대한임상전기생리학회 제1권 제2호
Journal of the Korean Academy of Clinical Electrophysiology
Vol. 1, No. 2, 2003.

Halliwick 10 Point Program이 균형능력에 미치는 영향

송 명 환
(선병원 물리치료실)
손 민 균
(충남대학교 의과대학 재활의학교실)
김 태 열
(동신대학교 물리치료학과)
황 태 연
(전남과학대학 물리치료과)

The Effect of Halliwick 10 Point Program on the Balance Control

Song Myung-Hwan, P.T., M.P.H.
(Department of Physical Therapy, Sun General Hospital)
Sohn Min-Kyun, M.D.
(Dept. of Rehabilitation Medicine, Chungnam National University College of Medicine)
Kim Tae-Youl, P.T., Ph.D.
(Dept. of Physical Therapy, Dongsin University)
Hwang Tae-Yeun, P.T., M.P.T.
(Dept. of Physical Therapy, Chunnam Thechno College)

ABSTRACT

The purpose of this study was to evaluate the effect of Halliwick 10 point program on the balance control. Fourteen undergraduate students participated in the experiment, and classified 7 experiment and 7 control group, randomly. Halliwick 10 point program was applied in the experiment group for 4 weeks.

Balance index was measured using KAT 2000. Balance index were measured before, during(2 weeks), and after(4 weeks) the training for 4 weeks. 2-way repeated measures ANOVA was used to further distinguish between the groups.

The following results were obtained;

1. The total balance index scores from a KAT were significantly decreased after 4 weeks compared with before the training passing of time. However there was no significant difference between experiment and control group.

2. The left and anterior shifting balance index scores from a KAT were significantly decreased after 4 weeks compared with before the training passing of time. However there was no significant difference between experiment and control group.

These results lead us to the conclusion that the balance ability of women twenties increase as the water is higher than that of the ground applied Halliwick 10 point program of the water specific therapy province. Therefore, A further direction of this study will be to provide more evidence for Halliwick 10 point program in the water specific therapy.

Key Words : Halliwick 10 point program; Balance control

Ⅰ. 서 론

균형은 최소한의 흔들림으로 지지기저면(base of support) 내에서 신체의 중력중심(central of gravity)을 유지하는 능력이다(Nicholas 등, 1996). 바로 선 자세를 유지하는 것은 정적인 상태에서 중요할 뿐만 아니라 동작이나 일상생활을 수행하는데 있어

우선적으로 전제되어야 하는 조건이다(이미선 등, 2000). 자세유지를 위해서는 여러 근육들의 적절한 작용뿐만 아니라 감각정보들에 기초한 중추신경계의 조절 기전 또한 중요하다(이미선 등, 2000; Nardone 등, 1998).

균형은 신경계와 근골격계의 통합이 관여하는 매우 복잡한 기능으로 시각, 청각, 전정기능, 고유수용기 및 감각수용기로부터 유입된 자극이 중추신경계에서의 통합작용, 시각적 공간인지력, 환경변화에 대해 빠르고 정확하게 반응하는 근긴장도, 근력, 지구력 및 관절의 유연성 등의 다양한 기능적 요인이 관여한다(배성수 등, 1992; 송주민, 1994; Chandler 등, 1992).

근골격계 장애는 균형 수행능력에 영향을 미치며, 신체균형 동요(perturbation) 시에 적절한 운동전략을 사용하는데 제한이 된다(양회송과 이강우, 2002; Byl과 Sinnott, 1991). 중추신경계 손상이나 관절 및 근육질환, 시각 및 전정기관 질환으로 균형 수행력에 영향을 미치는 요인에 장애가 생기면, 기립위 안정성 유지, 체중부하 조절 및 보행능력에 지장을 초래하여 재활에 큰 걸림돌이 된다(장기언, 1994; Geurts 등, 1996).

