



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

체육학 박사학위 논문

볼링선수들의 경기력 향상을 위한
가속 재활 트레이닝 효과 연구

- 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도를 중심으로

**A Study on the Effects of Acceleration Rehabilitation
Training for the Athletic Performance
in Bowling Athletes**

- Focus on Isokinetic Strength, Pelvic Displacement and EEG Activation

2012년 8월

서울대학교 대학원

체육교육과

이승엽

볼링선수들의 경기력 향상을 위한 가속 재할 트레이닝 효과 연구

- 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도를 중심으로

지도교수 김 연 수

이 논문을 체육학 박사학위 논문으로 제출함
2013년 8월

서울대학교 대학원
체육교육과
이 승 엽

이승엽의 박사학위 논문을 인준함
2013년 8월

위 원 장 전 태 원



부 위 원 장 이 용 호



위 원 정 제 순



위 원 김 제 우



위 원 김 연 수



국 문 초 록

볼링선수들의 경기력 향상을 위한 가속 재활 트레이닝 효과 연구

: 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도를 중심으로

이 승 업
서울대학교 대학원
체육교육과

본 연구의 목적은 볼링선수들을 대상으로 가속재활트레이닝 후 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력에 미치는 영향을 확인하고 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도가 경기력에 영향을 미치는 요인을 분석하는데 있다.

본 연구를 위해 도출된 등속성 근력 6개, 골반변위 3개, 뇌파활성도 4개, 경기력에 대해 실험을 통해 대학생 여자 볼링선수 40명을 12간의 가속재활트레이닝 프로그램을 실시하였고 통계방법은 ANOVA by repeated measure, Hierarchical Regression Analysis(위계적 회귀분석)을 실시하였다. 분석 결과는 다음과 같다.

첫째, 등속성 근력은 가속재활트레이닝 전·후 60°/sec, 180°/sec에서 유의한 증가를 보였다($p < 0.001$).

둘째, 골반변위는 가속재활트레이닝 전·후 장골의 길이, 장골의 너비에서 통계적 유의한 차이를 보였다($p < 0.001$).

셋째, 뇌파활성도는 가속재활트레이닝 전·후 전두엽(Fp1,, F3, F4)과 두정엽(C4)에서 통계적 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$).

넷째, 경기력은 가속재활트레이닝 전·후에서 통계적 유의한 차이를 보였다 ($p < 0.01$).

다섯째, 경기력의 영향을 미치는 중요도는 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도 순으로 중요한 요인이었다.

결론적으로 12주간의 가속재활트레이닝을 통하여 대학생 여자 볼링선수들의 등속성 근력, 골반변위와 뇌파활성도가 향상되었다. 이러한 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도의 변화는 경기력에 긍정적 영향을 미쳤으며, 따라서 여자 볼링선수들에 대해 가속재활트레이닝 프로그램 적용이 지속적으로 강조되어야 한다.

주요어 : 가속재활트레이닝, 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력

학 번 : 2009-31036

목 차

I 서론	1
1. 연구의 필요성	5
2. 연구 목적	5
3. 연구 가설	6
4. 연구의 제한점	6
5. 용어의 정의	6
II 이론적 배경	9
1. 가속재활 트레이닝의 개념	9
2. 등속성 근력과 기능	11
3. 골반의 기능과 구조	14
4. 뇌파의 개념과 분류	18
5. 국내·외 볼링관련 선행연구 분석	22
III 연구 방법	25
1. 연구 설계	25
1) 연구대상	25
2) 측정 변인	26
3) 측정 방법	26
2. 통계 분석	34
IV 결 과	35
1. 가속재활트레이닝 전·후 등속성 근력 변화	35
2. 가속재활트레이닝 전·후 골반변위의 변화	38
3. 가속재활트레이닝 전·후 뇌파활성도의 변화	41

4. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화	42
5. 경기력에 영향을 미치는 요인분석	43
V 논 의	49
1. 가속재활트레이닝 전·후 등속성 근력의 변화	49
2. 가속재활트레이닝 전·후 골반변위의 변화	50
3. 가속재활트레이닝 전·후 뇌과활성도의 변화	51
4. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화	54
3. 경기력에 영향을 미치는 요인분석	54
VI 결론 및 제언	57
참고문헌.....	59
ABSTRACT.....	69

표 목 차

표 1. 가속재활트레이닝 선행연구 프로그램	10
표 2. 국외 볼링관련 선행연구	23
표 3. 국내 볼링관련 선행연구	24
표 4. 피험자의 신체적 특성	26
표 5. 가속재활 트레이닝 프로그램	33
표 6. 오른발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화	35
표 7. 왼발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화	37
표 8. 가속재활트레이닝 전·후 우측 골반변위의 변화	38
표 9. 가속재활트레이닝 전·후 좌측 골반변위의 변화	39
표 10. 가속재활트레이닝 전·후 좌·우측 골반변위 차이	40
표 11. 가속재활트레이닝 전·후 뇌파활성도의 변화	41
표 12. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화	42
표 13. 등속성 근력 하위변인의 위계적 회귀분석	43
표 14. 골반변위 하위변인의 위계적 회귀분석	44
표 15. 뇌파활성도 하위변인의 위계적 회귀분석	45
표 16. 경기력에 영향을 미치는 위계적 회귀분석 모형	46
표 17. 경기력에 영향을 미치는 요인별 위계적 회귀분석	47

그림 목 차

그림 1. 장골길이 측정법	27
그림 2. 장골너비 측정법	28
그림 3. 천골너비 측정법	29
그림 4. 10/20 국제전극배치법	31
그림 5. 5분, 25분 운동 후 EEG power spectrum의 결과	53

I 서 론

1. 연구의 필요성

볼링 경기는 스텝의 속도와 보폭의 크기, 스윙속도의 완급, 정확한 릴리스, 타이밍, 볼의 속도와 회전수의 조절, 정확한 입사각도의 확보 등의 요소들이 최적의 조화를 이루어야 좋은 볼링 기록을 세울 수 있다(Michelle, 2003). 또한 반복성과 일관성을 요구하는 스포츠 종목이며 운동수행 형태를 보면 일정한 공간(레인과 어프로치)과 환경에서 선수가 경기를 진행하는데 있어 자신의 손에 적합한 볼을 레인의 상태에 따라 효율적인 기능을 발휘할 수 있도록 해야 한다(John, 2009). 이러한 기술적 특징을 사용하여 정신력을 집중시켜 최종 목표인 핀을 쓰러뜨리는 경기로 근력, 근지구력, 유연성, 정확성, 적응력, 균형성, 집중력 및 리듬성 등이 요구된다. 그러나 여러 복합적 요인을 개선하기 위해 가장 우선시 되는 체력적인 면에 대한 인식과 관심이 부족한 실정이다(DeVan & Tanaka, 2007).

볼링에서 요구되는 복합적인 요인의 향상은 경기력 향상과 직결되어 있으며 일반적으로 경기력을 좌우하는 결정적 요인으로는 체력, 경기기술 및 정신력에 의해서 결정되는데 이 중 가장 기본이 되는 것은 체력요인이며 체력요인은 근력에 기초를 두고 있다(Park & Kim, 2000). 볼링은 여러 가지 체력 요인 중에서도 특히, 하지근력이 많이 사용되는 종목으로 짧은 거리를 단시간에 슬라이딩하면서 투구하는 동작이 연속되기 때문이다(Borden, 1991). 이러한 하지근력의 강화는 곧 경기력에 영향을 미치는 제1요소로 보고되고 있다(Hpwley & Franks, 1999). 또한 하지근력은 여러 가지 기능 중에 특히 신체의 중심을 효과적으로 조절할 수 있는 중요한 역할을 담당한다(Brown, 1995). 신체의 중심을 유지하는 항중력근과 골반주위 근육의 균형적 발달은 안전하고 효율적인 하지운동을 가능하게 하며 하지근력의 약화는 보행속도와 균형감각 등의 능력 저하를 가져오게 된다(Daniel & William, 2003).

이러한 이유로 하지근력은 인체의 움직임과 이동의 형태인 보행으로 지속적인 변화에 대해 슬관절과 다른 관절의 근육 간 상호작용을 만들어내며(Kravitz et al., 2003), 슬관절 움직임의 주동근인 대퇴사두근과 길항근인 슬괏근은 직립 자세 또는 보행 시 주로 슬관절의 안정성과 균형성을 만들어내고 신체 전반적인 안정감을 유지시키는 역할을 수행한다(Keays et al., 2003). 따라서 하지근력 중 가장 중요한 근력은 대퇴근육이라 할 수 있으며(Vivian, 2006), 이러한 하지근력을 측정하는 방법은 여러 가지 방법이 있으나 그 중 등속성 근력이 모든 관절 가동범위에서 최대치의 수축력을 발휘할 수 있도록 하여 각속도에 따라 일정한 저항을 관절 가동범위 내에서 지속적으로 전달하며 하지의 근력과 근지구력, 관절가동범위를 객관적으로 측정할 수 있는 방법이라 할 수 있다(Kuramoto & Payne, 1995).

볼링에서의 지도자와 선수들은 과학적인 훈련 프로그램이나 체계적인 기술 습득, 선수 상해에 대한 보호보다 현재의 성적과 결과에 중점을 둔 무리한 훈련으로 상해의 발생률은 계속 증가시키고 있다(Park & Kim, 2000). 볼링은 스텝(step), 스윙(swing), 릴리스(release)의 기본 동작으로 이루어지는 운동으로 상체와 하체의 움직임을 조화롭게 움직여야 하지만 스텝(step) 중 마지막 스텝은 앞으로 나가는 팔 동작과 릴리스(release)를 부드럽게 슬라이딩하는 동작은 운동량을 서서히 감소시키는 역할을 하는데 이때 무리한 동작은 허리와 무릎, 어깨에 부하를 주게 되고(Tan et al, 2001) 과도한 백스윙 시 과도한 힘을 가하게 되면서 어깨나 허리가 비틀리게 되어 마지막 슬라이딩 시 지지국면의 축이 되는 발과 볼과의 거리가 멀어지게 되면 한쪽 어깨를 많이 사용하게 되고 처진 어깨 현상과 몸 전체가 뒤틀리는 동작이 나타나기 때문에 상체와 하체의 움직임이 조화롭게 움직여지지 않으므로 신체에 전반적인 불균형 상태를 가져오게 된다(Henry & David, 1991).

또한 볼링은 편향적인 팔 운동으로 편측성 운동 형태를 보이게 되므로 근 골격계에 불균형을 초래하고 허리의 뒤틀림으로 요통을 유발하게 된다(Yu,

2003). 습관적으로 잘못된 자세가 지속적으로 반복되면 최대 가동범위(ROM: Range of motion)로 움직이는 동작에 관여하는 연부조직들이 단축되거나 가동범위의 제한으로 동작자체에 대한 장애를 초래할 수 있다(Park & Kim, 2000). 상체와 하체의 균형을 지탱해주는 골반은 인체의 중요한 중심 골격구조이며 골반을 형성하는 구조는 1쌍의 hip bone(관골)과 Sacrum(천골), Coccyx(미골)등이 포함되며, 전방으로는 Pubis symphysis(치골결합)로 결합되어있고 후방으로는 Sacroiliac joint(천장관절)에 의해서 고리모양을 이루고 있다(Yu, 2003). 이러한 구조로 인해 여자가 남자에 비해 근력이 약할 뿐만 아니라 골반의 폭이 넓고 열려 있어 남자에 비해 저면이 넓고 높이는 짧으며 골반 상구가 크고 넓게 열려있어 분만에 유리한 구조적 특징을 가진다(Borden, 1991). 때문에 볼링의 불균형적인 자세, 반복된 운동과 동일한 부위의 부하는 근 골격계의 변형을 초래할 수 있음에도 좋은 경기력을 위해 수 없이 반복해야 된다(Hong & LI, 1996). 또한 골반의 구조적 변화와 신체밸런스의 저하는 경기력 및 허리통증을 유발되며, 이러한 신체적 변화와 결합은 경기력에 지속적 영향을 미친다(Vaclav & Jiri, 1990; 김선희 등, 2009). 따라서 이러한 양상은 여자선수들에서 더 많이 나타나며 지속, 반복적인 운동수행으로 골반의 변위 확률이 높고 무거운 볼을 반복하여 투구하므로 인해 장골길, 장골너비, 천골의 길이와 너비가 편향적으로 변형을 가져올 수 있다(Henry & David, 1991). 또한 이와 같은 결과는 경기력에 영향을 미치게 된다.

볼링은 동적인 움직임보다 정적인 형태의 운동에 가깝다. 이러한 볼링의 정적 운동 형태는 정확성을 요구하며 일관성 있는 투구동작과 목표지점에 대한 정확한 투구는 신체의 조정력이 조화를 이루어져야 한다(Enoka, 2002). 일관성 있는 주행과 투구는 고도의 집중력을 요하며 투구동작 과정에서 1°의 오차는 60피트 거리의 핀 앞에서 30cm정도를 벗어나게 되기 때문에 집중된 투구는 경기력에 미치는 영향은 매우 크다(Borden, 1991). 이러한 집중력은 뇌기능 개선으로 증가시킬 수 있으며 뇌파의 활성화는 이러한 뇌기능 개선의 지표가 될 수 있다(Mouta et al., 2010). 또한 인간의 사고 및 행동은 대뇌의 기능에 의해 조절되며

대뇌의 기능은 많은 뇌신경들의 활동에 달려있으며 이러한 뇌신경들의 활동은 뇌파(EEG: electroencephalogram)의 형태로 나타난다(Zoefel et al., 2011). 뇌파는 대뇌표피에서 측정되며, 주파수 대역에 따라서 3Hz 이하를 δ (delta)파, 4~7Hz를 θ (theta)파로 나타나며 주로 수면상태에서 관찰되고 α (alpha)파 8~13Hz에서 뇌 활동이 조화를 이루고 집중되어 나타나는 상태에서 가장 많이 발견되며, β (beta)파 13~30Hz에서 불안, 초초, 극도의 긴장감 상태 시 나타난다. β (beta)파는 주파수에 따라 12~15Hz대역의 SMR(sensory motor rhythm)파로 분류하지만 오직 뇌의 감각운동피질(sensory motor cortex)에서만 나타나고 각성 준비상태 또는 운동계(motor system)의 대기상태로 주의집중력과 단순한 과제를 수행할 때 발견이 우세해 진다(Mouta et al., 2010).

이러한 뇌파활성도는 운동 중 많은 차이를 보이지만 운동 시 나타나는 집중력은 α (alpha)파 대역을 관찰되며, 유산소운동 후 α (alpha)파의 증가는 많은 선행연구에서 보고되고 있다(Boutcher & Landers, 1998; Kamp & Troost, 1978; Petruzzello et al., 1991). 또한 Oda 등(1999)은 수중 운동 후 α (alpha)파 활동이 긍정적으로 증가하였으며, 일회성 자전거 운동에서도 유의한 차이를 보였다고 보고하였다(Petruzzello & Tate, 1997). 그러나 유산소 운동 후 Severtsen & Bruya(1986)의 보고에 의하면 α (alpha)파의 발견이 관찰되었지만 유의한 차이를 보이지는 않았으며, Sasaki(1998)의 운동 강도별(휴식, 무산소성 역치, 무산소성 역치의 20%) 연구에서도 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이처럼 뇌파 활성도의 연구는 운동 후 연구결과들에서 논란의 여지가 있는 것으로 보이고 있지만 최근 연구에서 Nybo 등(2001)과 Nielsen 등(2003)이 운동 중 뇌파 활성화도 증가와 변화를 보이고 이러한 뇌파활성도는 운동 후 발견 증가가 줄어든다고 보고하며 측정시기에 따라 통계적 유의한 차이가 있다고 보고하였다. 또한 현재의 리뷰 연구들에 따르면 α (alpha)파는 휴식상태와 비운동 그룹 비교했을 때 운동 그룹에서 운동 후에도 지속적 증가를 나타냈다고 보고하였다(Crabbe et al., 2004; Niedermeyer et al., 2005; Ogoh et al., 2005; Bailey et al., 2004).

이와 같은 하지근력, 골반변위, 뇌파활성도와 경기력 발휘는 장기간 편향적 볼링운동 수행에 절대적으로 필요하지만 이러한 연구는 국내·외에서 아직 미흡한 실정이다. 따라서 본 연구의 목적은 가속재활트레이닝을 통하여 볼링의 경기력 향상을 위해서 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력을 비교하고 경기력 향상에 중요한 요인을 규명하여 신체적 문제 해소와 정신능력 향상으로 경기력 향상과 부상 예방을 위한 트레이닝 방법의 기초자료를 제공하는데 있다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 가속재활트레이닝이 대학 여자 볼링선수들의 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력에 미치는 영향을 분석하고 다음으로 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도의 요인이 경기력에 영향을 미치는 영향을 분석하는데 있다. 또한 볼링선수들의 경기력 향상에 효과적인 트레이닝 프로그램의 개발과, 제공함으로 볼링선수들의 부상예방에 기여하고자 한다.

- 1) 가속재활트레이닝이 볼링선수들의 등속성 근력에 미치는 영향을 규명한다.
- 2) 가속재활트레이닝이 골반변위에 미치는 영향을 규명한다.
- 3) 가속재활트레이닝이 뇌파활성도에 미치는 영향을 규명한다.
- 4) 가속재활트레이닝이 경기력에 미치는 영향을 규명한다.
- 5) 가속재활트레이닝 후 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도가 경기력에 미치는 영향을 규명한다.

