

장기간 지팡이의 사용이 뇌졸중 환자의 건측 상지 기능에 미치는 영향

손성민¹, 최용원¹, 김종선²

¹대구대학교 대학원 재활과학과, ²대구대학교 재활과학대학 물리치료학과

Effect of Motor Functions of Ipsilateral Upper Limb Induced by Long-Term Cane Usage in Chronic Stroke Patients

Sung-Min Son, PT, MS¹, Yong-Won Choi, PT, MS¹, Chung-Sun Kim, PT, PhD²

¹Department of Rehabilitation Science, Graduate School, Daegu University, ²Department of Physical Therapy, College of Rehabilitation Science, Daegu University

Purpose: The purpose of this study was to investigate the adverse effects of sensorimotor function at the shoulder joint according to long-term cane usage in stroke patients without apraxic behavior, in terms of the presence of shoulder joint pain, accuracy of tracking task, proprioceptive joint position sense, and nine-hole pegboard.

Methods: Nineteen stroke patients with long-term cane usage (cane usage group) and nineteen stroke patients without cane usage (non-cane usage group) were recruited. All subjects were tested in pain presence, a tracking task for visuomotor function, joint reposition, and nine-hole pegboard in the shoulder joint regarding the non-affected side.

Results: In the accuracy index for tracking task and the nine-hole pegboard test, significant differences were observed between the cane usage group and the non-cane usage group. However, although a higher emergence of shoulder pain and a lower accuracy for joint reposition sense were detected in the cane usage group in comparison to the non-cane usage group, there were no significant differences between the two groups.

Conclusion: Our findings suggest that long-term cane usage could induce to decrease in delicate movement and coordination in the non-affected upper arm in stroke patients. In addition, they could experience high frequency of shoulder pain and poor joint reposition sense. Therefore, careful evaluation and observation will be required concerning stroke patients with long-term cane usage.

Keywords: Long-term cane usage, Accuracy index, Joint reposition sense, Shoulder pain, Coordination

I. 서론

뇌졸중은 운동기능에 손상을 일으키는 주요한 질환으로, 균형 및 보행과 같은 하지 기능 장애를 유발하여 독립적인 일상

생활을 불가능하게 한다. 뇌졸중 환자의 독립적인 일상생활의 수행을 보조하는 위해 지팡이(cane)와 보행기(walker)가 가장 보편적인 보조 기구로서 사용되고 있다.¹ 이러한 보행 보조 도구들은 뇌졸중 환자뿐만 아니라 파킨슨씨 질환 등과 같은 뇌병변 환자들과 노인에게서 균형 능력을 증가시키고, 촉각적인 감각 정보를 제공하여 수직 개념에 대한 부가적인 감각을 제공하여 자세 안정성을 제공하여 독립적인 보행과 일상생활의 수행을 보조한다고 알려져 있다.^{2,3} 또한 선행연구자들은 지팡이가 뇌졸중 환자의 보행에서 하지에 체중부하를 감소시켜 근육 피로도에 대한 저항력을 강화할 수 있으며, 관절의 통증과

Received March 18, 2012 Revised April 13, 2012

Accepted April 17, 2012

Corresponding author Chung-Sun Kim, chskim@daegu.ac.kr

Copyright © 2012 by The Korean Society of Physical Therapy

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

마비로 인한 근육 약화를 보상할 수 있다고 하였다.⁴ 이와 같이 지팡이의 사용이 하지 운동기능 및 균형 장애를 가지고 있는 환자의 기능 수행에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 많은 연구가 진행되고 있다.

