



- 최석주, 윤세원¹
- 대구과학대학 물리치료과, ¹광주여자대학교 물리치료학과

The Effect of Aquatic Rotation Exercise on Balance Maintenance

Sug-Ju Choi, PT, PhD; Se-Won Yoon, PT, PhD¹

Department of Physical Therapy, Taegu Science College; ¹Department of Physical Therapy, Kwangju Women's University

Purpose: This study was designed to examine the effects of a Halliwick rotation program on improving balance.

Methods: Nine healthy females were randomly assigned to a Halliwick rotation program training as an aquatic group (n=9, age=22.5±1.3 years) or to a control group. The aquatic group trained using a Halliwick rotation program (3 times/week, 30 min/day) for 6 weeks. Balance was measured according to stance position: Hard Plate Open Eyes (HOE), Hard Plate Close Eyes (HCE), Soft Plate Open Eyes (SOE) and Soft Plate Close Eyes (SCE). This was done before the training and 3 and 6 weeks after the training. The data were analyzed with the SPSS Win 12.0 program using repeated measure ANOVA.

Results: There were significant training-induced differences in SOE and POE (p<0.05), and in SCE and PCE (p<0.05) by Toe pad. There were significant training-induced differences in SOE and POE (p<0.05) by Heel pad after the aquatic rotation exercise program.

Conclusion: The Halliwick rotation program can improve balance.

Keywords: Aquatic rotation exercise, Balance, Hard plate, Soft plate

논문접수일: 2009년 10월 23일

수정접수일: 2009년 12월 17일

게재승인일: 2009년 12월 21일

교신저자: 윤세원, 2000@hanmail.net

1. 서론

Cohen 등¹은 일상생활의 모든 동작수행에 중요한 영향을 주며, 신체를 평형상태로 유지시키는 능력이라고 하였다. 신체의 균형을 적절히 유지하기 위해서는 환경에 대한 정확한 인식과 이에 대한 올바른 대응 전략이 필요하다.² 균형감각의 유지는 다중감각, 운동, 생역학적 요소 등의 조화로운 활동에 의한 복잡한 과정으로 체성감각계(somatosensory system), 시각계(visual system), 전정계(vestibular system)로부터의 구심성 정보가 뇌 중추에서 통합, 조절되고, 사지 운동의 반사적 조절에 의하여 균형을 유지하게 된다.³ 균형감각은 신경계와 근·골격계의 연합을 통해서 자세를 유지시키는 매우 복잡한 감각으로 알려져 있다.⁴

균형능력의 상실은 중추신경계의 손상, 또는 근 골격계가 비정상적일 때 유발될 수 있으며 시각, 고유수용성 감각, 전정계에 문제를 일으킬 수 있다. 이러한 균형능력의 상실은 재활과 치료적인 상황에서 문제점이 야기되고, 더 나아가 일상생활에 큰 영향을 주게 된다.⁵ 신체의 균형이 소실되었을 때 나타날 수 있는 대표적인 문제점은 낙상이며, 이것은 추락에 의해 넘어지거나 떨어져서 손상을 입는 것을 의미한다.⁶ 노인에게 있어 낙상은 심각한 건강위협 요인으로써 국내외적으로 노인낙상문제에 대한 심각성이 증대되고 있다.⁷

낙상은 어떠한 연령층에서도 흔히 발생하는 현상이지만 노인층에서는 균형상실로 인해 많이 발생되고⁸ 노인의 낙상과 관련된 동작을 수중운동을 통하여 지상에서 보다 안전하게 실시

할 수 있는 장점이 있어 최근 몇 년 사이에 일부 병원 및 관련 기관에서 수중 운동이 점차 증가되는 추세를 보이고 있다. 또한 수중운동(aquatic exercise)은 물이라는 환경에서 행하여지는 운동으로 지상에서 얻을 수 없는 안정성과 함께 운동효과를 제공하는 특징을 갖고 있다.⁹

수중운동의 장점을 통해 수중에서는 개방성 운동(open kinetic chain exercise)과 닫힌 운동(close kinetic chain exercise)을 지상보다 수월하게 적용할 수 있으며, 회전운동을 통해 다양한 자세를 유지할 수 있다.¹⁰⁻¹⁴

특히 수중에서 하는 회전운동은 전정계에 영향을 주는 자세로써 수중에서 적용하는 운동치료가 전정계 기능강화나 균형능력, 자세조절에 영향을 미친다.