신체 동요는 감각정보 변화에 의해서도 증가될 수 있는데, 자세균형을 조절하기 위해서는 환경에서의 신체 위치와 움직임에 대한 시각, 고유수용성 감각, 전정감각 정보가 필요하기 때문이다(이미선 등, 2000; 김종만과 이충휘, 1997; Fitzpatric과 McCloskey, 1993; Jaka와 Lackner, 1994). 따라서 감각변화가 일어나면 중력과 환경 속에서 신체 위치를 정확히 결정하고, 환경변화에 의해 유발된 교란 요소를 예측하여 적응하는 능력에 영향을 줄 수 있다(이미선 등, 2000).

균형은 보행과 일상생활동작 같은 기능적 수행능력에 영향을 미치며 균형조절능력이 감소하면 신체적 활동이 저하되고 독립적인 일상생활에도 장애가 온다(Judge 등, 1993).

관절이 약해져 있거나 통증이 있으면 물의 부력을 이용하여 중력을 감소시킨 상태에서 관절의 가동성과 힘, 지구력을 키워나가는 수중운동이 권장된다(이영옥 등, 1998). 지상운동과 비교해 수중운동은 물에 의한 부력으로 중력이 감소되기 때문에 지상에서보다 움직임이 쉽고 자유로워서 관절운동범위가 증가되고 심폐기능도 발달된다(조순자, 1999). 수중치료의 가장 큰 장점은 물과 함께 수반되는 온열로 통증과 근 경축이 감소되며 부력에 의해 체중부하 시 관절에 가해지는 스트레스가 감소된다는 것이다(김태열 등, 2000).

물은 지지와 저항의 역할을 함께 하는 효과적인 매체이며, 또한 물속에서는 물의 와류, 압력 및 온도 등으로 감각적 투입이 증가되고, 지상에서 운동을 행할 수 없을 만큼 약해진 근육이 완전 능동범위까지 움직일 수 있게 할 뿐만 아니라 관절의 압박이나 과도한 근육운동도 감소시킨다(Peterson, 2001; 유양숙, 1995). 수중치료는 일종의 자극치료로 물속에서 운동치료의 효과와 함께 물의 기계적, 열적, 화학적 특성으로부터 생물학적인 효과를 얻어낼 수 있다. 수중치료 방법 중 Halliwick method는 부력 보조기구를 사용하지 않고 물의 부양력과 물결, 와류의 흐름(turbulent flow)을 조작하여 회전효과(rotational effect)를 환자에게 적용하

며 이를 통해 관절 역학적 반응(arthro-kinetic reaction)을 촉진시키고 자세안정성을 얻을 수 있는 훈련방법이다(김태열 등, 2000). Halliwick 10 point program (Halliwick 10 PP)은 유체역학과 정신-감각-운동학습 원리에 의한 정신적 적응(mental adaptation), 균형조절(balance control), 운동(movement)의 3 단계로 크게 구성이 된다(서삼기 등, 2002).

최근에는 Halliwick method와 같은 수중운동치료가 관심을 끌면서 다양한 방식의 수중치료 방법이 소개되고, 소수이지만 의료기관 및 사회복지시설에서 수중치료 시설을 갖추고 임상적용이 이루어지기 시작하면서 점차 수요가 증대되고 있으나 Halliwick 10 PP이 균형능력에 미치는 효과를 증명한 연구는 시도된 바가 없다. 따라서 본 연구는 일정기간 Halliwick 10 PP을 20대 여성에 적용 실시하여 균형능력을 측정하여, 임상에서 균형조절능력에 문제를 가지고 있는 환자의 치료 접근 시 필요한 자료로 활용하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구 대상 및 기간

본 연구는 2003년 2월 3일부터 28일까지 대학에 재학 중인 20대 여성을 대상으로 신체건강하고 체격조건이 비슷한 14명을 무작위 선발한 후, 실험집단(n=7)과 통제집단(n=7)에 무작위 배정하여 수영장에서 4주간 Halliwick 10 PP을 적용 실시하였다. 대상자의 평균연령은 실험집단에서 22.0세, 통제집단에서 21.3세였고, 평균신장은 실험집단에서 163.2 ㎝, 통제집단에서 161.1 ㎝이었다. 평균체중은 실험집단에서 53.7 ㎏이였고, 통제집단에서 51.1 ㎏이었다.

