

만성 뇌졸중 환자의 트레드밀 훈련에서 인지적 이중과제훈련이 보행 능력에 미치는 영향

방대혁¹ · 이영찬¹ · 봉순녕^{2*}

¹다사랑 병원 물리치료실, ²웰빙 운동조절&학습 센터

The Effects of Cognitive Dual Task Training on Walking Ability in Treadmill Training with Chronic Stroke Patients

Dae-Hyok Bang, PT¹; Young-Chan Lee, PT, MSc¹; Soon-Nyung Bong, PT, MSc^{2*}

¹Dasarang Hospital.

²Well-being motor control & learning center.

ABSTRACT

Purpose : The purpose of this study was to compare the effect of treadmill training and cognitive task with in the course of treadmill training at the same time with chronic stroke patients.

Methods : Fourteen chronic stroke patients participated. Participants were randomly assigned to the control and experimental group(7 experimental, 7 control). All of participants were in-patients at local hospital and had been receiving a traditional rehabilitation program, five days a week. The both groups have undergone 4weeks. The experimental group trained in treadmill and cognitive task at the same time, but control group trained only treadmill. 10m walking test, Timed Up & Go (TUG) test and 6 Minutes walking(6M walking) test to measure the walking speed, dynamic balance and waling endurance ability were carried out before and after the training.

Results : The result of the study were as follow:10m walking test were significantly increased both groups($p<.01$), but not significant between groups($p>.05$). TUG test were significantly increased both groups($p<.001$) and between groups($p<.01$). 6M walking test were significantly increased both groups($p<.001$), but not significant between groups($p>.05$).

Conclusion : Ahead of return to the community to patients with stroke, cognitive task with in the course of treadmill training at the same time was effective in improving the dynamic balance ability.

Key Words : Stroke, Treadmill, Cognitive dual task, Walking ability

교신저자 : 봉순녕, E-mail : bsunny39@hanamil.net

논문접수일 : 2012년 3월 2일 / 수정접수일 2012년 3월 7일 / 게재승인일 : 2012년 3월 13일

I. 서론

뇌졸중은 세계적으로 만성적 기능장애를 유발하며 사망률이 매우 높은 질환이다(Mackay 등, 2004). 생존을 하더라도 신체의 감각과 움직임에 다양한 기능장애가 수반되는데, 이러한 기능장애로는 보행 장애와 일상생활동작 수행 장애, 지각 장애, 언어 장애, 감각 장애, 정서 장애 등 여러 장애로 나타나지만 보행 장애는 재활 치료 중에 가장 큰 비중을 차지하고 있다(정경훈 등, 2008). 그러한 이유는 뇌졸중 환자들이 보행하기를 원하고 보행을 통하여 지역사회로의 복귀를 요구하고 있기 때문이다(Lord 와 Rochester, 2005). 또한, 뇌졸중 편마비 환자들을 위한 재활과정에서 보행 능력을 갖추는 것은 매우 중요한 목표로 여겨지는데, 이것은 보행이 뇌졸중 환자의 일상생활에 있어 기능적 독립(functional independence)을 이루기 위한 중요한 요소이기 때문이다(Davies, 1985). 하지만 병원에서 퇴원하는 환자 중 60-80%만이 독립적으로 걸을 수 있으며, 0.38-.80m/s의 보행 속도로 지역사회보행을 하기에는 많은 어려움을 가지고 있다(Hill 등, 1997; Ducan 등, 1998; Eng 등, 2002). 지역사회 보행을 하기 위한 보행능력 즉 보행 속도, 균형능력, 보행 지구력은 매우 밀접한 관계를 가지고 있다(Kathleen 등, 2005). 균형 능력의 저하는 보행 속도의 향상에 매우 큰 걸림돌로 작용하며, 보행 지구력의 감소 또한 지속적인 보행과 지역사회 활동을 저해하는 요인으로 작용한다. 그러므로 보행 능력의 향상을 위해서는 보행 속도, 균형 능력, 보행 지구력의 향상을 가져와야 한다(Potempa 등, 1995). 이런 보행 능력을 향상시키기 위한 방법으로 트레드밀에서 보행 훈련을 하는 방법이 있다(Ichard 등, 1993).

