

ABSTRACT

The Effects of Balance Ability and Vestibular Function by a Aquatic Rotation Control Program on Normal Adults

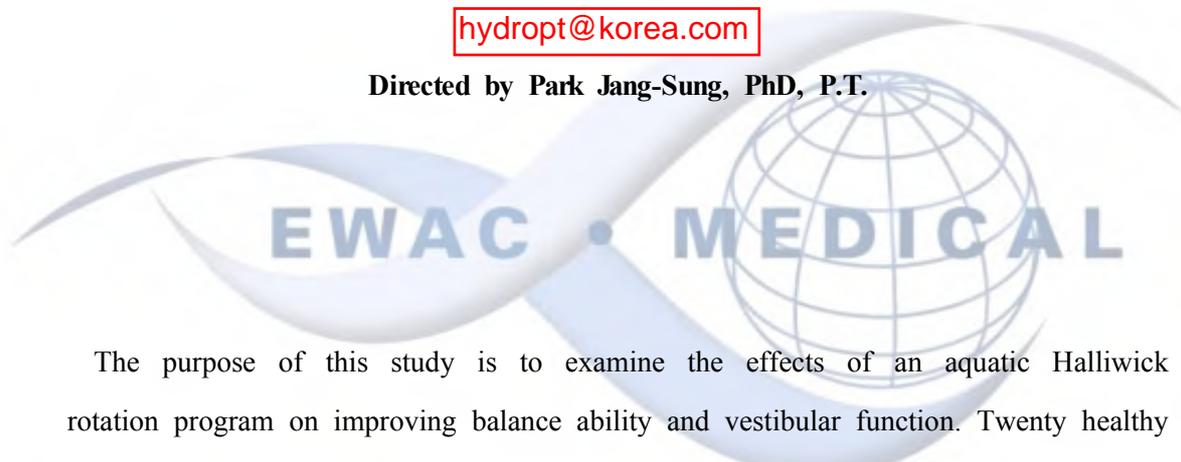
Seo Sam-Ki

Department of Physical Therapy

Graduate School of Seonam University

hydropt@korea.com

Directed by Park Jang-Sung, PhD, P.T.



The purpose of this study is to examine the effects of an aquatic Halliwick rotation program on improving balance ability and vestibular function. Twenty healthy adults participated and were randomly assigned to a control group (n=10) without training or aquatic group (n=10) with a Halliwick rotation program training. The aquatic group trained using a Halliwick rotation program through 3 times per week over 6 weeks. Balance and vestibular function were assessed by center of pressure (CoP), the change of surface electromyography root mean square (RMS) on leg muscles and the change of electrooculogram (EOG) according to stance position at 0, 3 and 6 weeks after training. The following results were obtained.

1. In the physical tests, the changes on one leg stance, tandem Romberg stance and tandem Romberg stance with neck extension were tested. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .01$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control

group.

2. In CoP, the changes in unit path length and circumference area according to 3 stance positions were evaluated. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .05$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control group.

3. In CoP test, the changes in RMS according to 3 stance positions was assessed. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .01$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compare with the control group.

4. In the result of EOG, the changes in vertical EOG and horizontal EOG according to active head rotation were calculated. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control group.

The above results indicated that 6 weeks Halliwick rotation program training demonstrated positive effects on vestibular function and supports in balance ability postural control.

Therefore, an aquatic Halliwick rotation program training could be applicable in physical therapy interventions that can improve balance and postural control.

Key words: Halliwick rotation program, Center of pressure, Surface electromyography root mean square, Electrooculogram, Balance ability, Vestibular function.

博士學位論文

수중회전조절 프로그램이
정상성인의 균형능력과 전정기능에
미치는 영향



徐 三 琪

We get you moving

指導教授 朴 長 成

2009年 8月

博士學位論文

수중회전조절 프로그램이
정상성인의 균형능력과 전정기능에
미치는 영향



徐 三 琪

We get you moving

指導教授 朴 長 成

2009年 8月

수중회전조절 프로그램이 정상성인의 균형능력과 전정기능에 미치는 영향

西南大學校 大學院
物理治療學科

徐 三 琪

EWAC • MEDICAL

上記者의 保健學博士 學位論文을 認准함

	所 屬	姓 名
審査委員長	서남대학교	김 종 만 ①
審 查 委 員	남부대학교	김 용 남 ①
審 查 委 員	대불대학교	박 승 규 ①
審 查 委 員	서남대학교	이 석 재 ①
審 查 委 員	서남대학교	박 장 성 ①

2009年 8月

목 차

표목차	iii
그림목차	v
Abstract	vii
1 서론	1
1.1 연구의 필요성	1
1.2 연구의 목적	4
1.3 연구의 가설	5
1.4 이론적 배경	6
2 연구방법	12
2.1 연구대상	12
2.2 연구설계	13
2.3 훈련방법	14
2.4 측정방법	15
2.5 분석방법	21
3 결과	22
3.1 기능평가 항목의 변화	22
3.2 균형능력 측정 항목의 변화	28
3.3 하퇴근의 RMS 변화	40
3.4 안전위의 변화	46
4 고찰	50

5 결론	55
참고문헌	57
국문초록	63
부록	65
감사의 글	69



We get you moving

List of Tables

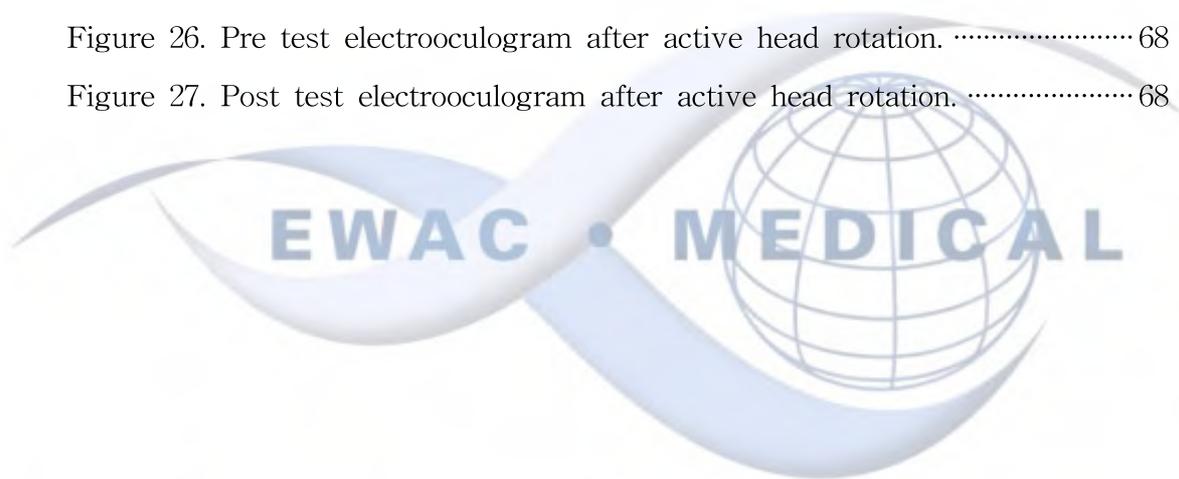
Table 1. General characteristics in the aquatic and control groups	12
Table 2. Halliwick 10 point program	14
Table 3. The changes of one leg stance on functional assessment	22
Table 4. The result of repeated measures ANOVA on one leg stance in each group	23
Table 5. The changes of tandem Romberg stance on functional assessment	24
Table 6. The result of repeated measures ANOVA on tandem Romberg stance in each group	25
Table 7. The changes of tandem Romberg stance with neck extension on functional assessment	26
Table 8. The result of repeated measures ANOVA on neck extension tandem Romberg stance in each group	27
Table 9. The changes of unit path length on one leg stance	28
Table 10. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with one leg stance in each group	29
Table 11. The changes of unit path length on tandem Romberg stance	30
Table 12. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with tandem Romberg stance in each group	31
Table 13. The changes of unit path length on tandem Romberg stance with neck extension	32
Table 14. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with neck extension tandem Romberg stance in each group	33
Table 15. The changes of circumference area on one leg stance	34
Table 16. The result of repeated measures ANOVA on circumference area one leg stance in each group	35

Table 17. The changes of circumference area on tandem Romberg stance	36
Table 18. The result of repeated measures ANOVA on circumference area tandem Romberg stance in each group	37
Table 19. The changes of circumference area on tandem Romberg stance with neck extension	38
Table 20. The result of repeated measures ANOVA on circumference area tandem Romberg stance with neck extension in each group	39
Table 21. The changes of RMS on one leg stance	40
Table 22. The result of repeated measures ANOVA on RMS one leg stance in each group	41
Table 23. The changes of RMS on tandem Romberg stance	42
Table 24. The result of repeated measures ANOVA on RMS tandem Romberg stance in each group	43
Table 25. The changes of RMS on tandem Romberg stance with neck extension	44
Table 26. The result of repeated measures ANOVA on RMS tandem Romberg stance with neck extension in each group	45
Table 27. The changes of vertical electrooculogram	46
Table 28. The result of repeated measures ANOVA on vertical electrooculogram in each group	47
Table 29. The changes of horizontal electrooculogram	48
Table 30. The result of repeated measures ANOVA on horizontal electrooculogram in each group	49

List of Figures

Figure 1. Diagram of experiment procedure.	13
Figure 2. Active balancer system.	16
Figure 3. Active head rotation.	18
Figure 4. Electrode placement for the electrooculogram.	18
Figure 5. Acquisition of surface electromyography root mean square.	20
Figure 6. The changes of one leg stance on functional assessment.	23
Figure 7. The changes of tandem Romberg stance on functional assessment. ...	25
Figure 8. The changes of tandem Romberg stance with neck extension on functional assessment.	27
Figure 9. The changes of unit path length on one leg stance.	29
Figure 10. The changes of unit path length on tandem Romberg stance.	31
Figure 11. The changes of unit path length on tandem Romberg stance with neck extension.	33
Figure 12. The changes of circumference area on one leg stance.	35
Figure 13. The changes of circumference area on tandem Romberg stance. ...	37
Figure 14. The changes of circumference area on tandem Romberg stance with neck extension.	39
Figure 15. The changes of vertical electrooculogram.	41
Figure 16. The changes of horizontal electrooculogram.	43
Figure 17. The changes of RMS on one leg stance.	45
Figure 18. The changes of RMS on tandem Romberg stance.	47
Figure 19. The changes of RMS on tandem Romberg stance with neck extension.	49
Figure 20. The change of CoP on one leg stance to aquatic group pre test. ...	65
Figure 21. The change of CoP on one leg stance to aquatic group post 6	

weeks test.	65
Figure 22. The change of CoP on tandem Romberg stance to aquatic group pre test.	66
Figure 23. The change of CoP on tandem Romberg stance to aquatic group post 6 weeks test.	66
Figure 24. The change of CoP on tandem Romberg stance with neck extension to aquatic group pre test.	67
Figure 25. The change of CoP on tandem Romberg stance with neck extension to aquatic group post 6 weeks test.	67
Figure 26. Pre test electrooculogram after active head rotation.	68
Figure 27. Post test electrooculogram after active head rotation.	68



We get you moving

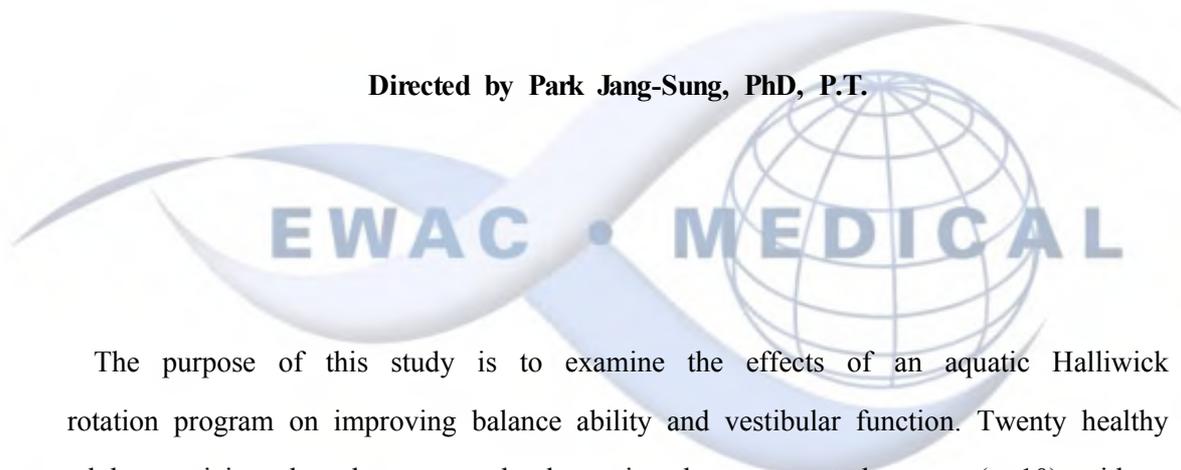
ABSTRACT

The Effects of Balance Ability and Vestibular Function by a Aquatic Rotation Control Program on Normal Adults

Seo Sam-Ki

Department of Physical Therapy
Graduate School of Seonam University

Directed by Park Jang-Sung, PhD, P.T.



The purpose of this study is to examine the effects of an aquatic Halliwick rotation program on improving balance ability and vestibular function. Twenty healthy adults participated and were randomly assigned to a control group (n=10) without training or aquatic group (n=10) with a Halliwick rotation program training. The aquatic group trained using a Halliwick rotation program through 3 times per week over 6 weeks. Balance and vestibular function were assessed by center of pressure (CoP), the change of surface electromyography root mean square (RMS) on leg muscles and the change of electrooculogram (EOG) according to stance position at 0, 3 and 6 weeks after training. The following results were obtained.

1. In the physical tests, the changes on one leg stance, tandem Romberg stance and tandem Romberg stance with neck extension were tested. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .01$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control

group.

2. In CoP, the changes in unit path length and circumference area according to 3 stance positions were evaluated. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .05$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control group.

3. In CoP test, the changes in RMS according to 3 stance positions was assessed. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$, $p < .01$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compare with the control group.

4. In the result of EOG, the changes in vertical EOG and horizontal EOG according to active head rotation were calculated. There was significant interaction in each group in accordance with the experiment time ($p < .001$). The aquatic group showed the most decreasing pattern compared with the control group.

The above results indicated that 6 weeks Halliwick rotation program training demonstrated positive effects on vestibular function and supports in balance ability postural control.

Therefore, an aquatic Halliwick rotation program training could be applicable in physical therapy interventions that can improve balance and postural control.

Key words: Halliwick rotation program, Center of pressure, Surface electromyography root mean square, Electrooculogram, Balance ability, Vestibular function.

1 서론

1.1 연구의 필요성

인체는 균형 감각을 유지하기 위해서 전정계와 시각, 고유수용 감각이 상호작용을 하고 있으며, 각 감각기관을 통해 유입되는 정보를 중추신경계에서 통합 조절하여 균형을 유지하게 된다. 또한 이러한 균형 감각은 신경계와 근·골격계가 서로 연합하여 다양한 기능요소를 통해 자세유지를 하는 매우 복잡한 인체의 기능으로 알려져 있다(Carr와 Shepherd, 2003). 하지만 균형 감각은 인간의 의식 중에서 가장 작은 요소로 인식하고 있으며, 결국 균형이 최대로 위협받는 상황이 되어야 인식하게 된다(Latash, 1998). 따라서 균형능력의 상실은 전정계와 시각, 고유수용 감각이 문제점을 갖게 되거나 중추신경계의 손상, 근·골격계의 문제점을 통해 유발되는 것이다. 이러한 균형능력의 상실은 치료적 중재나 재활에 문제점을 일으키게 되며, 더 나아가 일상생활에 큰 영향을 주게 된다(Geurts 등, 1996; Horak 등, 1997).

자세 조절을 하기 위해 전정계는 신체의 균형 감각을 유지하는데 매우 중요한 역할을 하는 것으로 알려져 있으며(Wilson과 Melvill, 1979), 이때 전정계와 내이 는 중력장의 방향에 대해 관련된 신호를 보내어 머리를 조절하게 된다(Latash, 1998). 이를 통하여 공간에서의 머리를 조절하고, 자세동요가 일어나면 사지의 움직임 폭을 조절하여 미세하게 신체를 재정렬하여 자세를 조절하게 된다(Horak 등, 1994; Inglis와 Macpherson, 1995).

균형에 미치는 여러 가지 요인들 간에 세부적인 상호관계를 밝혀내기 어려운 만큼, 균형이나 자세를 향상시키기 위한 훈련도 여러 가지 요인을 적절히 훈련하여 균형능력의 향상성을 도모하고 있다(정이루리, 2003; Nashner 등, 1982). 균형을 향상시키기 위한 방법은 크게 근·골격계 요인과 신경학적 요인 두 가지를 훈련시키는 방법이 있다(이한숙 등, 1996). 근·골격계 요인은 근력운동 및 안정성의 조절 등을 목적으로 훈련하며, 신경학적 요인은 감각·시각·전정계·고유수용기 등

을 훈련하는 방법이다. 근력운동 및 안정성의 조절 등을 목적으로 훈련하여 자세 조절 및 균형에 미치는 영향을 보고한 연구들이 많으며, 신경학적 요인인 체성감각, 시각, 전정감각이 자세 및 균형조절에 대한 평가도 물리치료 중재로서 접근할 수 있는 기초자료를 제공하고 있다. 특히 물리치료 중재방법 중 신체의 움직임 조절하게 되는 운동치료는 자세를 교란하여 전정계에 영향력을 줄 수 있으므로 전정계에 대한 영향력을 평가하는 것이 필요하리라 사료된다.