연구에 참가하기 전에 대상자에게 연구목적과 실험방법에 대하여 충분한 설명을 한 후 자발적 동의를 얻었다. 연구 대상자의 조건은 시각 장애가 있거나 약물을 투여를 하지 않은 자, 전정기관 장애나 신경학적 장애 등 신경계 질병이 없는 자, 평상시 서 있거나 자세를 변경할 때 현기증이 없는 자, 최근 6개월 이내에 규칙적인 운동을 하지 않은 자, 열성질환이나 피부염이 없는 자, 심폐기능에 이상이 없는 자, 근골격계나 신경근육계 장애가 없는 자로 하였다.

2. 측정 기구

대상자의 균형능력은 불안정한 지지면에서 정적, 동적 균형능력을 측정할 수 있고, 신뢰도가 입증된 불안정 발판(unstable balance platform)인 KAT 2000(Kinesthetic Ability Trainner; Breg Inc., CA) 균형측정기구를 이용하여 측정하였다.

이 균형 측정기구는 원형의 안정적인 바닥과 축 위에서 움직이는 원형발판, 손으로 잡을 수 있는 난간(handrail) 그리고 불안정 발판 아래에서 축으로 작용하는 공기주머니의 압력을 보여주는 화면으로 구성된다. 발판 중간에 작은 축 위에 원형 발판이 있어 전·후, 좌·우 다방면으로 기울어질 수 있게 되어 있다. 원형판 전면부에 발판이 기

울어지는 각도를 감지하는 감지기가 부착되어 1° 기울어지면 컴퓨터 스크린 커서가 3.5 ㎜의 비율로 이동하게 되며, 이 이동거리의 총합이 균형지수가 된다. 균형지수가 낮을수록 균형능력이 높음을 의미한다.

발판의 안정도는 0~6 단계로 되어있으며 단위는 psi(pounds per square inch)로 불안정발판 밑에 공기 주머니의 압력을 나타내는 것으로 psi가 높을수록 지지하는 발판의 안정도는 증가된다.

3. 실험방법

1) Halliwick 10 point program

실험집단에게 연구목적을 설명하고, Lambeck과 Stanat(2000)의 The Halliwick concept에 제시된 Halliwick 10 PP을 기초로 한 수중운동 프로그램을 훈련 전에 충분히 교육한 후에 4주간, 주 3회(월, 수, 금요일), 매회 1시간씩 실시하였다(표 1). 수온은 28℃, 수심은 흉추 11-12번 높이로 하였다. 통제집단에는 평상시의 일상생활을 하도록 하였다.

2) 균형지수의 측정

Holliwick 10 PP 훈련 전과 훈련 2주와 4주 후에 다음과 같은 방법으로 균형지수 측정을 실시하였다.

Table 1. Halliwick 10 Point Program

Perio d(week)	TP & TP*	TP of WST**	Traning
1	Mental adjustment	Mental adjustment & disengagement	Adjustment to environment
2	Sagittal rotation control Transversal rotation control Longitudinal rotation control Combined rotation control Upthrust (Mental inversion) Balance in stillness Turbulent gliding	Sagittal rotation control Transversal rotation control Longitudinal rotation control Combined rotation control	Balance restoration
3-4	Simple progression Basic Halliwick movement(s)	Sagittal rotation control Transversal rotation control Longitudinal rotation control Combined rotation control Walking	Balance restoration & movement

*TP & TP: The three phases and ten-points of the halliwick program
**TP of WST: The three phase of the water specific therapy to exercise in water

균형지수는 신체 동요정도를 측정하는 것으로 균형유지능력 검사를 하는 동안 기준점(reference position)으로부터 변경된 위치(titled position)까지의 거리로 계산된다. 이때 기준점은 X축과 Y축이 교차하는 원점을 의미하며, 이 거리의 절대적 수치는 모두 9부분의 균형지수(partial balance index: PBIs)로 구분되며 이 9부분의 총합이 총 균형지수이며, 이 수치가 적을수록 균형유지능력이 높고 신체 동요가 적음을 의미한다. 본 연구에서는 KAT 2000의 발판 안정도를 2.0 psi의 공기압으로 고정시켜 놓고 피검자가 눈을 뜨고 1 m 전방 눈높이의 목표점을 바라보고 두 팔을 체간 옆에 붙이고 발판에 표시된 위치에 맨발로 똑바로 서서 컴퓨터 화면에 있는 커서를 원판 중앙 기준점에 일치시키도록 하였다. 5분간 예비훈련을 하고 안정감을 찾으면 60초간 균형유지능력을 측정하였다. 측정된 균형지수는 컴퓨터에 내장된 프로그램(KatWin 1.0b)에 의해서 자동적으로 계산된다. 균형지수는 총점, 우측, 좌측, 전측 및 후측으로 측정하였다.