지팡이의 사용이 균형 및 보행에 효과적이라는 연구가 많이 출판되고 있지만, 최근 부정적인 결과를 보여주는 많은 연구가 진행되고 있다.^{2,5-7} 몇몇 선행연구들에 의하면, 노인들에게서 지팡이의 사용은 낙상의 위험을 증가시킬 수 있다고 보고하였고, 실제 낙상과 관련된 손상을 유발하는 주요한 요소라고 하였다.⁸⁻¹¹ 이는 지팡이의 사용이 균형을 잡기 위해 요구되는 집중력의 분산으로 자세 조절을 방해하는 요소로 작용하여 낙상에 대한 위험을 증가시킬 수 있다고 하였다.¹¹⁻¹³ 이러한 연구 결과뿐만 아니라 지팡이 등과 같은 보행 보조 도구의 사용에 대한 비선호적인 경향을 조사한 연구가 진행되었다. Scherer¹⁴은 지팡이 사용을 시작한 후, 30~50% 가량의 환자들이 사용을 거부하였고 지팡이 사용을 거부하는 대다수는 사용하기 어렵거나 위험하게 느껴진다고 보고하였다. 또한 선행 연구들은 보조 도구의 잘못된 처방과 부적당한 사용이 문제를 더욱 악화시킬 수 있다고 하였다.^{6,7,12,15,16}

지팡이 사용에 따른 균형 및 보행 능력에서의 악화를 보고한 연구들과 함께, 최근 장기간의 지팡이 사용으로 인해 만성 뇌졸중 환자의 상지 운동 및 감각기능에 부정적인 결과를 초래하는 연구가 제시되고 있다.^{2,11,17,18} 우리의 선행 연구들에 따르면,^{18,19} 장기간 지팡이를 사용한 뇌졸중 환자들은 지팡이를 사용하지 않은 환자들에 비해 건측 상지의 손목 관절 사용에서 시지각 운동 과제 수행에서의 정확도와 관절의 고유수용성 감각이 유의한 수준으로 떨어진다는 것을 확인하였다. 또한 손목관절뿐만 아니라 뇌졸중 환자의 어깨관절에서도 장기간 지팡이의 사용은 통증을 현저하게 많이 유발시켰다.¹⁹ 그러나 우리의 선행연구들에서 언급한 바와 같이, 건측 상지에서의 운동 및 감각기능의 정확도가 떨어진다는 결과가 순수하게 장기간 지팡이 사용으로 인한 것만으로 설명하기 어렵다. 실행증에 관한 선행 연구들에 따르면, 많은 뇌졸중 환자들이 실행증을 가지고 있으며, 이러한 실행증으로 인해 건측 상지의 섬세한 운동 및 감각기능이 저하될 수 있다고 제시하고 있다. 이러한 측면을 고려해 볼 때, 뇌졸중 환자의 건측 상지 기능 평가에 관련된 연구는 실행증에 대한 평가가 선행되어 실행증을 가진 환자는 배제되어야 할 필요가 있다.

따라서 본 연구에서는 상지의 운동성 실행증이 없는 만성 뇌졸중 환자를 대상으로 장기간 지팡이의 사용이 건측 어깨 관절에서의 통증 유발과 운동 과제수행의 정확도 및 고유수용

성 감각에 어떠한 영향을 미치는지에 관해 조사하였다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 수정된 Edinburg Handedness inventory에서 오른손잡이로 입증된 38명의 뇌졸중 환자를 대상으로 하였으며, 뇌졸중 발병 3개월 후 지팡이 사용 유무에 따라 보행 시 한발 지팡이나 네발 지팡이가 필요한 그룹과 보조 도구 없이 보행 가능한 그룹으로 나누어졌다. 모든 환자는 본 연구의 목적을 이해하였으며 실험참여에 사전 동의하였다. 대상자 선정 기준은 MRI에 의해 확인된 뇌출혈(hemorrhage) 혹은 뇌경색(infarct)에 의한 편측 뇌손상 환자, 지팡이를 사용에 상관없이 독립적인 보행이 가능한 자, 편측 시야 결손(hemianopsia)이나 편측 무시(neglect) 증상이 없는 자, 비손상측 상지에 신경근 장애 병력이 없는 자, 한국형 간이정신상태검사(MMSE-K) 24점 이상이고 Ambrosioni 등²⁰에 의해 개발된 관념운동 실행증 상지 평가도구에서 11점 이상인 자를 대상으로 하였다. 환자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

2. 실험 방법

1) 견관절 통증 지각

어깨 통증은 환자가 전체 관절가동범위에서 능동적으로 움직이는 동안 평가되었다. 0~10점 범위의 시각상사척도(visual analog scale)를 사용하였으며 통증이 1점 이상일 때 통증이 있는 것으로 판별하였다.

