 수 있는 검사방법으로, 연구 대상자는 의자에 앉은 자세에서 출발 신호와 함께 일어나 의자전방에 표시된 3m지점의 반환점을 되돌아와 의자에 다시 앉는 시점까지의 소요시간을 측정하는 방법이다. 이 검사의 타당도(validity), 검사 재검사(test-retest reliability), 검사자간 신뢰도(interrater reliability)는 각각 r=0.99이다. 일어나 걸어가기 검사 시간이 30초 이상이면 기초

이동능력이 의존적이어서 독립적으로 실외이동이 어렵다.¹⁵ 이 검사는 최근에는 허약한 노인뿐 아니라 뇌졸중, 파킨슨질환, 관절염 질환이 있는 환자에도 적용되고 있다.²¹

3. 자료분석

수집된 자료는 SPSS for windows version 17.0을 이용하여 통계처리 하였다. 안쪽, 가쪽넓은근의 %RVC, BBS, TUG와의 관련성을 관찰하기 위해 피어슨 상관분석(Pearson correlation coefficient)을 시행하였으며, 통계학적 유의수준 α 는 0.05로 설정하였다.

III. 결과

1. 바깥쪽 넓은근과 안쪽 넓은근의 %RVC, BBS, TUG 간의 상관관계

연구대상자의 바깥쪽 넓은근과 안쪽 넓은근의 %RVC와 BBS, TUG의 측정값은 표 2와 같다. 바깥쪽 넓은근의 %RVC와 안쪽 넓은근의 %RVC ($r=0.965, p<0.01$), 바깥쪽 넓은근 %RVC와 BBS ($r=0.747, p<0.01$), 바깥쪽 넓은근 %RVC와 TUG ($r=-0.728, p<0.01$), 안쪽 넓은근의 %RVC와 BBS ($r=0.781, p<0.01$), 안쪽 넓은근 %RVC와 TUG ($r=-0.735, p<0.01$), BBS와 TUG ($r=-0.858, p<0.01$)에서 통계학적으로 유의한 상관관계를 나타내었다 (표 3).

표 2. 각 측정항목의 결과값

	평균 ± 표준편차
바깥넓은근의 기준수축(%)	44.27 ± 5.32
안쪽넓은근의 기준수축(%)	43.11 ± 5.18
버그균형척도(점)	46.18 ± 6.98
일어서 걸어가기검사(초)	21.13 ± 10.50

표 3. 바깥, 안쪽 넓은근의 기준수축과 버그균형척도, 일어서 걸어가기 검사의 피어슨 상관관계

	안쪽넓은근의 기준수축	바깥넓은근의 기준수축	버그균형척도
바깥넓은근의 기준수축	0.965**		
버그균형척도	0.781**	0.747**	
일어서 걸어가기검사	-0.735**	-0.728**	-0.858**

*p<0.01

IV. 고찰

편마비 환자의 운동장애 치료방법은 운동장애의 주된 원인을 근긴장도의 증가로 보는 시각과 근력약화로 보는 시각에 따라 치료적 접근이 다르다.²³ 최근에는 운동장애의 주된 원인을 근력약화로 보고 운동 수행능력 향상을 위해 근력강화를 강조하고 있다.²⁴

Teixeira-Salmela 등²⁴은 지역 사회의 만성 뇌졸중 환자에게 10 주간의 근력강화 운동과 유산소 운동을 실시한 결과, 기능적 수행 정도와 삶의 질, 그리고 보행속도가 증가하였다고 보고하였고, Yoon과 Song²⁵은 뇌졸중 환자의 환측 넵다리네갈래근의 근력이 보행속도에 영향을 미친다고 하였고, 뇌졸중으로 인한 편마비 환자들에게 있어서 근력과 최대 보행속도는 정상관계가 있는 것으로 보고되고 있다.²⁶ 본 연구는 닫힌 사슬에서 무릎관절 각도 40도일 때 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도와 균형평가와 운동성 평가의 상관관계를 알아보려고 한다.

닫힌사슬운동은 관절의 움직임이 상호 의존적이기 때문에 관절축의 원위와 근위에서 일어나는 움직임을 예상할 수 있다. 근수축의 동원은 종적인 근육의 안정성을 위한 동시수축으로 원심성수축이 우세하며 더 많은 관절 압박력은 전단력을 감소시켜 관절의 안정성을 제공한다.²⁸ Mellor와 Hodges²⁷의 연구에서 닫힌사슬 운동을 이용하는 것이 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 모두 증가시킬 수 있는 효과적인 방법이라고 하였고, Jang 등²⁸, Hung과 Gross²⁹의 연구에서 발의 위치변화와 무릎관절의 굽힘각도에 따른 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도의 연구에서 발의 위치는 근활성도의 영향을 주지 못하였으나 무릎관절 각도가 증가할수록 각각 40, 50도 굽힘 동작을 했을 때 두 근육의 근활성도 값이 가장 높다는 것을 알 수 있었다. 본 연구에서도 뇌졸중 환자의 안쪽넓은근과 가쪽넓은근의 근활성도를 보기 위해 닫힌사슬 운동인 반웅크리기 40도에서 근활성도를 확인 측정된 결과 가쪽넓은근 44.27±5.32, 안쪽넓은근 43.11±5.18로 다른 실험들과 유사한 활성도가 나타났다.