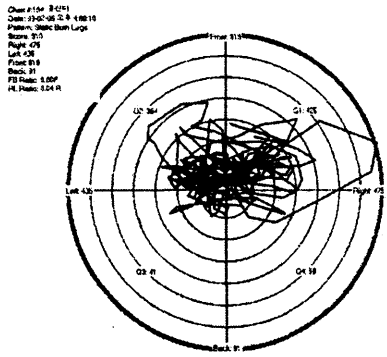

Fig 1. Balance index

4. 분석방법

측정된 결과를 부호화하여 SPSS/PC$^+$ 10.0(statistical package for the social sciences/personal computer)을 이용하여 통계 처리하였다. 훈련 전, Halliwick 10 PP 훈련 2주와 훈련 4주 후에 균형능력을 비교검증하기 위하여 반복측정을 위한 분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 사후검증은 Student-Newman- Keuls (SNK) 방법을 이용하였다. 통계학적 유의성 검증을 위한 유의수준은 α=0.05로 하였다.

III. 결 과

1. 균형지수 총 점수의 변화

Halliwick 10 PP이 균형지수에 미치는 영향을 알아보기 위하여 시간경과에 따른 유의성을 검토하고 실험집단과 통제집단간의 균형지수 변화를 비교하였다.

균형지수의 총 점수는 실험집단과 통제집단 모두에서 시간경과에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였으며($p<.01$), 사후검증 결과 실험집단과 통제집단 모두에서 훈련전과 훈련4주, 훈련2주와 훈련4주에서 통계적으로 유의하게 감소하였다(Table 1)(Fig. 2).

Table 1. Change of total score on Balance index

	Pre	Post 2 weeks	Post 4 weeks	p^1	p^2
Group I	1808.71±334.99[a]	1602.43±499.58[a]	1277.71±316.07[b]	0.851	0.004
Group II	1668.43±331.69[a]	1584.71±329.16[a]	1528.86±316.36[b]		

Value are give mean±SD(score)
[1] : Test of between subject effect
[2] : Test of between time effect
a, b : p<0.05 by SNK

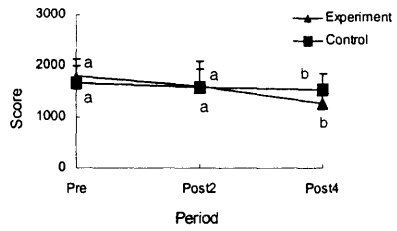

Fig. 2. Changes of total score of balance index
a, b : p<0.05 by SNK

2. 균형지수 좌·우측 점수의 변화

균형지수의 좌·우측 점수는 좌측 점수에서 실험집단과 통제집단 모두에서 시간경과에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였으며(F=4.574, p<.05), 사후검증 결과 실험집단과 통제집단 모두에서 훈련전과 훈련4주, 훈련2주와 훈련4주에서 통계적으로 유의하게 감소하였다. 그러나 균형지수 우측 점수는 시간경과에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 실험집단과 통제집단간에도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 2).

3. 균형지수 전·후측 점수의 변화

균형지수의 좌·우측 점수는 전측 점수에서 실험집단과 통제집단 모두에서 시간경과에 따라 통계적으로 유의하게 감소하였으며(F=7.817 p<.01), 사후검증 결과 실험집단과 통제집단 모두에서 훈련전과 훈련4주, 훈련2주와 훈련4주에서 통계적으로 유의하게 감소하였다. 그러나 균형지수 후측 점수는 시간경과에 따라 통계적으로 유의한 차이가 없었고, 실험집단과 통제집단간에도 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다(Table 3).