또한, 수중물리치료는 수중에서 다양한 물의 유체역학적 특성에 의해 지상에서 움직일 수 없는 움직임을 충격이나 부상 없이 수행할 수 있는 장점을 가지고 적용하는 치료적 중재이다(김태열 등, 2000; McMillan, 1977). 이러한 장점을 통해 수중에서는 개방역학적 운동(open kinetic chain exercise)과 폐쇄역학적 운동(close kinetic chain exercise)을 지상보다는 수월하게 적용할 수 있으며, 머리회전조절을 통해 다양한 자세를 유지할 수 있다(서삼기 등, 2002; 정민우, 2001; Cole과 Becker, 2004; Green 등, 1993; Geytenbeck, 2002; Hinman 등, 2007). 특히 수중에서 적용하는 머리회전조절이 전정계에 영향을 주는 자세이기 때문에 이 연구를 통해 수중에서 적용하는 치료양식이 전정계 기능강화나 균형능력, 자세조절에 미치는 영향에 필요한 자료가 될 것이다.

균형은 최소한의 흔들림으로 기저면내에서 신체 중력중심을 유지하는 능력이다. 또한 균형은 정적균형과 동적균형을 포함하는데 이 두 가지의 균형능력을 통해 의미를 이해할 수 있다. 정적 균형능력은 고정된 기저면에서 중력에 대항하여 공간에서 신체를 기립자세로 유지할 수 있는 능력이며, 동적 균형능력은 신체 움직임이 발생하는 동안 넘어지지 않고 자세를 유지할 수 있는 능력을 의미한다(Ducan 등, 1990).

균형능력에 대한 연구는 주로 특정감각을 요구하는 시스템으로부터의 입력을 제한하거나 외력으로 평형을 제한하고, 외력에 의해 평형유지를 방해하는 연구나 직립자세 유지 시 자세동요에 대한 부분을 근육의 활동전위, 고유수용감각 변화에 따른 압력중심(center of pressure; CoP) 등을 통하여 균형능력을 평가하여 왔다(박용근, 2005). 이러한 균형능력에 대한 평가는 현재까지 많은 평가방법이 제시되고 있으며 객관성과 정량적인 분석에 대한 관련성이 중요함을 보고하고 있다(기호성, 2001). 특히 평형감각기관 중 전정기관은 신체내부에 위치하기 때문에

적절한 자극을 통해 나타나는 자료를 이용하여 기능을 분석해야 한다. 따라서 평형감각에 대한 기능을 분석하기 위해서 적절한 자극방법과 기록방법, 실험결과 분석을 신중히 고려해야 하며(Fife 등, 2000), 이를 통하여 임상적으로 물리치료 중재 시 자세 및 균형조절에 대한 치료적 접근에 대한 기초자료를 제시할 수 있을 것이다.

전정기관에 대한 기능검사는 여러 검사법을 이용해 평가할 수 있지만 대부분 신체의 다양성에 따른 차이에 의해 전정기능에 대한 객관적인 평가가 어려운 단점이 있다. 하지만 수동회전검사나 자가두부회전검사를 이용한 전정안구반사와 안전도는 눈의 움직임을 이해하고 전정계에 대한 정량적이고 객관적인 평가가 가능한 것으로 알려져 있다(김규겸, 1998; 기호성, 2001; Fife, 2000; Medendorp 등, 2000). 특히 안전도를 통한 눈의 움직임의 변화를 통해 전정기능의 변화의 연구도 임상적으로 중요한 의의가 있을 것으로 본다.

따라서 수중에서 적용되는 머리회전조절 프로그램이 전정기능과 균형능력에 미치는 영향에 대한 연구는 임상에서 수중물리치료 적용 시 자세나 균형을 조절할 수 있는 중요한 의의를 가질 수 있으므로 전정기능 및 신경장애, 노인 등의 자세조절이나 낙상예방 등의 훈련에 도움이 될 수 있을 것이다.

We get you moving

1.2 연구의 목적

본 연구는 수중물리치료 중 Halliwick rotation program(HRP)이 균형능력과 전정기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 특히 본 연구에서는 20대 성인을 대상으로 수중에서 근력 훈련이 아닌 머리회전조절 프로그램인 HRP를 통해 전정계 훈련을 하여 균형능력 및 전정기능 향상에 대한 가능성을 연구하고자 하였다. 이를 통하여 수중치료 시 수중환경을 적응하기 위한 머리회전조절 프로그램이 균형훈련 및 자세조절에 대한 물리치료의 한 방법으로 활용 가능성을 알아보고자 한다. 따라서 향후 임상에서 신경장애 및 전정기능의 장애 등으로 자세조절이나 낙상예방, 전정계 훈련에 필요한 임상적 기초자료를 제공하는데 그 목적이 있다.



1.3 연구의 가설

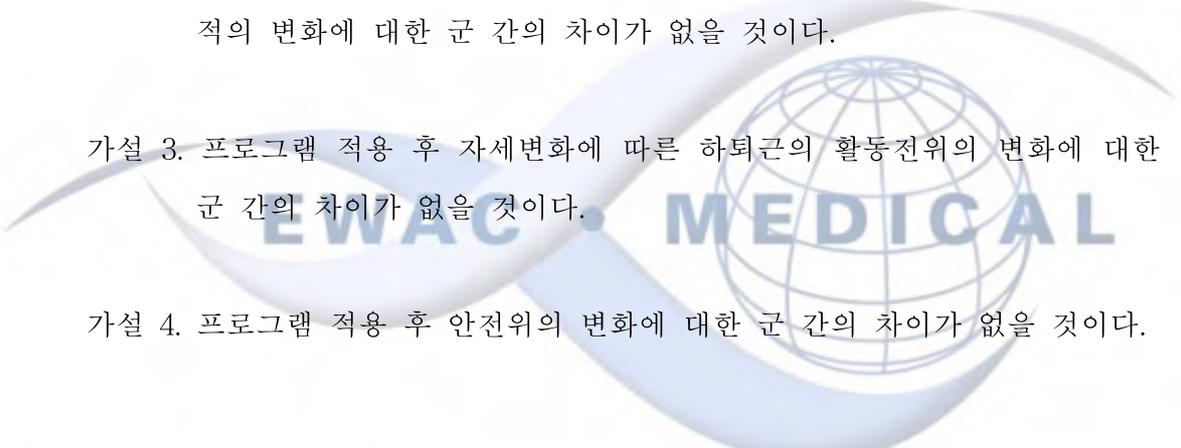
본 연구는 정상성인을 대상으로 수중회전조절 프로그램이 균형능력과 전정기능에 미치는 영향을 연구하고자 다음과 같은 가설을 설정하였다.

가설 1. 프로그램 적용 후 자세변화에 따른 기능평가에 대한 군 간의 차이가 없을 것이다.

가설 2. 프로그램 적용 후 자세변화에 따른 부하중심압의 단위궤적길이와 동요면적의 변화에 대한 군 간의 차이가 없을 것이다.

가설 3. 프로그램 적용 후 자세변화에 따른 하퇴근의 활동전위의 변화에 대한 군 간의 차이가 없을 것이다.

가설 4. 프로그램 적용 후 안전위의 변화에 대한 군 간의 차이가 없을 것이다.



We get you moving

1.4 이론적 배경

1.4.1 할리윅 프로그램 (Halliwick program)

할리윅 개념은 유체역학자인 James McMillan(1913~1994)이 개발하였으며, 1950년에 런던의 할리윅 장애인 여자학교에서 시작되었고 장애인들이 부력보조 기구를 사용하지 않고 독립적이고 안전하게 수영할 수 있도록 적용한 프로그램이다. 초기의 할리윅 프로그램은 수중에서 독립성을 성취하는데 목적을 두었지만, 프로그램을 적용한 장애인들의 치료적 효과가 나타남에 따라 이후 할리윅 프로그램이 수중에서 특수한 치료방법으로서 발전되었다(Cole과 Becker, 2004). 결국 할리윅 프로그램은 연속된 훈련단계인 10가지 프로그램(10 point program)과 치료방법으로 적용되는 수중특수치료(water specific therapy)를 통해서 사용되고 있다.

Halliwick 10 point program은 수중에서 자세조절을 위한 정신-감각-운동학습 단계(psycho-sensory-motor learning sequence)이며(서삼기 등, 2002; McMillan, 1977), 유체역학과 정신-감각-운동학습 원리에 의해 정신적 적응(mental adaption), 균형조절(balance control), 운동(movement)의 3단계로 구성된다(Table 2). 정신적 적응은 신체가 물이라는 새로운 환경에서 정신적으로 완전히 독립하여 적응할 수 있도록 하는 과정이며, 균형조절은 수중에서 자세조절을 하기 위해 신체축에 따른 머리회전조절에 의해 운동학습이 이루어져 균형을 유지하는 것이다. 그리고 운동의 단계는 억제와 촉진을 통해 균형을 유지하거나 자유로운 움직임이 가능하게 하는 과정이다(Lambeck과 Stanat, 2000).

Halliwick 10 point program 중 균형조절과 자세조절에 큰 영향을 미치는 머리회전조절 프로그램은 Halliwick rotation program은 신체 축에 따라 4개의 유형으로 나누어지는데, 이는 시상회전조절(sagittal rotation control), 횡축회전조절(transversal rotation control), 장축회전조절(longitudinal rotation control), 그리고 통합회전조절(combined rotation control)이 있다.

1.4.2 자세조절과 전정기관

자세조절은 신체의 자세를 공간에서 조절하기 위해서 안정성과 자세인지(postural orientation)라는 두 가지 목적을 달성하는 것이며, 다양한 감각운동 과정의 상호작용을 통해 복잡하게 수행되는 운동능력이다(Horak 등, 1997; Horak, 2006). 자세의 안정성은 특정한 공간 영역에서 신체의 무게중심을 유지하는 능력으로 중력과 지지면, 시각환경 그리고 내적요소 등이 반영된 신체의 능동적 조절이며, 자세인지는 신체와 환경간의 관계를 적절히 유지하는 능력으로 시각계와 전정기관 그리고 체성감각계의 정보가 수렴되어 반영된다(Horak, 2006; Maurer 등, 2000).

자세구성은 Massion(1998)이 제시한 자세구성 모델과 같이 자세조절과 움직임의 조절이라는 두 가지 다른 측면으로 구성된다. 자세조절은 시각, 전정기관, 고유수용감각, 표재감각 그리고 중력감수기 등의 다감각 정보를 통해 자세인지와 균형을 유지할 수 있는 적절한 자세조절이 가능하게 된다. 또한 자세조절의 정보를 통해 각 신체부위가 적절한 정보를 수용하여 움직임을 조절하게 되는 것이다. 결국 다양한 감각계가 신체의 자세조절에 영향을 미치는 만큼, 여러 원인에 의해 감각계의 손상이 따른다면 자세구성에 대한 문제점을 초래하게 된다.

자세조절에서 중요한 여러 감각기관 중 전정계는 기립자세 및 균형능력조절에 있어서 중요한 감각인자라고 알려져 왔다(Inglis와 Macpherson, 1995; Wilson과 Melvill, 1979). 내이(inner ear)에 위치한 전정기관은 가속도나 중력에 대한 상대적인 위치변화를 감지하여 신체나 물체가 움직일 때 자세와 안구의 움직임이 일어나게 되는데 이는 전정안구반사와 전정척수반사를 유발하여 공간에서 위치감각이나 평형 및 자세를 조절해 주는 중요한 역할을 한다(Brooks, 1986; Brandt와 Strupp, 2005; Schubert와 Minor, 2004).

신체의 평형감각에 대해 중요한 역할을 하는 전정기관에서 반규관(semicircular canals)은 각가속운동(angular acceleration)과 회전가속운동(rotary acceleration)에 반응하여 운동의 방향과 가속상태를 감지하며, 이석기관(otolith organ)은 중력의 방향에 대한 머리의 위치와 선가속운동(linear acceleration)에 반응한다. 머

리의 위치에 따라 전정신경핵이 감지하여 적정 회전자극에 대해서는 반규관과 림프액의 조절로 균형을 유지하지만, 일정 범위를 벗어나면 기능을 상실하게 되어 자세의 조절이 불가능하게 된다(Clarke, 2001; Schubert와 Minor, 2004).

따라서 전정기능을 정량적으로 측정하여 균형능력을 평가하고, 이를 임상적으로 적용하기 위해 전정기능의 향상이 균형능력과 자세조절에 미치는 연구가 필요하다.



We get you moving

1.4.3 자세동요

자세동요는 균형능력을 알기위한 방법으로서 여러 가지 실험적 조작을 통하여 자세조절에 미치는 영향을 알 수 있다. 균형능력은 정적균형과 동적균형으로 나누며, 정적균형은 신체가 움직이지 않고 지지면내에 중력중심이 위치하여 자세를 유지하는 능력이며, 동적균형은 신체가 움직이는 동안 지지면내에 중력중심을 두어 원하는 자세를 유지할 수 있는 능력을 말한다(Berger 등, 2008; Effgen, 1981; Wegener 등, 1997).

이러한 균형능력에 대한 연구는 보편적으로 압력판(force plate)을 이용하여 자세동요, CoP, 자세동요와 관련된 근육의 활동전위의 변화를 평가하고 있다(박용균, 2005; Horak과 Nashner, 1986). CoP는 신체의 압력중심점의 동요를 측정하는 방법으로 정량적으로 측정이 가능하여 많은 연구에서 사용되어 왔다. 특히 CoP는 자세동요를 측정의 형태에 따라 X축은 전·후방의 변화를 Y축은 내측·외측의 변화를 측정할 수 있으며, 가장 보편적인 자세동요의 측정으로 알려져 있다(송명환 등, 2003; Berger 등, 2008). 따라서 자세동요에 영향을 미치는 요소는 X-Y축 평면상의 이동거리인 단위궤적길이와 CoP가 움직여서 궤적이 차지하는 동요면적을 통해 자세동요의 안정도를 알 수 있다.

또한 자세동요에 따른 하퇴근의 활동에 대한 측정이 발목주위의 근육에 영향을 받으므로 근전도를 이용하여 사지의 근육활동의 변화를 측정하는 것도 중요한 의미를 갖게 된다(Amiridis 등, 2003; Jacobs와 Horak, 2007). 이는 자세동요에 대한 측정을 하기위해 CoP 변화에 따른 하퇴근의 활동전위의 변화를 측정하는 것도 중요하다고 볼 수 있다.

자세평가에 따른 측정은 1800년대에 Romberg가 중추신경계 환자를 대상으로 시각폐쇄에 따른 자세동요의 증가에 대한 연구를 실시한 후 많은 연구를 통해 시각과 감각기능을 제한하거나 자세에 과제를 부여하여 전정기능을 평가하여 왔다(Amiridis 등, 2003; Amiridis 등, 2005; Burl 등, 1992; Diener 등, 1988; Gatev 등, 1999; Lackner 등, 1999; Winter 등, 1996). 따라서 과제를 부여한 자세를 통해 전정계의 교란을 증가 시켜 균형능력을 평가하는 것도 균형능력 및 전정기능

을 이해하는데 중요할 것으로 사료된다. 본 연구에서도 과제가 부여된 자세를 한 발로 서기, Romberg 서기 그리고 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기를 기능적으로 평가하고 CoP의 측정도 각 각의 자세를 취하여 평가하였다.



We get you moving

1.4.4 안구움직임

안구운동은 운동형태에 따라 시각고정, 단속운동(saccadic eye movement), 추적운동(smooth pursuit eye movement), 전정안구운동(vestibuloocular movement), 이접운동(vergence eye movement)으로 구성되며, 각각의 임무가 다르며 분리된 신경제어계에 의해 수행된다. 또한 병리적 상태에 따라 안구운동의 형태가 다르게 나타나며 과도하거나 저하된 형태로 나타나게 된다.

따라서, 안구의 움직임을 측정하여 평가하는 것은 신체의 평형능력을 이해하고 전정기관의 기능장애를 평가할 수 있다. 이러한 안구움직임을 측정하기 위한 방법들로는 안전도(electrooculography; EOG), 자기장안진검사법(sclera search coil method; SSC), 전기안진검사(electronystagmography; ENG), 적외선 비디오 안진검사(infrared video nystagmography; IRV), 냉온검사(caloric irrigation), 체위계(posturography), 누공검사(fistula test) 등이 있으며, 전정계의 교란을 통해 안구 움직임을 유발하기 위한 자가두부회전검사(active head rotational testing; AHR), 수동회전검사(passive rotational testing or rotational chair testing) 등이 있다 (기호성, 2001; Leigh와 Brandt, 1993; Anonymous, 1996; Fife 등, 2000).

특히 안전도 신호는 안구운동 시 발생하는 생체신호로서 눈 주위에 전극을 부착하여 발생하는 전위차를 기록하며, 눈을 감은 상태에서 측정이 가능하고 전정 안구반사의 정량적인 측정이 가능한 장치이다(Brandt와 Strupp, 2005; Goebel 등, 1995; Fife 등, 2000; Hanson과 Goebel, 1998). 결국 EOG는 Doménech Campos 등(2005)의 보고와 같이 균형능력을 평가하는데 중요한 가치가 있으며, 임상적으로도 중요한 의미를 부여하고 있다. 따라서 본 연구에서도 자가두부회전검사를 통해 안구의 움직임을 유발한 후 수직 및 수평 안전위 측정이 이용되었다.

2 연구방법

2.1 연구대상

이 연구는 수중에서 머리회전조절 프로그램인 HRP 훈련이 균형능력과 전정기능에 미치는 영향을 알아보기 위해서 2008년 8월 4일부터 9월 20일까지 20대의 정상인을 대상으로 연구하였다.

연구대상자는 자세조절이나 보행과 관련된 신경학적 및 근골격계 장애가 없고 일상생활에 지장이 없는 자로 20명을 선정하였으며(Table 1), 통계프로그램 SPSS/win(version 12.0)을 사용하여 각 군에 무작위로 배치하였다. 각 군은 수중에서 프로그램을 실시한 수중군(10명)과 지상에서 어떤 프로그램도 실시하지 않은 대조군(10명)으로 나누었다. 참가대상자들에게 연구의 목적을 설명한 후에 동의를 얻어 연구를 실시하였다. 대상자의 일반적 특성은 Table 1과 같다.