많은 선행 논문들에서 트레드밀 훈련(Treadmill training)중 반복적인 보행 훈련을 하는 것은 과제 지향적 훈련(Task-oriented training)이면서 보행능력을 향상 시키는데 효과적인 것으로 제시되었다(Winter, 1989; Louise 등, 2003). 또한, Pohl 등

(2002)은 트레드밀에서 보행 훈련을 하는 것이 지면에서의 보행 훈련을 하는 것보다 보행속도 면에서 유의한 향상을 볼 수 있다고 하였으며, Olney 등(1991)은 트레드밀 훈련은 일종의 강제 사용(Forced use)의 한 형태로, 보행속도와 보행지구력의 양적인 면과 보행 형태인 질적인 면을 모두 향상 시킬 수 있는 방법이라고 하였다.

또한, 뇌졸중과 같은 신경계 손상을 가진 환자들은 운동 기능과 인지 기능이 함께 회복되어야 하지만(Tappen, 2002), 최근 운동 기능을 회복시키기 위한 과제 지향적 훈련에 대한 많은 연구가 진행 되고 있음에도 불구하고(Shumway-Cook과 Woollacott, 2007) 이런 과제 지향적 훈련들은 기능적 과제의 반복적인 연습을 통해 뇌 가소성 변화를 통한 운동 기능의 회복에만 목적을 두고 있어(Johansson, 2000) 인지, 지각 능력이 저하된 뇌졸중 환자들에게 인지 기능을 함께 사용할 수 있는 훈련 방법을 필요로 하게 되었다(Tang 등, 2005). 이에 하나의 과제수행과 더불어 또 다른 과제를 동시에 수행하는 이중과제 훈련에 대한 연구가 진행되고 있다(Kramer 등, 1995). Riley 등(1999)은 이중 과제를 수행할 때 한 과제에 대한 집중이 동시에 수행되는 다른 과제의 수행 결과에 미치는 영향에 대하여 많은 연구를 하였는데 주로 자세조절(postural task)과 자세조절 상위과제(suprapostural task)를 동시에 실시하는 연구들이었다. 즉, 상지의 움직임을 하는 동안 하지에서는 균형을 유지하는 이중과제를 통하여 자세 조절만 하는 경우보다 균형능력이 향상되는 결과를 보고하였다. 하지만, 단순한 자세조절이 아닌 보행능력을 향상시키기 위해 인지적 과제를 제공하여 훈련하는 이중과제 훈련들이 제안되고 있다(Yang 등, 2007). 따라서 본 연구는 과제 지향적 훈련인 트레드밀에서 반복적으로 보행 연습을 하는 경우와 트레드밀에서 보행 연습을 하는 과정에서 인지적 과제를 동시에 주어 훈련을 하는 경우 보행능력의 변화를 비교해보고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상자

대상자들은 뇌졸중 진단을 받고 발병 후 6개월 이상이 경과한 자로 14명이었다. 대상자들은 보행 속도가 0.58-.80m/s인 자로 하였고(Yang 등, 2007), 보행과 관련된 다른 증세를 받지 않으며, 보조 도구 없이 10m 이상을 걸을 수 있는 자, 간이 정신상태 검사에서 (Mini Mental Status Examinatio-Korean version; MMSE-K) 24점 이상으로(권용철과 박종한, 1989) 인지각 장애가 없으며 지시에 따를 수 있는 자, 다른 신경학적 장애나 정형 외과적 손상이 없으며, 시력, 청력, 그리고 감각이 정상 범위에 있는 자로 하였다. 연구에 참여한 대상자들의 일반적인 특성은 표1에 제시하였다.