Shin 등³⁰의 연구에서 편마비 환자를 대상으로 엉덩관절 굴곡근의 근력이 BBS, TUG 와의 상관관계가 있었으나 무릎관절 펴근 근력은 BBS, TUG 와의 상관관계가 나타나지 않았고, Yoon³¹의 편마비 환자를 대상으로 한 연구에서 환측 넵다리네갈래근의 근력의 차이에 따른 보행분석에 관한 연구에서 넵다리네갈래근의 근력이 보행속도에 있어서 강한 그룹이 약한 그룹에 비해 58%나 빠르게 나타나고, 보폭이나 걸음, 분속수의비교에서도 20% 이상의 차이를 나타낸다고 하였다. Flansbjer 등³²의 뇌졸중 환자를 대상으로 무릎관절에 등속성 근력, 보행 수행에 관한 연구에서 무릎펴근

($r=-0.65$), 무릎굽힘근($r=-0.64$)과 일어나 걸어가기 검사 사이의 음의 상관관계가 있었다. 본 실험에서도 가쪽넓은근($r=-0.728$), 안쪽넓은근($r=-0.735$)의 근활성도와 TUG에서 음의 상관관계가 있었다. 이는 넵다리네갈래근의 근력이 편마비 환자의 운동성에 밀접한 관련이 있음을 알 수 있었다.

Engberg 등³³은 뇌졸중 환자를 대상으로 한 연구에서 BBS와 TUG검사 사이의 스피어만 상관관계수 $r=-0.68$ 과 $r=-0.72$ 였고, Won13의 연구에서도 BBS와 TUG검사 사이의 스피어만 상관관계수 $r=-0.93$ 으로 나타났다. 본 연구에서도 BBS와 TUG검사 사이의 피어슨 상관관계수가 $r=-0.89$ 로 음의 상관관계를 나타내어, BBS의 점수가 높을수록 TUG 검사에서 소요시간이 감소됨을 알 수 있었다.

본 연구에서는 닫힌사슬 운동 시 하지의 근활성도와 BBS, TUG와의 상관관계를 관찰한 결과 통계학적으로 유의한 상관관계가 있었다. 이는 하지근육의 근활성도가 균형과 운동성에 많은 영향을 줄 수 있다는 것을 의미할 수 있다. 본 연구에 있어 몇 가지 제한점이 있었다. 무릎관절을 굽힘할 때, 각도기를 이용하여 무릎관절의 각도를 측정하였지만, 무릎관절을 굽힘 때 몸통의 대상작용에 대한 제한을 하지 못하였다. 또 다른 제한점으로는 무릎관절의 두 근육만 측정하고, 나머지 체간과 발의 관절을 조절하는 근육작용들은 측정에서 제외되었다. 앞으로는 이러한 제한점을 고려해서 더 다양한 조건에서 더 많은 기능평가들과 근활성도와의 연구들이 이루어져야 할 것으로 생각된다.

V. 결론

본 연구에서는 뇌졸중 환자의 30명을 대상으로 반웅크리기 자세에서의 하지 근육 근활성도와 버그균형척도, 일어나 걸어가기의 상관관계를 알아보았다. 뇌졸중환자의 환측의 무릎 펴근의 근활성도와 버그균형척도에서 하지 근육 활성도가 클수록 균형능력이 좋았으며, 환측의 무릎 펴근의 근활성도가 클수록 일어서서 걸어가기 검사에서 수행 시간이 감소되어 이동능력이 좋음을 알 수 있었다. 따라서 뇌졸중 환자의 물리치료적 중재에서 환측의 하지근력 강화 운동이 균형과 이동능력에 중요한 요소로 생각되며, 뇌졸중 환자의 효율적인 중재를 위한 치료의 기초자료를 제공하고자 한다.