Table 1. General characteristics in the aquatic and control group

Characteristics	Aquatic group	Control group	F	p
Sex	Male	3	3	
	Female	7	7	
	total	10	10	
Age(years)	23.00±1.63*	22.60±1.58*	0.000	0.557
Height(cm)	165.40±9.11*	165.60±8.21*	0.271	-0.052
Weight(kg)	57.65±8.37*	58.80±10.24*	0.655	-0.275

* All value are showed mean±SD

2.2 연구설계

이 연구는 수중에서의 머리회전조절 프로그램인 Halliwick rotation program이 균형능력과 전정기능에 미치는 영향을 알아보기 위하여 20대의 정상인을 대상으로 수중군과 대조군 각각 10명씩 배치하고 자세변화에 따른 기능평가와 자세변화에 따른 CoP와 표면근전도 실효치 진폭(root mean square; RMS), 그리고 안전도 변화를 측정 후 회전조절을 실시한 수중군과 대조군의 실험 전·후 설계이다. 실험처치로 광주광역시 소재 S수영장에서 수중군에게 프로그램을 주 3회 총 6주간 시행하였다. 또한 수중군은 물에 적응하기 위해 프로그램을 시작하기 전 1주 동안 적응훈련을 하였다. 적응훈련은 물에서의 호흡법과 Halliwick program에 대한 사전교육을 실시하였다. 물의 온도는 27 °C로 실내온도는 29 °C로 유지되었으며, 물의 높이는 110 cm 위치에서 프로그램을 시행하였다. 대조군은 어떠한 훈련프로그램도 수행하지 않고 일상생활을 하도록 하였다.

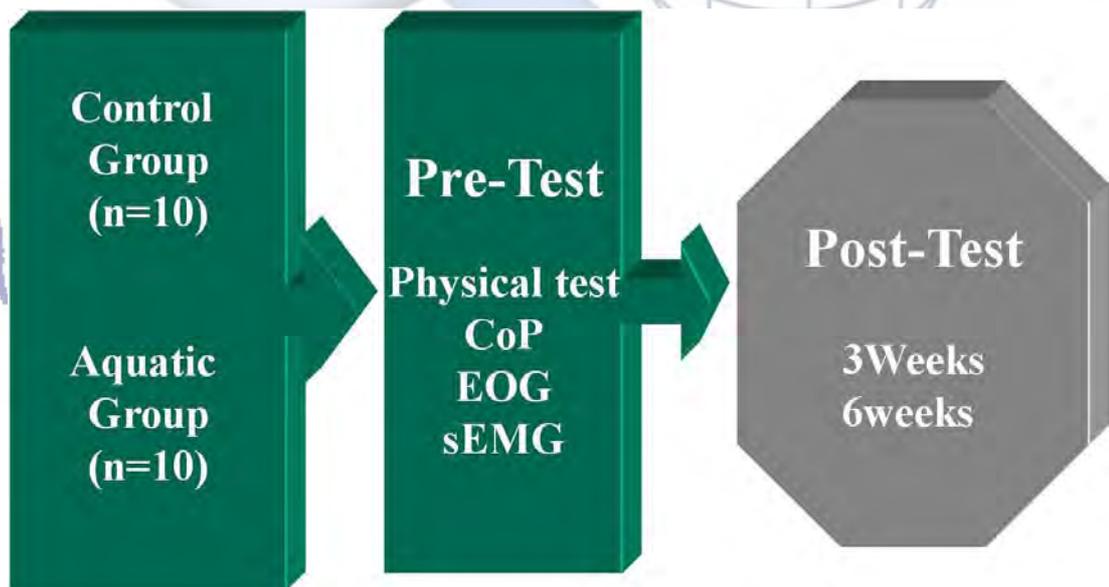


Figure 1. Diagram of experiment procedure.

CoP : center of pressure

EOG : electrooculogram

sEMG : surface electromyography

2.3 훈련방법

본 연구에서 수중군은 Lambeck과 Stanat(2000)가 제시한 Halliwick 10 point program 중 시상회전조절(sagittal rotation control), 횡축회전조절(transversal rotation control), 장축회전조절(longitudinal rotation control) 프로그램을 각 10분씩 총 30분간 모든 대상자들에게 동일하게 적용하였다(Table 2).

Table 2. Halliwick 10 point program

The 10 point program	The three learning stage
Mental Adjustment	Mental Adjustment and Disengagement
Sagittal Rotation Control	
Transversal Rotation Control	
Longitudinal Rotation Control	
Combined Rotation Control	Balance Control and Disengagement
Uphrust (Mental Inversion)	
Balance in Stillness	
Turbulent Gliding	
Simple Progression	
Basic Halliwick Movement(s)	Movement and Disengagement

2.4 측정방법

2.4.1 자세의 변화에 따른 기능평가

본 연구에서 자세의 변화에 따라 기능을 평가하기 위해서 일정자세에서 균형을 유지할 수 있는 시간을 초시계를 이용하여 측정하였다. 측정한 자세는 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 자세를 하여 측정하였다. 한발로 서기는 팔을 들지 않고 편하게 한 후 우세발로 지지하고 비우세발은 무릎을 굽혀서 지지하지 않도록 하였다. Romberg 서기는 팔을 골반부위에 위치하도록 한 후 우세발은 뒤에, 비우세발은 앞에 두어 일자 형태로 지지하도록 자세를 유지한 후 체중부하가 우세발에 있도록 하였다. 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기는 Romberg 서기의 자세를 취한 후 목을 신전하여 자세를 유지하도록 하였다.

각 측정은 시각이 균형조절에 우위를 차지하므로 시각을 폐쇄하여 측정하였다 (Diener 등, 1988). 또한 측정항목에 영향을 주지 않기 위해 다른 측정항목과 5분 이상 휴식기를 주었으며, 각 측정은 3회 측정하여 평균값을 취하였다.

We get you moving

2.4.2 균형능력 측정

본 연구에서 대상자의 균형능력을 정량적으로 분석하기 위해 Active Balancer System¹⁾ 을 사용하였다. 이 측정 기구는 Active balancer software (Ver 2.12)와 피드백 모니터와 연결되어 있고, 피드백 모니터는 검출대(dectector)와 연결되어 연구 대상자의 정적기립균형을 발판의 센서가 감지하여 실험 결과를 컴퓨터 모니터에 수치화 및 그래프화하여 시각적으로 실험결과를 얻을 수 있는 장비이다 (Figure 2).

측정방법은 대상자가 균형측정기에 올라 서기 전 하퇴에 표면근전도 전극을 부착하여 발판 위에 서게 하였다. 그리고 대상자가 안정된 위치를 유지하게 하여 자세동요가 최소가 되어 가장 안정적일 때 자세변화에 따라 대상자의 CoP의 변화인 단위궤적길이와 동요면적을 측정하였다.



Figure 2. Active balancer system.

1) EAB-100, SAKAI Co., Japan

2.4.3 안전위(electrooculogram)의 측정

안전위의 측정은 MP 150 system²⁾과 안전도 증폭기³⁾를 사용하였다. 안전위의 측정을 위해 피부를 70% 알콜 솜으로 닦고 건조한 후 Ag/AgCl 안전도 전극을 사용하여 부착하였다. 피부에 전극을 부착한 후에 각 전극의 임피던스를 측정하였고, 전극의 최소 임피던스는 40~200 Ω 으로 유지시켰다. 전극의 부착 방법은 Figure 3과 같이 수직 안전위(vertical EOG)를 측정하기 위해 오른쪽 눈썹 위의 전두근(frontalis)과 눈 아래 부위의 안윤근(orbicularis oculi)에 부착하였으며, 수평 안전위(horizontal EOG)를 측정하기 위해 양쪽 눈 가장자리 부위인 좌측과 우측 외안각주름(epicanthus lateralis)에 부착하였다(Figure 4). 안전위 신호분석은 Acqknowledge 3.8.1 software program (Biopac, USA)을 이용하였다.

안전위의 측정방법은 앉은 자세에서 자가회전법을 이용하여 전정계를 자극하여 50초 동안 눈을 감은 상태에서 정면을 주시하게 하여 측정하였다. 자가회전법에 의해 전정계에 가해지는 회전자극은 yaw, roll, pitch 순으로 하였다(Figure 3). 자가회전법 중 yaw 자극은 머리를 좌·우방향으로 각각 45도 회전하여 약 90도 정도의 회전자극이 가해지도록 하였으며, roll 자극은 머리를 어깨와 어깨 사이를 90도 정도 회전자극을 주었고, pitch 자극은 머리를 앞·뒤로 회전하여 유동각이 90도 정도가 되도록 하였다. 각 회전 시 눈을 감은 상태에서 실시하였으며, 각 회전은 10회의 회전을 하였다. 또한 자극에 대한 학습효과를 제한하기 위해서 자체 제작한 컴퓨터 프로그램을 통해 0.2, 0.5, 1, 2, 3 Hz의 빈도수로 음원을 무작위로 제시하여 회전하는 방법으로 하였다(기호성, 2001; Fife 등, 2000).

2) Biopac, USA

3) EOG100C, Biopac, USA

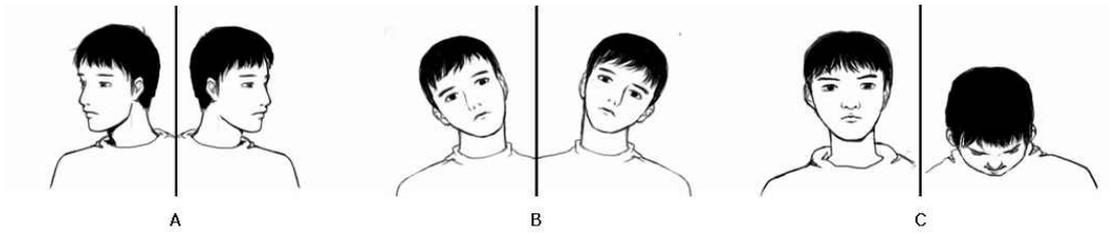


Figure 3. Active head rotation.

A : Pitch, B : Yaw, C : Roll

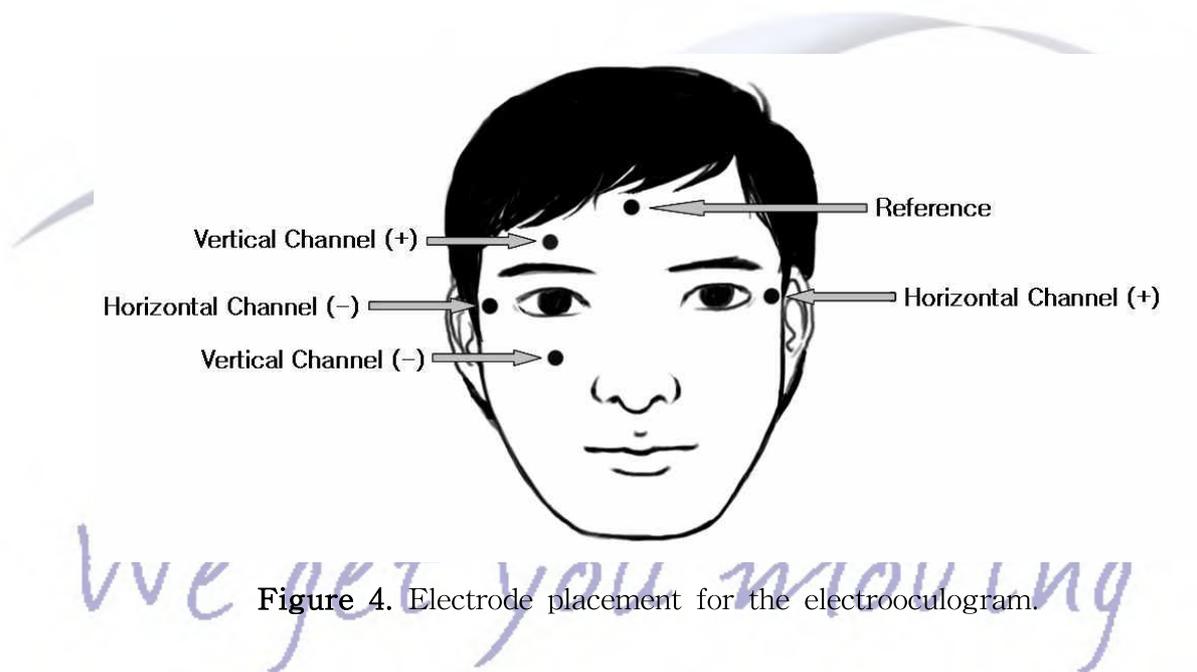


Figure 4. Electrode placement for the electrooculogram.

2.4.4 하퇴근의 근전도 측정

하퇴근 활성도의 측정은 표면근전도기⁴⁾를 이용하였다. 측정부위는 양측 비복근과 전경골근으로 균형능력 측정과 함께 실시하였다(Figure 5).

기록전극으로 표면전극⁵⁾을 사용하였으며, 피부저항을 최소화 하기 위해 전극 접촉부위를 70% 알콜 솜으로 닦고 건조시킨 후, 기록전극을 아킬레스건과 비복근이 만나는 부위에서 근위부 2 cm의 내측 비복근의 근복과 전경골근의 근위 1/3 부위에 부착하였다(Mynark과 Koceja, 2002). 표면근전도를 이용하여 신호획득 전에 능동적으로 족관절 배측굴곡과 저측굴곡 운동을 실시하여 각 채널에서 입력되는 근 활성화도 신호가 이상이 없는지 확인 하였다. 근전도 신호분석은 EMG work 3.0 (Delsys, USA) 프로그램을 이용하였으며, 신호분석 프로그램을 이용하여 실효치 진폭(RMS) 값을 산출하였다. 각 근육에서 측정된 RMS 값은 비복근과 전경골근의 합의 평균으로 산출하여 분석하였다.



4) Bagnoli-4 EMG system, Delsys Inc., USA

5) DE-2.1 single differential electrode, Desys Inc., USA



Figure 5. Acquisition of surface electromyography root mean square.

We get you moving

2.5 분석방법

본 연구의 통계학적 분석은 상용통계프로그램인 SPSS/win(version 12.0)을 사용하였다. 각 실험결과 값은 평균과 표준편차로 나타냈으며, 기능평가와 CoP의 변화, 그리고 RMS의 변화를 시간에 따른 군 사이 변화의 비교를 알아보기로 반복측정분산분석(repeated measures analysis of variance)을 실시하였다. 실험대상자의 일반적 특성은 독립표본 t검정을 실시하였다. 모든 통계학적 유의성을 검증하기 위해 유의수준 α 는 0.05로 하였다.



3 결과

3.1 기능평가 항목의 변화

3.1.1 한발로 서기의 변화

각 군의 한발로 서기의 변화는 다음과 같다(Table 3). 한발로 서기의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 각 군의 한발로 서기의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 7.2 ± 1.49 초로 6주 후에는 18.86 ± 3.66 초의 차이로 변화가 증가되어 한발로 서는 능력이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 3)(Table 4)(Figure 6).

Table 3. The changes of one leg stance on functional assessment (Unit: sec)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	10.45 ± 1.27	17.65 ± 2.76	29.31 ± 4.81
Control	12.56 ± 1.52	13.64 ± 1.61	14.02 ± 1.60

All value are showed mean \pm SE

Table 4. The result of repeated measures ANOVA on one leg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	1045.124	2	522.562	14.174	0.000
Time × Group	779.654	2	389.827	10.574	0.000
Error (time)	1327.220	36	36.867		
Group	493.067	1	493.067	3.935	0.063
Error (group)	2255.733	18	125.319		

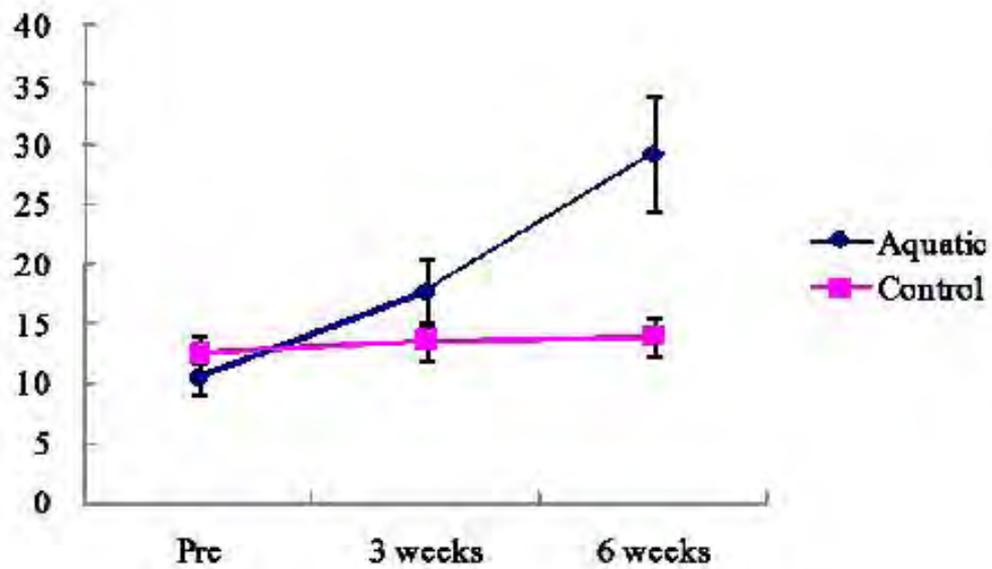


Figure 6. The changes of one leg stance on functional assessment.