표 1. 대상자의 일반적인 특성

특성	구분	실험군	대조군
		대상자수(명)	대상자수(명)
성별	남자	4	4
	여자	3	3
마비부위	오른쪽	3	4
	왼쪽	4	3
뇌졸중 유형	뇌경색	3	5
	뇌출혈	4	2
뇌졸중 기간(개월)		19.0±4.8 ^a	20.2±3.4
나이(년)		71.1±8.9	68.5±10.5

^a평균±표준편차

2. 측정 방법

1) 보행 속도 검사

10m 보행 속도 검사는 발병 후 6개월이 경과한 뇌졸중 환자에서 보행속도를 평가하는데 아주 유용한 방법으로 편안한 보행과 빠른 보행으로 14m 거리를 걷게 하여 가속기간과 감속기간인 시작과 끝범위 2m를 제외하고, 중간 10m 거리에 대한 초(seconds)를 측정하였다(Dean 등, 2000). 측정자 간, 측정자 내 신

뢰도는 r=.95-.96로 높은 신뢰도를 나타내었으며 (Loo 등, 2004) 검사 전 대상자는 먼저 한번 걷게 하여 적응 하도록 한 후 3회 실시하여 각각의 평균시간을 구하였다. 이때 치료사는 환자의 뒤를 따라가면서 안전을 확보하였으며, 측정은 전자초시계를 사용하여 초를 기록하였다.

2) 동적 균형 검사

TUG(Timed up and go test)검사는 운동성과 균형을 빠르게 측정 할 수 있는 검사 방법으로 특히, 보행을 하여 장애물을 회전하고 돌아오는 과제를 수행하는 능력을 평가 하는데 유용하다. 46cm 높이의 팔걸이가 있는 의자에 앉아 3m 거리를 걸어서 다시 되돌아와 의자에 앉는 시간을 측정하는 방법이다. 이 검사의 측정자 내 신뢰도는 r=.99 이고, 측정자간 신뢰도는 r=.98로 신뢰할 만한 도구이다(Podisadlo와 Richardson, 1991). 본 연구에서는 대상자가 먼저 한번 왕복하게 한 다음 3회의 왕복 시간을 측정하고 그 평균 시간을 기록 하였다. 측정은 전자초시계를 사용하여 초를 기록하였다.

3) 보행 지구력 검사

6분 보행 검사는 6분 동안 최대로 걸을 수 있는 거리를 측정하는 보행지구력평가 방법이다(Swisher와 Goldfarb, 1998). 운동장에서 둥근 트랙을 그리고 1 m 간격으로 표시하였다. 치료사가 초시계를 들고 6분을 세팅한 다음 출발과 동시에 초시계를 눌러 시간을 측정하였다. 치료사는 환자가 트랙을 돈 횟수를 기록하고 6분이 지나 알람이 울리면 대상자는 그 자리에 정지한 후 바닥에 이름을 적은 테이프로 표시하였다. 대상자가 트랙을 돈 횟수에 대한 거리와 출발선부터 테이프까지의 거리를 합하여 기록하였다.

3. 연구 절차

14명의 대상자들을 안이 보이지 않는 박스에서 숫자를 뽑는 방법을 통해 1에서 7번은 실험군으로, 8에서

14번은 대조군으로 무작위 배정 하였다. 실험군은 총4 주, 주 5회, 일 30분간 트레드밀에서 보행 훈련을 하면서 인지적인 과제를 동시에 주었으며, 대조군은 총4 주, 주 5회, 일 30분간 트레드밀에서 보행 훈련을 실시하였다. 인지적인 과제는 Brown 등(2001)이 사용한 트레드밀 훈련 중 치료사가 빨강이라고 하면 “예”, 파랑이라고 말하면 “아니오”라고 외쳐야 하는 과제를 사용하였고, 훈련 이외의 모든 대상자들은 보행 훈련을 하지 않았으며, 상지와 관련된 작업치료를 일 30분, 1회씩 받았다. 훈련 전 모든 대상자들은 10m 보행 검사와 TUG, 6분 보행 검사를 하였으며, 4주의 훈련 후 재측정 하였다.