수중에서 신체의 균형은 중력과 부력에 의해 영향을 받으며 두 힘 사이에는 수중 중심효과의 원칙이 적용된다. 두 개의 힘이 수직평면상에서 작용될 때 두 힘은 같은 크기이고 동일한 직선상에 있게 되면 회전이 유발되지 않는 정적인 상태가 된다. 그러나 한쪽의 힘이 더 강해진다면 수직평면상에서 움직임이 일어난다. 따라서 두 힘이 동일선상에 존재하지 않으면 두 힘은 회전효과를 만든다. 회전은 생리학적인 원칙에 부합한 수중 중심효과라고 할 수 있다. 이러한 수중 중심원리는 수중에서 균형조절과 밀접한 연관성을 가지고 있다.¹⁵ 또한 수중 운동에 대한 유체역학 및 감각운동학습 이론에 대한 학문적 연구나 이를 바탕으로 한 체계적인 임상적용이 많이 부족한 실정이다.¹⁰

따라서 Halliwick program중 시상회전조절(sagittal rotation control), 종축회전조절(longitudinal rotation control), 수평회전조절(transverse rotation control)의 프로그램을 통한 전정기관의 자극이 20대 정상 여성의 균형능력에 미치는 영향을 알아보고 물리치료 시 자세조절이나 낙상 예방훈련에 임상적인 자료를 제공하고자 한다.

II. 연구방법

1. 연구대상

본 연구는 2009년 6월 22일부터 7월 30일까지 광주광역시 광산구 소재 실내수영장에서 K대학교 재학 중인 20대 여성 9명을 대상으로 하였다.

본 연구의 목적을 설명하고 동의한 학생들을 대상으로 하였으며, 자세조절이나 보행과 관련된 근골격계 장애가 없고 선정기준에 충족하는 대상으로 선정하였다. 대상자의 선정기준은 전정기관 장애, 신경-근골격계 장애 및 피부염이 없고 심폐기능에 이상이 없으며, 최근 6개월 동안 수중운동을 하지 않는 대상자를 선정하였다.

대상자의 일반적 특성은 Table 1에 제시하였다.

Table 1. General characteristics of subject (n=9)

	Age (yrs)	Height (cm)	Weight (kg)
Aquatic exercise group	22.55±1.33	163.40±4.97	55.88±6.82
Mean±SD			

2. 실험방법

본 연구는 수중에서 Halliwick program중 회전조절이 균형능력에 미치는 영향을 알아보기 위하여 20대의 정상인 여성 9명을 대상으로 수중회전조절운동을 실시하여 실험 전, 후 측정을 하였다. 수중 프로그램을 6주간 주 3회, 1일 30분간 시행하였으며, 수중 프로그램을 하기 전 물에 적응하는 단계로 1주 동안 적응훈련을 하였으며, 적응훈련은 물에서의 호흡법과 Halliwick program에 대한 사전교육을 실시하였다. 물의 온도는 29°C로 실내온도는 30°C로 유지되었으며, 물의 깊이는 150 cm, 세로 25 M, 가로 13 M의 실내수영장에서 프로그램을 진행하였다.

3. 측정도구 및 방법

1) 측정도구

자세 조절 검사 장비인 Tetrax Portable Multiple System (Tetrax Ltd, Ramat Gan, 이스라엘)의 독립적인 4개의 지면반력 장치인 힘판(force plate)을 사용하였다.

흔들림을 유발하기 위하여 평류전정자극기(ENDOMED 581, Enraf-Nonius, 네덜란드)를 사용하였다.