3.1.2 Romberg 서기의 변화

군 사이 Romberg 서기의 변화는 다음과 같다(Table 5). Romberg 서기의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 Romberg 서기의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 24.59 ± 1.19 초로 6주 후에는 55.77 ± 1.86 초의 차이로 변화가 증가되어 Romberg 서기 능력이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 5)(Table 6)(Figure 7).

Table 5. The changes of tandem Romberg stance on functional assessment (Unit: sec)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	44.87 ± 14.01	69.46 ± 15.20	100.64 ± 15.87
Control	40.68 ± 6.77	42.86 ± 6.67	44.38 ± 7.06

All value are showed mean \pm SE

We get you moving

Table 6. The result of repeated measures ANOVA on tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	8876.647	2	4438.324	23.666	0.000
Time × Group	6820.059	2	3410.030	18.183	0.000
Error (time)	6751.429	36	187.5400		
Group	12630.660	1	12630.660	3.395	0.082
Error (group)	66967.810	18	3720.434		

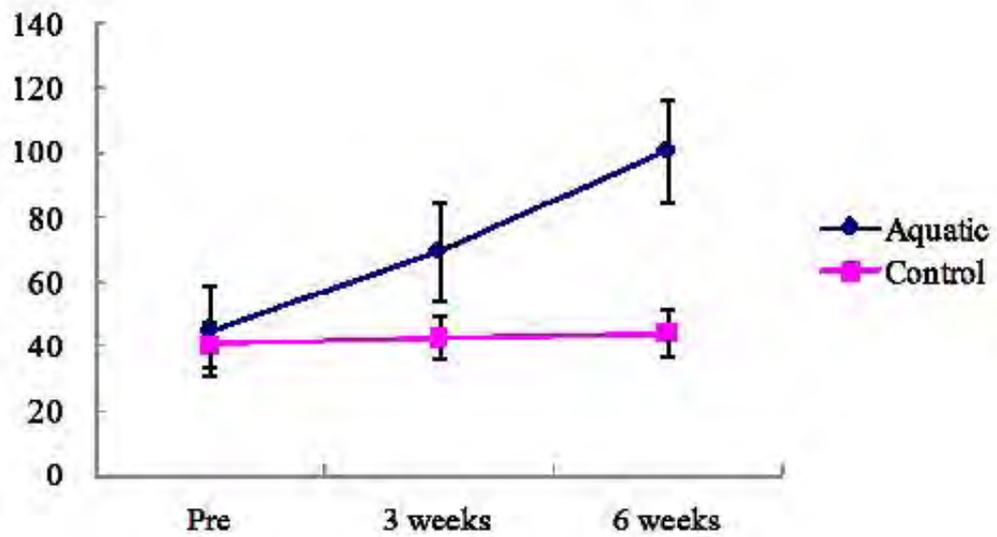


Figure 7. The changes of tandem Romberg stance on functional assessment.

3.1.3 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화

군 사이 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화는 다음과 같다(Table 7). 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .01$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 33.21 ± 12.20 초로 6주 후에는 51.68 ± 11.86 초의 차이로 변화가 증가되어 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기 능력이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 7)(Table 8)(Figure 8).

Table 7. The changes of tandem Romberg stance with neck extension on functional assessment

(Unit: sec)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	38.37 ± 9.91	71.58 ± 21.71	90.05 ± 21.85
Control	41.70 ± 7.74	42.33 ± 8.00	44.34 ± 8.33

All value are showed mean \pm SE

Table 8. The result of repeated measures ANOVA on neck extension tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	7523.563	2	3761.782	7.357	0.002
Time × Group	6226.784	2	3113.392	6.089	0.005
Error (time)	18407.490	36	511.319		
Group	8550.234	1	8550.234	1.651	0.21
Error (group)	93228.890	18	5179.383		

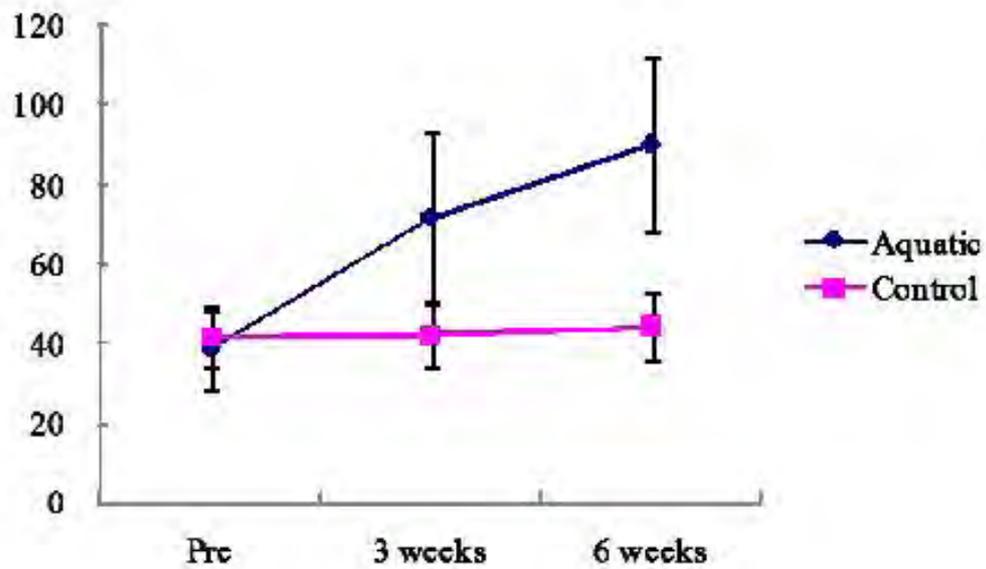


Figure 8. The changes of tandem Romberg stance with neck extension on functional assessment.

3.2 균형능력 측정 항목의 변화

3.2.1 한발로 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화

군 사이 한발로 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화는 다음과 같다(Table 9). 한발로 서기에서 단위궤적길이의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 한발로 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .05$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 23.67 ± 7.89 mm로 6주 후에는 47.77 ± 15.05 mm의 차이로 변화가 감소되어 단위궤적길이가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 9)(Table 10)(Figure 9).

Table 9. The changes of unit path length on one leg stance

(Unit: mm)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	118.45±19.26	94.78±11.35	70.68±4.21
Control	133.91±17.57	144.75±17.18	130.81±22.30

All value are showed mean±SE

Table 10. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with one leg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	6998.200	2	3499.100	5.310	0.009
Time × Group	5480.748	2	2740.374	4.159	0.024
Error (time)	23722.080	36	658.947		
Group	26274.330	1	26274.330	3.879	0.064
Error (group)	121930.000	18	6773.891		

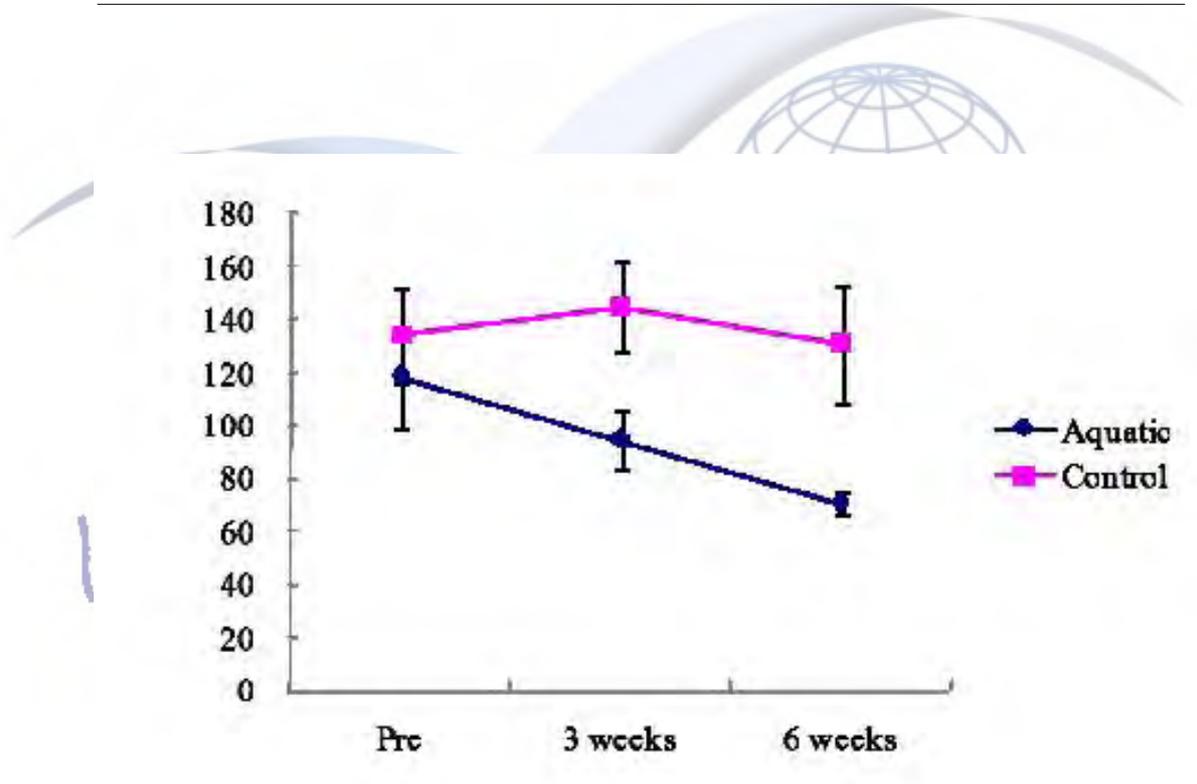


Figure 9. The changes of unit path length on one leg stance.

3.2.2 Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화

군 사이 Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화는 다음과 같다(Table 11). Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 단위궤적길이의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .01$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 16.29±9.03 mm로 6주 후에는 48.23±18.35 mm의 차이로 변화가 감소되어 CoP 단위궤적길이가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 11)(Table 12)(Figure 10).

Table 11. The changes of unit path length on tandem Romberg stance (Unit: mm)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	106.05±26.03	89.76±16.10	57.82±7.48
Control	126.37±17.13	119.18±18.30	124.50±17.96

All value are showed mean±SE

We get you moving

Table 12. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	6285.162	2	3142.581	5.708	0.007
Time × Group	6034.149	2	3017.074	5.480	0.008
Error (time)	19818.480	36	550.513		
Group	22588.430	1	22588.430	2.622	0.123
Error (group)	155089.700	18	8616.097		

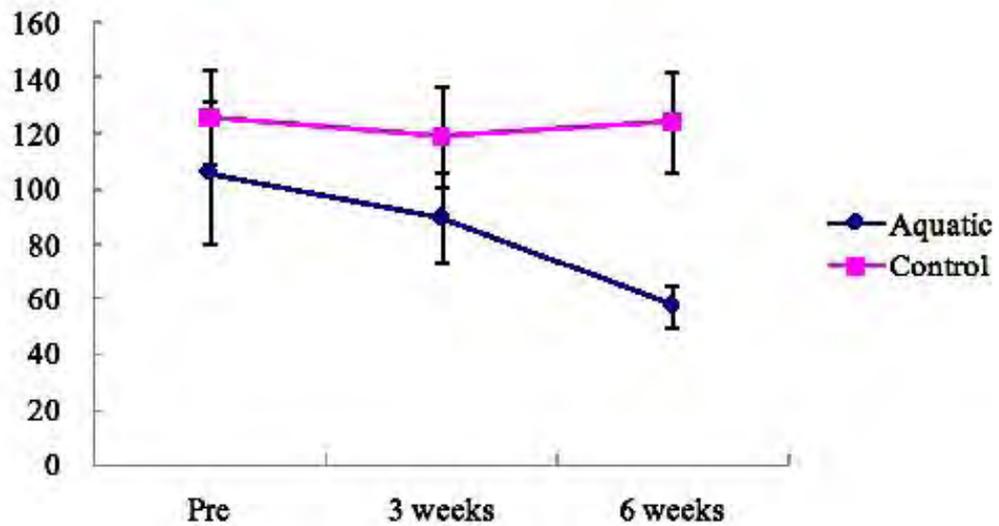


Figure 10. The changes of unit path length on tandem Romberg stance.

3.2.3 목을 신전하여 Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화

군 사이 목을 신전하여 Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화는 다음과 같다(Table 13). 목을 신전하여 Romberg 서기에서 CoP 단위궤적길이의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 단위궤적길이의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .05$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 16.29 ± 9.03 mm로 6주 후에는 48.23 ± 18.35 mm의 차이로 변화가 감소되어 CoP 단위궤적길이가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 13)(Table 14)(Figure 11).

Table 13. The changes of unit path length on tandem Romberg stance with neck extension

(Unit: mm)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	129.80 ± 16.51	96.45 ± 10.23	78.55 ± 6.61
Control	154.50 ± 15.71	151.72 ± 14.32	142.83 ± 20.44

All value are showed mean \pm SE

Table 14. The result of repeated measures ANOVA on unit path length with neck extension tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	13294.250	2	6647.127	9.440	0.000
Time × Group	5737.333	2	2868.667	4.074	0.023
Error (time)	35207.400	50	704.148		
Group	46237.630	1	46237.630	6.883	0.015
Error (group)	167941.300	25	6717.653		

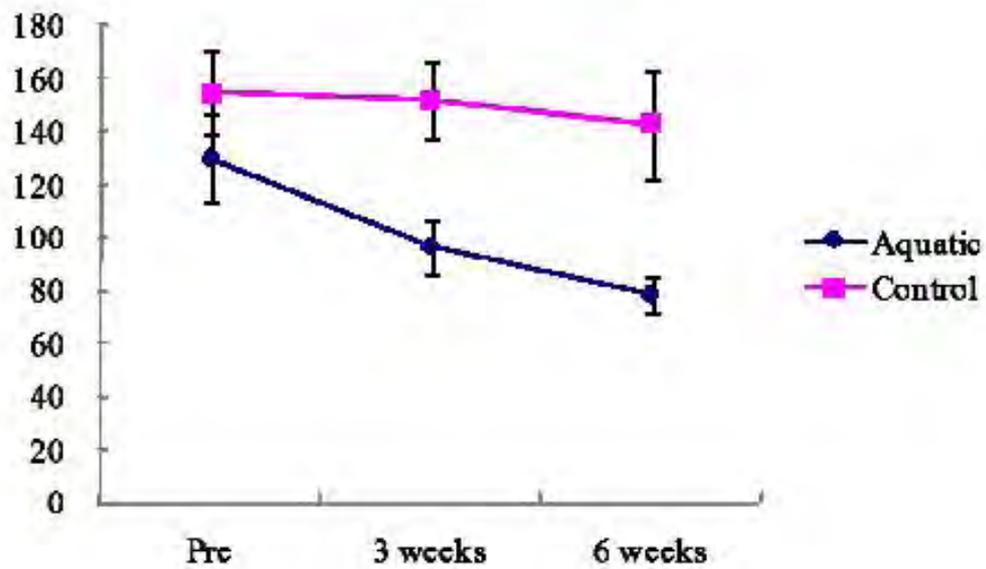


Figure 11. The changes of unit path length on tandem Romberg stance with neck extension.

3.2.4 한발로 서기에서 CoP 동요면적의 변화

군 사이 한발로 서기에서 CoP 동요면적의 변화는 다음과 같다(Table 15). 한발로 서기에서 CoP 동요면적의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 CoP 한발로 서기에서 동요면적의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전 보다 3주 후에 $713.59 \pm 148.83 \text{ mm}^2$ 로 6주 후에는 $1589.57 \pm 282.65 \text{ mm}^2$ 의 차이로 변화가 감소되어 동요면적이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 15)(Table 16)(Figure 12).

Table 15. The changes of circumference area on one leg stance (Unit: mm^2)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	2706.45±377.51	1992.86±228.68	1116.88±94.86
Control	2722.07±251.27	2456.25±286.04	2511.84±256.82

All value are showed mean±SE

We get you moving

Table 16. The result of repeated measures ANOVA on circumference area one leg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	10825695	2	5412848	16.397	0.000
Time × Group	6601936	2	3300968	9.999	0.000
Error (time)	16506007	50	330120		
Group	7803897	1	7803897	3.604	0.069
Error (group)	54133714	25	2165349		

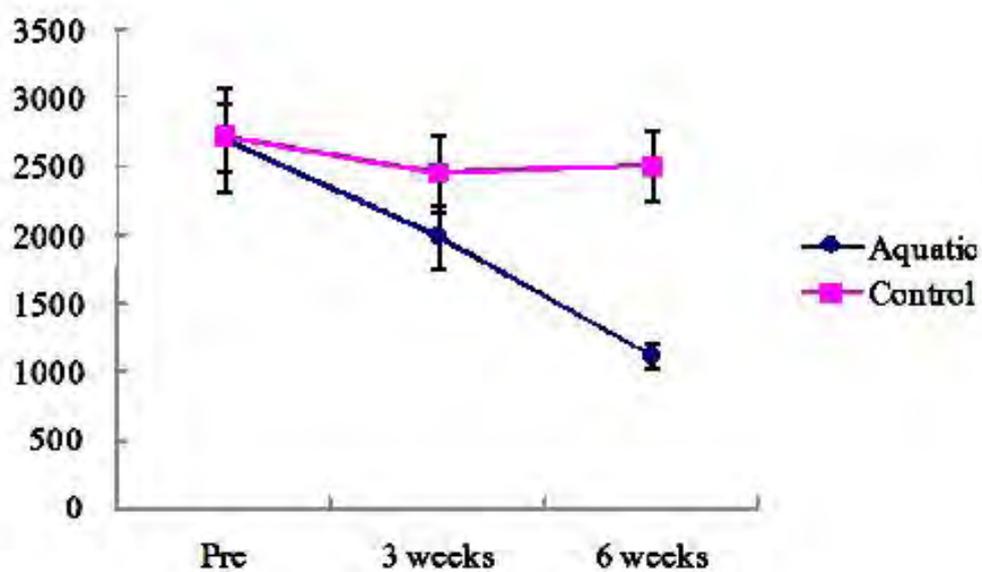


Figure 12. The changes of circumference area on one leg stance.