2) 견관절 위치 감각

견관절 위치 감각은 위치-재위치 검사(position-reposition test)로 평가하였다. 평가자는 환자의 견관절을 수직축에서 수동적으로 내회전과 외회전으로 위치시키고, 환자가 능동적으로 같은 관절 위치를 재현하도록 지시하였다. 평가자에 의한

Table 1. Demographic data of two groups

	Cane use group	Non cane use group
Sex (man/woman)	11/8	13/6
Age (year)	57.2±9.8	54.7±8.9
Time since onset (month)	25.0±12.8	22.8±13.1
Stroke type (hemorrhage/infarction)	7/12	13/6
Affected upper limb (Rt/Lt)	9/10	9/10

Values are mean±standard deviation.

수동적인 관절각도와 능동적으로 시행하는 관절각도 사이의 관절 위치 오류를 측정하였다.

3) 9홀-페그보드 검사

비손상측 상지의 운동 민감성을 측정하기 위하여 9홀-페그보드 검사를 시행하였다. 9홀-페그보드 검사 검사는 환자가 맞춤핀(직경 9 mm, 길이 32 mm)을 빼었다가 집어넣는 것으로 시간측정은 첫번째 맞춤핀을 집은 순간부터 9번째 맞춤핀을 놓아다가 모두 제거할 때까지의 시간을 측정한다.

4) 정확도 지수

정확도 지수는 전자측각기에서 변화된 움직임이 외회전은 상향으로 내회전은 하향으로 표시되도록하여 모니터에 나타나는 준거사인파형을 추적하도록 하여 측정하였다. 정확도 지수(Accuracy Index: AI)=100(P-E)/P로 계산되었으며, E는 준거사인파와 환자의 수행사이의 실행오차값(root mean square error)이며, P는 준거 사인파와(RMSE) 차이를 나타내어 대상자가 수행한 반응선의 수행형태의 크기를 의미한다.

5) Fugl-Meyer 검사

Fugl-Meyer 검사는 부른스트롬의 편마비 분류와 6단계 단계 회복과정을 근거로 50개의 항목으로 분류되어 있다. 전체 점수는 100점으로 상지 66점 하지 34점으로 구성되며 본 연구에서는 상지만을 평가하였다.

6) Motricity Index

상지에 대한 Motricity Index 평가는 핀치그립(pinch grip), 주관절 굴곡, 견관절 외전의 세 가지 운동의 근력을 측정하였으며, 핀치그립의 점수는 움직임이 전혀 보이지 않을 때 0점, 손가락이나 엄지에서 파악(prehension)이 시작될 때 33점, 입방체(cube)를 잡을 수 있으나 저항에 대항해서 유지할 수 없을 때 56점, 입방체를 잡을 수 있고 중력에 대항해서 유지할 수 있으나 약한 당김을 이겨낼 수 없을 때 65점, 당김에 대항해 입방체를 잡을 수 있으나 반대편보다 약할 때 77점, 정상적으로 핀치 그립을 할 수 있을 때 100점이 주어진다. 주관절 굴곡과 견관절 외전의 점수는 움직임이 전혀 보이지 않을 때 0점, 움직임은 보이지 않으나 촉지가 가능할 때 28점, 움직임은 있으나 완전한 범위를 수행하지 못하거나 중력을 이겨낼 수 없을 때 42점, 중력에 대항하여 완전한 범위의 움직임은 있으나 저항을 이겨낼 수 없을 때 56점, 저항에 대항해서 움직임을 할 수 있으나 반대편 근력보다 약할 때 74점, 정상 근력일때 100

점이 주어진다. 각각 평가된 세가지 점수를 평균으로 점수화된다.