4. 중재 방법

1) 트레드밀 훈련(Treadmill training)

환자 상태에 따라 트레드밀 보행 속도는 환자가 편안하게 할 수 있는 속도를 측정하여 무리가 가지 않는 정도에서 시작하였다. 처음에는 트레드밀을 지속적으로 탈 수 없는 대상자들은 2분에서 4분정도 훈련 후 휴식을 주고 다시 훈련을 하였다. 대상자가 훈련이 진행됨에 따라 보행 속도를 증가시켜도 훈련을 지속할 수 있을 시 속도를 높여 진행하였다. 치료사가 옆과 뒤에서 위치하여 대상자가 안정감 있고 편한 상태에서 트레드밀을 탈 수 있도록 유도하였다. 두 군 모두 보행 훈련 시작 후 환자가 피로감이나 통증 호소, 호흡이상, 안색의 변화 등을 보이면 즉시 보행 훈련을 중지하였다. 트레드밀은 환자의 보행능력에 따라 환자 스스로 속도를 조절할 수 있도록 계기판이 부착되어 있으며, 양 옆쪽과 전방에는 안전 손잡이가 장착되어 있어서 보행 훈련 중 균형을 잃을 경우 손으로 잡도록 되어있으며 전방계기판과 거리가 일정거리 벌어지면 멈추게 설계된 탈, 부착 센서가 달린 고리가 연결 되어있다. 보행 훈련 중 최대한 손을 잡지 않고 팔을 흔들며 걷게 유도하였다. 훈련 전 5분정도 스트레칭을 실시하였으며, 훈련이 끝난 후 심호흡과 간단한 스트레칭으로 훈

련을 마무리 하였다. 위에 사용된 트레드밀 훈련은 Geland 등(2000)이 사용한 방법을 참조하여 치료사 4명이 판단하여 결정 하였다.

2) 인지적 이중과제 훈련 (Cognitive dual task training)

인지적 이중과제 훈련은 위의 트레드밀에서 보행 훈련을 하는 동안에 인지적인 과제가 추가 된 것으로 치료사가 옆에서 빨강이라고 하면 “예”, 파랑이라고 말하면 “아니오”라고 대답하는 식으로 훈련을 진행하였다. 다른 단어는 사용하지 않고 빨강과 파랑이라는 단어만 사용하였다. 이 훈련은 Brown 등(2001)이 사용한 훈련 방법을 사용하였고, 나머지 모든 조건의 위의 트레드밀 훈련과 같은 조건에서 훈련하였다.

5. 분석 방법

본 연구에서는 윈도우용 SPSS version 18.0 프로그램을 이용하였다. 연구 대상자들에 대한 평가 자료는 평균±표준편차로 표시 하였다. 두 군 간의 성별, 마비측, 뇌졸중 형태, 나이, 유병기간, 그리고 MMSE-K와 같은 연구 대상자들의 일반적 특성에 차이가 있는지를 알아보기 위하여 기술 통계를 사용하였다. 실험군과 대조군의 측정 시기(훈련 전과 훈련 후)에 따른 차이를 비교하기 위하여 쌍 표본 t-검정 (Paired t-test)을 하였고, 실험군과 대조군의 차이를 알아보기 위하여 독립 표본 t-검정(Independent t-test)을 실시하였다. 모든 통계학적 유의수준은 $p < .05$ 로 설정하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 훈련 전후 보행 속도의 변화(10m walking speed test)

실험군과 대조군은 모두 실험 전후 보행속도에서 유의한 변화를 가져왔다. 그리고 이중과제 훈련을 한 실

험군과 트레드밀 보행 훈련만 한 대조군 사이에서의 보행 속도의 변화는 유의하지 않았다. 두 군의 실험 전후의 보행속도 변화를 표2에 나타내었고, 두 군의 비교를 표 3에 나타내었다.