3.2.5 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화

군 사이 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화는 다음과 같다(Table 17). Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $792.64 \pm 234.35 \text{ mm}^2$ 로 6주 후에는 $1905.25 \pm 499.64 \text{ mm}^2$ 의 차이로 변화가 감소되어 동요면적이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 17)(Table 18)(Figure 13).

Table 17. The changes of circumference area on tandem Romberg stance (Unit: mm^2)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	3447.31±823.01	2654.67±588.66	1542.06±323.37
Control	2674.50±506.18	2591.58±510.13	2629.51±461.08

All value are showed mean±SE

We get you moving

Table 18. The result of repeated measures ANOVA on circumference area tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	12722049	2	6361024	8.222	0.001
Time × Group	11751126	2	5875563	7.595	0.001
Error (time)	38682017	50	773640		
Group	140606	1	140606	0.012	0.914
Error (group)	2.95E+08	25	11780925		

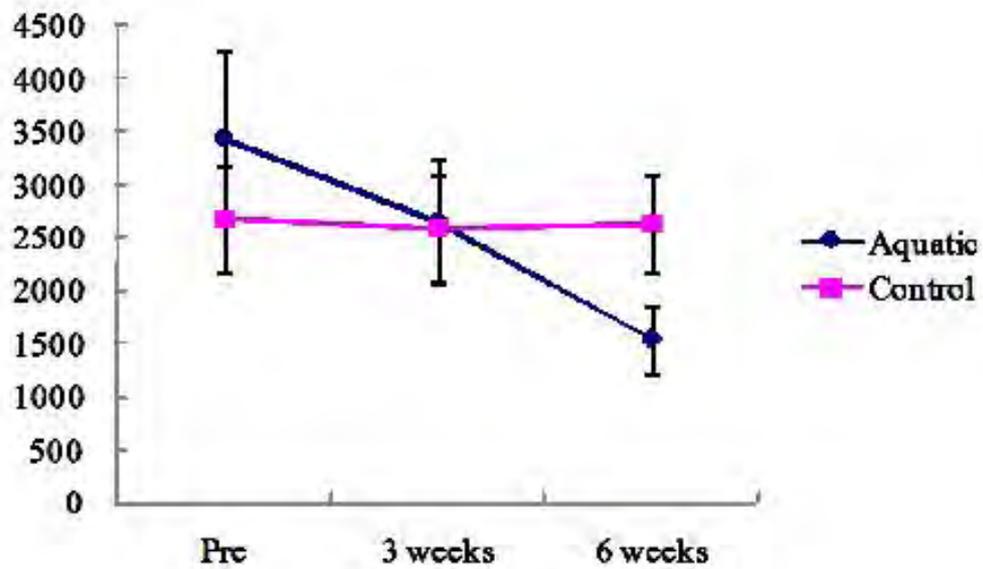


Figure 13. The changes of circumference area on tandem Romberg stance.

3.2.6 목을 신전하여 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화

군 사이 목을 신전한 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화는 다음과 같다 (Table 19). 목을 신전한 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 목을 신전한 Romberg 서기에서 CoP 동요면적의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .05$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $1134.59 \pm 148.22 \text{ mm}^2$ 로 6주 후에는 $2075.51 \pm 288.73 \text{ mm}^2$ 의 차이로 변화가 감소되어 동요면적이 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다 (Table 19)(Table 20)(Figure 14).

Table 19. The changes of circumference area on tandem Romberg stance with neck extension

(Unit: mm^2)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	3542.90 ± 499.54	2408.31 ± 351.32	1467.39 ± 210.81
Control	4985.38 ± 750.87	4379.48 ± 553.20	4052.11 ± 567.40

All value are showed mean \pm SE

Table 20. The result of repeated measures ANOVA on circumference area tandem Romberg stance with neck extension in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	30423558	2	15211779	27.968	0.000
Time × Group	4357063	2	2178532	4.005	0.024
Error (time)	27194920	50	543898		
Group	79956489	1	79956489	9.179	0.006
Error (group)	2.180	25	8711000		

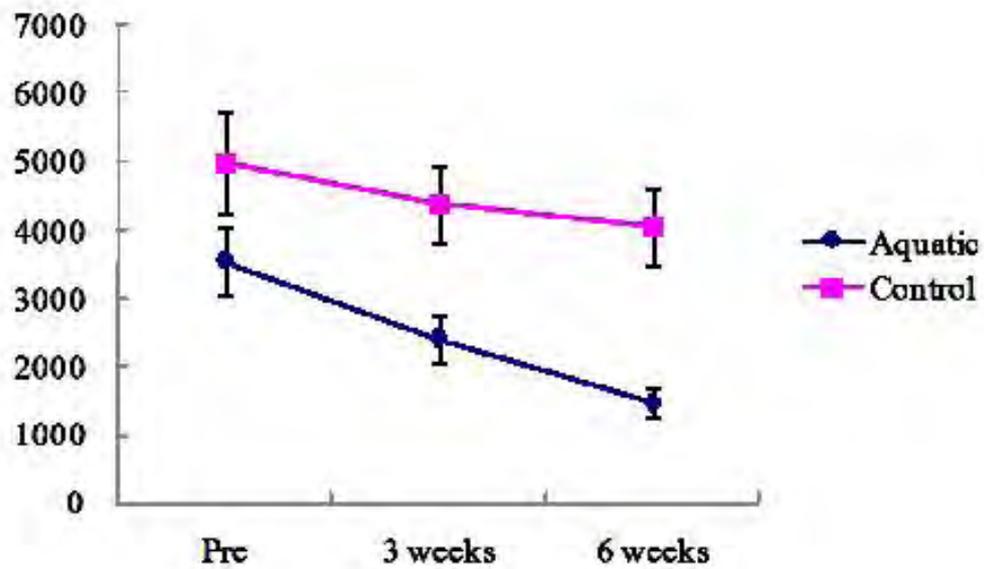


Figure 14. The changes of circumference area on tandem Romberg stance with neck extension.

3.3 하퇴근의 RMS 변화

3.3.1 한발로 서기에서 RMS의 변화

한발로 서기에서 RMS의 변화는 다음과 같다(Table 21). 한발로 서기에서 RMS의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 RMS 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .01$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $1.82 \pm .49 \mu V$ 로 6주 후에는 $2.49 \pm .54 \mu V$ 의 차이로 변화가 감소되어 전위의 차가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 21)(Table 22)(Figure 15).

Table 21. The changes of RMS on one leg stance

(Unit: μV)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	$4.35 \pm .82$	$2.53 \pm .33$	$1.86 \pm .28$
Control	$2.36 \pm .42$	$2.53 \pm .41$	$2.36 \pm .37$

All value are showed mean \pm SE

Table 22. The result of repeated measures ANOVA on RMS one leg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	16.147	2	8.074	7.034	0.003
Time × Group	17.330	2	8.665	7.549	0.002
Error (time)	41.321	36	1.148		
Group	3.685	1	3.685	0.842	0.371
Error (group)	78.825	18	4.379		

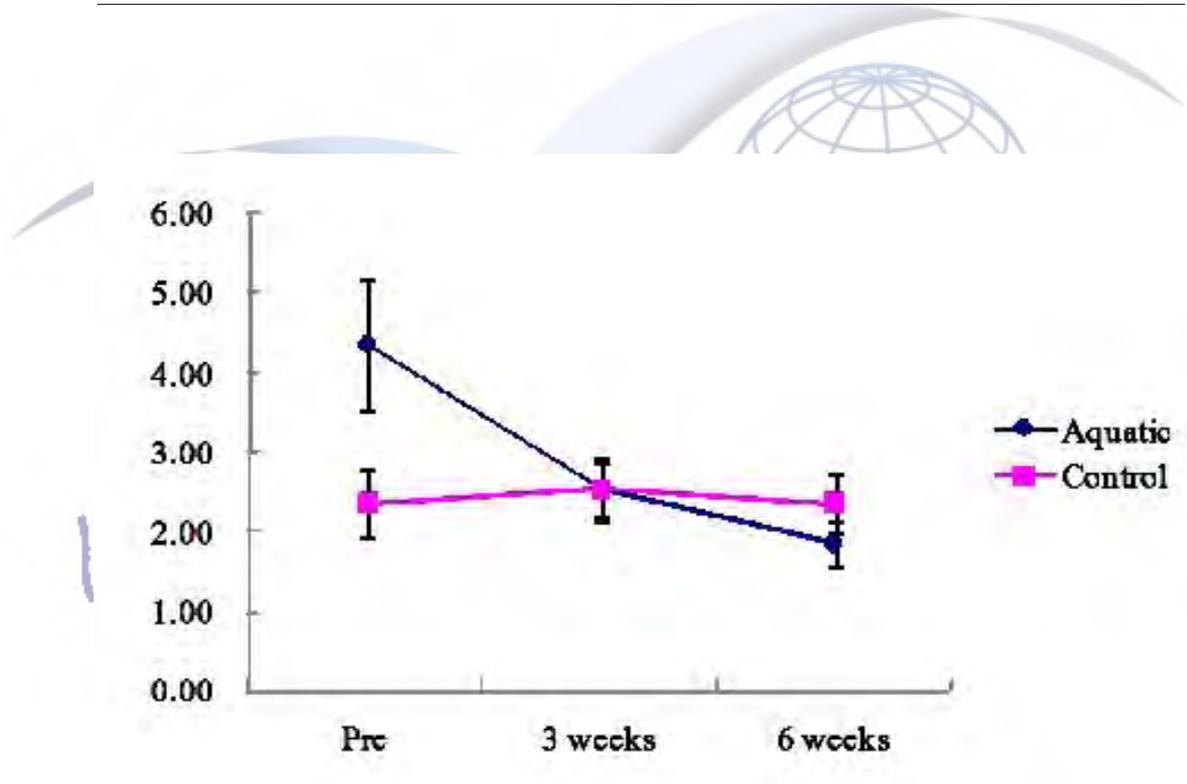


Figure 15. The changes of RMS on one leg stance.

3.3.2 Romberg 서기에서 RMS 변화

Romberg 서기에서 RMS의 변화는 다음과 같다(Table 23). Romberg 서기에서 RMS의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 RMS 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $1.55 \pm 1.10 \mu V$ 로 6주 후에는 $4.26 \pm 2.25 \mu V$ 의 차이로 변화가 감소되어 전위의 차가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 23)(Table 24)(Figure 16).

Table 23. The changes of RMS on tandem Romberg stance (Unit: μV)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	$7.60 \pm .66$	$6.05 \pm .56$	$3.34 \pm .41$
Control	$5.29 \pm .84$	$4.87 \pm .60$	$5.04 \pm .81$

All value are showed mean \pm SE

We get you moving

Table 24. The result of repeated measures ANOVA on RMS tandem Romberg stance in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	51.253	2	25.626	22.563	0.000
Time × Group	42.977	2	21.489	18.920	0.000
Error (time)	40.888	36	1.136		
Group	1726.779	1	1726.779	158.400	0.000
Error (group)	5.352	1	5.352	0.491	0.492

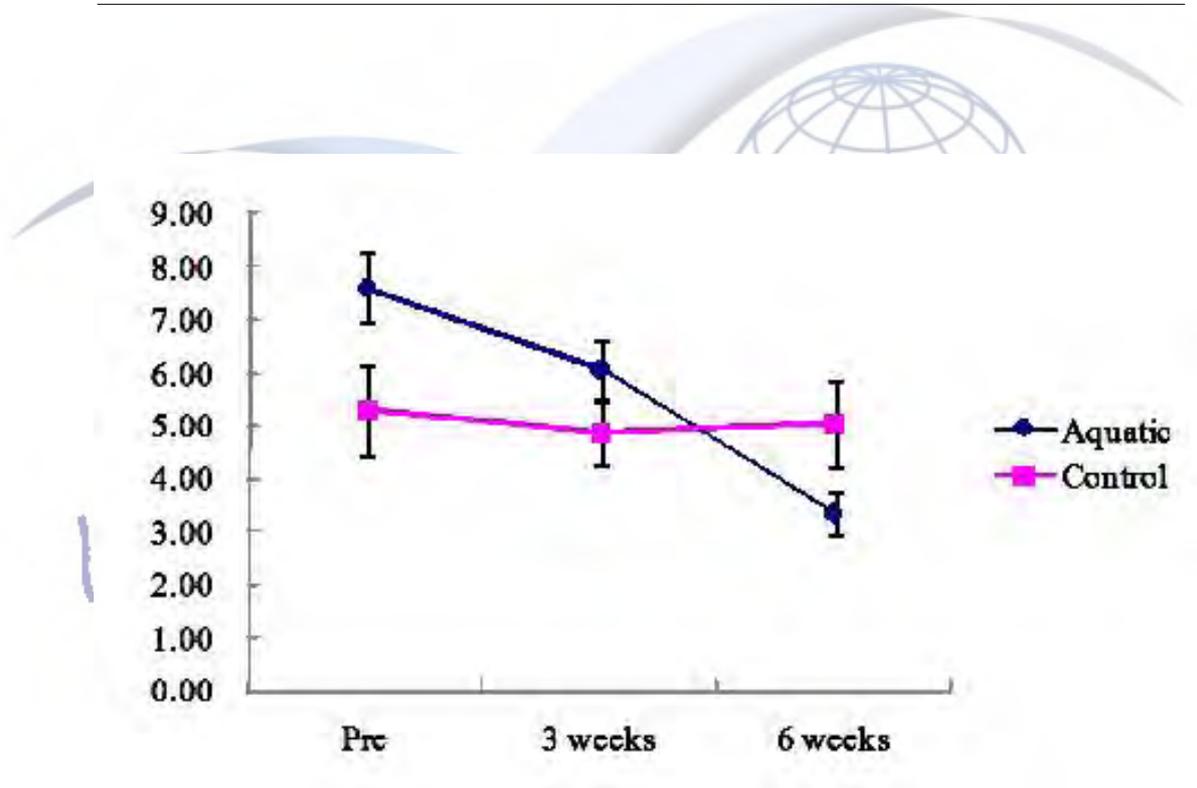


Figure 16. The changes of RMS on tandem Romberg stance.

3.3.3 목을 신전하여 Romberg 서기에서 RMS 변화

목을 신전한 Romberg 서기에서 RMS의 변화는 다음과 같다(Table 25). 목을 신전한 Romberg 서기에서 RMS의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 RMS 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .01$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $1.55 \pm 1.10 \mu V$ 로 6주 후에는 $4.26 \pm 2.25 \mu V$ 의 차이로 변화가 감소되어 전위의 차가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 25)(Table 26)(Figure 17).

Table 25. The changes of RMS on tandem Romberg stance with neck extension

(Unit: μV)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	6.26 ± 1.43	$7.68 \pm .91$	4.71 ± 1.10
Control	$7.77 \pm .75$	$6.48 \pm .63$	$7.01 \pm .67$

All value are showed mean \pm SD

Table 26. The result of repeated measures ANOVA on RMS tandem Romberg stance with neck extension in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	18.793	2	9.397	3.638	0.036
Time × Group	33.691	2	16.846	6.521	0.004
Error (time)	92.996	36	2.583		
Group	2653.483	1	2653.483	121.219	0.000
Error (group)	11.310	1	11.310	0.517	0.481

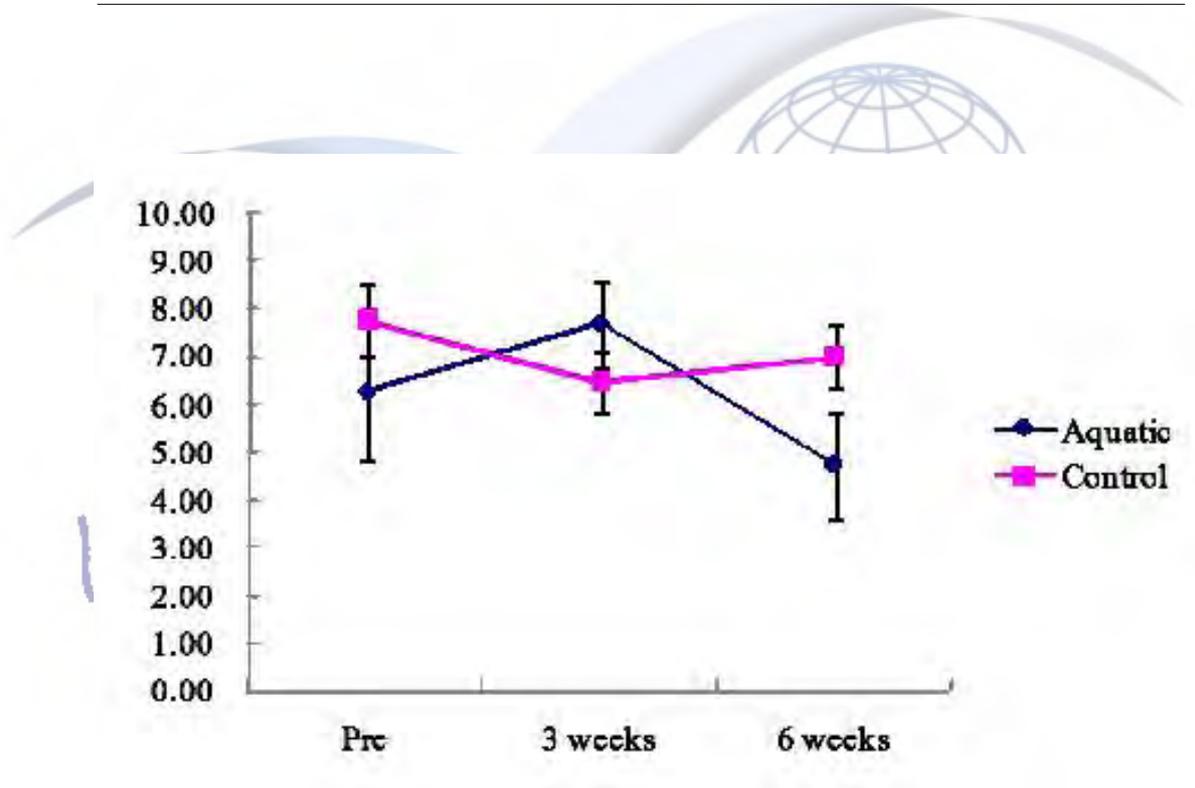


Figure 17. The changes of RMS on tandem Romberg stance with neck extension.