3. 자료 분석

그룹간 성별, 손상 원인, 손상된 상지, 통증 유무에 대한 동질성 검정을 위해 Chi-square test를 사용하였다. 나이, 발병일, 관절 위치 감각, 9홀-페그보드 검사, 정확도 지수, Fugl-Meyer 검사, motricity index에 대한 그룹간 차이를 알아보기 위해 independent t-test를 사용하였다. 수집된 자료는 PASW 18.0 (SPSS Inc, Chicago, IL, 미국) 프로그램을 이용하였고 통계학적 유의수준은 p<0.05로 정하였다.

III. 결과

Table 1은 두 그룹의 일반적 특성을 보여준다. 두 그룹 사이의 성별, 손상 원인과 손상측 상지 비율에서 유의한 차이가 보이지 않았다. 두 그룹에 포함된 모든 환자들은 나이와 발병일에서 유사한 경향을 보였으며 모든 환자들은 실어증과 편측 무시 증상을 가지지 않았다.

Table 2는 견관절의 통증, 관절위치감각검사, 9홀-페그보드 검사, 정확도 지수의 평균 점수를 보여준다. 지팡이 사용군에서는 7명이 견관절의 통증을 호소하였고 지팡이 비사용군에서는 2명이 견관절의 통증을 호소하였다. 지팡이 사용군에서는 지팡이 비사용군보다 견관절의 위치감각 오류가 더 크게 나타났으며, 통계적으로 유의한 차이는 없었다. 또한 지팡이 사용군은 9홀-페그보드 검사 시 수행 시간이 통계적으로 유의하게 더 길었으며, 정확도 지수 역시 통계적으로 유의하게 나타났다. 손상측 상지에 대한 Fugl-Meyer 검사와 motricity

Table 2. Pain incidence and motor function test at the shoulder joint in each two groups

	Cane use group	Non cane use group
Pain presence (yes/no)	7/12	2/17
Accuracy index	9.02±6.01*	15.53±4.19
Joint reposition test (°)	5.91±1.768	6.06±3.00
Nine hole test (sec)	26.57±7.99*	21.91±2.63
Contralateral upper limb		
FMA	24.21±17.28	30.37±22.21
MI	41.95±12.38	49.42±15.95

Values are mean±standard deviation.

FMA: Fugl-Meyer assessment, MI: Motricity Index.

*p<0.05.

index 점수는 지팡이 비사용군에서 높게 나타났으나 통계학적 유의성은 보이지 않았다.

IV. 고찰

본 연구에서는 장기간 지팡이를 사용한 만성 뇌졸중 환자에서 지팡이를 사용하지 않은 환자에 비해 건측 상지 어깨관절에서 통증의 출현, 시지각 및 협응운동 과제 수행과 고유수용성 관절위치감각의 정확도를 비교 분석하였다. 특히 뇌졸중 환자의 건측 상지 기능에 영향을 줄 수 있는 중요한 임상적 증상인 실행증이 없는 환자를 대상으로 하였고, 시지각 운동과제 수행에 영향을 줄 수 있는 요소인 우세손의 효과를 통제하기 위하여 좌측과 우측의 건측 상지 비율을 두 집단간 동일하게 실험 설계하였다. 그 결과, 장기간 지팡이를 사용한 환자군에서 추적과제를 이용한 시지각 운동 과제 수행의 정확도와 협응 운동 수행 능력이 대조군에 비해 유의하게 떨어지는 것을 관찰할 수 있었다. 그러나 어깨관절에서의 통증의 출현과 고유수용성 관절위치감각에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 이러한 결과는 만성 뇌졸중 환자에서 장기간의 지팡이 사용은 건측 상지의 근위부 관절에서의 섬세하고 정확도가 요구되는 운동 기능과 협응 능력에 문제를 유발할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 실험증과 같이 건측 상지 기능에 영향을 줄 수 있는 임상 증상과 별개로, 장기간의 지팡이 사용으로 인해 운동 기능에 좋지 않은 결과를 초래할 수 있다는 것을 알 수 있었다. 추가적으로 퍼글-마이어 상지 기능 평가와 MI를 이용한 손상측 상지 기능의 정도에 따른 두 집단간의 차이가 없었다. 따라서 지팡이의 사용 유무는 손상측 상지 기능의 정도와는 차이가 없으며, 건측 손상 정도의 차이와 관련이 없다고 추정할 수 있다.