3. 연구 가설

본 연구에서의 가설은 다음과 같다.

- 1) 가속재활트레이닝 후 등속성 근력에 유의한 차이를 보일 것이다.
- 2) 가속재활트레이닝 후 골반변위에 유의한 차이를 보일 것이다.
- 3) 가속재활트레이닝 후 뇌파활성도에 유의한 차이를 보일 것이다.
- 4) 가속재활트레이닝이 경기력에 변화를 보일 것이다.
- 5) 가속재활트레이닝은 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도에 영향을 주어 경기력의 향상에 기여할 것이다.

4. 연구의 제한점

본 연구의 제한점은 다음과 같다.

본 연구의 연구대상은 여자 대학생 볼링선수 40명이다. 또한 한 지역에서 추출된 표본들이다. 이렇게 연구대상이 제한적인 것은 연구대상의 추출과 자료수집의 현실적 어려움 때문이다. 따라서 본 논문의 연구대상은 모집단의 대표성에 제한적일 수 있기 때문에, 연구 분석의 결과를 일반화하여 해석하는 데에는 제한적일 수 있다.

5. 용어의 정의

본 연구에서 사용된 용어에 대한 정의는 다음과 같다.

1) 가속재활

Shelbourne and Nitz(1990)가 American Journal of Sports Medicine에 발표한 개념으로 기존의 전방십자인대 재건술 후 재활운동과는 달리 조기에 견딜 수 있는 정도의 체중부하를 시키고, 수술 직후부터 ROM회복을 위해 지속적이고 수동적 움직임(continuous passive motion)을 이용하여 슬관절의 완전한 신전을 강조하는 관절가동 운동을 실시하여, 공격적으로 근력강화 운동을 실시하여 기존의 재활트레이닝 보다 빠르게 기능을 회복하는 재활운동방법이다(Shelbourne, 1995).

2) 등속성 근력

등속성 근력 측정은 등척성 근력이나 등장성 근력보다 측정이 정확하며 환자 와 운동선수에 효과적인 측정방법으로 널리 사용되고(Pipes & Wilmore, 1975) 등속성 근력 측정에서는 근수축의 속도를 임의로 조절할 수 있고 저항은 관절가동범위 중 각 관절에서 나타내는 근육의 수축에 맞추어 변동되므로 측정자가 낼 수 있는 수축력 이상의 저항이 가해지지 않는다. 따라서 등속성 근력 측정은 스포츠의학 분야에서 안전하고 효과적인 근력측정 및 운동방법으로 이용되고 있다 (Burnie & Brodie, 1986).

3) 골반변위

골반이 한쪽방향으로 기울어 천장관절에 변위가 일어나면 고관절이 변위되어 좌우 다리의 각도가 달라지고 척추 측만증과 같은 질병을 유발한다. 또한 고관절 각도 이상으로 하지 길이 차이가 발생하며 무의식적으로 골반이 높은 방향의 다리를 많이 사용하게 되어 슬관절에 과도한 부하가 지속적으로 전달되면 Genu valgum과 Genu Varum 같은 여러 가지 장애와 질병을 야기한다(Vaclav & Jiri, 1990).

4) 뇌파

뇌파는 대뇌피질의 신경 세포군에서 발생한 뇌전기 활동을 증폭하여 전위를 증축으로 시간을 횡축으로 해서 두피상(intact scalp)에서 기록한 것으로 전극에서 포착된 두피 뇌파(scalp EEG)를 말하며, 뇌파검사 EEG는 객관적, 연속적으로 간단하게 대뇌기능을 평가할 수 있는 검사법이다.

5) 경기력

경기력은 체력과 종목별 기술로 평가되어 왔으나 최근에는 경력, 경기 기술, 연령, 정신력, 종목별 기술체력과 기초체력이 경기력을 평가하는 요인으로 제시되고 있다(Stanula et al., 2012). 특히 볼링에서의 경기력은 기본적 경기력 요인과 정확성, 균형성, 집중력 및 리듬성이 추가로 요구되고(Tan et al., 2001) 이러한 요소들이 경기력을 좌우하며, 따라서 볼링에서의 경기력은 개인적 상황, 경기 상황 등 모든 것이 고려되어야 한다(Tan et al., 2000).

II 이론적 배경

1. 가속재활트레이닝의 개념

전방십자인대(ACL: Anterior Cruciate Ligament) 재건술(Reconstruction) 후의 가속재활트레이닝에 대하여 Shelbourne & Nitz(1990)가 가장 먼저 연구결과를 보고하였다. 수술 후의 가속재활트레이닝은 전통적인 재활트레이닝 방법 보다 환자의 순응도(Compliance)와 만족감 등이 높고 수술 후에 정상적 기능 회복과 스포츠 활동으로의 복귀를 조기에 할 수 있으며(Shelbourne & Nitz, 1990), 또한 전반적인 완전 관절가동범위(Full range of motion) 회복과 빠른 기간 안에 제한된 동작 없이 걷기, 일상생활과 스포츠 종목으로 조기 복귀를 할 수 있게 된다(Majima, Yasuda, Tago, Tanabe & Minami). 현재의 재활과정은 점차 가속재활 프로그램을 통해 적극적인 근 관절 기능과 운동능력 회복을 도모하는 비중이 높아지고 있다(정제순, 2006). Demaio 등(1992)에 의하면 가속재활트레이닝을 수행함으로써 관절의 섬유화 예방에 도움이 될 수 있으며, 조기에 빠른 근력회복을 할 수 있다고 보고하였다(Shelbourne, Klotwyk, Wilckens & DeCarlos, 1995; Shelbourne & Nitz, 1990; Shelbourne, Wilckens & Mollabashy, 1991). 그러나 최근 가속재활트레이닝의 연구에서 가속재활트레이닝 후 조기에 근력이 회복되었으나 수술 9개월 후에서 전통적으로 재활트레이닝을 실시한 그룹과 유의한 차이가 없었고 슬관절에서 삼출액(effusion)의 발생 빈도가 증가하였다(Majima et al, 2002). 이러한 결과는 수술 후 가속재활트레이닝의 재활방법이 개인에 따라 논란의 여지가 있음을 제시하고 있다. 또한 재건술(Reconstruction) 직후에 재건된 인대의 상태는 견고하고 이완(laxity)도 적었지만 수술 후 8주까지 조직의 괴사(Necrosis)와 재형성(Remodeling)을 반복하는 인대화(ligamentization)현상이 발생하기 때문에 재건인대가 약해지며, 이완도 많아진다(Scranton, Lanzar, Ferguson, Kirkman & Pflaster, 1998). 따라서 수술 후 조기의 적극적 가속재활트레이닝은 재건된 인대에 부담을 줄 수 있는 위험이 뒤따르게 된다.

가속재활트레이닝은 최초 무릎의 수술 후 재활프로그램으로 적용되었지만 Shelbourne & Nitz(1990)의 보고 후 최근에는 가속재활 트레이닝의 핵심인 조기 가동범위와 체중부하 운동으로 수술부위나 근 약화와 소실을 예방하기 위해 활용

표1. 가속재활트레이닝 선행연구 프로그램

재활프로그램, 1984~1985		가속재활 프로그램, 1987~1988	
수술 후	재활프로그램	수술 후	재활프로그램
Day 1	스프린트 10° flex. Start CPM	Day 1	CPM, 목발 없이 걷기(무릎고정)
2~3일	ab./ad. - 다리들기, 수동적 가동범위(0~90°) 비체중부하: Gluteal sets	2~3일	CPM, 수동적 가동범위(0~90°), 목발 없이 걷기
5~6일	퇴원, CPM, 가동범위 운동 슬괵근 접기 ab./ad./ext. - 다리들기 발가락 체중부하	2~4일	퇴원(통증조절, 정상신전, 다리들기, 전체체중부하). CPM
3주	대퇴 운동 능도적 가동범위(60~90°) 수동적 가동범위(0~90°)	7~10일	가동범위 terminal 운동 수건운동. 벽 미끄러움, 뒷꿈치들기 step ups, 종아리 들기
6주	수동적 가동범위(0~100°)	2~3주	ROM(0~110°) 한 발 운동. Step ups. 종아리 들기 StairMaster 4000. leg press 중간 squat. 고정식자전거. 수영.
8~10주	전체체중부하. 가동범위(0~110°) 수동적인 스트레칭 다리들기. 무릎신전(90~45°) 슬괵근 접기. 수영 고정식자전거	5~6주	가동범위(0~130°) 등속성 측정 Lateral shuffles. 카리오카 가벼운 조깅. 줄넘기 민첩성 훈련. 고정식자전거, 수영
12~14주	가동범위(0~120°) 전체체중부하, Knee bends step ups/downs, 종아리 들기	10주	완전가동범위. 등속성 측정, KT-1000. 민첩성 훈련, 스포츠 활동.
4개월	ROM(0~130°)	16주	등속성 측정. KT-1000.
5개월	줄넘기	4~6개월	스포츠 복귀. 완전가동범위 완전한 달리기
6개월	등속성 측정 Lateral shuffles. 2마일 걷기 완전가동범위 신전운동 스쿼트		
7~8개월	등속성 측정. 걷기. 달리기 대퇴사두근/ 이두근 운동 종아리 운동. 뒤로 걷기 민첩성 운동. 기능성운동		
9~12개월	스포츠복귀 완전가동범위. 완전한 달리기		

되고 있다(표 1). 또한 이러한 가속재활의 개념을 다른 부위와 수술 후 재활트레이닝의 개념 보다 상해 전 예방을 위한 개념으로 확장하여 사용되고 있다(Andrew & Timmerman, 1995; Reinold & Wilk, 2004).

2. 등속성 근력과 기능

스포츠현장에서 근력향상을 위해 실시되는 저항성 트레이닝 방법으로 등장성과 등척성 트레이닝이 대표적으로 실시되고 있다. 그러나 Hislop와 Perrine(1967)에 의해 새로운 운동방법의 하나로 등속성 운동(Isokinetic exercise)이 소개된 이후 미국 Cybex사 등에 의하여 새로운 기계들이 개발되고, 또한 최근 들어 이에 대한 연구가 활발하게 진행되면서 등속성 운동은 등척성 운동, 등장성 운동과 함께 하나의 독립된 운동방법으로 인정되고 있다(Hislop & Perrine, 1967 ;Daniel & William, 2003). 또한 등속성 운동은 관절의 전 가동 범위에 있어 부하가 일정하지 않고 운동속도가 고려되기 어렵다고 하는 등척성 운동의 문제점을 극복하기 위하여 개발되었다(Hislop, 1996).

등척성과 등장성 근 수축 트레이닝은 훈련현장에서 쉽게 이용할 수 있는 장점과 적절한 자극을 근육에 줄 수 있다는 점 외에 근 기능 향상에 필요한 트레이닝 원리 중 경기 상황에서 요구되는 같은 동작이나 같은 속도의 근 수축 운동이 아닌 트레이닝의 특이성 원리가 결여된 방법이라 할 수 있다(Knapik, 1983). 그러나 등속성 운동은 그 원리가 일정한 운동속도로 근 수축 운동을 실시하는 것을 의미한다(Hislop & Perrine, 1967). 등속성(isokinetic)은 동일한 운동 또는 일정한(iso) 움직임(kinetic)을 의미하는 것으로 일반적으로 등척성(isometric)과 등장성(isotonic)의 수축 형태에서 발휘되는 힘, 즉 힘을 발휘할 때 중량의 무게가 중요한 의미를 가지며 등속성(isokinetic)은 일정한 근 수축 속도와 가동범위에서 최대의 힘이 저항으로 작용하여 다른 각도에서도 최대 저항이 유지될 수 있다는

것이 다른 수축형태와 구별되는 특징이 있다(Daniel & William, 2003). 근육이 수축할 때 발생하는 장력은 운동 부위에 가속도를 발생시켜 속도를 나타내고, 근육의 장력은 수축에 요구되는 시간 또는 근육의 길이에 의해 변화하기 때문에 운동부위의 각 속도는 일정하지 않다(EI & Bethoux, 2013). 운동부위에 따른 속도 변화를 인위적으로 제어해서 일정한 속도에서 근 수축이 발생되도록 하는 것이 등속성(Isokinetic contraction) 운동이다(Knapik, 1983). 또한 등척성(isometric) 근 수축은 저항이 최대 또는 최대에 가까운 힘이라 할지라도 변화하는 가동범위의 각도에 따라 일정하게 힘을 유지하는 것이 제한되며, 등장성(isotonic) 운동은 해당 근육에 가해지는 부하가 일정하게 작용하는 반면 움직이는 근육이 발휘하는 장력은 관절의 가동범위 각도에 따라 변화되기 때문에 근 수축력에 대한 상대적 부하량은 가동범위에 대하여 일정하게 발현되지 않는다. 이러한 수축형태들에 비해 등속성(isokinetic) 운동은 전 가동범위에 대하여 속도가 변화함에 있어서 작용 근육에 상대적인 부하량은 일정하게 작용하며 힘의 장력은 최대가 된다. 따라서 등속성 장비(isokinetic equipment) 측정과 검사의 장점은 설정된 속도보다 빠른 운동을 하는 힘이 dynamometer에 작용하면 그 힘은 토크(torque)로서 기록된다. 반대로 운동 중에 도달할 수 있는 가동부위의 최고 속도가 설정된 속도보다 빠르게 가동부위를 움직이도록 힘을 발휘하게 나타낸 것이다. 이러한 이유로 이론적으로 측정이나 검사에 있어서 다른 운동 형태들 보다 신뢰도와 타당도가 높다는 것을 의미한다(Hislop, 1996).

1980년대 이후 등속성 운동기구는 근력 측정뿐만 아니라 재활 트레이닝 시 안전하고 적절하게 전 운동범위에서 재활운동을 실시할 수 있다는 장점으로 운동 상해나 근력향상을 위한 목적으로 널리 이용되어 왔다(Kuramoto, 1995). 또한 등속성 운동은 동일한 속도의 근 수축을 훈련시킬 수 있다는 점에서 훈련의 특이성이 있어 다양한 훈련 목적에 따라 활용할 수 있다는 장점을 갖고 있으며, 미리 조절된 다양한 속도에서 운동할 수 있기 때문에 근육과 관절의 손상 및 장애 시에 재활치료 방법으로 널리 사용되어지고 있다(Peter, 1991).

등속성 근력 측정에 의한 근육의 기계적 운동결과에 대한 평가는 근력(peak torque), 근 파워(muscle power), 근지구력(muscle endurance), 순간 가속에너지(torque acceleration energy), 일량(work), 운동 상해 가능성 지표인 주동근과 길항근의 근력 비율평가 등을 짧은 시간 내에 측정하여 근 기능 평가를 위한 자료로 제시해 줄 수 있다는 것이 매우 효과적이다(Adams, 1990; Beam, 1985). 대부분의 등속성 운동 장비는 근육 양과 관련되는 중력의 영향을 최소화하며, 중력에 대항하여 움직일 때는 약하게 나타나지만, 중력의 힘을 받을 때에는 힘이 증가하는 것을 볼 수 있다. 따라서 실제 힘의 운동 능력을 정확하게 측정하기 위해서는 중력의 힘을 제외시켜야 한다(Knapik, 1983). 등속성 근 수축에서는 규정된 운동 속도보다 빠르게 운동부위를 움직이는 힘 즉, 가속도를 일으키게 하는 힘이 근 출력(muscle output)으로 나타내며, 등속성 근 수축에 따른 출력에 대한 해석에서는 힘과 속도의 관계가 존재한다(El & Bethoux, 2013). 그 출력 중의 하나가 peak torque이며, 저속(30/sec, 60/sec)에서의 Peak torque는 근력 개념으로, 중·고속(180/sec, 240/sec)에서의 Peak torque는 파워개념으로 해석되며, 마찬가지로 근지구력도 고속에서의 수축회 최대노력으로 반복했을 때 지속되는 torque 수준으로 해석이 가능하다(Kuramoto, 1995).

과학적이고 임상에서 측정하는데 가장 빈번하게 사용되는 등속성 측정방법은 peak torque이다. peak torque는 측정 변인 중에서 가장 정확하며 높은 재현성을 갖고 있어서 모든 등속성 수축력은 표준화되고 참고할만한 자료로 활용할 수 있다(Kannus, 1994). peak torque란 동작의 범위 내에서 관절의 작용을 나타낼 수 있는 최고의 단일한 수축력으로 엘리트 선수는 운동 시작 후 빠르게 최대 근력의 수준으로 torque를 생성할 수 있으며 동작범위의 마지막까지 최대의 노력으로 계속해서 능력을 유지할 수 있다(Gautrey et al., 2013). peak torque는 30°/sec와 60°/sec의 각 속도사이에서 거의 변화하지 않으나 속도가 증가할수록 대부분 일직선상으로 감소함을 보여주고 감소의 이유를 서로 다른 근섬유의 능력과 형태로 설명하고 있다(Zvijac et al., 2013). 첫째는 낮은 스피드에서 Type I

섬유(slow twitch fiber)와 Type II섬유(fast twitch fiber)가 동시에 최대로 활동하거나 각 속도가 증가할수록 Type I섬유의 동원이 일시적으로 일어나고 연이어 Type IIa 섬유(fast oxidative twitch fiber: FT 2 fiber)가 동원되며 torque 가 zero 가 되는 지점에서는 Type IIa 섬유(fast glycolytic twitch fiber : FT b fiber)가 주로 동원된다(Kannus, 1994). 둘째는 Type IIa 섬유는 TypeIIb 섬유보다 myosin ATPase 활동력이 크며 peak tension에 도달하는데 걸리는 시간이 적게 들어 동일한 횡단면적을 갖고 있다면 FTa 섬유의 수가 큰 사람이 등속성 근력이 크다 (John, 2009).