2) 측정방법

Tetrax Portable Multiple System 로 두 개의 압력 변환기가 발 앞쪽과 뒤꿈치의 수직 압력에 대한 정보를 각각 측정하였으며, 주로 무게 중심점(center of gravity)이나 압력중심점(center of pressure, COP)의 변화를 측정하여 자세 동요 지수(postural sway)를 산출하여 좌측과 우측 하지에서 체중의 평균치를 측정하였다.¹⁶

Tetrax에서 제시되는 체중분포지수는 한 개의 힘판에 체중의 25%가 주어지면 가장 체중을 잘 분포시킨 것이라는 개념으로 계산한 것이다. A 힘판에서 (25-1번 데이터)²+(25-2번 데이터)²+(25-3번 데이터)²+_____+(25-1024번 데이터)², B, C, D 포스 플레이트에서도 같은 것을 계산해서 A+B+C+D 한 것을 4092로 나눈 값의 제곱근을 구하였다.

평류전정자극은 3*5 cm의 일회용 자가-접착식 표면 전극(Enraf Nonius, 네덜란드)으로 위상 기간 1.000 ms, 위상 간격 4.000 ms, 순환주기 25.1%, 단상 직사각파형, 자극 강도

는 개인에 따라 설정하고 자극 시간은 32초의 조건으로 측두골 유양돌기부의 우측 음극, 좌측 양극을 배치 자극하였다.¹⁷

4. 훈련방법

본 연구에서 수중 프로그램은 Halliwick program중 시상회전조절(sagittal rotation control), 중축회전조절(longitudinal rotation control), 수평회전조절(transverse rotation control) 프로그램을 각 10분씩 총 30분을 모든 대상자들에게 동일하게 적용하였다.

1) 적응기간 훈련

훈련 첫 주 동안은 물에 대한 공포심을 없애고 이 기간 동안 환자는 물속에서 서있는 자세로 자세유지와 동작의 조절을 배우게 된다. 물속에서 숨 오래참기, 코로 호흡하기, 등을 통해 조절된 숨쉬기를 실시하였다.

2) 시상 회전 조절 훈련

머리를 밀면서 방향의 변화를 주어 원을 그리며 움직인다.

3) 중축 회전 조절 훈련

신체의 중심선(longitudinal axis)을 중심으로 회전을 조절하는 것으로 양와위 자세에서 양 어깨 모든 방향으로 360° 회전이 가능하도록 하였으며, 치료사는 환자 옆에 서서 환자를 양와위 자세를 취하게 한 후, 환자의 얼굴을 보면서 골반능을 잡고 치료를 향해서 기포를 만들며 회전을 한 후, 다시 양와위 자세로 취한다. 환자는 팔을 체간 멀리 가로지른 후, 다리를 교차한 후 머리, 팔 그리고 다리를 결합하여 기포를 만들어 내며 회전한 후, 다시 양와위 자세를 취한다.

4) 수평 회전 조절 훈련

좌우 골반을 일직선으로 관통하는 축을 중심으로 일어나는 회전을 조절하는 것으로 기마 자세에서 천천히 바로 누운 자세가 되고 바로 누운 자세에서 천천히 일어나 기마 자세로 돌아가는 동작을 훈련시킨다. 치료사는 환자 뒤에서 골반능을 잡고 환자는 손과 머리를 앞쪽으로 향하면서 치료사 팔에 기마자세로 앉는다. 환자는 천천히 체간을 숙이며 엉덩이를 올린 후, 귀와 팔을 물속에 담근다. 수영장 바닥에 유지되고 있던 환자의 다리를 치료사가 들어 올려서 회전을 시킨 후, 다시 양와위 자세를 취한다.

5. 자료분석

본 연구는 측정된 자료를 SPSS version 12.0을 이용하여 통계처리하였다. 실험군의 전·후 설계로 반복측정분산분석(repeated measure ANOVA)을 실시하였으며, 모든 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준은 0.05로 하였다.