표 2. 두 군의 실험 전후 변화

	실험군			대조군		
	전	후	t값	전	후	t값
10m보행속도 검사(초)	^a 14.22±3.07	9.47±1.70	7.210***	14.43±1.89	11.00±1.30	6.008**
TUG(초)	16.28±1.71	10.84±1.64	8.130***	17.06±1.60	14.33±1.56	12.078***
6분 보행(m)	211.46±18.21	259.45±19.15	8.130***	219.85±28.00	274.83±19.94	12.078**

^a평균±표준편차, TUG: Timed up and go 검사, p**<.01. p***<.001

표 3. 훈련 후 실험군과 대조군 비교

	실험군	대조군	t값
10m보행속도 검사(초)	^a 9.47±1.70	11.00±1.30	-1.899
TUG(초)	10.84±1.64	14.33±1.56	-4.07**
6분 보행	259.45±19.15	274.83±19.94	-1.473

^a평균±표준편차, TUG: Timed up and go 검사, p**<.01. p***<.001

2. 훈련 전후 동적 균형의 변화(Timed up and go test)

실험군과 대조군 모두에서 실험 전후 동적 균형에서 유의한 변화를 가져왔다. 하지만 이중과제 훈련을 한 실험군에서 트레드밀 보행 훈련만 한 대조군 사이에서 동적 균형 검사에서 두 군간의 차이가 유의하게 나타났다. 두 군의 실험 전후의 동적 균형의 변화를 표2에 나타내었고, 두 군의 비교를 표 3에 나타내었다.

3. 보행 지구력의 변화(6 minutes walking test)

실험군과 대조군 모두에서 실험 전후 동적 균형에서 유의한 변화가 나타났다. 그리고 이중과제 훈련을 한 실험군과 트레드밀 보행 훈련만 한 대조군 사이에서의 보행 지구력의 변화에서는 두 군의 유의한 차이가 나지 않았다. 두 군의 실험 전후의 보행지구력 변화를 표 2에 나타내었고, 두 군의 차이를 표 3에 나타내었다.

IV. 고찰

뇌졸중 재활에서 보행능력을 향상시키는 것은 환자나 보호자들이 가장 요구하는 능력 중의 하나이다(Lord와 Rochester, 2005). 그 보행능력을 향상시키는 방법 중의 하나가 트레드밀 위에서 보행훈련을 지속적으로 하는 것이다(Winter, 1989). 하지만 뇌졸중과 같이 신경계에 손상을 받은 환자들은 단순한 운동능력의 향상만으로 보행능력을 증진시키는데 한계가 있다. 따라서 최근 운동능력과 인지기능을 동시에 향상시켜 보행능력을 증진을 위한 연구가 활발히 진행되었다(Kramer 등, 1995). 이에 본 연구는 만성기 뇌졸중 환자들에게 트레드밀 보행 훈련과 인지적 과제를 동시에 주는 이중과제훈련이 실제로 보행 능력 향상에 얼마나 도움이 되는지 알아보려고 시행하였다. 본 연구의 결과는 인지적 과제를 동시에 준 실험군에서 동적 균형능력 향상에 도움이 되는 것으로 나타났다.

이중과제 훈련은 운동기능 향상을 위해 운동을 하는 동안에 집중력을 분산시켜 더 많은 환경에 더 빨리 대응할 수 있도록 조절함으로써 신체의 조절능력이 향상되는 효율적인 치료방법이다(Laurent 등, 2007). Huxhold 등(2006)은 기립 자세를 유지한 상태에서 동시에 인지과제를 수행하는 이중과제는 오히려 균형유지를 방해하는 다른 요인을 줄임으로써 자세 동요를 최소화시키고 자세 안정성을 향상시킨다고 하였다. 또한 Fraizer와 Mitra 등(2008)은 다른 방해요인들을 인지적 과제로 집중을 시킴으로써 시각적 혼란이나 소음, 촉각자극 등의 외적 요인에 대한 정보 입력과 자세수정을 일으키는 요인이 감소되어 균형능력이 향상된다고 하였다.