3.4 안전위의 변화

3.4.1 수직 안전위의 변화

수직 안전위의 변화는 다음과 같다(Table 27). 수직 안전위의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 수직 안전위의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $0.07 \pm 0.05 \mu V$ 로 6주 후에는 $1.62 \pm 0.04 \mu V$ 의 차이로 변화가 감소되어 전위의 차가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 27)(Table 28)(Figure 18).

Table 27. The changes of vertical electrooculogram

(Unit: μV)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	4.03 ± 0.19	3.50 ± 0.24	2.41 ± 0.20
Control	3.45 ± 0.25	3.40 ± 0.27	3.24 ± 0.23

All value are showed mean \pm SE

Table 28. The result of repeated measures ANOVA on vertical electrooculogram in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	8.722	2	4.361	47.710	0.000
Time × Group	5.125	2	2.563	28.036	0.000
Error (time)	3.291	36	0.091		
Group	0.035	1	0.035	0.025	0.877
Error (group)	25.385	18	1.410		

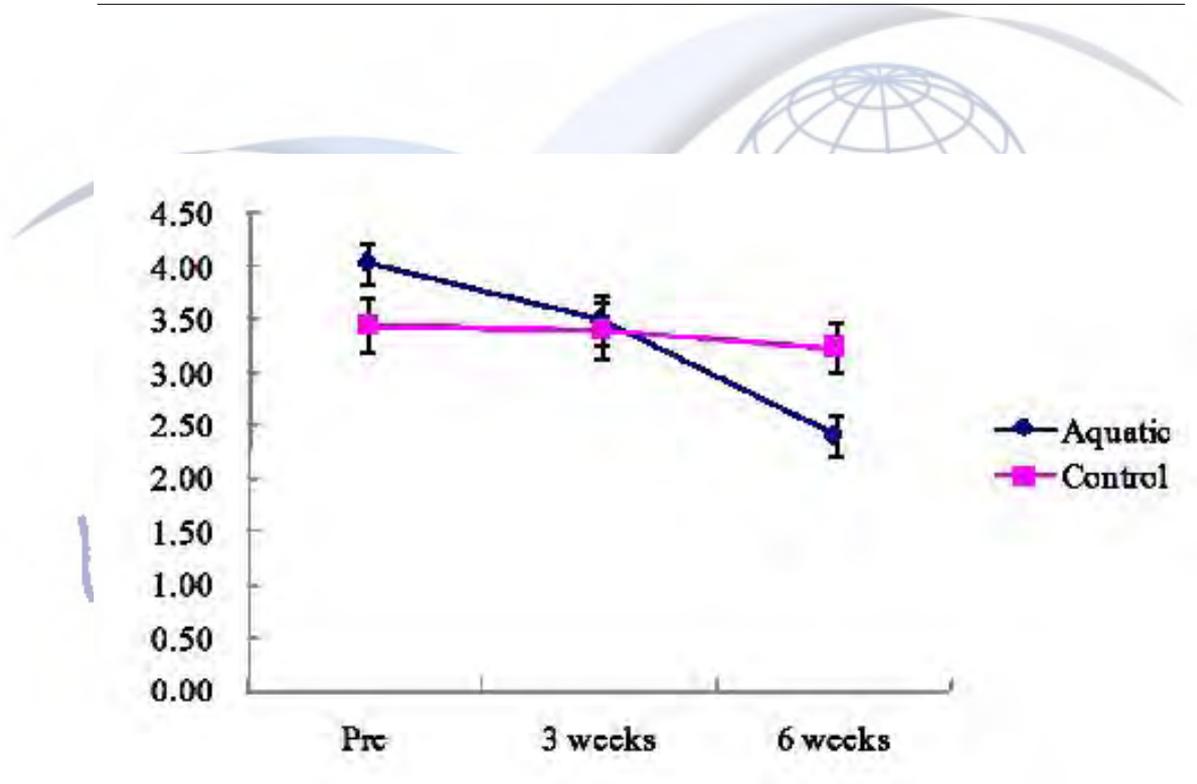


Figure 18. The changes of vertical electrooculogram.

3.3.2 수평 안전위의 변화

수평 안전위의 변화는 다음과 같다(Table 29). 수평 안전위의 변화를 분석한 결과 시간과 군의 교호작용이 유의한 차이가 있는 것으로 나타나 시간변화에 따른 군 사이 수평 안전위의 변화 패턴이 다른 것으로 나타났다($p < .001$). 수중군은 실험 전보다 3주 후에 $1.55 \pm .27 \mu V$ 로 6주 후에는 $2.89 \pm .51 \mu V$ 의 차이로 변화가 감소되어 전위의 차가 변화하였지만, 대조군은 실험 전에 비해 3주와 6주 후에도 변화되지 않는 패턴을 보였다(Table 29)(Table 30)(Figure 19).

Table 29. The changes of horizontal electrooculogram

(Unit: μV)

Groups	Pre	3 weeks	6 weeks
Aquatic	$5.24 \pm .68$	$3.69 \pm .41$	$2.45 \pm .17$
Control	$3.66 \pm .27$	$3.42 \pm .24$	$3.25 \pm .27$

All value are showed mean \pm SE

We get you moving

Table 30. The result of repeated measures ANOVA on horizontal electrooculogram in each group

Source	Type III sum of squares	df	Mean square	F	P
Time	25.781	2	12.891	26.004	0.000
Time × Group	14.297	2	7.148	14.420	0.000
Error (time)	17.846	36	0.496		
Group	1.815	1	1.815	0.542	0.471
Error (group)	60.255	18	3.347		

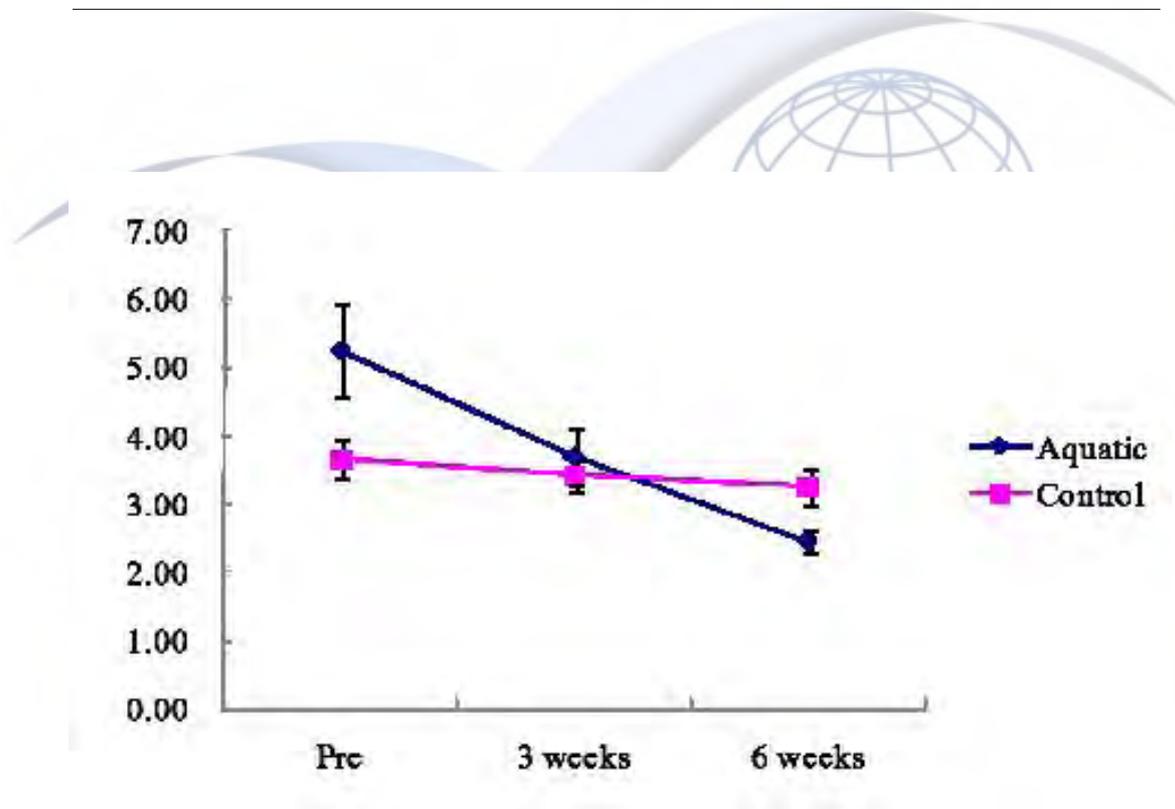


Figure 19. The changes of horizontal electrooculogram.

4 고찰

전정계는 신체의 균형 유지에 중요한 역할을 하고 있는데, 이러한 평형감각은 일상생활에서 자세변화에 대한 신체의 무게중심이 이동하였을 때 자세의 부조화를 방지하기 위한 기능을 가지고 있으며 시각, 고유수용기, 전정기관이 유기적으로 관여하고 있다.

결국 평형감각은 자세조절이나 환자에게 치료적 측면에서도 중요한 의미를 갖는다. 따라서 본 연구는 전정계의 훈련이 될 수 있는 신체의 움직임이 지상보다 수중에서 더 용이하게 움직임이 가능하므로 수중에서 머리회전조절 프로그램을 적용하여 균형능력과 전정계의 기능 변화를 알아보고자 하였다. 연구의 결과를 통해 수중회전조절 프로그램이 균형능력과 전정기능의 향상의 변화를 보여주었다.

감각투입의 정보를 주지 않고 전정각을 교란하거나 자극을 주기위한 방법으로 시각의 차단, 지지면의 변화, 자세의 변화, 머리의 움직임 등을 통해 가능하다.

Horak과 Nashner(1986)는 미로병변환자의 자세유지가 시각과 체성감각정보로 잘 유지할 수 있음을 보고하였고, 시각이 부적절한 감각을 보상하고 있음을 보고한 Nashner 등(1982)의 연구에서 시각폐쇄 시 아킬레스건의 자극을 유발하면 비복근이 긴장되어 신체가 뒤로 움직이는 현상을 보고하였다. 이러한 보고와 같이 본 연구에서도 모든 실험측정 자세를 눈을 감은 상태에서 측정하였다. Amiridis 등(2003)의 연구에서는 노인과 젊은 정상인을 대상으로 분류하여 자세변화를 유발하여 정적자세를 평가하였는데, CoP와 근전도 그리고 동작분석 모두에서 자세동요가 노인에게서 크게 나타남을 보고하였다. 이와 같이 본 연구에서도 균형능력을 측정하기 위해 기능평가와 CoP 측정 시 자세변화에 따른 균형능력을 평가하였다. 또한 자가두부회전을 통해 전정안구반사의 변화를 통해 전정기능을 평가한 연구와 회전 의자를 통해 전정자극을 유발하여 전정기능의 변화를 연구한 보고와 같이(Medendorp 등, 2000; Valente, 2007; van der Meer 등, 2007), 본 연구에서도 자가두부회전을 이용한 눈의 움직임을 안전위변화를 통해 전정기능을 평가하였다. 여러 평가방법 중 전정기능을 평가하기 위한 방법은 균형능력을 측정

하는 이학적 기능평가와 자세동요를 알아보기 위한 동작분석, CoP의 측정, 근전도검사 등이 있으며, 정량적평가를 하기 위해 전정계 교란을 유발 후 정량화된 안전위나 적외선비디오안진검사 및 전기안진검사 등을 이용하고 있다(기호성, 2001; Duncan 등, 1990; Amiridis 등, 2003; Fife 등, 2000). 본 연구에서도 균형능력과 전정기능에 대한 평가를 이학적 측정과 CoP의 측정, 근전도를 이용한 RMS 측정 그리고 자가두부회전을 이용한 안전위를 측정하였다.

수중에서의 신체 움직임은 지상과는 다른 형태로 나타나게 되는데, 이는 물의 유체역학적 특성으로 인해 움직임이 일어날 때 부상의 위험이 적을 뿐만 아니라 수중에서 신체의 움직임은 머리의 움직임이 큰 요소로 작용하게 된다(김태열 등, 2000; 서삼기 등, 2002; Lambeck과 Stanat, 2000; McMillan, 1977). 이러한 작용으로 수중에서 신체의 균형은 중력과 부력에 의해 영향을 받아 두 힘 사이에는 수중중심효과(metacentric effect)가 적용되어 부력과 중력의 힘이 동일하지 않으면 회전이 유발되는데, 이때 나타나는 회전은 해부학적인 신체 구조축의 구성에 따라 나타나게 된다(서삼기 등, 2002; McMillan, 1977).

김선애(2000)는 만성골관절염 환자에게 6주간 수중운동프로그램을 적용 후 이학적 평형성 검사에서 외발서기가 오른쪽은 4.39 ± 3.41 초에서 5.74 ± 3.71 초로 왼쪽은 3.20 ± 1.99 초에서 5.13 ± 1.92 초로 유의한 증가가 있었음을 보고 하였으며, 조윤미(2007)는 뇌졸중환자 14명에게 수중치료를 적용 후 균형점수에서 32.4점에서 38.3점으로 유의한 증가가 있었음을 보고하였다. 김은순(2003)의 연구에서는 10명의 정신지체아동을 대상으로 8주 동안 수중운동프로그램을 적용 후 정적평형능력이 증진됨을 보고하였다. 박래준 등(2002)의 연구에서는 8주간 수중운동이 노인여성(10명)의 한발 서기 균형능력이 눈뜨기 상태에서는 31.2%가 좋아졌으며, 눈감은 상태의 균형능력도 40.1%가 향상되었음을 보고하였다. 또한 송명환(2003)의 연구에서 Halliwick 10 point program을 20대 여성 7명에게 4주간 적용 후 한발 서기 CoP의 변화에서 유의한 감소가 있었음을 보고하였으며, Suomi와 Koceja(2000)는 관절염환자 14명을 대상으로 수중운동을 6주간 적용한 후 선 자세의 자세동요 변화에서 유의한 감소가 나타남을 보고하였다. 본 연구에서도 이학적 측정부분인 한발 서기와 Romberg 서기 그리고 목을 신전한 상태의 Romberg 서기 기능평가에서 균형유지 시간이 유의하게 감소하였으며, CoP 변화

에서 자세에 따른 단위궤적길이와 동요면적이 유의한 감소를 보였다. 이러한 변화는 수중에서 적용한 머리회전조절 프로그램을 통해 균형을 유지하는 능력이 모든 자세에서 향상된 결과로 전정기능에 영향을 준 것으로 사료된다.

또한 Amiridis 등(2003)이 보고한 것과 같이 자세변화에 따라 전정계에 교란이나 자극을 줄 수 있는데, 본 연구에서도 수중에서 Halliwick rotation program을 적용 후 자세변화에 따른 전정계 교란을 주어 CoP의 평가에서 자세동요의 변화가 6주 후에 유의하게 감소하는 결과를 나타내었다. 특히 전정계의 자극을 정량적으로 연구한 van der Meer 등(2007)은 머리의 움직임과 전정신경의 발화율의 특성과 연관성이 있음을 보고하였고, 기호성(2001)은 회전자극 시 CoP 변화와 심박수 변화 그리고 눈 주위의 체열변화를 통해 평형감각에 대한 정량적인 분석을 보고 하였다. 이러한 여러 보고와 같이 본 연구에서도 수중에서 머리회전조절 프로그램 적용 후 전정계 교란을 더 유도하기 위한 자세변화에서 기능평가는 모든 자세에서 시간의 감소가 나타났으며, 균형능력평가인 단위궤적길이와 동요면적에서도 감소되는 결과를 나타냈다. 이러한 결과로 균형능력의 향상뿐만 아니라 전정계의 기능도 향상된 것으로 사료된다.

여러 연구에서 감각적 투입이나 전정계의 교란으로 하퇴근의 활동이 증가됨을 보고하고 있으며, 지지면의 변화와 평류전정자극 그리고 시각개폐의 자극으로 하퇴의 움직임의 변화가 RMS와 H 반사의 연구를 통해 변화가 있었음을 보고하였다(황태연, 2005; Cauquil 등, 1997). 황태연(2005)은 정상인 32명과 당뇨병 신경증 환자 15명에게 평류전정자극과 시각 개·폐에 따른 자세동요의 변화의 연구에서 하퇴근의 RMS 변화에서 자세동요가 커지면 하퇴근의 활동전위가 증가됨을 보고하였다. 또한 Amiridis 등(2003)은 젊은이 20명과 노인 19명을 대상으로 하지의 근전도 활동을 비교한 결과 정적서기와 Romberg 서기 그리고 한발로 서기 자세의 변화에 따라 근전도의 변화가 크게 나타났으며, 노인이 젊은이 보다 근전도 변화가 큰 것으로 보고하였다. 또한 Amiridis 등(2005)은 10명의 노인을 대상으로 하퇴의 전경골근을 신경근전기자극훈련을 4주 동안 16회 적용 후 하지의 근전도 활동을 비교한 결과 정적서기와 Romberg 서기 그리고 한발로 서기 자세의 변화에 따라 근전도의 변화가 크게 증가되는 결과로 나타나 본 연구와는 상반되는 결과를 나타내었다. 이는 하퇴의 전기자극훈련으로 인한 하지의 근 활성화

도를 통해 자세동요가 크지 않음을 보여주는 근전도의 결과이며, 본 연구의 결과는 근육능력의 변화에 의한 근 활성도의 변화가 아닌 전정기능의 변화에 따른 근 활성도의 변화이며, 이러한 변화는 전정기능이 향상됨에 따라 RMS의 변화가 감소하였다. 따라서 본 연구에서 지상군은 자세변화에 따른 RMS변화에서 실험 전·후의 변화가 유의하게 나타나지 않았지만, 수중군에서는 자세변화에 따른 RMS변화에서 한발로 서기와 Romberg 서기 그리고 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 RMS변화 모두에서 유의한 감소를 나타내었다. 이러한 변화는 수중에서 적용된 머리회전조절 프로그램을 통해 자세동요가 줄어든 결과로 균형 능력과 전정기능의 향상이 있었음을 보여주는 결과이다.