III. 결과

1. 시각 차단하기 전, 안정성발판의 오른쪽 전족부와 불안정발판의 왼쪽 전족부 비교

시각 차단하기 전, 안정성발판의 오른쪽 전족부의 평균±표준편차는 실험 전 24.28±3.95와 실험 후 24.79±4.93으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시각 차단하기 전, 불안정발판의 왼쪽 전족부의 평균±표준편차는 실험 전 26.16±5.05이었고 실험 후 26.25±3.98로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 불안정한 왼쪽 전족부와 오른쪽 전족부 발판에 대해 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 또한, 시각에 따른 발판에 대해서도 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$)(Figure 1).

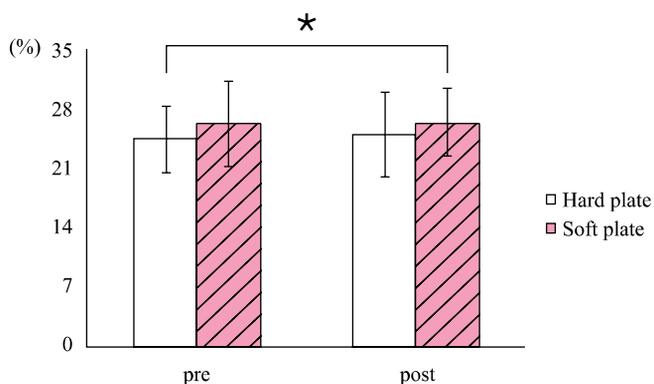


Figure 1. Comparison of hard plate of right toe and soft plate left toe on eye open.

2. 시각 차단 후, 안정성발판의 오른쪽 전족부와 불안정발판의 왼쪽 전족부 비교

시각을 차단한 후, 안정성발판의 오른쪽 전족부의 평균±표준편차는 실험 전 23.74±4.89이었고 실험 후 25.33±5.16으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 불안정발판의 왼쪽 전족부의 평균±표준편차는 실험 전 26.63±3.87이었고 실험 후 25.78±3.14로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시각 차단한 후, 불안정한 왼쪽 전족부와 오른쪽 전족부 발판에 대해 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$). 또한, 시각에 따른 발판에 대해서도 유의한 차이가 나타났다($p<0.05$)(Figure 2).

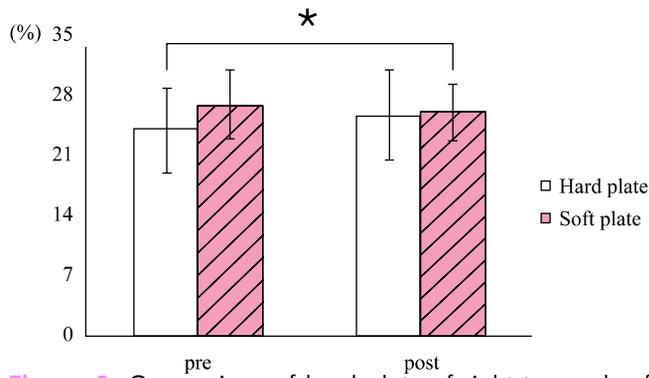


Figure 2. Comparison of hard plate of right toe and soft plate left toe on eye close.

3. 시각 차단 전, 발판에 따른 오른쪽·왼쪽 후족부 비교

시각 차단하기 전, 안정성발판의 오른쪽 후족부의 평균±표준편차는 실험 전 28.54±3.94이었고 실험 후 26.08±4.43으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 불안정발판의 왼쪽 후족부의 평균±표준편차는 실험 전 23.07±5.79이었고 실험 후 21.16±5.10으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시각 차단하기 전, 불안정한 왼쪽 후족부와 오른쪽 후족부 발판에 대해 유의한 차이가 나타났(p<0.05)(Figure 3).