IV. 고 찰

자세조절은 근골격계와 신경계의 복잡한 상호작용에 의해 이루어진다(Shumway-ook 과 Woollacott, 2001). 균형은 기능적 활동을 위한 필수적인 요인이며(Berg, 1989), 공간에서 자세를 유지하거나 혹은 통

Table 2. Change of Right and left score on Balance index

	Pre	Post 2 weeks	Post 4 weeks	p^1	p^2
Right					
Group I	1214.00±492.79	1075.43±510.02	797.14±298.28	0.886	0.204
Group II	1115.29±469.02	1034.00±426.88	1013.86±452.57		
Left					
Group I	790.57±655.97[a]	669.14±573.81[ab]	480.57±263.39[bc]	0.551	0.021
Group II	938.86±460.07[a]	807.86±293.18[ab]	558.29±265.79[bc]		

Value are give mean±SD(score)
[1] : Test of between subject effect
[2] : Test of between time effect
a, b : $p<0.05$ by SNK

Table 3. Change of anterior and posterior score on Balance index

	Pre	Post 2weeks	Post 4weeks	p^1	p^2
Front					
Group I	1440.71±380.30[a]	1111.57±507.53[b]	745.71±249.69[b]	0.624	0.002
Group II	1284.14±546.03[a]	889.71±471.33[b]	862.86±469.60[b]		
Back					
Group I	536.00±276.02	633.57±498.33	532.00±250.29	0.738	0.131
Group II	655.86±547.44	766.57±494.81	480.43±341.14		

Value are give mean±SD(score)
[1] : Test of between subject effect
[2] : Test of between time effect
a, b : $p < 0.05$ by SNK

제되고 협응된 방법으로 움직일 때 꼭 필요하고(O'Sullivan과 Schmitz, 1994), 정상적인 균형조절을 위해서는 신체의 생역학적 측면인 근골격계의 지지작용과 협응운동을 포함한 운동기능과 감각기능의 통합적 작용이 필요하다(Horak, 1987). 관절 및 근육질환, 시각 및 전정기관 질환으로 균형 수행력에 영향을 미치는 요인에 장애가 생긴다면, 기

립위의 안정성 유지, 체중부하 조절 및 보행능력에 지장을 초래하며(장기언, 1994; Geurts 등, 1996), 낙상 발생률이 높아지고 독립적인 일상생활에 영향을 미치게 된다(Judge 등, 1993). 수중운동의 효과에 있어서 이영옥 등(1998)은 물의 부력을 이용하여 중력을 감소시킨 상태에서 관절의 가동성, 힘, 지구력을 증진시킨다고 하였고, 채정룡(1999)은 심폐기능을 유지하거나 향상시킨다고 하였다. 김태열 등(2000)은 Halliwick method는 관절역학적 반응을 촉진시키고 자세 안정성을 얻어내며, 다양한 수중 일상생활 동작 및 기능훈련을 통하여 기능장애를 개선시킬 수 있다고 하였다.

본 연구는 수중운동프로그램 중 Halliwick 10 PP을 1시간씩 주 3회, 4주간 20대 여성에 적용하여 훈련 전과 훈련 2주 그리고 훈련 4주 후에 균형조절 능력 변화를 반복측정하여 시간의 흐름에 따라 변화되는 양상을 보고자 하였다. 수온은 28℃, 수심은 가슴깊이로 하였는데 가슴 높이의 수심은 체중의 75%를 보조해 주므로 체중은 25%가 부과된다. 목 높이의 수심은 체중의 10%가 부과되며, 허리 높이의 수심은 체중의 50%가 부과된다. 수심의 깊고 낮음은 체중 부과와 밀접한 관련이 있어 너무 깊으면 높은 부력 때문에 몸이 가벼워져 신체의 중심을 잡기 어렵고, 반대로 너무 얕으면 높은 체중부과로 수중운동을 하는데 어려움을 겪게 되어 수중치료의 효과를 반감시킬 수 있어 본 연구에서는 흉추 11~12번째 높이로 정하여 훈련을 적용하였다.