등속성 근 수축 개념을 사용한 트레이닝의 효과는 여러 선행연구에서 보고되고 있으며, 등속성 장비를 이용한 저항성 트레이닝은 등척성, 등장성 트레이닝보다 근육의 파워를 더 향상 시킬 수 있다(Hislop, 1967; Burdett, 1987; Johnson & Siegal, 1978). 이러한 연구들은 각각의 관절 변화에 따라 가동범위에 영향을 미치는 근육은 동일한 스트레스를 받지 못하는 기존의 트레이닝 방법과 구별되는 전 가동범위에서 동일한 부하를 받으며 트레이닝 할 수 있기 때문에 근력 향상에 있어서 효과적이다. 또한 근기능의 평가에 있어서 근육의 비율을 평가하는데 등속성 장비를 이용한 신전 및 굴곡 운동을 반복 실시 할 때 측정된 근력으로부터 근 섬유의 비율을 예측하는 회귀식이 많이 사용되고 있다(Thorstensson et al., 1976; Johnson & Siegal, 1978). 또한 근력(strength), 파워(power), 근지구력(endurance) 등의 측정과 가속에너지, 총 일량, 운동 상해 지표인 주동근과 길항근(H/Q %)의 근 비율평가를 하는데 매우 효과적이다(El & Bethoux, 2013).

3. 골반의 기능과 구조

힘의 중심은 복부근육과 허리에 있으며 신체 중심은 요추, 골반, 고관절 복합체로서 정의되고 우리 몸의 무게중심이 위치하는 곳이고 여기에서 모든 움직임이 시작된다(Hugh & Logan, 1998). 신체 중심은 통합된 기능단위로서 작용하

고 전 운동사슬은 힘을 생산하고 줄이고 비정상적인 힘에 대해 동적인 안정성을 만들기 위해 협조적으로 일한다. 효율적인 상태로 각 구조적 구성요소가 체중을 분배하고 흡수하며 힘을 전달한다(Enoka, 2002). 강하고 안정된 신체 중심은 운동사슬 전체에 최적의 신경근적 효율로 동적체위의 조절을 개선하는 것을 돕는다(Greeman, 1996). 약한 체 중심은 비능률적인 움직임으로 인하여 손상을 일어나게 하는 기본적인 문제이며, 만일 사지근육이 강하고 신체중심이 약하면 효율적인 움직임을 생산하는데 충분한 힘을 낼 수 없다(Henry & David, 1991). 신체 중심은 기능적인 활동을 수행하는 동안 체위의 정렬과 동적인 체위의 균형을 유지하기 위해 작용한다. 원위 가동성을 위한 근위의 안정화란 말은 치료적 운동 중재의 기본원리이며 원칙이다(Broer, 1979). 체간 근육의 주요기능은 중력에 저항하여 똑바로 선 자세를 유지할 수 있는 안정성을 제공하는 것과 사지의 근육이 척추의 구조물에 과도한 스트레스를 주지 않고 효율적으로 작용할 수 있는 안정된 기반을 제공한다(Adrian & Cooper, 1989).

골반부의 안정성은 뼈와 인대구조를 통한 수동적인 안정성과 근육을 통한 능동적인 안정의 두가지 요소가 모두 요구된다(Roger, 1980). 관절이 두 개의 천장관절은 각각의 장골과 천골로 구성되며 치골결합은 두 개의 치골이 전방에서 연결된 형태의 연합관절의 형태이다(Akuthota et al., 2004). 이러한 골반에 놓여있는 관절들은 큰 수축력에 영향을 크게 미치지 않아 움직임 자체가 매우 작은 구조이다(Bemis & Daniel, 1987). 고관절(hip joint)은 관골구와 대퇴골두로 나누어지며 지면 반발력이 둔부를 통해 골반으로 전달되어 골반으로 구조적인 분류가 되기도 한다(Enoka, 2002). 천장관절의 중요한 특징은 강한 인대의 발달이며 이러한 장요인대, 후방천장인대, 전방천장인대, 천골인대, 천골결절인대, 골간인대 등 비수축성 구조물인 동시에 운동제한을 만들어 내기도 하고 통제하여 관절의 정적 안정성을 만들어내는데 역할을 담당한다(Akuthota et al., 2004). 신체중심인 요추골반부의 안정화에 관여하는 조직으로는 전면에 Abdominal muscle(복근), 후면에 Paraspinalis muscle(부척추근), Gluteal muscle(둔근), 상부에 Diaphragm

(횡경막), 하부에는 Pelvic floor muscle(골반저 근육)과 Hip girdle(하지대) 근육으로 이루어진 상자형태로 설명된다(Roger, 1980). 주목할 점은 중심근육은 사지의 움직임에 관계없이 신체와 척추를 안정화 시키는 근육 Corset(코르셋)처럼 한 개의 Unit(부분)으로 작용한다는 점이다(Akuthota et al., 2004). 복근이 요추를 굴곡 시킬 때는 후요부 근막의 Superficial portion(천층부)가 작용하게 되고 요추를 신전하게 될 때는 근막의 Deep portions(심층부)가 작용하게 된다. 이러한 짝 작용은 복근과 광배근 또는 후요부근막과 연합하여 요부의 Corset(코르셋)을 한 것과 같은 역할을 하게 된다(Adrian & Cooper, 1989; Henry & David, 1991; Akuthota et al., 2004; Hugh & Logan, 1998).

골반부 근육 중 배부근육은 횡돌기극근 그룹, 척추기립근, 요방형근, 광배근을 포함하고 중요한 복부근은 복직근, 외복사근, 내복사근, 복횡근이 있으며, 중요한 고관절부 근육조직은 대둔근, 중둔근, 요근을 포함한다(Shin, 1998). 체간의 근육은 대근육과 소근육으로 나눌 수 있는데 대근육은 Mutisegmental muscle(다분절성 근육)이라할 수 있고 몸에 전달되는 중력이나 무거운 물건을 드는 등의 외부적 부하에 대해 균형을 유지하는데 작용하는 근육들이다(Broer, 1979). 가해지는 부하는 대개 골반과 흉곽 사이로 전달되며 외측 안정성을 많이 담당하고 있다(Adrian & Cooper, 1989). 대근육에 속하는 근육에는 척추기립근과 내복사근, 외복사근, 복직근, 요방형근, 요근이 있으며 광배근도 골반안정화에 매우 중요한 역할을 하는 대근육이다(Akuthota et al., 2004). 소근육들은 Intersegmental muscle(단분절성 근육)들로 모든 근육들이 척추에서 기시하여 척추에서 정지한다(Greeman, 1996). 이 근육들은 척추의 만곡을 유지하며, 척추의 전후방, 측방의 안정성을 유지하는 중요한 역할을 한다(Hugh & Logan, 1998). 소근육에 속하는 근육에는 복횡근, 다열근, 횡돌간근, 극돌간근 등이 있으며, 이러한 척추근육들도 골반의 안정성에 기여하는 부분에 작용한다(Henry & David, 1991). 골반부 근육 중 복벽의 근육은 체간의 전방굴곡과 측방굴곡에 관여하고 배부근육은 체간의 신전, 측방굴곡, 회전에 관여한다(Yu, 2003). 측면의 요방형근은 측방굴곡에 관여

하고 배부근육 중 광배근은 상지의 신전, 내회전에도 관여한다(Adrian & Cooper, 1989). 근육은 힘을 발생시켜 움직임을 만들뿐 아니라, 다른 신체 부위가 움직임을 하는 동안에 신체의 Stabilization(안정화)시키는 역할을 담당한다(Shin, 1998). 만일 골반부 부분에 발생된 수축조직이나 비 수축조직 손상은 안정화 과정에 영향을 주어 결국 움직임이나 중력에 대한 작용을 만들어 움직임 기능에 장애를 발생하게 된다(Richardson et al., 1995). 균형조절의 과정은 지지기저면 내에서 신체 중심을 유지하고 몸의 동요를 최소화시키는 체간과 하지근육의 활동을 분리된 협응작용으로 병합되는 것이다(Vivian, 2006). 안정성을 유지하기 위해 사용된 체간과 하지 근육활동의 조화는 자세반응을 만들어내며 체간근육의 약화는 자세조절의 안정성과 운동성을 저하시켜 정상적인 조절과 제어가 불가능하게 된다(Hpwley, 1999).

골반운동과 척추운동의 연관성은 대개 요천추관절운동, 골반관절운동 또는 양쪽 모두에 의해 분석된다. 척추에서 골반으로의 부하 전달은 천장관절(SI)을 통한다(Shin, 1998). 골반이 한쪽 방향으로 기울어 천장관절에 변위가 일어나면 고관절 변위이고 좌우 다리의 각도가 달라지고, 척추측만증과 같은 질환을 유발하고 고관절에 각도 이상으로 하지길이의 차이가 발생하면 무의식적으로 골반이 높은 방향의 다리를 많이 사용하게 되어 슬관절에 무리가 오게 된다(Greeman, 1996). 골반은 한쪽의 변위가 발생하게 되면 보상작용(compensation)에 의해 반대쪽은 반대방향으로 변위를 일으키게 된다(Hugh & Logan, 1998). 즉, 좌측 장골이 후·하방변위가 일어나면 우측 장골은 전·상방변위를 보이거나 실제 변위를 일어나지 않아도 전·상방변위가 나타난 것처럼 보이게 된다(Hugh & Logan, 1998). 따라서 어느 쪽이 실제변위이고 어느 쪽이 보상작용을 나타낸 것인지 종합적으로 고려해야 한다(Yu, 2003).

4. 뇌파의 개념과 분류

뇌세포들의 활동에 의해 발생하는 전기적 신호형태인 뇌파는 많은 연구자들에 의해 두뇌에 의한 정신적 활동과 감정 상태에 대한 정보를 얻어내기 위해 수많은 뇌파연구가 실시되고 있고 뇌파연구는 의식의 변화에 의한 신체의 변화, 심리, 정신적 상태의 변화와 뇌신경 세포의 기능 및 신체상태의 변화를 알 수 있다(Bailey et al., 2004). 두피 상에 측정되는 뇌파의 전위변동은 약 1~60Hz의 주파수와 5~300 μV (보통은 20~100 μV)의 전위변동을 나타낸다. 뇌파는 어떠한 질병을 찾아내는 것이 아니라 뇌의 기능적 변화를 나타내는 것이며 뇌파 상의 변화를 주는 요인은 개인차, 연령, 의식 상태의 변화, 정신활동 및 지각자극, 신체의 생리적 변화, 뇌 병적 과정 또는 질환상태 등이 있다(Claudio et al., 2008) 뇌파로 알 수 있는 것은 뇌의 기능, 뇌의 활동성에 대한 것이며 뇌의 활동수준을 나타내는 객관적 지표로는 현재 뇌파측정이 주류를 이루고 있다(Crabbe & Dishman, 2004). 그러나 흥분뉴런군의 위치 추적은 뇌전위 측정에 의한 EEG 검사뿐만 아니라 최근 뇌 자기장 검출에 의한 MEG(magneto encephalography), 혈액의 헤모글로빈의 산소 함유량 변화를 검출하는 Functional MRI(magnetic resonance imagine), 방사성 포도당을 혈액에 주입하여 양전자의 쌍이 소멸 발생하는 감마선의 검출에 의한 PET(positron emission tomography), CT(computer tomography; 전산화단층촬영)의 영상진단법 등 여러 가지 방법이 있다(Deslandes et al., 2010) 이러한 방법은 머리의 절개 없이 뇌 활동 상태를 검출할 수 있다는 장점이 있지만 fMRI나 PET는 뇌의 인지과정을 시간적으로 충분히 따라가지 못하기 때문에 EEG와 MEG 검사가 측정을 위한 적합한 방법으로 알려져 있으며, EEG와 MEG 검사 중 MEG 검사는 매우 고가의 검사법으로 MEG와 결과해석에서 큰 차이를 보이지 않는 EEG 검사가 일반적으로 사용되고 있다(Crabbe & Dishman, 2004).

뇌파는 인간의 신경세포를 통해 전기적인 신호로 뇌에 전달되며 대뇌피질을

구성하는 신경세포군들의 전기적 활동을 두피에서 측정할 수 있는 미세한 신호를 뇌파라 한다(Etnier & Landers, 1995). 뇌는 신체의 모든 감각과 인지능력을 조절하고 일상생활과 같은 본능적인 부분을 조절하고 보고 듣는 단순한 감각정보의 처리와 학습과 신체움직임과 같은 복잡한 감각활동도 처리한다(Enoka, 2002). 뇌파는 대뇌피질에 있는 신경세포들의 활동에 의해 대부분 결정되며 대뇌피질의 신경세포들이 활동 하면서 발생하는 전기적 신호 중에서도 신경세포들이 연결해 있는 시냅스 부위에서 형성되는 흥분성 시냅스 전위(-10mV)와 억제성 시냅스 전위(-80mV)의 합을 가장 우세하게 반영한다(Hall & Petruzzello, 1997). 이러한 뇌파는 대뇌피질을 구성하는 신경 세포들의 시냅스 전위의 대부분을 나타내는 신호이다(Claudio et al., 2008). 뇌파를 구성하는 요소는 주파수(frequency), 진폭(amplitude), 위상관계(phase relation), 분포(distribution), 출현양식(pattern) 및 파형(wave form) 등이 있다. 파의 trough와 peak 사이의 간격(시간)을 msec(1-msec-1/1000sec)로 나타내며, 지속시간을 주기(period)라 하는데, 주파수란 주기적으로 발생하는 파형이 1초에 반복되어 나타내는 값인 Hz를 널리 사용하고 있다(Helena et al., 2007).

인간의 뇌파는 신체적, 정신적 자극에 의해서 긴장도가 높아지면 β 파 상태가 되고 이완이 되면 α 파 출현이 많아지면서 얕은 수면 시에는 θ 파가 숙면 시에는 δ 파가 출현한다(Kraaier et al., 1992). 대뇌표피에서 측정되는 뇌파는 주파수 대역에 따라서 3Hz 이하를 δ (delta)파, 4~7Hz를 θ (theta)파, 8~13Hz를 α (alpha)파, 13~30Hz를 β (beta)파로 분류한다. 일반적으로 뇌파의 특성은 δ 파는 잠들었거나 무의식적인 상태, 즉 깊은 수면의 상태에서 나타나는 뇌파이며, θ 파는 졸린 상태나 잠이 오기 전 상태 또는 최면상태일 때 많이 나타나고 α 파는 두뇌의 안정 상태를 반영하는 명상 시나 최적수행을 위한 안정 상태에 나타나는데 긴장과 스트레스 상황에서는 α 파가 감소한다(Kamp & Troost, 1978). β 파는 각성상태에서 나타나며 능동적 문제해결을 위한 인지적 활동을 할 때 발현되고 긴장하거나 불안할 때 나타나며 γ 파는 더 고도의 인지적 활동이 요구되는 학습 시 발현하며 정

서적으로 초조할 때 많이 나타난다(Niedermeyer & Silva, 2005).

또한 뇌파활성도는 운동 중 많은 차이를 보이지만 운동 시 나타나는 집중력은 α (alpha)파 대역을 관찰하며, 유산소운동 후 α (alpha)파의 증가는 많은 선행연구에서 보고되고 있다(Boutcher & Landers, 1998; Kamp & Troost, 1978; Petruzzello et al., 1991). 또한 Oda 등(1999)은 수중 운동 후 α (alpha)파 활동이 긍정적으로 증가하였으며, 일회성 자전거 운동에서도 유의한 차이를 보였다고 보고하였다(Petruzzello & Tate, 1997). 그러나 유산소 운동 후 Severtsen & Bruya(1986)의 보고에 의하면 α (alpha)파의 발현이 관찰되었지만 유의한 차이를 보이지는 않았으며, Sasaki(1998)의 운동 강도별(휴식, 무산소성 역치, 무산소성 역치의 20%) 연구에서도 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았다. 이처럼 뇌파활성도의 연구는 운동 후 연구결과들에서 논란의 여지가 있는 것으로 보이고 있지만 최근 연구에서 Nybo 등(2001)과 Nielsen 등(2003)이 운동 중 뇌파활성도 증가와 변화를 보이고 이러한 뇌파활성도는 운동 후 발현 증가가 줄어든다고 보고하며 측정시기에 따라 통계적 유의한 차이가 있다고 보고하였다. 또한 현재의 리뷰 연구들에 따르면 α (alpha)파는 휴식상태와 비운동 그룹 비교했을 때 운동 그룹에서 운동 후에도 지속적 증가를 나타냈다고 보고하였다(Crabbe et al., 2004; Niedermeyer et al., 2005; Ogoh et al., 2005; Bailey et al., 2004).