참고문헌

1. Stegmayr B, Asplund K. Stroke in northern Sweden. *Scand J Public Health Suppl.* 2003;61:60-69.
2. Carr JH, Shepherd RB. Investigation of a new motor assessment scale for stroke patients. *Phys Ther.* 1985;65(2):576-585.
3. Kim JH, Kim CH. Effects of virtual reality program on standing balance in chronic stroke patients. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2005;17(3):351-367.
4. Whittall J. Stroke rehabilitation research: time to answer more specific questions? *Neurorehabil Neural Repair.* 2004;18(1):3-8.
5. Perry J, Burnfield JM. *Gait analysis: Normal and Pathological Function.* 2nd ed. Grove Road, SLACK Incorporated, 1992:89-106.
6. Onely SJ, Richard C. Hemiplegic gait following stroke. Part i: Characteristics. *Gait and Posture.* 1996;(2)4:136-148.
7. Bourbonnais D, Vanden Noven S. Weakness in patients with hemiparesis. *Am J Occup Ther.* 1989;43(5):313-9.
8. Bohannon RW, Walsh S. Nature, reliability, and predictive value of muscle performance measures in patients with hemiparesis following stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(8):721-725.
9. Flansbjer UB, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:974-80.
10. Clark DJ, Condliffe EG, Patten C. Reliability of concentric and eccentric torque during isokinetic knee extension in post-stroke hemiparesis. *Clin Biomech (Bristol, Avon).* 2006;21(4):395-404.
11. Gerrits KH, Beltman MJ, Koppe PA et al. Isometric muscle function of knee extensors and the relation with functional performance in patients with stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2009;90(3):480-7.
12. de Oliveira CB, de Medeiros IR, Frota NA et al. Balance control in hemiparetic stroke patients: Main tools for evaluation. *J Rehabil Res Dev.* 2008;45(8):1215-1226.
13. Won JI, Kim KS. Concurrent validity of the functional gait assessment, Berg Balance Sscale, and timed up and go test in patients with stroke. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 2001;18(2):43-51.
14. Berg KO, Maki BE, Williams JI et al. Clinical and laboratory measures of postural balance in an elderly population. *Arch Phys Med Rehabil.* 1992;73(11):1073-80.
15. Blum L, Korner-Bitensky N. Usefulness of the Berg Balance Scale in stroke rehabilitation: A systemic review. *Phys Ther.* 2008;88(5):559-566.
16. Muir SW, Berg K, Chesworth B et al. Use of the Berg Balance Scale for predicting multiple falls in community-dwelling elderly people: a prospective study. *Phys Ther.* 2008;88(4):449-59.
17. Vasunilashorn S, Coppin AK, Patel KV et al. Use of the short physical performance battery score to predict loss of ability to walk 400 meters: analysis from the In CHIANTI study. *J Gerontol A BiolSci Med Sci.* 2009;64(2):223-9.
18. Podsiadlo D, Richardson S. The timed "Up & Go": a test of basic functional mobility for frail elderly persons. *J Am Geriatr Soc.* 1991;39(2):142-8.
19. An SH, Park CS, Lee HJ. Correlation between balance, walking test and functional performance in stroke patients : BBS, TUG, Fugl-Meyer, MAS-G, C · MGS, and MBI. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 2007;14(3):64-71.
20. Bolgla L, Uhl T. Reliability of electromyographic normalization methods for evaluating the hip musculature. *J Electromyogr Kinesiol.* 2007;17(1):102-

- 111.
21. Morris S, Morris ME, Iansek R. Reliability of measurements obtained with the timed "Up & go" Test in people with parkinson disease. *Phys Ther.* 2001;81(2):810-8.
22. Fellows SJ, Kaus C, Ross HF et al. Agonist and antagonist EMG activation during isometric torque development at the elbow in spastic hemiparesis. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1994;93(2):106-12.
23. Park EY, Chung BI. Effects of Mental Practice on the Muscle strengthening of the hemiplegic patients. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 1998;5(2):81-90.
24. Teixeira-Salmela LF, Olney SJ, Nadeau S et al. Muscle strengthening and physical conditioning to reduce impairment and disability in chronic stroke survivors. *Arch Phys Med Rehabil.* 1999;80(10):1211-1218.
25. Yoon JS, Song BH. The influence on ambulation of the difference in muscle strength on lower extremity of hemiplegic patients. *Exercise Science.* 2008;17(3):279-288.
26. Kwon SB, Lee HO. Effect of closed and open kinetic chain exercise after cruciate ligament reconstruction. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2005;17(3):297-310.
27. Mellor R, Hodges PW. Motor unit synchronization of the vasti muscles in closed and open chain tasks. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(4):716-21.
28. Jang JH, Kim KH, Kim TH et al. The effects of foot and knee position on Electromyographic activity of the vastus medialis and vastus lateralis for hemiplegic patients. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2010;22(4):21-28.
29. Hung YJ, Gross MT. Effect of foot position on electromyographic activity of the vastus medialis oblique and vastus lateralis during lower-extremity weight-bearing activities. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999;29(2):93-102.
30. Shin WS, Lee SM, Lee SW et al. The effects of task-oriented functional training on muscle strength, balance and gait ability of chronic stroke patient. *Journal of Adapted Physical Activity.* 2008;16(3):149-165.
31. Yoon JS, Song BH. The influence on ambulation of the difference in muscle strength on lower extremity of hemiplegic patients. *Exercise Science.* 2008;17(3):279-288.
32. Flansbjer U-B, Downham D, Lexell J. Knee muscle strength, gait performance, and perceived participation after stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 2006;87:974-80.
33. Engberg W, Lind A, Linder A et al. Balance-related efficacy compared with balance function in patients with acute stroke. *Physiother Theory Pract.* 2008;24(2):105-111.