본 연구 결과를 살펴보면, Halliwick 10 PP 전·후 KAT 2000을 이용하여 균형지수를 측정한 결과 전체 균형지수 점수, 좌측 점수, 전측 점수는 모두 시간경과에 따라 실험집단과 통제집단 모두에서 통계적으로 유의하게 감소하였으나, 실험집단과 통제집단 간에 통계적으로 유의한 차이가 없었다. 우측 점수와 후측 점수도 시간경과에 따라 감소하는 경향을 보였으나 통계적으로 유의하지는 않았고, 실험집단과 통제집단간에도 차이가 없었다. 총 점수는 그림 3에서와 같이 통제집단보다 실험집단에서 시간경과에 따른 직선 그래프의 방향이 아래로 내려가는 경향을 보여 균형지수가 낮아지는 것처럼 보이나 양군간에 차이는 없었는데, 이는 점수 측정 시 통제집단의 학습효과를 배제 할 수 없었던 것으로 사료된다.

Danneskiold-samsoe 등(1987)은 수중운동의 효과를 검증하기 위해 관절염 환자 8명과 정상인 8명을 대상으로 2개월 간, 주 2회, 45분씩의 수중운동을 실시한 후 이들의 근력, 관절증상 등을 비교한 결과 환자의 등장성 및 등척성 운동 시 근력이 운동 전보다 각각 38%($p<0.02$), 16%($p<0.05$) 증대되었다. 또한 수중운동을 할 때 관절증상도 나타나지 않았고, 수중운동으로 인한 부작용이 발견되지 않았다고 보고하였다. 이영옥 등(1998)은 43명의 여성 관절염 환자를 대상으로 11개월 간 수중운동을 실시해 운동 전, 운동 6주, 18주 후에 하지근력을 측정한 결과 하지근력이 통계적으로 유의하게 증가하였다고 보고하였다.

본 연구에서는 총 훈련기간을 4주간으

로 균형능력검사를 실시한 결과 균형지수는 시간경과에 따라 균형능력이 향상되었으나 실험집단과 통제집단간에 통계적으로 유의한 차이를 보이지 않았다.

따라서 본 연구에서는 훈련기간을 4주간으로 계획되었으나 이 기간은 균형지수를 높이는 등의 연구목적에 맞는 효과가 얻어지는 기간이 4주는 짧은 기간임을 추측하게 한다. 또한 실험집단의 크기도 크지 않아 이를 일반화하는 데는 어려움이 있을 것이다. 그리고 객관성이 높은 균형능력 검사 방법, 근력측정, 고유수용성 감각검사, 전정기관의 객관적인 검사를 추가적으로 이용하여 평가한다면 Halliwick 10 PP 훈련의 효과를 보다 정량적으로 증명할 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

본 연구는 Halliwick 10 point program이 균형조절능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 20대 여성 14명을 대상으로 훈련집단과 통제집단에 각각 7명씩 무작위 배정하여 훈련전, 훈련 2주 그리고 훈련 4주에 균형지수를 측정한 결과 Halliwick 10 PP 적용 전·후의 균형지수 총 점수는 실험집단과 통제집단 모두 시간경과에 따라 유의하게 감소하였으며, 균형지수 좌측 점수, 전측 점수는 실험집단과 통제집단 모두 시간경과에 따라 유의하게 감소하였으나 실험집단과 통제집단 간에는 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다($p>0.05$). 우측 점수와 후측 점수도 시간경과에 따라 감소하였으나 통계적으로 유의하지는 않았고 ($p>0.05$), 실험집단과 통제집단간에 차이는 없었다. 이상의 결과를 종합해 보면 Halliwick 10 PP을 이용한 수중치료의 단기간 적용이 통계적으로 유의하지는 않지만 통제군에 비하여 살험군의 균형능력을 향상시키는 것으로 나타나 지상이 아닌 물이라는 새로운 환경이 주는 다양한 이득이 균형훈련을 위한 치료 프로그램으로 새로운 가능성을 제시한 것으로 생각되며, 향후 Halliwick 10 PP의 균형조절 효과에 대한 지속적인 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

김종만, 이충휘 : 신경계물리치료학. 서울. 정담출판사. 174-180, 1997.