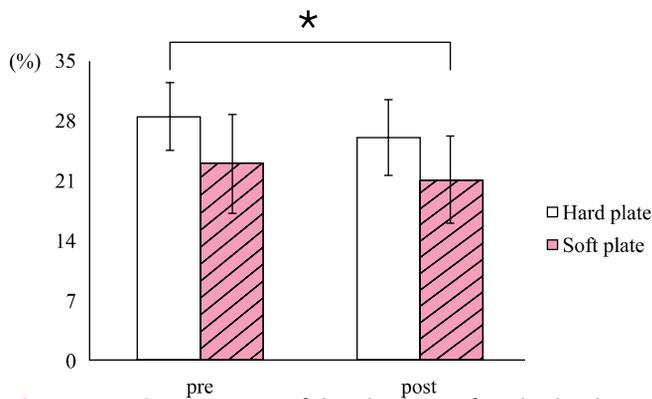


Figure 3. Comparison of hard plate of right heel and soft plate left heel on eye open.

4. 시각 차단 후, 안정성발판의 오른쪽 후족부와 불안정발판의 왼쪽 후족부 비교

시각을 차단한 후, 안정성발판의 오른쪽 후족부의 평균±표준편차는 실험 전 28.29±4.40이었고 실험 후 26.05±4.53으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 불안정발판의 왼쪽 후족부의 평균±표준편차는 실험 전 21.74±4.74이었고 실험 후 20.50±3.66으로 유의한 차이가 나타나지 않았다. 시각 차단하기 전, 불안정한 왼쪽 후족부와 오른쪽 후족부 발판에 대해 유의한 차이가 나타났(p<0.05)(Figure 4).

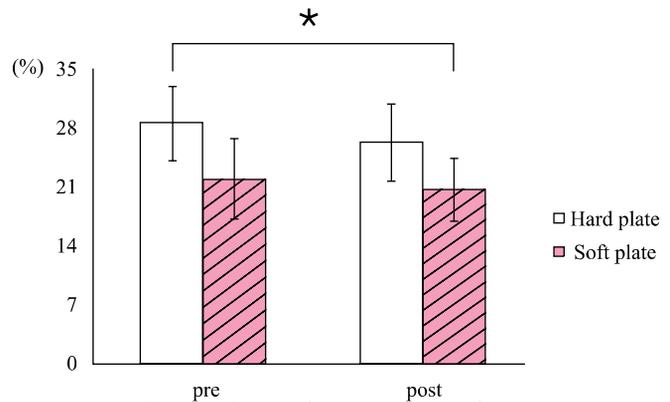


Figure 4. Comparison of hard plate of right heel and soft plate left heel on eye close.

IV. 고찰

균형은 공간에서 자세를 유지하거나 혹은 통제되고 협응된 방법으로 움직임을 나타낼 때 필요하며, 균형(balance)은 일상생활의 모든 동작수행에 중요한 영향을 주며 신체를 평형상태로 유지시키는 능력이다.¹⁸

자세조절을 하기 위해 전정계는 신체의 균형감각을 유지하는데 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있다.¹⁹

균형은 크게 정적균형과 동적균형으로 나눌 수 있다. 정적균형은 자세유지를 할 때 균형을 유지하는 능력을 말하는 것으로 지지기저면 내에 중력중심을 두어 신체가 움직이지 않게 자세를 유지하는 능력이다.²⁰ 동적균형은 신체가 움직일 때 균형을 유지하는 것으로 신체가 움직이는 동안 중력중심을 지지기저면 내에 두어 원하는 자세를 유지하는 능력이다.²¹ 따라서 정상적인 균형조절을 위해서는 신체의 생역학적 측면인 근골격계의 지지작용과 협응운동을 포함한 운동기능, 감각기능의 통합적 작용이 필요하다. Bae 등²²은 노인을 관리함에 있어 노인의 자세유지의 중요성을 인식시키고 노인을 위한 운동프로그램에 고유수용운동프로그램의 중요성을 제시하였다.