1) δ (delta wave)파

주파수 0~3.99(Hz)의 영역을 가지고 있으며 출현부위는 일정하지 않고 100~200 μ V 정도의 진폭으로 크고 불규칙한 서파 형태를 나타낸다. 나이와 상관없이 숙면 중에 나타나며, 정상 성인의 각성 시 발현하면 뇌종양, 뇌염 등의 병적 요인의 판단 근거할 수 있다(Niedermeyer & Silva, 2005).

2) θ (theta wave)파

주파수 4~7.99(Hz)의 영역을 나타내며 출현부위는 후두부와 측두부에서 기록

된다. 10~50 μ V 정도 진폭으로 규칙적인 서파형태를 보이며, 어린이의 경우 5~7Hz의 θ 파가 출현하고 60세 이상의 노령자에서는 많아지고 일반적으로 줄리거나 깊은 명상 시 발생한다. 무의식 및 창의력의 영역, 몸과 마음이 몽롱한 상태 및 졸림과 깨어있음의 중간상태를 의미하며, 꿈과 같은 이미지를 동반하고 그 이미지는 생생한 기억으로 경험된다. 각성 시에 나타나는 theta파는 주의각성을 시켜 문제해결의 아이디어를 제공하고 창조적인 힘으로 연결시킨다. 시간과 공간의 제한을 뛰어넘는 영역으로 들어가 번쩍임이나 영감이 발생한다(Niedermeyer & Silva, 2005).

3) α (alpha wave)파

주파수는 8~12.99(Hz)의 영역을 나타내며 정상인의 안정, 각성, 폐안 상태의 뇌파 중 가장 주체가 되는 율동파(배경파)이다. 출현부위는 두정엽과 후두엽에서 잘 기록되며, 10~150 μ V 정도의 진폭을 갖는다. 후두부에서는 9~12Hz, 20~50 μ V 전후의 α 파가 잘 나타나며 집중할 때나 창의적인 사고를 할 때 발생한다. 시각중추와 관련되고, 자율신경의 항상성 강화, 명상상태에 들어가기 위한 전 단계, 학습을 위한 주의력 형성의 전 단계로의 준비상태를 의미한다(Niedermeyer & Silva, 2005).

4) β (beta wave)파

주파수는 13~29.99(Hz)의 영역을 나타내며 일상생활 중 나타나는 활동 뇌파라고 한다. 의사결정, 논리적 추론, 문제해결 등과 관련되며 정상적으로 전두부에서 잘 기록되고 5~10 μ V의 낮은 진폭을 보인다. 긴장하거나 집중되는 정신활동 시 뇌 전체에서 광범위하게 나타난다(Niedermeyer & Silva, 2005).

5) γ (gamma wave)파

주파수는 30~50(Hz)의 영역을 나타내며 외적 의식으로 불안, 흥분의 강한 스

트레스 상태에서 전두엽과 두정엽에서 비교적 많이 발생한다. 초월적 마음상태 또는 이완으로 벗어나서 새로운 의식 상태, 신경자원을 활성화시켜 동원할 때 즉 정신적으로 강하게 집중력을 발휘할 때 발생하는 특징적인 뇌파이다.

5. 국내·외 볼링관련 선행연구 분석

국내·외 볼링관련 선행연구 분석을 위하여 국외 논문은 미국 국립의학도서관 (National Library of Medicine)에서 제공하는 의학 관련 데이터 베이스 <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/>에서 pin Bowling으로 검색하여 12편중 본 연구와 관련된 4편을 분석하였다. 국내논문은 (주)한국학술정보에서 bowling로 검색하여 106편중 관련 논문 6편을 분석하였다. 국외 논문에서 Eevan 등(2007)에서 147명의 남자 볼러를 대상으로 참가자를 분석하고 평균점수는 게임 수로 나누어 점수를 계산하였으며, 회귀분석을 실시하여 연령 증가에 따른 볼링수행력 감소를 보고 하였고 Tan 등(2001, 2000)은 볼링선수들을 대상으로 손 근력을 비교하여 악력에서 유의한 결과를 보였으며, 남자와 여자 볼링선수를 대상으로 나이, 키, 몸무게, 유산소 능력, 볼링 그립력, 10-RM, 하지근력, 윗몸 굽히기 등을 측정하여 남자 볼러는 변수들의 영향에 관련이 없으며, 여자 볼러는 유산소 능력에 유의한 결과를 나타냈다. 또한 Thomas 등(1996)은 172명의 볼러들을 대상으로 숙련자와 비숙련자 간의 정신력과 심리운동 기술에서 유의한 차이를 나타냈다고 보고하였다(표 2).

국내 선행연구 논문에서 김지현과 권봉안(2010)은 대학 여자 볼링 선수 21명을 대상으로 등속성 근력과 균형능력을 측정하여 8주간의 수중운동이 슬관절 신전 근력에 긍정적 영향을 보고하였고 여윤기 등(2005)는 여자 볼링 선수 5명을 대상으로 글로타민 복용이 경기력 향상에 유의함을 보고하였으며, 김효찬(2004)은 실업 볼링 남자선수 18명을 대상으로 투구동작, 상태불안, 수행력을 측정하여 심상훈련이 경기력에 영향을 미치는 것으로 보고하였다. 또한 최민동과 박세환

(2003)은 남녀 볼링 60명을 대상으로 남자선수에서 8자 달리기, 배근력, 경기기술이 경기력에 영향을 미치고 여자선수에서는 경기기술에서 어프로치의 정확성이 경기력에 영향을 미친다고 보고하였다. 성락민과 전종원(2000)은 남녀 볼링선수 12명을 대상으로 점수와 바이오리듬과의 상관관계를 측정하였으며, 경기일정 및 훈련계획서 작성이 경기력 향상과 개인기록에 영향을 미치는 것으로 보고하였다 (표 3).

표2. 국외 볼링관련 선행연구

저자	대상	측 정	결 과
1 DeVan et al.	147 남성	게임 포인트의 평균 점수	<ul style="list-style-type: none"> · 연령 증기에 따라 볼링수행력의 감소(40%). · 전체의 볼링 수행력 감소는 50세의 감소보다 훨씬 더 적게 감소하였다(10%).
2 Tan et al.	39 (26 남자와 13 여자)	볼링 그립력, 일반적인 악력, 볼링점수	<ul style="list-style-type: none"> · 볼링 그립근력 측정의 test-retest · 악력 근력 비교 · 볼링과 일반적인 그립 근력 테스트는 의미 있는 결과 · 상관관계 계수 볼링의 그립근력 테스트와 볼링의 점수는 의미가 없었다.
3 Tan et al.	42 볼링 선수 (26 남자, 16 여자)	나이, 키, 몸무게, 유산소능력 수치, 볼링 그립력, 10-RM, 하지근력, 앉아 윗몸굽히기 등.	<ul style="list-style-type: none"> · 남자 볼러 수행력은 변수들과 관련이 없음 · 여자 볼러는 aerobic power index와 관련됨 · 근력과 유연성의 측정은 엘리트 선수에서 유의하지 않았다.
4 Thomas et al.	172 (87 남자, 85 여자)		<ul style="list-style-type: none"> · 숙련된 볼러(현 평균점수 170점 이상)는 비숙련(135점 이하) 볼러와 7가지의 유의한 차이를 나타냄 · 높은 연령(45-79) 볼러와 젊은(16-30)볼러 사이의 큰 차이점은 볼러의 집중력(전념)으로 나타남

표3. 국내 볼링관련 선행연구

저자	대상	측정	결과
1 김지현 권봉안	대학 여자 볼링 선수 21명	슬관절 등속성 근력 (60°/180°/240° 각각 5회 10회 20회 측정), 균형능력(자세조절 기능측정기(biodex stability system))	8주간 건강운동프로그램 훈련은 수중운동에서 볼링선수들의 슬관절 신전근력에 긍정적인 영향
2 여윤기 등	고등학교 학생 볼링 선수 여자 5명	4일 글루타민 복용 5일째 1차 실험후 다시 1회반복, 혈액 분석, RPE, 붕 반응테스트	경기능력 향상에 큰 의미가 있음.
3 김효찬	대학.실업 남자 볼링 선수 18명	투구 동작 시 중점적 목표, 상대 불안 검사지, 수행 측정 기록지	심상훈련이 경기기록 향상에 영향
4 이금순 등	건강한 40대 건강한 여성 20명	체지방 측정, 골밀도, 체력측정	중년 여성에 있어서 볼링운동은 골량소실을 억제 및 지연, 체력을 향상 그러나 비대칭 운동이기때문에 스트레칭과 반대운동이 요구됨
5 최민동 박세환	남녀 볼링 선수 60명(남자 30명, 여자 30명)	신체조성 4항목, 운동능력 15항목, 경기기술 6항목, 경기기록 1항목	남자 볼링선수는 8자 달리기, 배근력과 경기기술의 스윙레도가 경기기록에 영향을 미치는 요인으로 나타났다. 여자 볼링선수는 경기기술에서 어프로치의 정확성이 경기기록에 영향을 미치는 요인으로 나타났다.
6 성락민 전종원	일반부 남녀 볼링 선수 12명(남 6, 여 6)	원점수와 바이오리듬과의 상관관계	볼링선수들의 경기일정이나 훈련계획을 작성하여 이를 참조하면 좋은 기록의 성적을 얻을 뿐만 아니라 경기력을 향상시킬 수 있음.

III 연구 방법

본 연구의 목적은 가속재활트레이닝이 대학 여자 볼링선수들의 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력에 미치는 영향을 분석하고 다음으로 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도의 요인이 경기력에 영향을 미치는 영향을 분석하는데 있다. 또한 볼링선수들의 경기력 향상에 효과적인 트레이닝 프로그램의 개발과, 제공함으로써 볼링선수들의 부상예방에 기여하고자 한다.

1. 연구 설계

본 연구를 위한 실험 설계는 현역 대학볼링 여자선수 40명을 대상으로 실험 전 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력을 사전 측정 후 실험을 진행하였으며, 무선할당으로 통제군(20명)과 실험군(20명)으로 나누어 실험을 진행하였다. 실험군은 2시간 20분씩 주5회 12주간 가속재활트레이닝을 실시하였으며, 12주 후 재 측정하여 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력에 미치는 영향과 위 변인들이 경기력에 미치는 상대적 영향력을 분석하였다.

1) 연구 대상

본 연구를 위한 연구대상은 현역 대학볼링 여자선수 40명을 대상(실험군: 20명, 통제군: 20명)으로 하였으며, 연구의 취지 및 내용을 충분히 설명하여 참가동의를 얻었다. 또한 실험대상자 전원이 근 골격계 질환을 가지고 있지 않으며, 어떠한 약물도 복용하지 않는 것을 확인하였다. 세부적인 대상자의 특성은 <표 4>과 같다.

표4. 피험자의 신체적 특징

그룹	연령	체중(kg)	신장(cm)	주측팔
EG	21.40±1.31	61.89±8.76	164.07±3.26	Rt.
CG	21.20±1.54	57.94±6.45	163.87±2.63	

Values are Mean ± SD, EG: exercise group, CG: control group, Rt.: 오른팔

2) 측정 변인

본 연구를 위한 측정변인은 근력을 평가하기 위하여 등속성 근력을 측정하였으며, 골반변위를 측정하기 위해 X-ray 촬영 후 골반길이 및 너비를 평가하고 뇌파활성도를 평가하기 위한 뇌파를 측정하였으며, 경기력 평가를 위하여 게임점수를 측정하였다.

3) 측정 방법

가) 등속성 근력

등속성 측정장비인 Cybex 770(Cybex Norm Test & Rehabilitation isokinetic dynamometer, USA)을 이용하여 무릎의 좌우측의 근력을 측정하였다. 피험자를 측정 의자에 앉게 한 후 슬관절의 중심점이 다이내모메타(dynamometer)의 회전축과 일치하도록 테이블과 등받이를 이용하여 조정하였다. 측정 시 주 검사부위인 슬관절이 아닌 다른 신체부위가 동원되는 것을 방지하기 위하여 대퇴부위와 가슴부위를 고정한 후 하퇴부 길이와 조정축의 길이를 해부학적으로 동일하게 조정하여 스트랩(strap)으로 발목부위를 묶어 검사를 실시하였다. 검사에 적용된 프로토콜은 각속도 60°/sec, 180°/sec에서 측정을 실시한 후 이때 얻어진 양 측 최대 근력의 신전근, 굴곡근, 신굴근비를 자료화하였다.

나) 골반 변위 측정

(1) 장골길이(Innominate measurement)

방사선 촬영기기(Shimabzu XUD150B, Japan)를 이용하여 실험대상자의 실험 전·후 전체척추(Full spine)를 촬영하고 Gonstead(1980)로 분석하였다. 양쪽 대퇴골두의 최상단에 각각의 점을 찍고 이점을 이어서 기준선을 설정하였다. 장골의 길이측정은 가장 상단과 좌골 최하단에 각각의 점을 찍고 기준선과 직각이 되게 선을 연결하여 길이를 측정하였다(그림 1).

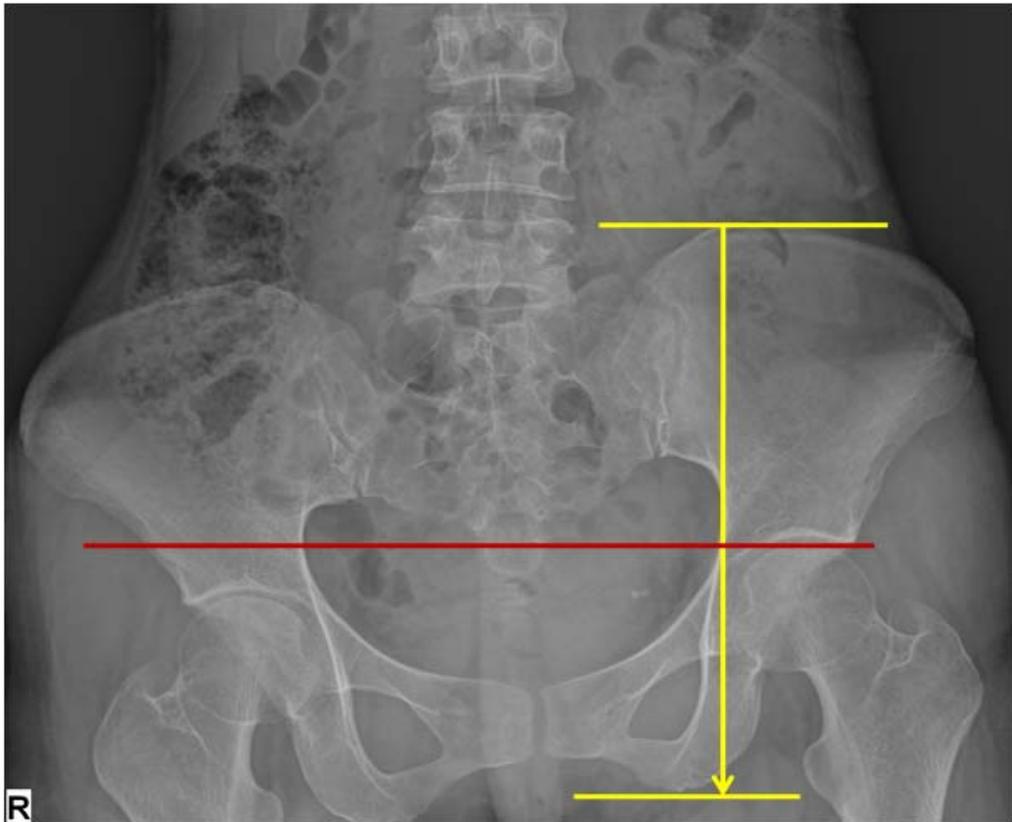


그림1. 장골길이 측정법

(2) 장골너비(Sacral ala measurement)

장골의 너비 측정은 장골의 가장 내측인 점과 가장 외측인 점을 찍고 기준선과 평행하게 선을 연결하여 너비를 측정하였다(그림 2).