본 연구에서 뇌졸중 환자들에 대한 평가는 뇌졸중 환자의 보행능력의 평가에 적합하고 평가 민감도가 높아 기능적인 변화를 세밀하게 반영할 수 있는 10m 보행 검사, TUG, 6분 보행을 사용하였다(Loo 등, 2004; Podisadlo와 Richardson, 1991; Swisher와 Goldfarb, 1998). 이 검사 방법은 실제 보행을 하

는 과정을 시간으로 기록하거나 실제로 걷는 거리를 측정하는 검사 방법으로 임상적 측면에서 측정이 간단하고 용이하여 뇌졸중 환자의 회복정도와 지역사회로의 복귀를 예측하는데도 도움이 될 수 있다.

본 연구의 주된 결과는 인지적 과제를 제공한 실험군에서 인지적 과제를 제공하지 않은 대조군보다 동적 균형 능력이 유의하게 향상된 결과를 가져왔다. 이는 트레드밀에서 보행훈련을 하는 동안 인지적 과제의 제공이 주의력을 분산시켜 여러 환경에 자신의 신체를 적응시키고 조절하는 능력을 향상 시킨 결과라 볼 수 있다. 본 연구는 뇌졸중 환자의 단순한 운동기능의 향상뿐만 아니라 지역사회로의 복귀를 위하여 여러 상황에서 무의식적으로 자신의 신체를 조절하는 능력을 향상시킨다는 최근의 연구들의 결과를 지지 하는 것이다(Tang 등, 2005; Yang 등, 2007).

뇌졸중 환자들의 보행능력에 대해 이중과제를 제공한 유무에 따른 보행 능력의 변화를 비교한 Wang 등(2007)의 연구에서 이중과제를 제공한 군에서 유의하게 보행 능력이 증가 되었다고 보고하였다. 비록 본 연구에서 보행 속도와 보행 지구력에서는 두 군의 차이가 없었지만, 동적 균형에서는 인지적 과제를 제공한 군에서 유의하게 향상되었다. 이는 트레드밀 훈련에서 인지적 과제의 제공이 동적 균형능력을 향상 시켰다고 볼 수 있다.

일반적으로, 임상에서 기능적 과제 훈련 시 운동기능에만 초점이 맞춰져 있다(Johansson, 2000). 하지만 지역사회로의 복귀를 위해서는 이러한 운동기능뿐만 아니라, 여러 환경에 순간적으로 집중력을 분산할 수 있는 능력이 필요하다. 이러한 이유로 본 연구에서 사용한 인지적 과제를 제공한 이중 과제훈련은 변화하는 환경에 적응할 수 있는 뇌졸중 환자의 능력을 향상시키기 위한 방법으로 적용 될 수 있으며, 그 적용 방법 또한 간단하다는 면에서 큰 의미가 있다고 할 수 있겠다.

본 연구의 결과를 해석하는데 있어 몇 가지 제한점을 가지고 있다. 첫째, 적은 수의 환자를 대상으로 하

여 본 연구의 결과를 모든 뇌졸중 환자에게 일반화시키는데 어려움이 있다. 둘째, 훈련기간이 짧고 추적조사가 이루어지지 않아 장기간의 훈련 효과를 알 수 없다. 셋째, 연구에 사용된 측정 방법들이 임상적 평가도구였기 때문에 정량적인 평가를 할 수 없었다. 이처럼 뇌졸중 환자를 대상으로 한 인지적 과제 훈련의 여러 제한점이 있지만, 향후 연구에서는 이러한 제한점을 보완한 연구가 진행되어 만성기 뇌졸중 환자의 보행능력을 증진시키는데 이중과제의 효과를 명백히 입증할 수 있을 것이다.