또한 수중에서 적용하는 회전조절에 의한 자세변화가 전정계에 영향을 주는 것으로 알려져 있으며 이러한 움직임은 지상과 다른 형태로 나타나게 되는데, 이는 물의 유체역학적 특성으로 인해 움직임이 일어날 때 부상의 위험이 적어진다.¹⁰

Halliwick Method는 환자에게 수중에서 스스로의 균형유지를 가르치는 것을 목적으로 정신-감각-운동학습단계(psychosensory-mootr learning sequence)로 크게 3단계로 나뉘며 10가지 프로그램으로 구성된다.

본 연구에서는 정상 20대 여성을 대상으로 전정계 자극을 주는 훈련 방법인 Halliwick program 중 회전조절운동을 적용하여 균형능력에 미치는 영향을 알아보고자 하였다.

Song 등²³은 연령에 따른 시각과 청각이 균형 수행력에 미치는 영향을 연구한 결과, 눈을 뜬 상태와 눈을 감은 상태에서 유의한 차이가 있다고 하였다. Kwon과 Choi²⁴도 시각을 차단했을 때 균형지수가 유의하게 증가하였다고 하였으며, 이를 통해 시각은 균형조절에 중요한 매개체로 작용한다는 것을 알 수 있었다.

또한 시각 차단한 후, 발판에 따른 실험 전·후는 유의한 변화를 보였으며, 이는 위의 선행연구와 같은 결과를 얻을 수 있었고, 시각 차단한 후, 불안정한 발판일 때에도 유의한 변화를 보였다. 이를 통해 Halliwick program 중 회전조절운동이 시각에 따른 안정성에 영향을 주는 것으로 나타났다.

Simmo와 Hansen²⁵은 80세 이상 노인을 대상으로 5주 동안 수중운동과 지상운동을 훈련한 후 비교한 결과, 수중에서 운동을 실시한 그룹은 매주 지속적으로 균형능력이 향상되는 결과를 보고하였다. Kim 등²⁶은 여성노인의 보행은 발목관절의 저측굴곡근과 배측굴곡근 사이의 협응력이 중요하다고 보고하였으며, 균형능력은 고유수용성운동뿐만 아니라 발목관절의 근력과도 밀접한 상관성이 있다고 보고하였다. 본 연구에서도 수중회전조절운동이 발판의 변화에 따른 전족부와 후족부의 유의한 변화를 나타내어 위의 발목관절의 협응력이 중요하다고 보고한 결과와 같이 나타났다.

따라서 본 연구에서도 Halliwick program 중 회전조절운동을 실시한 후에 양쪽 전·후족부에서 유의한 차이가 나타난 것을 통해 Halliwick 회전조절프로그램이 앞정강근과 넙치근의 활성화에 영향을 미치는 것으로 나타났다.

V. 결론

본 연구는 수중에서 적용되는 Halliwick program 중 회전조절운동이 균형능력에 미치는 영향을 알아보았으며, 그 결과 회전조절운동 후 시각을 차단한 후와 불안정한 면일수록 균형능력 향상에 영향을 미치는 것을 알 수 있었다. 물이라는 새로운 환경의 경험을 통하여 수중회전조절운동은 유용한 치료프로그램이 될 것이라고 생각되며, 향후 환자들의 기능향상에 활용할 수 있을 것으로 생각된다.