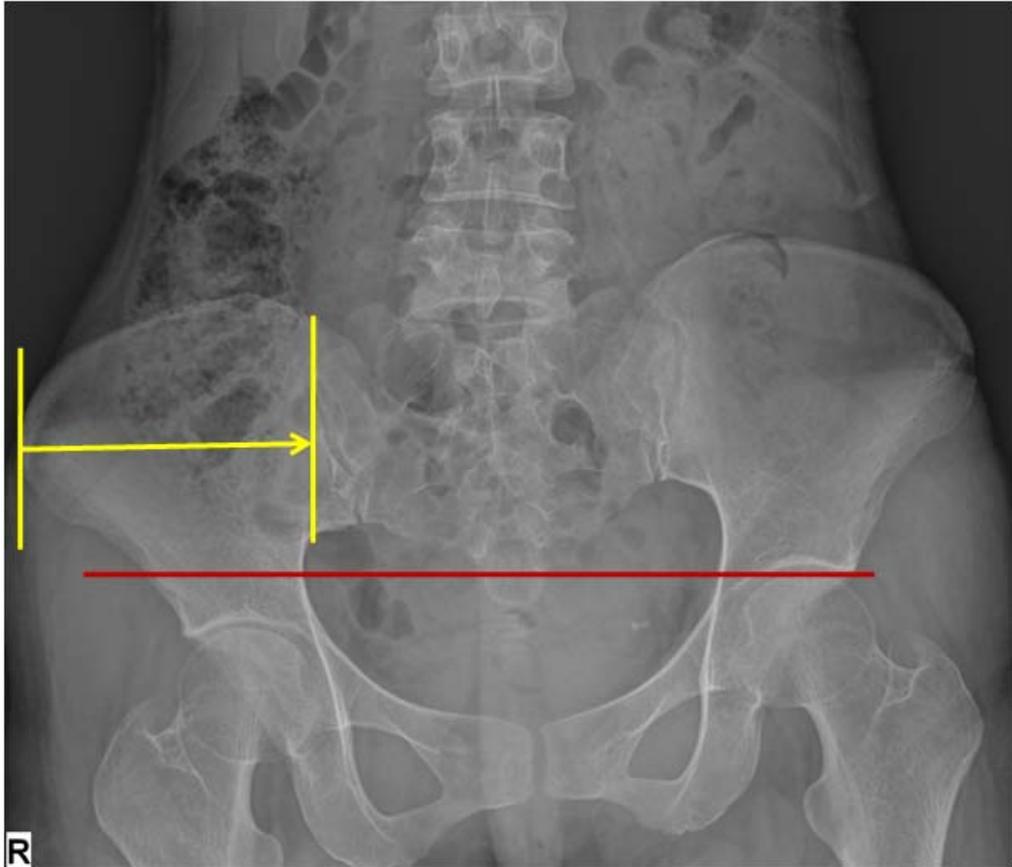


그림2. 장골너비 측정법

(3) 천골너비(Ilium shadow measurement)

천골의 너비 측정은 가장 외측인 지점과 가장 중앙부위에 점을 찍고 기준 선과 수직의 선을 긋고 내측과 외측을 연하는 선을 연결하여 천골의 너비를 측정하였다(그림 3).

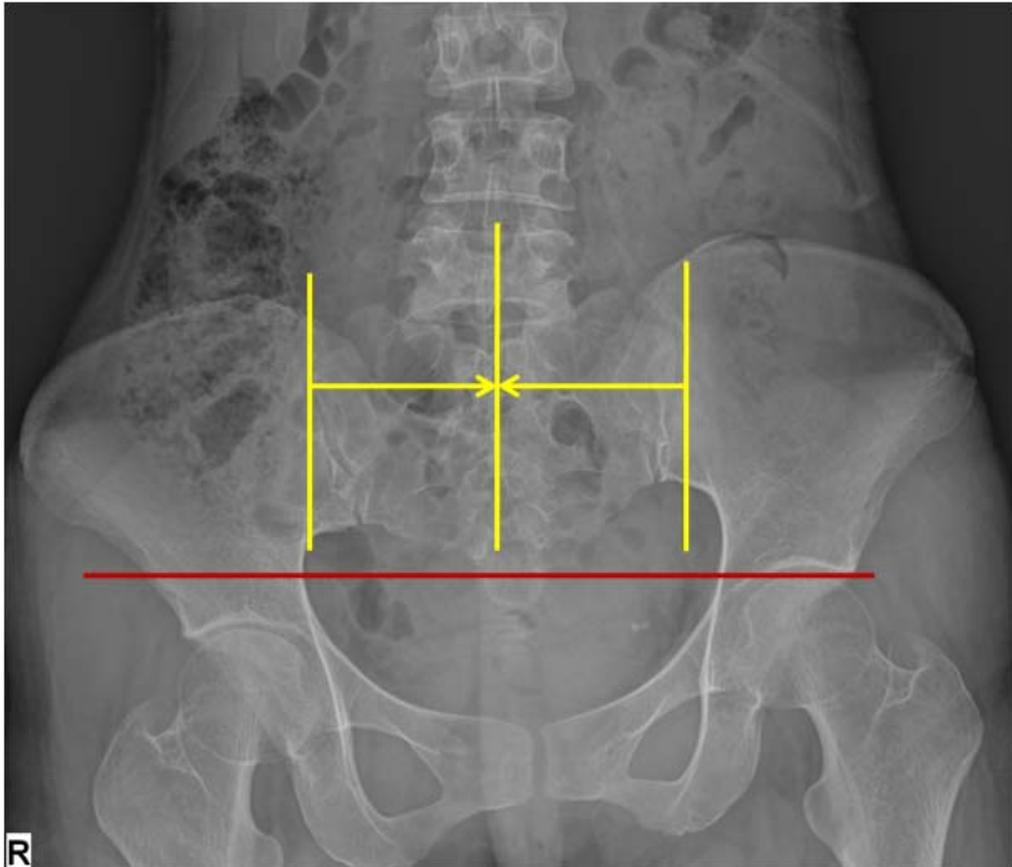


그림3. 천골너비 측정법

다) 뇌파측정

뇌파측정은 머리표면 20부위에서 단극유도(monopolar derivation) 방식으로 뇌파를 측정하였으며, 10/20 국제전극배치법(International 10/20 electrode system)에 의해 차례로 20개 위치에 측정전극을 부착하였다(그림 4). 측정 장비는 전산화 뇌파측정시스템인 Neuronics32 (32ch Digital QEEG, Korea)를 사용하였고 뇌파기록 시작은 잡파(artifacts)의 혼입이 없는 안정된 뇌파가 10초 이상 지속되어졌을 때 측정을 시작하였다. 모든 전극에 대해서는 Glass 저항측정기(EZM 5AB)를 이용하여 전기저항을 $5k\Omega$ 이하로 측정하였다. 기준전극(reference electrode) A1은 우측 귓불 뒤, 접지전극(ground electrode)은 좌측 귓불 뒤에 부착하였다. 사용된 전극은 금으로 도금된 접시형태의 디스크 전극이며, 피부와의 접촉저항을 최소화하기 위해 먼저 알코올 솜을 이용하여 머리 표면의 이물질을 닦아낸 후 접시전극에 뇌파전용 전극폴(ElefixZ-401CE, Japan)을 묻혀 부착하였다. 또한 부착된 접시전극 위에 거즈를 덮어줌으로써 전극폴이 빨리 굳지 않고 머리표면에 잘 고정되도록 처치하였다. 측정된 뇌파자료는 실시간 데이터 수집 및 시계열분석(time series analysis)프로그램인 Brain Mapping System을 이용하여 데이터를 수집하였다. 또한 뇌의 전기적 신호(EEG)는 뇌파 증폭기(EEG100B, Biopac System Inc, Korea)로 50,000배 증폭하였으며, 20채널로부터 받은 피험자의 뇌파 신호는 256Hz 샘플링 주파수, 0.5~50Hz의 통과필터, 12-bit AD변환(analog-digital converter)에 의해 컴퓨터에 저장하였다. 측정된 자료는 데이터 분석 프로그램 Telescan 2.0(Laxtha Inc, Korea)를 사용하여 4개 부위(Fp1, F3, F4, C4)에서 측정된 EEG data를 이용하여 각각에 대한 상대알파파파워를 계산하였다. 상대 알파 파워는 델타리듬을 제외한 세타, 알파, 베타, 감마 리듬에 대한 알파리듬의 진과 출현한 상대적인 비율을 계산하여 분석하였다.

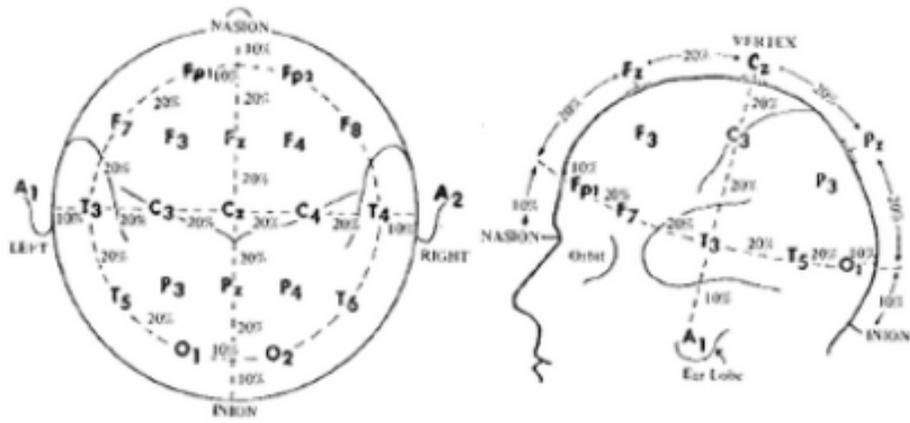


그림4. 10/20 국제전극배치법(International 10/20 electrode system)

라) 경기력 평가 측정

경기력은 스포츠상황에서 개인이나 팀이 최대의 경기결과를 위하여 발휘하는 기술, 능력, 내·외적인 요인 등을 포함한 종합적인 능력을 말한다(Arkadiusz et al., 2012). 본 연구에서의 경기력 평가 측정은 실전 스포츠 상황을 가정하여 내·외적인 요인을 포함한 모든 상황을 실제 경기와 비슷하게 설정하였으며, 소속 팀별 대회 선발전 경기 3게임 평균점수로 개인의 능력이 최대한으로 발휘될 수 있도록 하여 평가하였다.

4) 가속재활트레이닝 프로그램

표 5. 가속재활트레이닝 프로그램

운 동	운동 방법	시 간
준비운동	스트레칭	20분
유산소운동	런닝머신	20분
	Limb Loading	
	Unstable Base	
	Stability Training(Gym Ball, Foam Rollers)	
풀반운동	Abdominal Training	40
	Resistance Training for Core Strength	
	Speed and Power in Core Training	
	Functional Training	
	플라이오 메트릭(Step Box Jump)	
가능성운동	점프 후 dash	40
	Side step, Z-run, 버피스텝	
	복근/배근, 푸쉬업, 런지	
정리운동	스트레칭	20
	총 시간: 2H 20	

2. 통계 분석

본 연구에서 자료의 통계처리는 SPSS 통계프로그램 (Version 18.0)을 이용하여 모든 변인에 대해 평균, 표준편차를 산출하였고 모든 사전 측정데이터에 대하여 One sample Kolmogorov Smimov Test를 실시하여 정규성 검증을 확인하였으며, Levene 등분산 F test를 실시하여 등분산성 검증을 확인하였다. 이러한 사전 결과를 고려하여 각 집단 간 가속재활트레이닝 전·후 각 각속도별 등속성 근력, 뇌파활성도, 골반변위 및 경기력 측정변인들에 대하여 모수검정인 ANOVA by repeated measure를 실시하였다. 또한 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도 중 경기력에 가장 큰 영향을 미치는 변인을 파악하기 위하여 다중회귀분석(Multiple regression analysis) 중 위계적 회귀분석(Hierarchical Regression Analysis)을 사용하였으며, 데이터는 가속재활트레이닝의 intervention 효과를 배제하기 위하여 사전측정(pre test) 값만으로 분석하였다. 가설 검증의 통계적인 유의수준은 $\alpha = .05$ 로 설정하였다.

IV 결 과

1. 가속재활트레이닝 전·후 등속성 근력 변화

1) 오른발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화

12주간의 볼링선수들의 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 오른발 60°/sec, 180°/sec 각속도에서 측정된 근력 결과는 <표 6>과 같다. 볼링선수들의 오른발 각속도 60°/sec의 체중당 최대우력(peak torque%body)은 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 신근과 굴근, 굴신근의 비율에서 통계적 유의한 차이를 나타냈으며(F=98.129, $p<0.001$ VS. F=91.808, $p<0.001$ VS. F=9.581, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났으나(F=59.574,

표 6. 오른발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화

(단위: Nm)

Trial	Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
EX60°(peak torque%body)	EG	151.40±26.82	189.87±21.60	98.129	.000**	59.574	.000**
	CG	151.52±21.68	156.29±21.74				
FX60°(peak torque%body)	EG	79.15±16.16	107.24±13.47	91.808	.000**	31.256	.000**
	CG	75.96±10.66	83.35±9.21				
60°/sec H/Q(%)	EG	52.41±6.41	56.83±7.18	9.581	.004*	.138	.713
	CG	50.85±8.75	54.32±9.65				
Rt EX180°(peak torque%body)	EG	103.55±20.47	128.24±14.11	108.69 7	.000**	82.158	.000**
	CG	103.60±9.22	105.32±8.09				
FX180°(peak torque%body)	EG	57.75±10.57	88.74±13.73	151.27 3	.000**	104.203	.000**
	CG	66.85±10.35	69.73±10.32				
180°/sec H/Q(%)	EG	56.55±9.47	69.73±11.82	33.67	.000**	19.508	.000**
	CG	64.90±10.87	66.69±12.17				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.01$; **, $p<0.001$.

$p < 0.001$ VS. $F = 31.25$, $p < 0.001$) 굴신근의 비율에서는 유의한 차이를 보이지 않았다. 오른발 각속도 $180^\circ/\text{sec}$ 에서 신근과 굴근, 굴신의 비율에서도 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F = 108.697$, $p < 0.001$ VS. $F = 151.273$, $p < 0.001$ VS. $F = 33.67$, $p < 0.001$). 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다($F = 82.158$, $p < 0.001$ VS. $F = 104.203$, $p < 0.001$ VS. $F = 19.508$, $p < 0.001$).

2) 원발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화

볼링선수들의 12주간 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 원발 60°/sec, 180°/sec 각속도에서 측정된 근력 결과는 <표 7>과 같다. 원발 60°/sec, 180°/sec 각속도의 체중당 최대우력(peak torque%body)에서 각속도 60°/sec에서 신근과 굴근은 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 결과를 나타냈고 (F=37.892, $p<0.001$ VS. F=12.393, $p<0.001$) 가속재활운동 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이를 나타냈다.(F=23.777, $p<0.001$ VS. F=9.200, $p<0.004$). 그러나 굴신근의 비율에서는 가속재활트레이닝 전·후 시점, 집단 간 통계적 유의한 차이를 보이지 않았다. 또한 각속도 180°/sec에서 신근과 굴근, 굴신근의 비율에서도 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고 (F=193.750, $p<0.001$ VS. F=189.707, $p<0.001$ VS. F=13.664, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다(F=25.973, $p<0.001$ VS. F=96.026, $p<0.001$ VS. F=29.669, $p<0.001$).

표 7. 원발 각속도 60°/sec, 180°/sec의 등속성 근력 변화

(단위: Nm)

Trial	Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
EX60°(peak torque%body)	EG	148.45±24.97	164.66±24.50	37.892	.000**	23.777	.000**
	CG	165.31±27.23	167.19±27.11				
FX60°(peak torque%body)	EG	76.13±18.26	87.63±15.54	12.393	.001*	9.200	.004*
	CG	80.55±19.87	81.40±18.35				
60°/sec H/Q(%)	EG	51.27±9.05	53.84±10.24	1.205	.279	1.122	.296
	CG	49.18±11.21	49.23±10.65				
Lt EX180°(peak torque%body)	EG	97.75±19.81	124.96±13.39	193.750	.000**	25.973	.000**
	CG	94.33±8.40	106.95±12.78				
FX180°(peak torque%body)	EG	55.40±13.17	84.88±8.73	189.707	.000**	96.026	.000**
	CG	58.84±15.14	63.81±12.39				
180°/sec H/Q(%)	EG	56.82±8.48	68.41±8.40	13.664	.001*	29.669	.000**
	CG	62.83±16.86	60.62±14.17				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.01$; **, $p<0.001$.

2. 가속재활트레이닝 전·후 골반변위의 변화

1) 가속재활트레이닝 전·후 우측 골반변위의 변화

우측 골반변위 변화를 보기위해 12주간의 볼링선수들의 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 측정 결과는 <표 8>과 같다. IM(Innominate measurement: 장골길이)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고 ($F=14.072$, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 결과가 나타났다($F=74.02$, $p<0.001$). SAM(Sacral ala measurement: 장골너비)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았고($F=3.785$, $p>0.05$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이가 나타났다($F=10.43$, $p<0.01$). ISM(Ilium shadow measurement: 천골너비)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이가 나타나지 않았고($F=3.361$, $p>0.05$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이가 나타났다($F=45.36$, $p<0.001$).

표 8. 가속재활트레이닝 전·후 우측 골반변위의 변화

(단위: mm)

Trial	Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
IM	EG	237.14±5.59	232.45±5.25	14.072	.001*	74.02	.000**
	CG	230.34±6.80	232.18±7.77				
Rt SAM	EG	122.54±7.14	123.97±7.21	3.785	.059	10.43	.003*
	CG	122.57±5.34	122.22±6.41				
ISM	EG	66.03±2.36	68.25±2.87	3.361	.075	45.36	.000**
	CG	66.48±1.97	65.21±2.37				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.01$; **, $p<0.001$. IM: Innominate measurement, SAM: Sacral ala measurement, ISM: Ilium shadow measurement

2) 가속재활트레이닝 전·후 좌측 골반변위의 변화

12주간의 볼링선수들의 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 측정된 좌측 골반변위 변화의 결과는 <표 9>과 같다. IM(Innominate measurement: 장골길이)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보이지 않았고 ($F=1.564, p>0.05$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다($F=0.365, p>0.05$). SAM(Sacral ala measurement: 장골너비)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보였고($F=13.983, p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이가 나타났다($F=52.16, p<0.001$). ISM(Ilium shadow measurement: 천골너비)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보이지 않았으나($F=1.383, p>0.05$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다($F=7.743, p<0.01$).