V. 결 론

트레드밀에서 보행 훈련을 하는 동안에 인지적 과제를 추가한 이중과제훈련은 재활 기간에 환자의 운동기능에만 초점을 두어 훈련을 하고 있는 현재의 재활 시스템에서 여러 환경의 변화에 순간적으로 반응을 할 수 있는 경험을 하게 해줌으로써 실제 지역사회로의 복귀를 하기 위한 연습을 가능 하게 한다. 따라서 본 연구에서는 이러한 인지적 이중과제 훈련이 보행에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 실시하였다.

연구 결과를 종합해 볼 때 지역사회로의 복귀를 앞둔 만성기 뇌졸중 환자의 동적 균형 능력의 향상에 효과적인 것으로 나타났다. 본 연구에서 적용한 이중과제는 트레드밀에서 보행 훈련을 하는 동안에 간단한 인지적인 질문을 던져 대답을 요하는 과제로 임상에서 쉽게 적용할 수 있으며, 효율적으로 환자의 동적 균형능력을 향상시킬 수 있는 훈련으로 받아들여 질 수 있다.

이것은 지역사회로의 복귀를 위해서 여러 상황에서 보행을 하면서 신체의 균형을 유지하는 능력을 증진시키는 것으로 복귀를 앞둔 환자들의 재활을 위한 고려 사항이 될 수 있으며, 이를 바탕으로 더 다양한 환자의 특성을 반영하는 인지적 과제에 대한 연구가 진행되어야 할 것이다.

참 고 문 헌

- 권용철, 박종한. 노인용 한국판 Mini-Mental State Examination (MMSE-K)의 표준화 연구. *신경정신의학회지*. 28(1):125-135, 1989.
- 정경훈, 하현근, 신희준, 온석훈, 성덕현, 이강우, 김연희. 만성 뇌졸중 환자에서 운동 기능 회복에 대한 로봇-보조 보행치료의 효과. *대한재활의학회지*. 32(3): 258-266, 2008.
- Audrey Browen, Rachel Wenman, Jane Mickelborough, Jonathan Foster, Elizabeth Hill, Raymond Tallis. Dual-task effects of talking while walking on velocity and balance following a stroke. *British Geriatrics Society, Age and Aging*. 30:319-323, 2001.
- Braucer SG, Woollacott M, Shumway-cook A. The influence of a concurrent cognitive task on the compensatory stepping response to a perturbation in balance-impaired and healthy elders. *Gait Posture*. 15:83-93, 2002.
- Davies PM. *Steps to Follow*. BerlinHeidelberg. Springer-Verlag. 1985.
- Dean CM, Richards CL, Malouin F. Task-related circuit training improves performance of locomotor tasks in chronic Stroke: a randomized, controlled pilot trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 81(4):409-417, 2000.
- Duncan P, Richards L, Wallace D et al. A randomized, controlled pilot study of a home-based exercise program for individuals with mild and moderate stroke. *Stroke*. 29:2055-2060, 1998.
- Eng JJ, Chu KS, Dawson AS, Kim CM, Hepburn KE. Functional walk tests in individuals with Stroke: relation to perceived exertion and myocardial exertion. *Stroke*. 33(3):756-761, 2002.
- Fraizer EV, Mitra S. Methodological and interpretive issue in posture-cognition dual-tasking in upright stance. *Gait Posture*. 27(2):271-279, 2008.