Author Contributions

Research design: Yoon SW

Acquisition of data: Yoon SW

Analysis and interpretation of data: Yoon SW, Choi SJ

Drafting of the manuscript: Choi SJ

Research supervision: Yoon SW

Acknowledgements

본 연구는 2009년도 대구과학대학 교육역량강화사업단의 지원을 받아 수행된 연구임

참고문헌

1. Cohen H, Blatchly CA, Gombash LL. A study of the clinical test of sensory interaction and balance. *Phys Ther.* 1993; 73(6):346-51.
2. Runge CF, Shupent CL, Horack FB. Ankle and hip postural strategies defined by joint torques. *Gait and posture.* 1999; 10(2):161-70.
3. Pollock AS, Durward BR, Rowe PJ et al. What is balance? *Clin Rehabil.* 2000;14(4):402-6.
4. Carr JH, Shepherd RB. *Stroke rehabilitation: guidelines for exercise and training to optimize motor skill.* London, Butterworth-Heinemann, 2003.
5. Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA et al. Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77(7):639-44.
6. Means KM, Rodell DE, O'sullivan PS et al. Rehabilitation of elderly fallers: pilot study of a low to moderate intensity exercise program. *Arch Phys Med Rehabil.* 1996;77:1030-6.
7. Choi JH, Yoo IY. Effects of tai chi self-help program on functional status of knee joint, fatigue, fear of falling for elderly woman patients with knee osteoarthritis. *Journal of the Korean Gerontological Society.* 2007;27(4):913-27.
8. Cho MS, Park RJ. Prevention of falls in the elderly: A review of exercise interventions. *J Kor Soc Phys Ther.* 2003;15(2): 157-67.
9. Park RJ, Kim SS, Kim YG et al. The Effects of Aqua-Exercise on the balance of one leg stance in the Elderly Women. *J Kor Soc Phys Ther.* 2002;14(1):89-98.
10. Seo SK, Kim TY, Hwang TY. Motor learning process of halliwick 10 point program. *J Kor Soc Phys Ther.* 2002; 14(1):159-68.
11. Cole AJ, Becker BE. *Comprehensive aquatic therapy.* 2nd. Philadelphia, Elsevier Health Sciences, 2004.
12. Green J, McKenna F, Fedfern EJ et al. Home exercises are as effective as outpatient hydrotherapy for osteoarthritis of the hip. *Br J Rheumatol.* 1993;32(9):812-5.
13. Geystenbeek J. Evidence for effective hydrotherapy. *Physiotherapy.* 2002;88(9):514-29.
14. Hinman RS, Heywood SE, Day AR. *Aquatic Physical therapy*

- for hip and knee osteoarthritis: results of a single-blind randomized controlled trial. *Phys Ther.* 2007;87(1):32-43.
15. Bates A, Hanson N. *Aquatic exercise therapy*. Philadelphia, PA: WB Saunders, 1996.
 16. Laufer Y. The effect of walking aids on balance and weight-bearing patterns of patients with hemiparesis in various stance positions. *Phys Ther.* 2003;83(2):112-22.
 17. Watson SR, Colebatch JG. EMG responses in the soleus muscles evoked by unipolar galvanic vestibular stimulation. *Electroencephalogr Clin Neurophysiol.* 1997;105(6):476-83.
 18. Schulmann DL, Godfrey B, Fisher AG. Effect of eye movements on dynamic equilibrium. *Phys Ther.* 1987;67(7):1054-9.
 19. Wilson VJ, Jones GM. *Mammalian vestibular physiology*. New York, Plenum Press, 1979.
 20. Woollacott MH, Tang PF. Balance control during walking in the older adult: Research and Its Implications. *Phys Ther.* 1997;77(6):646-60.
 21. Duncan PW, Studenski S, Chandler J et al. Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing. *Phys Ther.* 1990;70(2):88-96.
 22. Bae YS, Um KM, Kim NS. The effect of proprioceptive exercise of ankle joint on postural alignment in woman elderly person. *J Kor Soc Phys Ther.* 2009;21(3):53-9.
 23. Song JM, Park RJ, Kim JS. The effect of vision and audition on balance performance according to age. *J Kor Soc Phys Ther.* 1994;6(1):75-84.
 24. Kwon OY, Choi HS. Evaluation of the balance ability for 20 to 29 years old on the unstable platform. *Journal of the Korean Academy of University Trained Physical Therapists.* 1996;3(3):1-11.
 25. Simmons V, Hanssen PD. Effectiveness of water on postural mobility in the well elderly: an experimental study on balance enhancement. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1996;51(5):233-8.
 26. Kim K, Seo SK, Yoon HJ et al. Correlations between muscle strength of the ankle and balance and walking in the elderly. *J Kor Soc Phys Ther.* 2008;20(1):33-40.