표 9. 가속재활트레이닝 전·후 좌측 골반변위의 변화

(단위: mm)

Trial	Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
IM	EG	233.22±6.71	234.63±6.98	1.564	.219	0.365	.549
	CG	221.48±8.98	221.97±7.36				
Lt	EG	125.60±6.62	121.43±5.20	13.983	.001*	52.16	.000**
	CG	125.32±6.44	126.65±7.20				
ISM	EG	67.30±2.54	69.69±3.31	1.383	.247	7.743	.008*
	CG	67.50±2.60	66.53±2.57				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.01$; **, $p<0.001$.
IM: Innominate measurement, SAM: Sacral ala measurement, ISM: Ilium shadow measurement

3) 가속재활운동트레이닝 전·후 좌·우측 골반변위 차이

12주간의 볼링선수들의 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 측정된 좌·우측 골반변위 차이의 결과는 <표 10>와 같다. IM(Innominate measurement: 장골길 이)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보이지 않았고 (F=1.564, $p>0.05$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이를 보이지 않았다(F=0.365, $p>0.05$). SAM(Sacral ala measurement: 장골너비)의 가속 재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보였고(F=13.983, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이가 나타났다(F=52.16, $p<0.001$). ISM(Ilium shadow measurement: 천골너비)의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 보이지 않았으나(F=1.383, $p>0.05$) 가속재활 트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이가 나타났다(F=7.743, $p<0.01$).

표 10. 가속재활트레이닝 전·후 좌·우측 골반변위 차이

(단위: mm)

Trial	Group	Rt.	Lt.	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
IM	EG	4.68±2.91	-1.40±5.08	6.45	.015*	15.89	.000**
	CG	-1.84±1.73	-.49±4.48				
SAM	EG	-1.43±.79	4.17±3.15	18.32	.000**	63.19	.000**
	CG	.35±2.34	-1.32±1.27				
ISM	EG	-2.22±1.33	-2.39±4.00	.139	.712	.011	.918
	CG	1.27±1.89	.97±3.62				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.05$; **, $p<0.001$.
IM: Innominate measurement, SAM: Sacral ala measurement, ISM: Ilium shadow measurement

3. 가속재활트레이닝 전·후 뇌파활성도의 변화

블링선수들의 12주간 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 측정된 뇌파활성도 변화의 결과는 <표 11>와 같다. Fp1의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F=42.895$, $p<0.001$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이를 보였고($F=7.518$, $p<0.01$), F3의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F=7.919$, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이를 나타냈다($F=4.328$, $p<0.05$). 또한 F4의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F=70.147$, $p<0.001$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이를 나타냈다($F=5.516$, $p<0.05$). C4의 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F=9.418$, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이를 나타냈다($F=13.086$, $p<0.01$).

표 11. 가속재활트레이닝 전·후 뇌파활성도의 변화 (단위: %)

Trial	Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
				F	p	F	p
Fp1	EG	0.763±0.667	3.185±1.769	42.895	.000**	7.518	.009*
	CG	0.450±0.250	1.443±1.646				
F3	EG	0.553±0.651	1.891±1.436	7.919	.008*	4.328	.044*
	CG	1.073±1.352	1.273±0.959				
F4	EG	0.106±0.047	0.365±0.0535	70.147	.000**	5.516	.024*
	CG	0.902±0.039	0.235±0.171				
C4	EG	0.118±0.052	0.671±0.979	9.418	.004*	13.086	.001*
	CG	0.545±0.548	0.500±0.280				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.05$; **, $p<0.001$.

4. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화

경기력의 변화를 위해 12주간 볼링선수들의 가속재활트레이닝 전·후 두 집단 간 측정된 결과는 <표 12>과 같다. 경기력 평가는 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 통계적 유의한 차이를 나타냈고($F=8.360$, $p<0.01$) 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 통계적 유의한 차이를 보였다($F=10.574$, $p<0.01$).

표 12. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화

(단위: Point)

Group	Pre-exercise	Post-exercise	Time		Interaction (Group X Time)	
			F	p	F	p
EG	192.75±21.32	212.35±20.55	8.360	.006*	10.574	.002*
CG	190.40±23.23	189.25±23.30				

Values are Mean ± SD, The significances were evaluated by repeated ANOVA: *, $p<0.01$

5. 경기력에 영향을 미치는 요인분석

1) 등속성 근력의 하위변인 분석

여자 볼링선수들의 경기력에 영향을 미치는 등속성 근력의 하위변인들의 위계적 회귀분석 결과는 <표 13>과 같다. 공차한계는 모두 0.1이상의 수치를 보여 다중공선상에 문제가 없다고 할 수 있으며, 등속성 근력 하위변인 중 가장 중요한 요인 상대적 영향력 평가는 왼발신전 60°/sec($\beta=.734$)에서 많은 영향을 미치는 것으로 나타났고 두 번째로는 왼발굴곡 60°/sec에서 베타값을 -.507의 수치를 보이고 있으며, 세 번째로 왼발굴곡 180°/sec($\beta=.374$) 순으로 나타냈다.

표 13. 등속성 근력 하위변인의 위계적 회귀분석

Independent Variable	R	R ²	F	P	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률
					B	표준 오차	베타		
Rt.	FX60°				.289	.348	.178	.830	.413
	EX60°				.195	.199	.213	.978	.336
	FX180°				-.168	.457	-.086	-.368	.715
	EX180°				-.312	.851	-.222	-.366	.717
	FX60°	.557	.333	1.933	.090	-.589	.259	-.507	-2.278
Lt.	EX60°				.595	.169	.734	3.518	.001
	FX180°				.585	.361	.374	1.619	.116
	EX180°				-.237	.899	-.163	-.264	.794

Rt.: right, Lt.: left

2) 골반변위의 하위변인 분석

여자 볼링선수들의 경기력에 영향을 미치는 골반변위의 하위변인들의 위계적 회귀분석 결과는 <표 14>와 같다. 0.1이상의 공차한계 수치를 모두 넘는 것으로 다중공선상에 문제가 없다고 할 수 있으며, 골반변위 하위변인 중 가장 중요한 요인 상대적 영향력 평가는 장골너비($\beta=-.282$)에서 가장 많은 영향을 미치고 있다는 것으로 나타났고 두 번째로는 우측장골길이에서 베타값을 -.234의 수치를 나타내고 있으며, 세 번째로 왼발천골너비($\beta=-.215$) 순으로 나타냈다.

표 14. 골반변위의 하위변인 위계적 회귀분석

Independent Variable	R	R ²	F	P	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률
					B	표준 오차			
IM					-.733	.953	-.234	-.769	.447
Rt. SAM					-.221	1.455	-.062	-.152	.880
ISM					1.745	1.557	.171	1.121	.270
IM	.625	.390	3.517	.008	-.139	.666	-.061	-.209	.836
Lt. SAM					-.964	1.447	-.282	-.667	.510
ISM					-1.860	1.453	-.215	-1.280	.210

Rt.: right, Lt.: left

3) 뇌파활성도의 하위변인 분석

여자 볼링선수들의 가속재활프로그램 전·후 경기력에 영향을 미치는 뇌파활성도의 하위변인들의 위계적 회귀분석 결과는 <표 15>와 같다. 뇌파활성도 하위변인 중 가장 중요한 요인 상대적 영향력 평가는 C4($\beta=-.210$)에서 가장 많은 영향을 미치는 것으로 나타났고 두 번째로 영향을 미치는 요인은 Fp1($\beta=1.63$)의 수치를 보여주고 있으며, 뇌파활성도 하위변인이 경기력에 영향을 미치는 세 번째 요인은 F3($\beta=-.215$)으로 나타냈다.

표 15. 뇌파활성도의 하위변인 위계적 회귀분석

Independent Variable	R	R ²	F	P	비표준화 계수		표준화 계수	t	유의 확률
					B	표준 오차	베타		
Fp1					14.979	24.856	1.63	.603	.551
F3					-1.441	3.554	-.071	-.406	.688
	.379	.143	1.466	.234					
F4					-16.814	88.031	-.034	-.191	.850
C4					-10.479	12.797	-.210	-.819	.418

4) 경기력에 영향을 미치는 요인별 하위변인 분석

가) 경기력에 영향을 미치는 위계적 회귀분석 모형

볼링선수들의 경기력에 미치는 요인들의 상관관계는 <표 16>와 같다. Model 1에서 $R = 0.625$ 로 높은 상관관계가 있는 것으로 나타났으며 39.0%의 설명력을 가지는 것으로 나타났다. Model 2에서 $R = 0.749$ 의 높은 상관관계를 나타냈고 56.0%를 설명하고 있는 것으로 나타났다. 또한 Model 3은 $R = 0.804$ 의 높은 상관관계를 나타냈고 골반변위, 등속성 근력, 뇌파활성도가 64.6%의 설명력을 가지고 있으며, Model 1보다 25.6%의 설명력을 더 가지고 Model 2와 비교했을 때 8.6% 더 설명하고 있는 것으로 나타났다. Durbin-Watson은 1.686으로 기준값인 2에 근접하고 있어 회귀모형이 적합한 것으로 나타났다.

표 16. 경기력에 영향을 미치는 위계적 회귀분석 모형

Model	R	R ²	수정된 R ²	추정값의 SE	Durbin-Watson
1	.625	.390	.279	18.718	
2	.749	.560	.314	18.259	
3	.804	.646	.342	17.881	1.686

Model 1: 골반변위; Model 2: 골반변위, 등속성 근력; Model 3: 골반변위, 등속성 근력, 뇌파활성도

나) 경기력에 영향을 미치는 요인별 위계적 회귀분석

볼링선수들의 경기력에 미치는 요인들의 위계적 회귀분석 결과는 <표 17>과 같다. Model 1에서 골반변위가 경기력에 유의수준 하에서 영향을 미치고 있는 것으로 나타났다(F=3.517, p=.008). Model 2는 등속성 근력의 하위요인인 좌, 우측발 신근과 굴근의 각속도 60°/sec, 180°/sec를 추가로 회귀시킨 것으로 골반변위와 등속성 근력은 경기력에 긍정적 영향을 미치는 것으로 나타났다(F=2.276, p=.035). 또한 Model 3은 뇌파활성도를 추가로 회귀시킨 결과이며, 골반변위와 등속성 근력, 뇌파활성도의 변화는 경기력에 긍정적 영향을 미치는 것으로 밝혀졌다(F=2.127, p=.049).

표 17. 경기력에 영향을 미치는 요인별 위계적 회귀분석

Independent Variable		Model 1			Model 2			Model 3		
		UC	SC	F-value (p)	UC	SC	F-value (p)	UC	SC	F-value (p)
		SE	β		SE	β		SE	β	
골반 변위	Rt. IM	1.167	-.429	3.517 (.008*)	-1.363	-.504	2.276 (.035*)	1.167	-.429 ⁽²⁾	2.127 (.049*)
	SAM	1.607	-.238		-.245	-.111		1.607	-.238	
	ISM	1.853	.099		.627	.105		1.853	.099	
	Lt. IM	.844	.193		.897	.323		.844	.193	
	SAM	1.564	.179		-.112	-.051		1.564	.179	
	ISM	1.660	-.157		-1.326	-.247		1.660	-.157	
등속성 근력	FX60°				-1.918	-.401		.262	-.341	
	Lt. EX60°				2.355	.594		.242	.612 ⁽¹⁾	
	FX180°				.281	.069		.410	.122	
	Lt. EX180°				.179	.116		.987	-.268	
	FX60°				.836	.176		.411	.195	
	Rt. EX60°				.846	.188		.209	.179	
	FX180°				.100	.026		.539	.162	
	Lt. EX180°				-.525	-.333		.978	.016	
뇌파 활성화도	Fp1							27.243	.415 ⁽³⁾	
	F3							3.808	-.080	
	F4							86.463	.117	
	C4							16.837	.052	

* p<.05; UC: Unstandardized Coefficients, SC: Standardized Coefficients; SE: Standardized Error; Model 1: 골반변위; Model 2: 골반변위, 등속성 근력; Model 3: 골반변위, 등속성 근력, 뇌파활성도; IM: Innominate measurement, SAM: Sacral ala measurement, ISM: Ilium shadow measurement

경기력을 향상 시킬 수 있는 변수들 간의 상대적 영향력을 평가하면, 등속성 근력 신근(EX60°, $\beta=.612$)이 가장 큰 영향력을 보이는 변수로 나타났고, 골반 변위(TIM, $\beta=-.429$)가 두 번째로 큰 영향력을 보이는 변수로 나타났으며, 세 번째로는 뇌파활성도(Fp1, $\beta=.415$)로 나타났다.

V 논 의

1. 가속재활트레이닝 전·후 등속성 근력의 변화

볼링선수들에서 중요하게 요구되는 부분들은 신체적인 부분, 정신적인 부분, 기술적인 부분이 있으며, 그 중 신체적인 부분이 가장 영향을 미치는 요소이다(Devan & Tanaka, 2007). 신체적인 요소는 근력, 근지구력, 유연성, 균형성, 리듬성 등이 있으며(Park & Kim, 2000), 15파운드의 무거운 볼을 들고 릴리즈(release)동작을 하기 때문에 볼의 무게와 체중을 지탱하는 하지근력이 가장 우선적으로 요구된다(Borden, 1991). 또한 Beunen과 Malina(1988)은 청소년과 여성은 체력요소들을 고려한 트레이닝이 선행되어야 하고 이러한 트레이닝이 경기력 향상에 결정적인 영향을 준다고 보고하였으며, 하지근력 즉 무릎관절의 대퇴사두근은 보행 시 무릎을 고정하고 체중부하를 지지하여 전반적인 신체의 밸런스를 유지시킨다. 이러한 연유로 볼링에서 무릎관절의 대퇴사두근과 슬괵근 근력과 무릎신전과 굴곡 시 두 근육의 밸런스가 중요하다. 김지연과 권봉안(2010)의 연구에 의하면 대학 여자볼링선수들 21명을 대상으로 무릎관절의 등속성 근력기능을 측정 한 결과, 좌·우측발 신전근력 각속도 60°/sec, 180°/sec, 240°/sec에서로 수중운동 후 향상을 보고하였다.

본 연구의 결과는 운동그룹에서 무릎 우측신근과 굴곡근의 경우 등속성 근력은 60°/sec에서 운동 전 151.40±26.82, 79.96±16.16에서 운동 후 189.87±21.60, 107.24±13.47로 180°/sec에서 운동 전 103.60±20.47, 57.75±10.57에서 운동 후 128.24±14.11, 88.74±13.73으로 좌측발에서는 60°/sec에서 운동전 148.45±24.97, 76.13±18.26에서 운동 후 164.66±24.50, 87.63±15.54로 180°/sec에서 운동 전 97.75±19.81, 55.40±13.17에서 운동 후 124.96±13.39, 84.88±8.73으로 증가하였다. 12주간의 가속재활트레이닝을 실시하여 등속성 근력의 증가의 긍정적 영향을 미치는 것으로 확인되었다. 하지만 김지연과 권봉안(2010)의 연구결과보다 등속성 근력이 낮은 결과를 나타냈다. 이러한 결과는 사전 측정값의 차이로 볼 수 있으

며, 사전·사후(시기에 따른) 값을 비교하면 더 향상된 결과를 나타냈다. Hennessy & Kilty(2001)은 하지근력이 경기력을 뒷받침하는 기술체력과 관련성이 있고 하지근력 저하는 근거리 주행종목과 방향전환 종목에 필요한 체력에 대하여 부정적 영향을 초래한다고 보고하였으며(Bret, Rahmani, Dufour, Messonnier, Lacour, 2002), 이러한 이유로 볼링에서는 슬라이딩과 투구가 단거리에서 이루어지기 때문에 지속적 하지근력 훈련과 체력트레이닝으로 근력을 유지해야 할 것으로 사료된다. 그리고 우측발의 경우 각속도 60°/sec, 180°/sec 때 굴신 비율이 56.83%, 69.69%로 좌측발은 53.84%, 68.41%로 정상범위(50-75%)를 벗어나지 않은 것으로 나타났다(Wathem, 1994). 하지만 굴신비율이 정상범위 안에 있지만 굴신 비율이 상대적으로 낮으므로 무릎상해에 노출되기 쉽기 때문에 굴근력을 강화시키기 위한 하지근력 강화훈련이 필요할 것으로 사료된다.