장기간 지팡이의 사용으로 인한 섬세한 운동 및 협응운동 결합의 입증은 몇몇 선행 연구들과 일치하는 결과를 보인다. Son 등¹⁸은 장기간 지팡이를 사용한 뇌졸중 환자 20명과 지팡이를 사용하지 않은 뇌졸중 환자 20명을 대상으로 손목관절에서 시지각 및 협응능력을 비교한 결과, 두 집단간의 유의한 차이를 관찰하였다. 일부 선행 연구들에 의하면,^{21,22} 반복적인 장기간의 과사용은 근골격계 구조뿐 아니라 신경근계의 적응성(adaptation)에 문제를 유발할 수 있다고 보고하였다. 지팡이 사용에 따른 상지 관절에서의 문제점을 지적한 임상 연구들에 의하면,^{13,23-27} 만성적인 지팡이의 사용은 상지 관절에 반복적인 스트레스를 부과하여 건염(tendonitis), 골관절염(osteoarthritis), 손목수근관증후군(carpal tunnel syndrome)

등과 같은 증상을 유발할 수 있는데, 이러한 결과는 장기간 지팡이의 사용은 하지의 체중 부하를 감소시키는 반면, 상지 관절에 더 많은 부하를 유발한다고 하였다. 따라서 장기간 지팡이의 사용은 어깨 및 손목관절에서 반복적이고 과도한 사용으로 인해 관절 주위의 연부조직이 점차적으로 손상되고 이로 인해 섬세한 운동기능과 협응 능력을 관할하는 신경근계 구조들(neuromuscular structures)을 손상시킨 결과로 추정할 수 있다. 그러나 본 연구에서는 어깨관절의 고유수용성 관절위치감각에서는 통계적으로 유의한 결과를 보이지 않았는데, 이는 Son 등¹⁸의 연구와 상반된 결과를 보였다. 이는 서로 측정된 관절 부위가 다르다는 점과 본 연구에서 실험증이 배제되었기 때문으로 생각된다. 실험증의 존재는 관절위치감각의 오류를 증가시킬 수 있다고 생각된다. 또한 본 연구의 사전 예비실험인 Son 등¹⁹의 연구에 의하면, 장기간 지팡이의 사용한 집단에서 어깨관절의 통증 출현이 통계적으로 유의하게 더 많이 발견되었다. 이는 작은 표본 추출로 인한 통계적 한계로 인한 것으로 판단되며, 본 연구에서도 통계적으로 유의하지는 않았지만 장기간 지팡이 사용이 더 많은 어깨관절의 통증 출현이 관찰되어 유사한 결과가 관찰되었다.

본 연구의 결과와 함께 여러 선행 연구들의 결과를 볼 때, 지팡이 사용이 반드시 뇌졸중 환자의 균형과 보행 능력에 이점만 존재하지 않는다는 것은 명백한 사실이다. Lu 등²⁸과 Milczarek 등²⁹은 뇌졸중 환자의 선 자세 균형 조절에서 압력중심점(center of pressure)의 이동을 평가한 결과, 지팡이의 사용은 압력중심점의 이동을 감소시킨 결과를 나타냈다고 보고 하였다. 또한 지팡이의 사용은 생체역학적으로 자세 안정성을 감소시킬 수 있다는 보고가 제시되었다.^{10,30} 상지 자체와 지팡이의 무게와 관성의 결과로서, 지팡이를 들어 올려 앞으로 놓는 동작은 상대적으로 무게중심점(center of mass)을 흔들 수 있을 만큼의 힘이 어깨관절에 반작용력(reaction force)으로 작용하여 자세의 불안정성을 더욱 가속시킨다고 하였다. 이와 더불어 지팡이의 사용이 균형을 조절하는 능력을 방해한다는 연구에서는 지팡이의 사용이 하지의 외측 운동을 제한하도록 작용하여, 외측으로 균형이 무너질 경우에 이에 대한 하지의 보상적인 스텝 반응(compensatory stepping reaction)에 손상을 유발할 수 있다고 하였다.^{17,31-33} 이와 같은 많은 선행 연구들은 지팡이의 사용이 근골격계의 과도한 부하와 더불어 생체역학적 불이익을 유발시킬 수 있다고 보고하고 있다.