전정기능을 측정하기 위한 안구운동 측정장치는 안전도(EOG)나 전기안진검사(ENG), 자기장안진검사(SSC), 적외선 비디오 안진검사(IRV) 등을 이용하여 측정하는데, 특히 안전도 신호는 안구운동 시 발생하는 생체신호로서 눈 주위에 전극을 부착하여 발생하는 전위차를 기록하게 된다(Brandt와 Strupp, 2005; Goebel 등, 1995; Fife 등, 2000; Hanson과 Goebel, 1998). 많은 연구자들이 안구운동의 훈련을 통한 운동기능의 향상을 보고한 바를 유추하여(구봉오, 2002; Laukkanen과 Rabin, 2006; Long과 Rourke, 1989; Wood와 Abernethy, 1997), 본 연구에서는 균형능력이나 전정기능 향상에 따른 안전위의 변화를 자가두부회전을 통해 전정계를 교란하여 안구의 움직임에 수직·수평 안전위를 측정하였다.

구봉오(2002)는 안구운동 훈련을 성인편마비 환자 40명에게 적용한 후 동적균형과 정적균형 모두 유의하게 향상된 결과를 보고하였으며, 김윤지(2008)는 여자 체조선수 6명을 대상으로 균형대 훈련 시 안구의 움직임을 EOG로 측정한 결과 안구의 움직임이 동적자세조절에 크게 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 박양선(2006)은 무용수 10명과 훈련하지 않은 대조군 10명을 대상으로 5주 동안 상체움직임 훈련을 하여 EOG를 측정한 결과 군과 속도간의 유의한 차이가 있음을 보고하였는데, 이는 지상에서의 회전동작이 전정기관에 영향을 미쳐서 운동학적 변인에 영향을 주고 있음을 연구한 보고이다. 본 연구에서는 수중에서 머리회전 프로그램을 적용하여 자가두부회전으로 전정반사를 유도한 후 EOG를 측정한 결과 수직 안전위와 수평 안전위 모두 3주부터 전위의 차가 감소되는 경향을 보였으며 6주 후에는 대조군보다 급격한 감소를 보여 유의한 차이를 나타내었다. 이러

한 결과는 전정반사에 따른 안구의 움직임이 수중 머리회전조절 프로그램을 적용하기 전보다 더 적게 나타나는 것으로 수중에서의 회전동작이 전정기능에 영향을 주고 있음을 알 수 있다.

이상과 같이 본 연구를 통해 수중에서 적용하는 Halliwick rotation program이 균형능력과 전정계의 기능을 향상시킬 수 있을 것으로 사료된다. 본 연구에서는 근력훈련을 배제하고 회전프로그램만을 적용하였던 바 전정계의 훈련이 하퇴의 움직임에도 영향을 줄 수 있음을 알 수 있었다. 결국 전정계의 자극이 균형능력의 변화를 준 평가와 같이 수중프로그램이 전정계의 자극을 통해 임상적으로 치료적 중재가 될 수 있을 것이며, 지상에서 적용하는 균형프로그램의 한계성을 보완할 수 있을 것으로 사료된다.



5 결론

본 연구는 20대 정상 성인 20명을 대상으로 수중군 10명과 대조군 10명으로 2개의 군을 설정하여 수중에서 적용되는 Halliwick rotation program이 균형능력과 전정기능 향상에 미치는 영향을 알아보기 위해 6주간 프로그램을 적용하였다. 측정항목은 실험 전, 실험 3주 후, 실험 6주 후에 자세변화에 따른 기능평가와 CoP의 변화, 표면근전도의 변화 그리고 안전위의 변화를 측정하여, 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 기능평가에서 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .01$). 수중군이 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

2. CoP의 측정에서 3가지 자세에 따른 단위궤적길이와 동요면적의 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .01$)($p < .05$). 수중군에서 단위궤적길이와 동요면적이 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

3. 자가두부회전을 적용 후 안전위의 변화에서 수직안전위와 수평안전위 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). 수중군에서 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

4. CoP 측정 시 3가지 자세에 따른 표면근전도의 변화에서 RMS 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .01$). 수중군에서 6주째 감소하는 패턴이 크게 나타났다.

결론적으로 본 연구의 결과 수중에서 적용하는 머리회전조절 프로그램인 Halliwick rotation program이 균형능력이 향상된 결과로 전정기능에 영향을 주

고 있음을 알 수 있었다. 또한 수중에서 적용되는 회전프로그램이 하퇴근의 활동에 영향을 미치고 있음을 알 수 있었다. 따라서 임상에서 Halliwick rotation program이 자세조절이나 균형능력에 중요한 물리치료의 중재가 될 것으로 사료된다.



We get you moving

참고문헌

- 구봉호(2002). 안구운동이 성인 편마비 환자의 균형회복에 미치는 영향, 대구대학교 대학원.
- 기호성(2001). 평형감각의 정량적 분석, 전북대학교 대학원.
- 김규겸(1998). 전정기능 평가를 위한 안구운동 분석프로그램의 구현, 원광대학교 대학원.
- 김태열, 김계엽, Lambeck J.(2000). 류마티스 관절염의 수중치료, **대한물리치료학회지**, **12(3)**, 407-414.
- 김선애(2000). 수중프로그램이 만성골관절염 환자의 통증, 근력, 유연성, 민첩성 및 평형성에 미치는 영향, 충남대학교 대학원.
- 김은순(2003). 수중 운동 프로그램이 정신지체아동의 정적 평형에 미치는 영향, 대구대학교 대학원.
- 김윤지(2008). 평균대 턴 동작의 동적 자세 조절에 미치는 안구 움직임 분석, 건국대학교 대학원.
- 박래준, 김상수, 김용건, 박돈목, 한동욱.(2002). 수중운동이 노인여성의 한발 서기 균형능력에 미치는 영향, **대한물리치료학회지**, **14(1)**, 89-98.
- 박양선(2006). 회전동작이 전정기관과 운동학적 변인에 미치는 영향, 한양대학교 대학원.
- 박용균(2005). 불안정관을 이용한 평형감각 훈련시스템에 관한 연구, 전북대학교 대학원.
- 서삼기, 김태열, 황태연(2002). Halliwick 10 Point Program의 운동학습과정, **대한물리치료학회지**, **14(1)**, 159-167.
- 송명환(2003). Halliwick 10 point program이 균형능력에 미치는 영향, 충남대학교 대학원.
- 이한숙, 최홍식, 권오윤(1996). 균형조절 요인에 관한 고찰, **한국전문물리치료학회지**, **3(3)**, 82-91.
- 조운미(2007). 수중 운동치료가 뇌졸중 환자에서 균형기능에 미치는 영향, 전남대학교 대학원.

- 정민우(2001). 수중운동이 다운증후군 아동의 평형성에 미치는 영향, 서울대학교 대학원.
- 정이루리(2003). 감각계 훈련 프로그램이 다운증후군 아동의 평형성에 미치는 영향, 서울대학교 대학원.
- 황태연(2005). 평류전정자극 및 시각 개·폐와 지지면 경도가 자세동요에 미치는 영향, 동신대학교 대학원.
- Anonymous(1996). Assessment: Electronystagmography. Report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee, *Neurology*, 46, 1763 - 1766.
- Amiridis IG, Arabatzi F, Violaris P, Stavropoulos E, Hatzitaki V.(2005). Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training, *Eur J Appl Physiol*, 94(4), 424-433.
- Amiridis IG, Hatzitaki V, Arabatzi F.(2003). Age-induced modifications of static postural control in humans, *Neurosci Lett*, 350(3), 137-140.
- Berger L, Klein C, Commandeur M.(2008). Evaluation of the immediate and midterm effects of mobilization in hot spa water on static and dynamic balance in elderly subjects, *Ann Readapt Med Phys*, 51(2), 84-95.
- Brandt T, Strupp M.(2005). General vestibular testing, *Clin Neurophysiol*, 116(2), 406-426.
- Brooks VB.(1986). The neural basis of motor control, Oxford University Press, New York.
- Burl MM, Williams JG, Nayak US.(1992). Effects of cervical collars on standing balance, *Arch Phys Med Rehabil*, 73(12), 1181-1185.
- Carr JH, Shepherd RB.(2003). Stroke rehabilitation, Butterworth-Heinemann, London.
- Cauquil AS, Bousquet P, Salon M-CC, Dupuia P, Bessou P.(1997). Monaural and binaural galvanic vestibular stimulation in human dynamic balance function, *Gait & Posture*, 6, 210-217.

- Clarke AH.(2001). Perspectives Mfor the comprehensive examination of semicircular canal and otolith function, *Biol Sci Space*, 15(4), 393-400.
- Cole AJ, Becker BE.(2004). Comprehensive aquatic therapy, Elsevier Inc., Philadelphia.
- Diener HC, Horak FB, Nashner LM.(1988). Influence of stimulus parameters on human postural responses, *J Neurophysiol*, 59(6), 1888-1905.
- Doménech Campos E, Armengot Carceller M, Barona de Guzmán R.(2005). Electrooculography. Its value in the diagnosis of the patient with a balance disorder, *Acta Otorrinolaringol Esp*, 56(1), 12-16.
- Duncan PW, Studenski S, Chandler J, Bloomfeld R, LaPointe LK.(1990). Electromyographic analysis of postural adjustments in two methods of balance testing, *Phys Ther*, 70(2), 88-96.
- Effgen SK.(1981). Effect of an exercise program on the static balance of deaf children, *Phys Ther*, 61(6), 873-877.
- Fife TD, Tusa RJ, Furman JM, Zee DS, Frohman E, Baloh RW, Hain T, Goebel J, Demer J, Eviatar L.(2000). Assessment: vestibular testing techniques in adults and children: report of the Therapeutics and Technology Assessment Subcommittee of the American Academy of Neurology, *Neurology*, 55(10), 1431-1441.
- Gatev P, Thomas S, Kepple T, Hallett M.(1999). Feedforward ankle strategy of balance during quiet stance in adults, *J Physiol*, 514(3), 915-928.
- Geurts AC, Ribbers GM, Knoop JA, van Limbeek J.(1996). Identification of static and dynamic postural instability following traumatic brain injury, *Arch Phys Med Rehabil*, 77(7), 639-644.
- Geytenbeek J.(2002). Evidence for Effective Hydrotherapy, *Physiotherapy*, 88(9), 514-529.
- Goebel JA, Hanson JM, Langhofer LR, Fishel DG.(1995). Head-shake vestibulo-ocular reflex testing: comparison of results with rotational chair testing, *Otolaryngol Head Neck Surg*, 112(2), 203-209.

- Green J, McKenna F, Redfern EJ, Chamberlain MA.(1993). Home exercises are as effective as outpatient hydrotherapy for osteoarthritis of the hip, *Br J Rheumatol*, 32(9), 812-815.
- Halmagyi GM, Colebatch JG, Curthoys IS.(1994). New tests of vestibular function, *Baillieres Clin Neurol*, 3, 485 - 500.
- Hanson JM, Goebel JA(1998). Comparison of manual whole body and passive and active head only rotational testing with conventional rotary chair testing, *J Vestib Res*, 8(3), 273 - 282.
- Hinman RS, Heywood SE, Day AR.(2007). Aquatic physical therapy for hip and knee osteoarthritis: results of a single-blind randomized controlled trial, *Phys Ther*, 87(1), 32-43.
- Horak FB.(2006). Postural orientation and equilibrium: what do we need to know about neural control of balance to prevent falls?, *Age Ageing*, 35(S2), ii7-ii11.
- Horak FB, Henry SM, Shumway-Cook A.(1997). Postural perturbations: new insights for treatment of balance disorders, *Phys Ther*, 77(5), 517-533.
- Horak FB, Nashner LM.(1986). Central programming of postural movements: adaptation to altered support-surface configurations, *J Neurophysiol*, 55(6), 1369-1381.
- Horak FB, Shupert CL, Dietz V, Horstmann G.(1994). Vestibular and somatosensory contributions to responses to head and body displacements in stance, *Exp Brain Res*, 100(1), 93-106.
- Inglis JT, Macpherson JM.(1995). Bilateral labyrinthectomy in the cat: effects on the postural response to translation, *J Neurophysiol*, 73(3), 1181-1191.
- Jacobs JV, Horak FB.(2007). Cortical control of postural responses, *J Neural Transm*, 114(10), 1339-1348.
- Koceja DM, Markus CA, Trimble MH.(1995). Postural modulation of the soleus H reflex in young and old subjects, *Electroencephalogr Clin*

- Neurophysiol*, 97(6), 387-393.
- Lackner JR, DiZio P, Jeka J, Horak F, Krebs D, Rabin E.(1999). Precision contact of the fingertip reduces postural sway of individuals with bilateral vestibular loss, *Exp Brain Res*, 126(4), 459-466.
- Lambeck J, Stanat FC.(2000) The Halliwick concept, *J Aquatic Phys Ther*, 8(2), 6-11.
- Latash ML.(1998). Neurophysiological basis of movement, Human Kinetics, Pennsylvania.
- Laukkanen H, Rabin J.(2006). A prospective study of the EYEPORTR vision training system, *Optometry*, 77(10), 508-514.
- Leigh RJ, Brandt T.(1993). A reevaluation of the vestibulo-ocular reflex: new ideas of its purpose, properties, neural substrate, and disorder, *Neurology* 43, 1288 - 1295.
- Long GM, Rourke DA.(1989). Training effects on the resolution of moving targets—dynamic visual acuity, *Hum Factors*, 31(4), 443-451.
- Massion J.(1998). Postural control systems in developmental perspective, *Neurosci Biobehav Rev*, 22(4), 465-472.
- Maurer C, Mergner T, Bolha B, Hlavacka F.(2000). Vestibular, visual, and somatosensory contributions to human control of upright stance, *Neurosci Lett*, 281, 99-102.
- McMillan J.(1977). The role of water rehabilitation, *Fysioterapeuten*, 45, 43-46.
- Medendorp WP, Van Gisbergen JA, Van Pelt S, Gielen CC.(2000). Context compensation in the vestibuloocular reflex during active head rotations, *J Neurophysiol*, 84(6), 2904-2917.
- Mynark RG, Koceja DM.(2002). Down training of the elderly soleus H reflex with the use of a spinally induced balance perturbation, *J Appl Physiol*, 93(1), 127-133.
- Nashner LM, Black FO, Wall C 3rd.(1982). Adaptation to altered support and

- visual conditions during stance: patients with vestibular deficits, *J Neurosci*, 2(5), 536-544.
- Schubert MC, Minor LB.(2004). Vestibulo-ocular physiology underlying vestibular hypofunction, *Phys Ther*, 84(4), 373-385
- Suomi R, Kocejka DM.(2000). Postural sway characteristics in women with lower extremity arthritis before and after an aquatic exercise intervention, *Arch Phys Med Rehabil*, 81(6), 780-785.
- Valente M.(2007). Maturational effects of the vestibular system: a study of rotary chair, computerized dynamic posturography, and vestibular evoked myogenic potentials with children, *J Am Acad Audiol*, 18(6), 461-481.
- Watson SR, Colebatch JG.(1998). Vestibular-evoked electromyographic responses in soleus: a comparison between click and galvanic stimulation, *Exp Brain Res*, 119(4), 504 - 510.
- Wegener L, Kisner C, Nichols D.(1997). Static and dynamic balance responses in persons with bilateral knee osteoarthritis, *J Orthop Sports Phys Ther*, 25(1), 13-18.
- Wilson VJ, Melvill JG.(1979). Mammalian vestibular physiology, Plenum Press, New York.
- Winter DA, Prince F, Frank JS, Powell C, Zabjek KF.(1996). Unified theory regarding A/P and M/L balance in quiet stance, *J Neurophysiol*, 75(6), 2334-2343.
- Wood JM, Abernethy B.(1997). An assessment of the efficacy of sports vision training programs, *Optom Vis Sci*, 74(8), 646-659.
- van der Meer MA, Knierim JJ, Yoganarasimha D, Wood ER, van Rossum MC.(2007). Anticipation in the rodent head direction system can be explained by an interaction of head movements and vestibular firing properties, *J Neurophysiol*, 98(4), 1883-1897.

수중회전조절 프로그램이 정상성인의 균형능력과 전정기능에 미치는 영향

서남대학교 대학원
물리치료학과 물리치료전공

서삼기

지도교수: 박장성

<국문초록>

본 연구에서는 수중치료 프로그램 중 Halliwick rotation program(HRP)이 균형능력과 전정기능에 미치는 영향을 알아보고자 하였다. 대상자는 20대 정상 성인 20명을 대상으로 하였으며, 어떠한 프로그램도 수행하지 않는 대조군(10명)과 수중에서 HRP를 수행한 수중군(10명)으로 나누어서 주 3회 6주간 훈련프로그램을 수행하였다. 모든 대상자의 실험 전과 3주 및 6주 후의 균형능력과 전정기능의 변화를 알아보기 위하여 자세변화에 따른 이학적 평가와 자세변화에 따른 압력중심(center of pressure; CoP) 및 표면근전도 실효치 진폭(root mean square; RMS)의 변화를 측정하였다. 또한 자가회전법을 적용하여 전정계 자극 후 눈의 움직임 평가를 평가하기 위해 안전위를 측정하였다.