2. 가속재활트레이닝 전·후 골반변위의 변화

볼링은 단순한 동작이 반복적으로 행해지는 운동으로 스텝(step) 중 릴리스(release)에서 미끄러지며 투구하는 동작은 허리, 무릎, 어깨에 부담을 주게 되고(Broer, 1979), 백스윙 동작의 과도한 힘은 어깨와 허리를 회전시키게 하고 신체의 전반적인 밸런스 저하와 상·하체의 분리를 유도해 불균형을 초래하게 된다(Tetsuro, 1991). 특히, 여자 선수들의 경우 골반구조의 천골(sacrum), 미골(coccyx), 관골(hip bone)과 치골결합(pubis symphysis), 천장관절(sacroiliac joint)의 근력이 약하여 변형을 초래하기 쉬운 구조를 보이며 남자에 비해 유동적인 구조적 특징을 가진다(Shin, 1998). 이러한 변위되기 쉬운 구조물은 반복되는 운동 동작을 통해서 장골과 천골의 전, 후방과 내, 외측으로 변위를 제공하게 되며 이러한 이유는 장골과 천골이 관골에서 연결되어 있는 하나의 구조물이기 때문이다(Hawkins, 1999). 하지만 실제 변위는 천장관절(sacroiliac joint)에서 시작되며, 장골은 한쪽으로 고착화되어 변위되고 천장관절의 변위는 경추, 흉추, 요추

등 전반적인 문제를 발생시킨다(Hugh, 1998). 관절의 변위로 관절의 운동제한이 일어나면 통증과 관절운동이 제한을 받게 되고 정상적인 운동을 할 수 없게 된다. 천장관절의 변위는 천골 주위의 모든 연부조직과 구조적 문제를 야기하며 기능에 심각한 영향을 주고 비정상적인 보행을 만들어낸다(Greeman, 1996).

본 연구에서는 우측 장골의 길이, 좌우측 장골 너비와 천골 너비에서 가속 재활트레이닝 전·후 시점에 따른 집단 간 유의한 차이를 보였다. 이러한 결과는 김선희 등(2009)이 보고한 대학생 볼링선수들을 대상으로 한 실험에서 장골의 길이 및 너비에서 현저한 차이를 보이지 않았고 천골 너비의 좌·우차에서는 그룹 간 유의한 차이를 나타낸 연구와 다소 일치하는 결과를 보였다. 이와 같은 이유는 피험자가 모두 주축손이 오른손으로 어드레스(address) 시 15파운드의 무거운 공을 항상 우측으로 들고 있고 릴리스(release)와 투구 시 오른쪽 어깨의 하강과 릴리스의 주축발인 왼발의 장골이 후·상방으로 이동하고 오른발의 장골이 전·하방으로 이동하여 관골(hip bone)과 천장관절의 변위가 나타난 것으로 사료된다. 이러한 결과로 가속 재활 후 변위차가 적어지는 결과를 보였다. 또한 천장관절운동은 고착되어 있는 운동축이 아니라 순간운동 축으로 다방향의 운동이 복합적으로 동시에 일어나기 때문에 골반변위의 중요한 원인으로 작용하며, 이러한 이유 때문에 관골변위와 다른 구조 변위에 영향을 미칠 수 있는 가능성이 높다(Vaclav & Jiri, 1990). 따라서 볼링에서 나타나는 반복적 편향적 운동은 관골의 기능부전이 일어나므로 변위 예방을 위한 가속재활트레이닝이 적용이 긍정적 영향을 미친 것으로 사료된다.

3. 가속재활트레이닝 전·후 뇌파활성도의 변화

볼링경기는 전방 약 18m에 위치한 10개의 핀을 쓰러뜨리는 경기이며, 볼을 정확하게 투구할 수 있도록 볼의 투구타이밍, 신체밸런스, 볼의 투구점 등의 조절이 많은 영향을 미치는 스포츠 종목이다(Patrick, 1996). 또한 높은 정확성이 요

구되므로 일관성 있는 투구동작을 만들기 위해서는 스윙과 스텝 리듬과 타이밍, 목표지점에 대한 조정력이 조화를 이루어져야 한다(Borden, 1991; Adrian & Cooper, 1989). 이러한 일관된 투구는 집중력의 산물로써 투구과정에서 1°의 오차는 60피트 거리의 핀 앞에서 30cm 정도 벗어나게 되기 때문에 경기에 대한 집중력이 매우 큰 영향을 미치게 된다(Michelle, 2003). 이러한 연유로 본 연구에서는 볼링선수들의 집중력을 측정하기 위하여 뇌파(EEG:Electroencephalography)를 이용하였으며, 선행 연구들에서도 뇌파를 이용한 집중력 측정을 위한 많은 연구들이 진행되고 있다(Claudio et al., 2008; Stefan et al., 2010; Helena et al., 2007; Leslie et al., 2013). 신체활동과 운동은 뇌기능의 변화와 관련이 있으며(Helena et al, 2007), 이러한 원인은 뇌파의 변화가 뇌 전기 자극으로 변화는 것이 아니라 운동으로 신체의 온도변화, 각성상태 변화, 뇌 혈류변화, 감정 상태 등이 원인이 되어 뇌파의 변화로 일어난다(Nobo et al., 2001; Nielsen et al., 2003; Kraaier et al., 1992; Etnier et al., 1995; Petruzzello et al., 1991; Hall et al., 1997). Boutcher & Landers(1998)은 뇌파의 파형 중 집중력은 α (alpha)파 대역을 관찰되며, α (alpha)파는 집중할 때, 창의적인 사고를 할 때 발생하고 자율신경의 항상성 강화, 주의력 형성의 전 단계라고 보고하였다(Niedermeyer et al., 2005). 또한 유산소운동과 복합운동 후 α (alpha)파의 발현을 발표한 여러 연구에서 뇌파활성도와 집중력과의 긍정적 상관관계를 보고하고 있다(Boutcher & Landers, 1998; Kamp & Troost, 1978; Petruzzello et al., 1991; Petruzzello & Tate, 1997; Severtsen & Bruya, 1986; Sasaki, 1998; Crabbe et al., 2004; Niedermeyer et al., 2005; Ogoh et al., 2005; Bailey et al., 2004; Nybo, 2001; Nielsen, 2003).

본 연구에서는 가속재활 운동 전·후에 α (alpha)파의 유의한 증가를 나타냈으며, 집단 간 통계적 유의한 증가를 확인하였다. 이러한 결과는 운동 강도별 α (alpha)파의 발현율을 보고한 Sasaki(1998)의 연구와 Helena 등(2007)이 보고한 급격한 일회성 운동(acute exercise) 운동 후 α (alpha)파의 발현이 증가했다는 연구와 일치하고 Nielsen 등(2003)은 급격한 운동 5분 후와 25분 후 α (alpha)파의 발

현이 증가하였다고 보고 내용과도 일치하였다(그림 5).

이러한 이유로 가속재활트레이닝에서 강도 높은 운동은 집중력 향상과 재활기간에서 가장 불안한 심리 상태를 감소시키므로 재활단계에서 가장 필요할 것으로 사료된다.

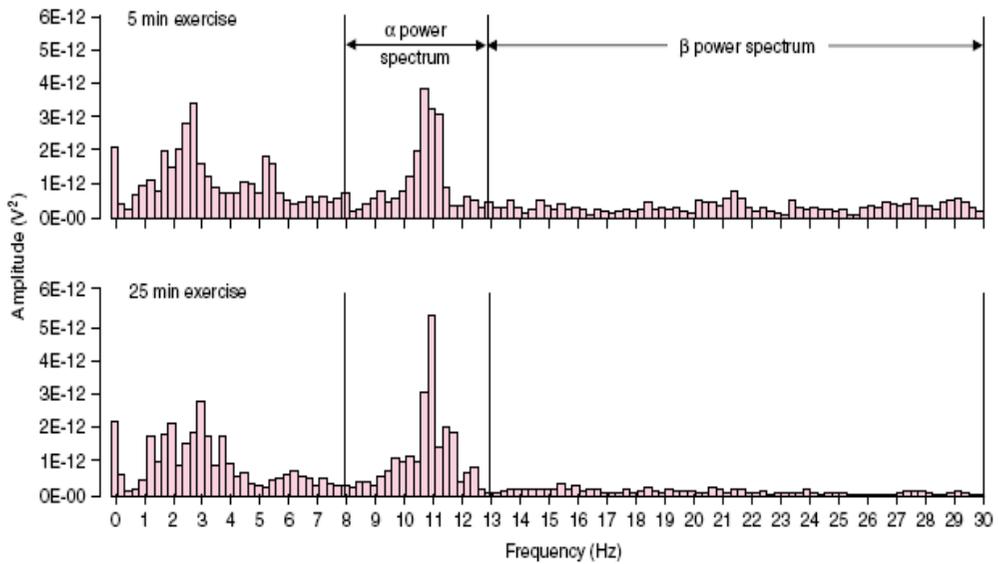


그림5. 5분, 25분 운동 후 EEG power spectrum의 결과

4. 가속재활트레이닝 전·후 경기력의 변화

볼링은 세밀한 동작과 정확한 릴리스(release)와 투구와 진자운동을 이용한 강한 볼 파워를 구사하기 위해 여러 가지 노력을 기울인다(Tomas & Kouros, 1993). 특히, 강력한 파워를 사용하지 않아도 집중력 있게 볼을 정확히 조절할 수 있다면 높은 점수를 획득할 수 있으므로 볼의 파워와 속도 보다 볼의 조작능력과 집중력에 경기력이 매우 큰 영향을 받을 것이다(Broer, 1979). 본 연구에서는 경기력에 작용하는 많은 요인들 즉, 체력 요인, 정신적 요인, 기술적 요인, 환경적 요인, 트레이닝 요인, 팀웍 요인, 경험적 요인, 영양학적 요인 등을 고려하여 경기력을 평가하지 못하였고 경기력을 대표하는 볼링 게임 점수로 경기력을 평가하였다. 본 연구에서의 결과는 가속재활트레이닝 전·후 시점에 따라 집단 간 유의한 차이를 보였다(Pre VS. Post exercise, 192.75 ± 21.32 VS. 212.35 ± 20.55). 이러한 이유는 가속재활 트레이닝 후 체력적인 면과 골반변위의 변화 그리고 정신적인 면에서 긍정적인 영향을 미쳤을 것으로 사료된다.

5. 경기력에 영향을 미치는 요인분석

볼링선수들의 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도 중 경기력에 미치는 중요도를 분석하기 위하여 위계적 회귀분석을 통해 분석하였다. 여러 개의 독립변수들이 종속변수에 영향을 미치는데 있어서, 종속변수에 가장 큰 영향을 미치는 독립변수와 두 번째로 영향을 미치는 독립변수 등 독립변수의 상대적 영향력의 크기를 순서대로 파악하는 것이 다중 회귀분석과의 차이점이 있다(송지준, 2009).

1) 등속성 근력

볼링선수들의 등속성 근력은 왼발굴곡 $60^\circ/\text{esc}(r=.049)$, 왼발신전

60°/esc($r=.383$), 왼발굴곡 180°/esc($r=.134$), 왼발신전 180°/esc($r=.085$), 오른발굴곡 60°/esc($r=.133$), 오른발신전 60°/esc($r=.186$), 오른발굴곡 180°/esc($r=.055$), 오른발신전 180°/esc($r=.080$)과 경기력의 상관관계를 나타냈고, 위계적 회귀분석에서는 왼발신전 60°/esc($\beta=.734$), 왼발굴곡 60°/esc($\beta=-.507$), 왼발신전 180°/esc($\beta=.374$), 오른발신전 180°/esc($\beta=-.222$), 오른발신전 60°/esc($\beta=.213$), 오른발굴곡 60°/esc($\beta=.178$), 왼발굴곡 180°/esc($\beta=-.163$), 오른발굴곡 180°/esc($\beta=-.086$) 순으로 나타났다. 등속성 근력 중 가장 높은 영향을 미치는 요인은 왼발 신전 60°/esc로 나타났으며, 두 번째로 왼발굴곡 60°/esc로 나타났다. 선행연구에서는 경기력에 영향을 미치는 요인으로 포괄적 체력적 요인과 근력 중 악력과 배근력이 중요한 요인으로 보고하였다(Knapik et al, 1983). 이러한 결과들은 본 연구와 선행연구의 일치점은 찾을 수 없지만 등속성 근력 중 좌측발의 굴신근력이 경기력에 가장 영향은 미치며, 이러한 원인은 주축팔이 오른손인 선수가 릴리즈(release) 시 좌측발이 주축이 되기 때문에 등속성 근력 측정 시 각속도 60°/esc에서 가장 영향을 미치는 요인으로 나타난 것이라 사료된다.

2) 골반변위

볼링의 편측성 운동으로 나타나는 골반변위는 우측장골길이($r=.463$), 우측장골너비($r=.470$), 우측천골너비($r=.008$), 좌측장골길이($r=.375$), 좌측장골너비($r=.469$), 좌측천골너비($r=.458$)와 경기력과의 상관관계를 나타냈고 위계적 회귀분석 결과에서는 좌측장골너비($\beta=-.282$), 우측장골길이($\beta=-.234$), 좌측천골너비($\beta=-.215$), 우측천골너비($\beta=.171$), 우측장골너비($\beta=-.062$), 좌측장골너비($\beta=-.061$) 순으로 나타났다. 이러한 결과는 좌측발을 주축으로 릴리즈(release)하는 오른손 주축 선수들에게서 골반의 변위 중 좌측장골너비의 상·후방 변위가 많이 나타나기 때문으로 사료된다.

3) 뇌파활성도

정신력과 집중력이 고려되는 볼링에서 뇌파활성도가 경기력에 영향을 미치는 요인은 Fp1($r=.352$), F3($r=-.174$), F4($r=-.021$), C4($r=.348$)로 상관관계가 나타났으며, 위계적 회귀분석은 C4($\beta=-.210$), Fp1($\beta=.163$), F4($\beta=-.071$), F3($\beta=-.071$) 순으로 나타냈다. 선행연구에서 Martenss 등(1990)은 경쟁상황에서 객관적 경쟁상황과 주관적 경쟁상황으로 나누어 객관적 경쟁상황은 환경적 요구나 상태를 말하고 주관적 경쟁상황은 본인의 성격, 기질을 말하며 이러한 요인 중 주관적 경쟁상황 즉, 개인적 심리상태가 더 중요함을 보고하였다. 이러한 결과는 내적인 심리상태를 확인하는 EEG의 α (alpha)파의 발현이 C4 부근인 두정엽(Parietal lobe) 부위에서 가장 발현율이 높고 α (alpha)파의 증가는 심리적 상태를 경기에 집중하는 상태로 만들기 때문으로 사료된다.

4) 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도

볼링 경기력의 향상을 위해 요구되는 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도가 경기력에 영향력을 가지는 순서는 첫 번째는 등속성 근력, 두 번째는 골반변위, 세 번째는 뇌파활성도로 나타났다. 이러한 결과는 선행연구에서 경기력 향상을 위한 요인으로 경기상황에서 체력적 요인, 정신적 요인, 기술적 요인, 장비 요인이 우선적인 중요성을 가지며, 그 다음으로는 연계성을 지니는 훈련과정, 팀워크 요인, 적응 및 경력, 영양학적 요인, 상해 요인 등으로 영향력을 가진다(박기현 등, 1983; 박대홍, 1996, 손원일 등, 2003; 장영희, 2003). 이러한 결과를 본 연구와 일치하는 것으로 나타났으나, 골반변위는 선행연구 결과와 일치하지 않았다. 이러한 원인은 골반변위는 골반에 대한 변화를 보인다는 것으로 상해 및 질환으로 분류되지 않아 연구에 결과에 포함되지 않았기 때문으로 사료된다.

VI 결론 및 제언

본 연구의 목적은 가속재활트레이닝이 대학 여자 볼링선수들의 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도, 경기력에 미치는 영향을 분석하고 다음으로 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도의 요인이 경기력에 영향을 미치는 영향을 분석하는데 있다. 또한 볼링선수들의 경기력 향상에 효과적인 트레이닝 프로그램의 개발과, 제공함으로써 볼링선수들의 부상예방에 기여하고자 한다.

1. 결론

본 연구의 결론은 다음과 같다.

첫째, 등속성 근력은 가속재활트레이닝 전·후 60°/sec, 180°/sec에서 유의한 증가를 보였다($p<0.001$).

둘째, 골반변위는 가속재활트레이닝 전·후 장골의 길이, 장골의 너비에서 통계적 유의한 차이를 보였다($p<0.001$).

셋째, 뇌파활성도는 가속재활트레이닝 전·후 전두엽(Fp1, F3, F4)과 두정엽(C4)에서 통계적 유의한 차이를 보였다($p<0.05$).

넷째, 경기력은 가속재활트레이닝 전·후 경기점수에서 통계적 유의한 차이를 보였다($p<0.01$).

다섯째, 경기력의 영향을 미치는 중요도는 등속성 근력, 골반변위, 뇌파활성도 순으로 중요한 요인이었다.

2. 제언

본 연구의 결과에 대한 제언은 다음과 같다.

첫째, 본 연구에서는 등속성 근력을 측정하기 위하여 슬관절을 측정하였다. 하지만 하지근력을 측정하기 위해서는 후속연구 시 고관절과 족관절의 세부적 관절의 근력 측정을 하여 하지근력의 전체적인 분석이 이루어져야 할 것으로 사료된다.

둘째, 골반변위에 본 연구에서는 X-ray에 의한 분석을 실시하였으나 추후 연구에서 측정자체에 대한 오류나 정확도를 위해 다른 영상장비에 의한 측정을 통하여 골반변위에 대한 정확성을 고려하고 타 영상장비에서의 골반변위에 대한 기준을 설정해야 할 것이다.

셋째, 뇌파활성도는 측정자체에 대한 어려움과 정량화에 대한 문제점을 가지고 있으며 후속연구 시 이러한 문제들에서 측정법에 대한 기준과 분석이 포함되어야 할 것이다.