지팡이를 비롯한 보조 도구는 뇌졸중 환자뿐만 아니라 근골격계 손상 환자와 노인 등 보행과 이동에 장애를 가진 환자들의 독립적인 일상생활을 가능하게 하는 중요한 보조 및

치료 도구로서 사용되고 있다. 현재까지 출판된 문헌들은 대체적으로 지팡이 사용에 대한 긍정적인 견해를 제시하고 있지만, 부정적인 효과를 제시하는 연구들도 최근 많이 제시되고 있다. 따라서 지팡이 사용에 대한 보다 신중한 임상적인 결정이 필요하다고 판단되며, 지팡이의 사용이 필요한 개인의 기능적 활동 능력에 대한 세밀한 측정과 평가가 필요하고 활동 능력을 고려한 지팡이 사용 방법의 훈련이 적용되어야 할 것으로 생각된다. 본 연구는 Son 등¹⁹에 의해 수행된 사전 예비연구를 바탕으로 계획된 실험 연구로서, 예비실험에 대한 통계적 검정력을 높여 결과를 일반화하고 뇌졸중 환자의 건측 상지 기능에 영향을 줄 수 있는 실행증을 통제하여 실험하였다. 향후 연구에서 더 많은 뇌졸중 환자를 대상으로 건측 상지의 통증과 운동 결함의 출현에 대한 기전을 밝히기 위한 좀 더 과학적 노력이 필요할 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Son SM
 Acquisition of data: Son SM, Choi, YW
 Analysis and interpretation of data: Son SM, Kim CS
 Drafting of the manuscript: Son SM, Kim CS
 Administrative, technical, and material support: Choi YW
 Research supervision: Kim CS