이 연구의 결과를 요약하면 다음과 같다.

1. 기능평가에서 한발로 서기, Romberg 서기, 목을 신전한 상태에서 Romberg 서기의 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .05$). 수중군에서 자세에 따른 기능평가가 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

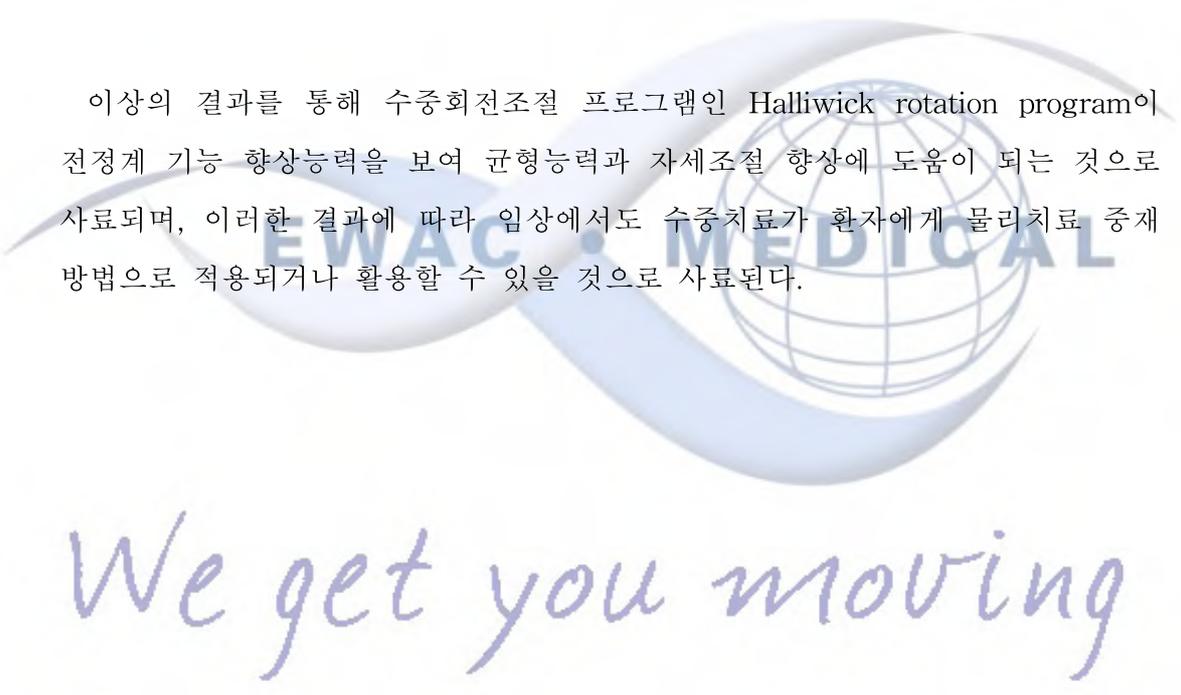
2. CoP의 측정에서 3가지 자세에 따른 단위궤적길이와 동요면적의 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .05$). 수

중군에서 단위궤적길이와 동요면적이 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

3. CoP 측정 시 3가지 자세에 따른 표면근전도 RMS의 변화에서 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$)($p < .05$). 수중군에서 RMS의 변화가 6주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

4. 자가두부회전을 적용 후 안전위의 변화에서 수직안전위와 수평안전위 변화 모두 시간과 군 사이의 교호작용에 있어 유의한 차이가 나타났다($p < .001$). 수중군에서 안전위의 변화가 3주째부터 감소하는 패턴으로 나타났다.

이상의 결과를 통해 수중회전조절 프로그램인 Halliwick rotation program이 전정계 기능 향상능력을 보여 균형능력과 자세조절 향상에 도움이 되는 것으로 사료되며, 이러한 결과에 따라 임상에서도 수중치료가 환자에게 물리치료 중재 방법으로 적용되거나 활용할 수 있을 것으로 사료된다.



We get you moving

핵심되는 말: 할리윅 회전조절 프로그램, 압력중심, 표면근전도 실효치, 안전위, 균형능력, 전정기능

<부록>

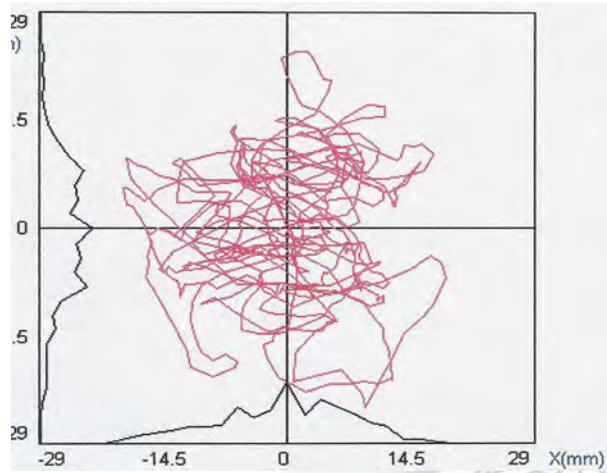


Figure 20. The change of CoP on one leg stance to aquatic group pre test.

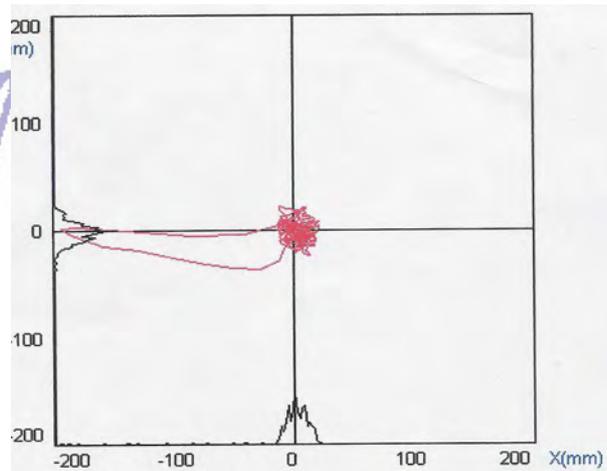


Figure 21. The change of CoP on one leg stance to aquatic group post 6 weeks test.

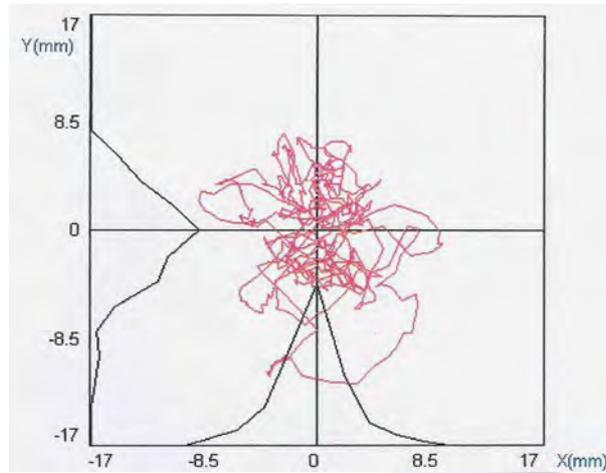
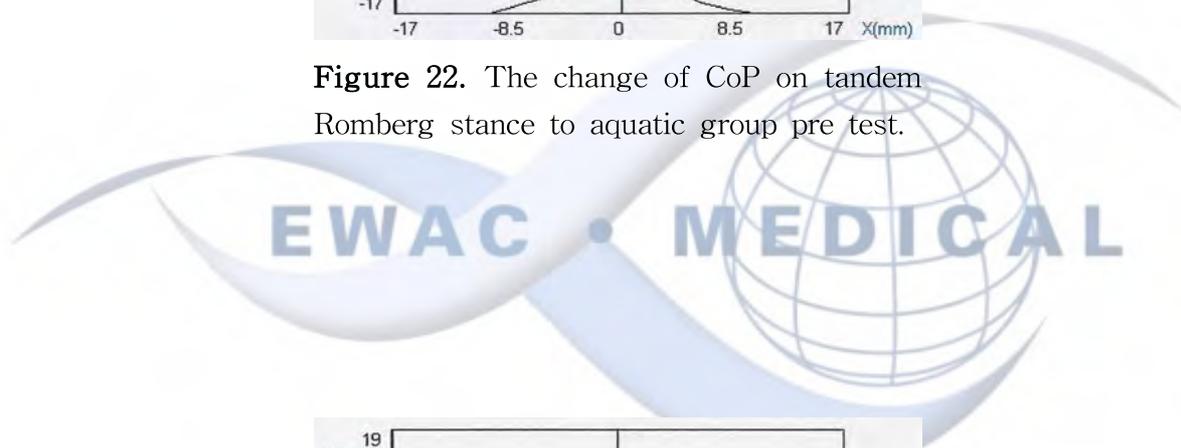


Figure 22. The change of CoP on tandem Romberg stance to aquatic group pre test.



We go swimming

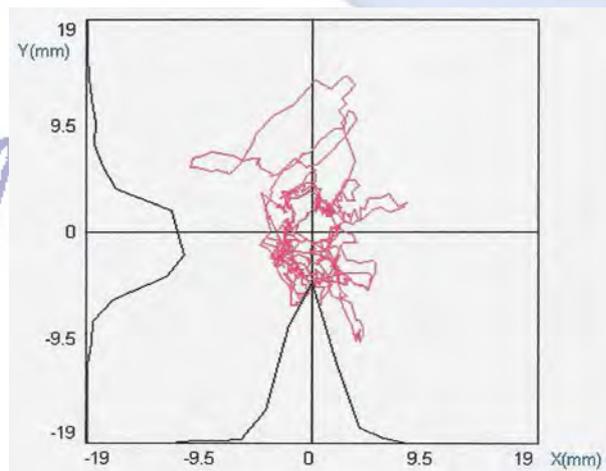


Figure 23. The change of CoP on tandem Romberg stance to aquatic group post 6 weeks test.

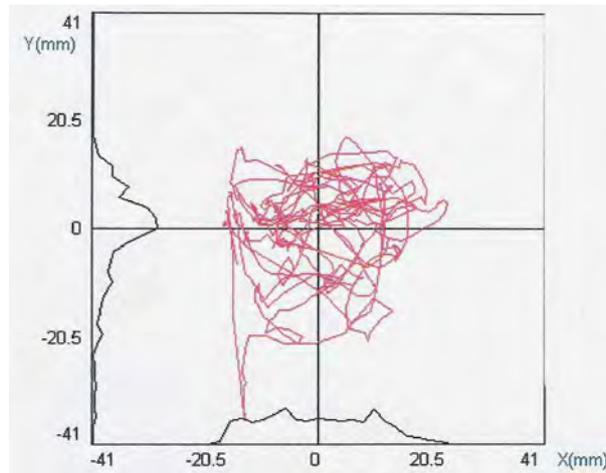
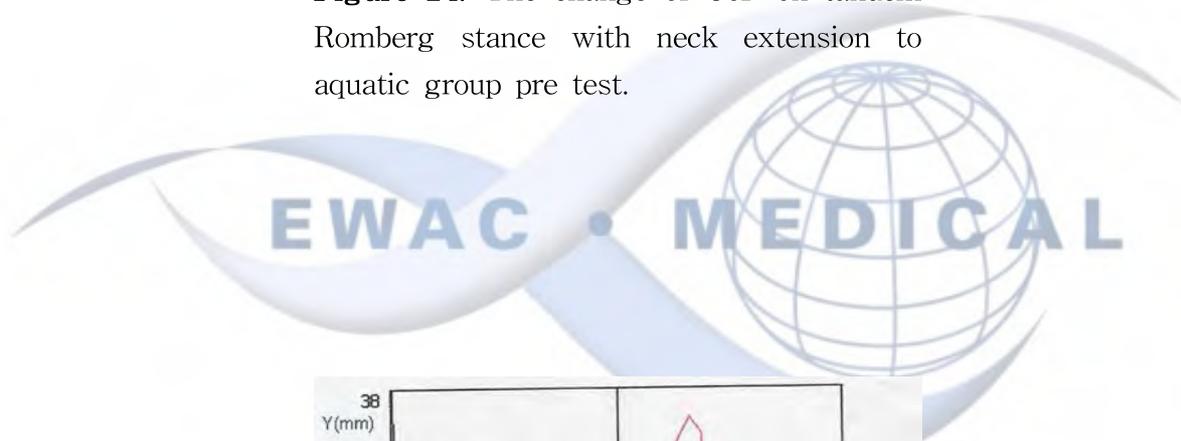


Figure 24. The change of CoP on tandem Romberg stance with neck extension to aquatic group pre test.



We go swimming

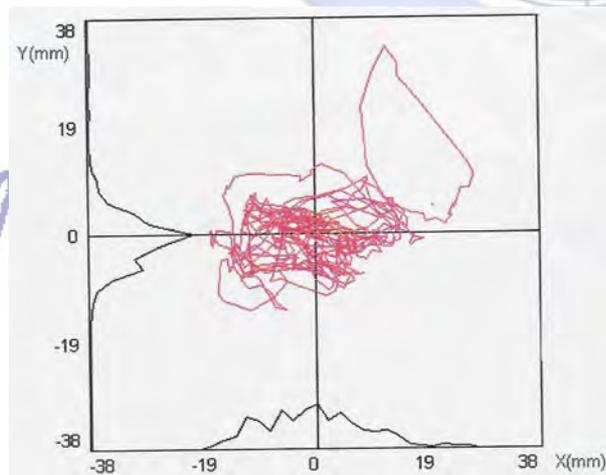


Figure 25. The change of CoP on tandem Romberg stance with neck extension to aquatic group post 6 weeks test.

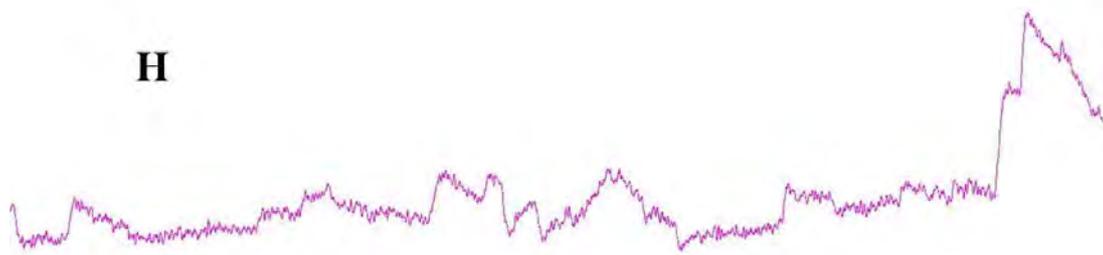


Figure 26. Pre test electrooculogram after active head rotation.

V : vertical electrooculogram

H : horizontal electrooculogram



H

Figure 27. Post test electrooculogram after active head rotation.

V : vertical electrooculogram

H : horizontal electrooculogram

감사의 글

항상 모든 부분을 중심에서 주관하신 하나님께 감사를 드립니다.

어렵게 시작하였지만 본 논문이 완성될 수 있도록 세심한 가르침을 통해 애정을 보여주시신 박장성 교수님께 깊은 감사를 드립니다. 그리고 박사과정 동안 많은 가르침을 주신 김종만 교수님, 좋은 논문이 되도록 조언해 주신 남부대학교 김용남 교수님, 세밀한 부분까지 배려해 주신 대불대학교 박승규 교수님, 지식의 연결성을 가르쳐 주신 이석재 교수님, 노력하는 아름다움을 가르쳐주신 김정우 교수님 모두에게 감사의 마음을 전합니다. 또한 물리치료학을 처음 접하게 해주신 김명훈 교수님, 김태윤 교수님, 김상엽 교수님에게도 감사드립니다. 그리고 물리치료학에 대한 식지 않는 열정으로 큰 가르침을 보여주시며, 본 논문의 실험설계에 많은 부분을 조언해 주신 동신대학교 김태열 교수님께 깊이 감사드립니다.

지난해 실험에 참여한 모든 분들에게도 감사를 드리며, 논문이 진행될 수 있도록 많은 도움을 주신 전남과학대학 황태연 교수님, 광주여자대학교 윤세원 교수님, 이정우 교수님, 목포과학대학 윤나미 교수님, 한려대학교 조남정 교수님, 양대중 실장님, 천동환 실장님, 이문규 과장님, 권혜민 실장님, 양가에 선생님 모두에게 감사드립니다. 또한 실험을 도와주고 자료정리에 도움을 준 김수현, 임영은, 오석, 최지호 선생님께도 감사의 마음을 전합니다. 또한 자신의 자리에서 최선을 다하고 바쁜 일정을 도와준 직장동료인 진현정, 은희연, 손민영, 이영주, 김성경 선생님에게도 감사드립니다. 지금까지 함께 임상을 같이한 동료들과 보이지 않지만 조금씩이라도 힘이 되어준 모든 분들에게도 감사드립니다.

삶을 사랑으로 바꾸어준 아내 유수진과 막 돌이 지난 사랑하는 아들 찬희, 항상 응원을 아끼지 않으셨던 부모님, 언제나 기도로 함께해 주신 장인, 장모님 그리고 가족 모두에게 감사의 마음을 전하며 이 기쁨을 함께 하고자 합니다.

마지막으로, 부족한 저를 격려하고 도와주신 모든 분들에게 감사드리며, 앞으로 더 노력하는 모습을 통해 물리치료학을 새로운 눈으로 바라볼 수 있도록 노력하겠습니다.

2009년 8월

서삼기 올림