김태열, 김계엽, Lambeck J : 류마티스 관절염의 수중치료. 대한물리치료학회지. 12(3);407-414, 2000.

배성수, 김한수, 이현옥 : 인체의 운동. 서울. 현문사. 182-190, 1992.

서삼기, 김태열, 황태연 : Halliwick 10 point program therapy의 운동학습과정. 대한물리치료학회지. 14(1);159-167, 2002.

송주민 : 연령에 따른 시각과 청각이 균형수행력에 미치는 영향. 대한물리치료학회지. 6(1);75-84, 1994.

양희송, 이강우 : 만성 요통환자와 정상인의 균형반응 비교. 한국전문물리치료학회지. 9(2);1-17, 2002.

유양숙 : 수중운동 프로그램이 유방절제술 환자의 어깨관절 기능, 면역반응 및 정서 상태에 미치는 효과. 가톨릭대학교 대학원 박사학위논문. 1995.

이미선, 이충휘, 조상현 : 최대하 트레드밀 운동에 의한 피로가 신체 동요에 미치는 영향. 한국전문물리치료학회지. 7(2);35-54, 2000.

이영옥, 최명한, 김종임 : 수중운동이 관절염 환자의 하지근력, 관절각도 및 통증에 미치는 영향. 류마티스건강학회지. 5(2);222-237, 1998.

장기언 : 균형지수를 이용한 균형반응의 정량적 평가. 대한재활의학회지. 18(3);561-9, 1994.

조순자 : 수중운동이 뇌성마비 아동의 큰 운동 기능에 미친 효과. 단국대학교 대학원 석사학위논문. 1999.

채정룡 : 수영훈련이 여자중학생의 호흡기능에 미치는 영향. 대한스포츠의학회지. 17(2);235-249, 1999.

Berg K : Balance and its measure in the elderly: A review. Physiother Can. 41;240-246, 1989.

Byl NN, Sinnott P : Variations in balance and body sway in middle- aged adults: Subjects with low back dysfunction. Spine. 16(3);325-330, 1991.

Chandler JM, Ducan PW, Studenski SA : Balance performance on the postural stress test: Comparison of young adult, healthy elderly, and fallers. Phys Ther. 70(7);410-415, 1992.

Danneskiold-Samsoe B, Lyngberg K, Risum T et al. : The effect of water exercise therapy given to patients with rheumatoid arthritis. Scand J Rehab Med. 19(1);31-35, 1987.

Fitzpatrick R, McCloskey DI : Proprioceptive, visual and vestibular thresholds for the perception of sway during standing in humans. J Physiol. 478;173-180, 1993.

Geurts ACH, Ribbers GM, Knoop JA : Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. Arch Phys Med Rehabil. 77;639-644, 1996.

Horak FB : Clinical measurement of postural control in adult. Phys Ther. 67(12): 1881-1885, 1987.

Jaka JJ, Lackner JR : Fingertip contact influences human postural control. Exp Brain Res. 100;495-502, 1994.

Judge JO, Lindsey C, Underwood M : Balance improvement in older women: Effects of exercise training. Phys Ther. 73(4);254-262, 1993.

Lambeck J, Stanat FC : The halliwick concept. J Aquatic Phys Ther. 8(2);6-11, 2000.

Nardone A, Tarantola J, Galante M et al. : Time Course of stabilometric changes after a stremuous tread mill exercise. Arch Phys Med Rehabil. 79(8);920-924,

1998.

Nichols DS, Miller L, Colby LA, et al. : Sitting balance: Its relation to function in individuals with hemispheres. Arch Phys Med Rehabil. 77;865-869, 1996.

O'sullivan SB, Schmitz TJ : Physical rehabilitation: Assessment and treatment. The third. Philadelphia F.A Davis. p111-129, 1994.

Peterson C : Exercise in 94°F water for a patient with multiple sclerosis. Phys Ther. 81(4);1049-1058, 2001.

Shumway-cook A, Woollacott MH : Motor Control. Theory and Practical Applications. The second. New York: Lippincott Williams & Wilkins. p163-191, 2001.