참고문헌

1. Minor M, Minor S. Patient care skills. 3rd. CT, Appleton & Lange, 1995:49-86.
2. Bateni H, Maki BE. Assistive devices for balance and mobility: Benefits, demands, and adverse consequences. *Arch Phys Med Rehabil.* 2005;86(1):134-45.
3. Jeka JJ. Light touch contact as a balance aid. *Phys Ther.* 1997;77(5):476-87.
4. Ragnarsson K. Orthotics and shoes. In: JA DL, ed, *Rehabilitation medicine*, Pennsylvania, JB, Lippincott Co, 1998:1-100.
5. Bateni H, Heung E, Zettel J et al. Can use of walkers or canes impede lateral compensatory stepping movements? *Gait Posture.* 2004;20(1):74-83.
6. Brooks LL, Wertsch JJ, Duthie EH Jr. Use of devices for mobility by the elderly. *Wis Med J.* 1994;93(1):16-20.
7. Mandzak-McCarron K, Drayton-Hargrove S. Ambulation aids. *Rehabil Nurs.* 1987;12(3):139-41.
8. Campbell AJ, Borrie MJ, Spears GF. Risk factors for falls in a community-based prospective study of people 70 years and older. *J Gerontol.* 1989;44(4):M112-7.
9. Mahoney J, Sager M, Dunham NC et al. Risk of falls after hospital discharge. *J Am Geriatr Soc.* 1994;42(3):269-74.
10. Maki BE. Biomechanical approach to quantifying anticipatory postural adjustments in the elderly. *Med Biol Eng Comput.* 1993;31(4):355-62.
11. Morse JM, Tylko SJ, Dixon HA. Characteristics of the fall-prone patient. *Gerontologist.* 1987;27(4):516-22.
12. Mann WC, Hurren D, Tomita M. Comparison of assistive device use and needs of home-based older persons with different impairments. *Am J Occup Ther.* 1993;47(11):980-7.
13. Waring WP 3rd, Werner RA. Clinical management of carpal tunnel syndrome in patients with long-term sequelae of poliomyelitis. *J Hand Surg Am.* 1989;14(5):865-9.
14. Scherer M. The impact of assistive technology on the lives of people with disabilities. In: Gray D, Quatrano L, Lieberman M, eds, *Designing and using assistive technology: The human perspective.* Baltimore, PH Brooks, 1998:99-116.
15. Gitlin LN, Burgh D. Issuing assistive devices to older patients in rehabilitation: An exploratory study. *Am J Occup Ther.* 1995;49(10):994-1000.
16. Schemm RL, Gitlin LN. How occupational therapists teach older patients to use bathing and dressing devices in rehabilitation. *Am J Occup Ther.* 1998;52(4):276-82.
17. Rogers MW, Hain TC, Hanke TA et al. Stimulus parameters and inertial load: Effects on the incidence of protective stepping responses in healthy human subjects. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(4):363-8.
18. Son S, Kwon J, Nam S et al. Adverse effects of motor-related symptoms on the ipsilateral upper limb according to long-term cane usage. *NeuroRehabilitation.* In Press
19. Son S, Kwon J, Kim C. Effects of sensorimotor functions on the ipsilateral upper limb according to cane usage in stroke patients: a preliminary study. *The Journal of Korean Society of Physical Therapy.* 2011;23(3):7-12.
20. Ambrosoni E, Della Sala S, Motto C et al. Gesture imitation with lower limbs following left hemisphere stroke. *Arch Clin Neuropsychol.* 2006;21(4):349-58.
21. Seireg A, Kempke W. Behavior of in vivo bone under cyclic loading. *J Biomech.* 1969;2(4):455-61.
22. Willen C, Grimby G. Pain, physical activity, and disability in individuals with late effects of polio. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998;79(8):915-9.
23. Florack TM, Miller RJ, Pellegrini VD et al. The prevalence of carpal tunnel syndrome in patients with basal joint arthritis of the thumb. *J Hand Surg Am.* 1992;17(4):624-30.
24. Gelberman RH, Hergenroeder PT, Hargens AR et al. The carpal tunnel syndrome. A study of carpal canal pressures. *J Bone Joint Surg Am.* 1981;63(3):380-3.
25. Stevens JC, Beard CM, O'Fallon WM et al. Conditions associated with carpal tunnel syndrome. *Mayo Clin Proc.* 1992;67(6):541-8.
26. Werner R, Waring W, Davidoff G. Risk factors for median mononeuropathy of the wrist in postpoliomyelitis patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 1989;70(6):464-7.
27. Yosipovitch G, Yosipovitch Z. Acute calcific peri-arthritis of the

- hand and elbows in women. A study and review of the literature. *J Rheumatol.* 1993;20(9):1533-8.
28. Lu CL, Yu B, Basford JR et al. Influences of cane length on the stability of stroke patients. *J Rehabil Res Dev.* 1997;34(1):91-100.
 29. Milczarek JJ, Kirby RL, Harrison ER et al. Standard and four-footed canes: Their effect on the standing balance of patients with hemiparesis. *Arch Phys Med Rehabil.* 1993;74(3):281-5.
 30. Bouisset S, Zattara M. Biomechanical study of the programming of anticipatory postural adjustments associated with voluntary movement. *J Biomech.* 1987;20(8):735-42.
 31. Luchies CW, Alexander NB, Schultz AB et al. Stepping responses of young and old adults to postural disturbances: kinematics. *J Am Geriatr Soc.* 1994;42(5):506-12.
 32. Maki BE, McIlroy WE. The role of limb movements in maintaining upright stance: The “change-in-support” strategy. *Phys Ther.* 1997;77(5):488-507.
 33. Pai YC, Rogers MW, Patton J et al. Static versus dynamic predictions of protective stepping following waist-pull perturbations in young and older adults. *J Biomech.* 1998;31(12):1111-8.