- Hill K, Ellis P, Bernhardt J, Maggs P, Hull S. Balance and mobility outcomes for stroke patients: a comprehensive audit. *Aust J Physiother.* 43:173-180, 1997.
- Huxhold O, Li SC, Schiedek F et al. Dual-tasking postural control: Aging and the effects of cognitive demand in conjunction with focus of attention. *Brain Res Bull.* 69(3):294-305, 2006.
- Ichards CL, Malouin F, Wood-Dauphinee S, Williams JI, Bouchard JP, Brunet D. Task-specific physical therapy for optimization of gait recovery in acute stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 74:612-620, 1993.
- Johansson, BB. Brain plasticity and stroke rehabilitation. The Willis lecture. *Stroke.* 31(1):223-230, 2000.
- Kathleen M. Michael, Jerilyn K. Allen, Richard F. Macko. Reduce Ambulatory Activity After Stroke: The Role of Balance, Gait, and Cardiovascular Fitness. *Arch Phys Med Rehabil.* 86:1552-1556, 2005.
- Kramer AF, Larish JF, Strayer DL. Training for attentional control in dual task setting: a comparison of young and old adults. *J Exp Psychol Appl.* 1:50-76, 1995.
- Laurent Bensoussan, Jean-Michael Viton, Marco Schieppati, Herve Collado, Virgine Milhe de Bovis, Serge Mesuer, Alain Delarque: Change in Posture Control in Hemiplegic Patients After Stroke Performing a Dual Task. *Arch Phys Med Rehabil.* 88:1009-1015, 2007.
- Lord S, Rochester L. Measurement of Community Ambulation After Stroke. *Stroke.* 36:1457-1461, 2005.
- Louise Ada, Catherine M. Dean, Jillian M. Hall, Julie Bampton, Sarah Crompton. A Treadmill and Overground Walking Program Improves Walking in Persons Residing in the Community After Stroke. *Arch Phys Med Rehabil.* 84:1486-1491, 2003.
- Mackay J, Eensah AG. The atlas of heart disease and stroke. Geneva: World Health Organization, 2004.
- van Loo MA, Moseley AM, Bosman JM, de Bie RA, Hassett L. Test-re-test reliability of walking speed, step length and step width measurement after traumatic brain injury: a pilot study. *Brain Inj.* 18(10):1041-8, 2004.
- Olney SJ, Griffin MP, Morga TN, McBride ID. Work and power in gait of stroke patients. *Arch Phys Med Rehabil.* 72:309-314, 1991.
- Podsiadlo D, Richardson. The timed "Up & Go" : a test of basic functional mobility for frail elderly person. *Journal of the American Geriatrics Society.* 39(2):142-148, 1991.
- Pohl M, Mehrholz J, Ritschel C, Ruckriem S. Speed-dependent treadmill training in ambulatory hemiparetic stroke patients: a randomized controlled trial. *Stroke.* 33(2):553-558, 2002.
- Potempa K, Lopez M, Braun LT, Szidon JP, Fogg L, Tincknell T. Physiological outcomes of aerobic exercise training in hemiparetic stroke patients. *Stroke.* 26:101-105, 1995.
- Riley MA, Stoffregen TA, Grocki MJ et al. Postural stabilization for the control of touching. *Hum Mov Sci.* 18:795-817, 1999.
- Shumway-Cook A, Woollacott M. *Motor control*(3rd ed). Philadelphia: Lippincott Williams & Wilkins, 2007.
- Swisher A, Goldfarb A. Use of the Six-Minute Walk/Run Test to predict peak oxygen consumption in older adults. *Cardiopulmonary Physical Therapy.* 9(3):3-5, 1998.
- Tappen RS. Rehabilitation for balance and ambulation in a patient with attention impairment due to intracranial hemorrhage. *Physical Therapy.* 82(5): 473-484, 2002.

Tang QP, Yang QD, Wu YH et al. Effects of problem-oriented willed-movement therapy on motor abilities for people with poststroke cognitive deficit. *Phys Ther.* 85(10):1020-1033, 2005.

Yang YR, Chen YC, Lee CS, Cheng SJ, Wang RY. Dual-task related gait change in individuals

with stroke. *Gait Posture.* 25:185-190, 2007.

Winter DA. Biomechanics of normal and pathological gait: implications for understanding human locomotor control. *J Motor Behavior.* 21:337-356, 1989.