넷째, 경기력은 본 연구에서 게임 점수만을 평균으로 계산하여 산출하였으나 게임의 불안정을 측정하기 위하여 첫 번째 투구에 대한 핀의 개수, 스페어의 처리 유무 등의 게임의 여러 가지 측면에서 측정하여 경기에 대한 다각적인 분석이 후속연구에서 이루어져야 할 것이다.

다섯째, 경기력의 영향을 미치는 중요도는 본 연구의 변인들 보다 많은 요인이 경기력에 영향을 미치며, 본 연구의 결과만으로 확인하기에는 부족한 면이 있다. 따라서 후속연구 시 경기에 영향을 미치는 다른 요인들까지 포함하여 결과의 파워를 높여야 할 것이다.

참고문헌

- 박기현, 송영호, 강상조(1983). 체력요인에 의한 배드민턴 종목의 경기력 결정 요인 분석. *한국체육학회지*, 32(1), 381-392.
- 박대홍(1996). 핸드볼 경기력 향상을 위한 불안 해소 개발에 관한 연구. 서울: 상명대학교.
- 손원일, 최웅재(2003). 체력요인에 의한 골프경기의 경기력 결정요인 분석. *한국스포츠리서치*, 14(1), 207-216.
- 송지준(2009). 논문작성에 필요한 SPSS/AMOS 통계분석방법. 21세기출판사.
- 정영희(2003). 볼링선수의 경기력 향상을 위한 요인 분석. *한국스포츠리서치*, 14(5):311-322.
- 정제순(2006). 가속재활운동이 전방십자인대 재건술 후 슬관절의 근기능과 대퇴둘레에 미치는 영향. *한국여성체육학회지*, 20(5): 173-186.
- Adrian, M. J., & Cooper, J. M(1989). *Biomechanics of human movement(2nd, ed.)*. Dubuque, IA: Brown & Benchmark.
- Arkadiusz Stanula., Adam Maszczyk., Robert Roczniok., Przemysław Pietraszewski., Andrzej Ostrowski., Adam Zajac., & Marek Strzała(2012). The Development and Prediction of Athletic Performance in Freestyle Swimming. *Journal of Human Kinetics*, 32: 97-107.
- Bailey, S., Hall, E., Cain, J., Miller, P., Folger, S(2004). Changes in the brain activity during a graded exercise test on a recumbent cycle ergometer (Abstr.). *Med Sci Sports Exerc*, 36(Suppl):S286.
- Beam, B. P(1985). Two kinds of calcium channels in canine atrial cells.

- Differences in kinetics, selectivity and pharmacology. *Journal of General Physiology*, 86: 1-30.
- Beaunen, G. B., Malina, R, M(1988). Growth and physical performance relative to the timing of the adolescent sport. *Exercise and Sport Science Review*, 16: 503-540.
- Bemis, T., & Daniel, M(1987). Validation of long sitting test on subjects with iliosacral dysfunction. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical therapy*, (8):336.
- Bret, C., Rahmani, A., Dufour, A. B., Messonnier, L., & Lacour, J. R(2002). Leg Strength and Stiffness as Ability Factor in 100m Sprint Running. *J Sport MEd Phys Fitness*, 42(3), 274-281.
- Borden, F(1991). *Bowling: Ten Keys to Success*. Bowling Concepts, Inc.
- Boutcher, S. h., & Landers, D. M. (1998). The effects of vigorous on anxiety, heart rate, and alphy activity of runner and nonrunners. *The Society for Psychophysiological Research*, 25(6), 696-702.
- Broer, M. R(1979). *Efficiency of Human Movement*. Philadelphia, W.B. Saunders Co.
- Brown, M., Sinacore, D., & Host, H. (1995). The relationship of strength to function in the older adult. *J. Gerontol*, 50, 55-59.
- Burnie, J & Brodie, DA(1986). Isokinetic in the assesment of rehabilitation. *Clinical Biomechanics*, 1;140-146.
- Claudio D. P., Paolo, D. R., Nicola, M., Marco, I., Francesco, I., Pierluigi, A., Andrea, L., Antonio, F., Giancarlo, T., Claudio, B., & Fabrizio, E(2008). Is there a "neural efficiency" in atheltes? A high-resolution EEG study. *NeuroImage*, 42:1544-1553.

- Crabbe J. B., Dishman R. K(2004). Brain electrocortical activity during and after exercise: a quantitative synthesis. *Psychophysiology*, 41:563-574.
- Daniel, D., & William, E. (2003). *Principles of Athletic Training*. Mc Grow Hill., 10, 629-633.
- Deslandes, A. C., Moraes, H., Alves, H., Pompeu, F. A., Silveira, H., Mouta, R., Arcoverde, C., Ribeiro, P., Cagy, M., Piedade, R. A., Laks, J., & Coutinho, E. S(2010). Effect of aerobic training on EEG alpha asymmetry and depressive symptoms in the elderly: a 1-year follow-up study. *Braz J Med Biol Re*, 43(6): 585-92.
- DeVan, A. E & Tanaka, H(2007). Declines in ten-pin bowling performance with advancing age. *Age and Ageing*, 36(6):693-4.
- El, M. L., & Bethoux, F(2013). Isokinetic testing in patients with neuromuscular diseases: a focused review. *Am J Phys Med Rehabil* 92(2): 163-78.
- Enoka, R. M(2002). *Neuromechanics of Human Movement(3rd ed.)*. Champaign, IL: Human Kinetics.
- Etnier, J., Landers, D. M(1995). Brain function and exercise: current perspectives. *Sports Med*, 19:81-85.
- Gautrey, C. N., Watson, T., & Mitchell, A(2013). The Effect of Isokinetic Testing Speed on the Reliability of Muscle Fatigue Indicators During a Hip Abductor-Adductor Fatigue Protocol. *Int J Sports Med*, Apr 2.
- Greeman, P. E(1996). *Principle of Manual Medicine. 2nd ed*, Baltimore, Williams & Wilkins: 305-367.
- Hall, E., & Petruzzello, S(1997). Brain activation and mental health a

- function of physical activity in older adults. *Med Sci Sports Exerc*, 29:31.
- Hawkins, R. D., & Fuller, C. W(1999). A prospective epidemiological study of injuries in four English professional football clubs. *Br J Sports Med*, 33:196-203.
- Helena, M., Camila, F., Andréa, D., Mauricio, C., Fernando, P., Pedro, R., & Roberto, P(2007). Beta and Alpha electroencephalographic activity changes after acute exercise. *Arq Neuropsiquiatr*, 65(3-A):637-641.
- Hennessy, L. & Kilty, J(2001). Relationship of the Stretch-Shortening Cycle to Sprint Performance in trained female athletes. *J strength Cond Res*, 15(3), 326-331.
- Henry, W & David, B(1991). *Functional anatomy of the limbs and back*. 6th ed, Philadelphia, W.B. Saunders Co:45-158.
- Hislop, H. J & Perrine, J. J(1996). The isokinetic concept of exercise. *Phys Ther*, 47; 138-147.
- Hong, Y & L. I, W(1996). Bio-mechanical analysis on Tenpin Bowling Techniques. *XVI Congress of the International Society of Biomechanics*, (8)25-29, 361.
- Hugh, B., & Logan, D. C(1998). *Text book of Logan Basic Methods: Clinical Application of Basic Technique(2nd edition)*. Chesterfield, Mo; L.B.M Inc.
- Hpwley, E. T & Franks, B. D(1999). *Health Fitness Instructor's Handbook*. Human Kinetics Publishers Inc.
- John, J(2009). *Bowling Execution - 2nd Edition*. Human kinetics Publishers Inc.

- Johnson, J., & Siegal, D(1978). Reliability of an isokinetic movement of the extensors. *Res. Quart.* 49: 88-90.
- Kamp, A., & Troost, J. (1978). EEG signs of cerebrovascular disorder, using physical exercise as a provocative method. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, 45, 295-298.
- Kannus, P(1994). Isokinetic Evaluation of Muscular Performance Implications for Muscle Testing and Rehabilitation. *Int J Sports Med*, 15: S11-S18.
- Keays, S., Bullock-Saxton, J., Newcombe, P., & Keays, A. C. (2003). The relationship between knee strength and functional stability before and after anterior cruciate ligament reconstruction. *J. Orthop. Res.*, 21, 231-237.
- Kim, E. K(1997). Kinematical analysis of bowling throw motion. Master' thesis, Sungkyunkwan University, Seoul.
- Knapik, J., Wright, M. S., Mawdsley, R. H., & Braun, J. M(1983). Isokinetic isometric and isotonic strength relationship. *Arch. Phys. Med. Rehabil*, 65:77-87.
- Kraaier, V., Huffelen, A. C., Wieneke, G. H., Worp, V., & Bäär, P. R(1992). Quantitative EEG changes due to cerebral vasoconstriction. Indomethacin versus hyperventilation-induced reduction in cerebral blood flow in normal subjects. *Electroencephalography Clin Neurophysiol*, 82:208-212.
- Kravitz, L., Akalan, C., Nowiciki, K., & Kinzey, S.J.(2003). Prediction of 1 repetition maximum in high-school power lifters. *Journal of Strength and Conditioning Research* ,17(1), 167-172.

- Kuramoto, A. K., & Payne, V. G.(1995). Predicting muscular strength in women: a preliminary study. *Research quarterly for exercise and sport*, 66(2):167-172.
- Leslie H. S., Noel, C. L., & Rebecca, M. S(2013). Developing a Performance Brain Training Approach for Baseball: A Process Analysis with Descriptive Data. *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 38:29-44.
- Martens. R. Vealey. R. S. & Burton. D.(1990). *Competitive anxiety test*. champion II. Human Kinetic.
- Majima, T., Yasuda, K., Tago, H., Tanabe, Y., & Minami, A(2002). Rehabilitation after hamstring anterior cruciate ligament reconstruction. *Clinical Orthopedics and Related Research*, 397,370-380.
- Michelle, M(2003). *Bowling Fundamentals(Sports Fundamentals)*. Human kinetics Publishers Inc.
- Niedermeyer, E., & Silva, F(2005). *Electroencephalography basic principles, clinical applications, and related fields*. 5.Ed. Philadelphia, 167-168.
- Nielsen B, Nybo L(2003). Cerebral changes during exercise in the heat. *Sports Med*, 33:1-11.
- Nybo L., Nielsen B(2001). Perceived exertion is associated with an altered brain activity during exercise with progressive hyperthermia. *J Appl Physiol*, 91:2017-2023.
- Oda, S., Matsumoto, T., Nakagawa, K., & Moriya, K. (1999). Relaxation effects in humans of underwater exercise of moderate intensity. *Eur. J. Appl. Physiol.* 80(4). 253-259.
- Ogoh S, Fadel PJ, Zhang R, et al (2005). Middle cerebral artery flow

- velocity and pulse pressure during dynamic exercise in humans. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 288:1526-1531.
- Park, K. D, Kim C. G(2000). A factor analysis for performance by physique, physical fitness of bowler. *Korea J Phys Education*, 39(2):313-324.
- Patrick, R. T., Paul, J. S., & Ray, O(1996). Psychological and Psychomotor Skills Associated with Prowess at Ten-Pin Bowling. *Journal of Sports Sciences*, 14:255-268.
- Petruzzello, S. J., Landers, D. M., Hatfield, B. D., Kubits, K. A., & Salazar, W. S. (1991). A meta analysis on the anxiety-reducing effects of acute and chronic exercise. *Sports Medicine*, 11(3): 143-182.
- Petruzzello, S. J., & Tate, A. K. (1997). Brain activation, affect, and aerobic exercise: an examination of both state-independent and state-dependent relationships. *Psychophysiology*. 34(5). 527-533.
- Pipes, T. V & Wilmore, J. H(1975). Isokinetic VS. isotonic strength training in adult men. *Medicine science sports exercise*, 7(4); 279-282.
- Richardson, C. A., & Jull, G. A(1995). Muscle control - pain control. What exercises would you prescribe?. *Manual Therapy*, 1(1): 2-10.
- Roger, W. H(1980). *Gonstead Chiropractic Science & Art*. New York, Threatre Arts Books.
- Sasaki, H(1998). Effect of the exercise intensities by anaerobic threshold on EEG and hear rate variability. *Hokkaido Igaku Zasshi*. 73(4). 327-341.
- Scranton, P. E. Jr., Lanzer, W. L., Ferguson, M. S., Kirkman, T. R., Pflaster, D. S(1998). Mechanisms of anterior cruciate ligament

- neovascularization and ligamentization. *Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 14(7), 702-716.
- Severtsen, B., & Bruya, M. A. (1986). Effects of meditation an aerobic exercise on EEG patterns. *J. Neurisci. Nurs.* 18(4). 206-210.
- Shelbourne, K. D., Klootwyk, J. H., Wilchens, J. H., & De Carlo, M. S(1995). Ligament stability two to years after anterior cruciate ligament reconstruction with autogenous patellar tendon graft and participation in accelerated rehabilitation program. *American Journal of Sports Medicine*, 23(5), 575-579.
- Shelbourne, K. D., Wilckens, J. H., & Mollabashy, A(1991). Arthrofibrosis in acute anterior cruciate ligament reconstruction: The effect of timing of reconstruction and rehabilitation. *American Journal of Sports Medicine*, 19, 332-336.
- Shelbourne, K. D., & Nitz, P(1990). Accelerated rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction. *American Journal of Sports Medicine*, 18, 292-299.
- Shin, M. K(1998). *Human anatomy*. Seoul, Hyunmoon Co.
- Stanula, A., Maszczyk, A., Roczniok, R., Pietraszewski, P., Ostrowski, A., Zajac, A., & Strzala, M(2012). The development and prediction of athletic performance in freestyle swimming. *Journal of human kinetics*, 32:97-107.
- Stefan, S., Christopher, D. A., Thomas, A., Andreas, M., & Heiko, K. S(2010). Brain and Exercise: A first approach using electrotomography. *Med. Sci. Sports Exerc.*, 42(3):600-607.
- Tan, B., Aziz, A. R., Teh, K. C., & Lee, H. C(2001). Grip strength

- measurement in competitive ten-pin bowlers. *Journal of sport medicine and physical fitness*, 41(1):68-72.
- Tan, B., Aziz, A. R., & Chuan, T. K(2000). Correlations between physiological parameters and performance in elite ten-pin bowlers. *Journal of Science and Medicine in Sport* 3(2):176-185.
- Tetsuro, M(1991). *Sports Bowling*. Bowling Magazine Sha.
- Thomas, C., & Kouros.(1993). *Par Bowling: The challenges*. Illinois. Pin - Count Enterprise, INC.
- Thorstensson, A., Grimby, G., & Karlsson, J(1976). Force-velocity relations and fibre composition in human knee extensor muscles. *J. Appl. Physiol.* 40: 12-16.
- Vaclav, D., & Jiri, D(1990). *Manual Medicine Diagnostics*. 2nd ed, New York, Thieme Medical Publishers Inc:30-33
- Vivian, H. H.(2006). *Advanced fitness assessment and exercise prescription(5th ed)*. Champaign IL., Human Kinetics.
- Wathen, R. D(1994). *Muscle Balance-Essentials of Strength Training and Conditioning*. Human Kinetics.
- Yu, S. Y(2003). A Guidebook of Chiropractic. Seoul. *Journal of science and medicine in sport*, 3(2):176-85.
- Zoefel, B., Huster, R. J., & Herrmann, C. S(2011). Neurofeedback training of the upper alpha frequency band in EEG improves cognitive performance. *Neuroimage*, 54(2):1427-31.
- Zvijac, J. E., Toriscelli, T. A., Merrick, S., & Kiebzak, G. M(2013). Isokinetic Concentric Quadriceps and Hamstring Strength Variables From the NFL Scouting Combine Are Not Predictive of Hamstring

Injury in First-Year Professional Football Players. *Am J Sports Med*,
May 28.

ABSTRACT

A Study on the Effects of Acceleration Rehabilitation Training for Athletic Performance in Bowling Athletics : Focusing on Isokinetic Strength, Pelvic Displacement and EEG Activation

Rhi, Soung-Yob

Department of Physical Education

Graduate School

Seoul National University

Although many studies have been focused on mental strength bowling athletes, but no comprehensive studies have been conducted on isokinetic strength, pelvic displacement, EEG activation and athletic performance on woman bowling athletes in Korean university bowling players. Therefore, the purpose of this study was to acceleration rehabilitation training on isokinetic strength, pelvic displacement, EEG activation and athletic performance. Following written, informed consent, In this studies, 40 female(Exercise group: age=21.40±1.31, wt=61.89±8.76, ht=164.07±3.26; Control group: age=21.20±1.54, wt=57.94±6.45, ht=163.87±2.63) university students were tested on the 6 identified bowling relevant isokinetic strength, 3 pelvic displacement, 4 EEG activation and athletic performance point, and statistical methods including factors analysis, ANOVA by repeated measure and, multiple

regression(hierarchical regression analysis),

The results of this study are as follow:

First, isokinetic strength increased significantly before acceleration rehabilitation training in $60^{\circ}/\text{sec}$, $180^{\circ}/\text{sec}(p<0.001)$.

Second, results from pelvic displacement increased significantly before acceleration rehabilitation training in right innominate, sacral ala, illium shadow measurement and, left sacral ala, illium shadow measurement($p<0.001$, $p<0.01$).

Third, EEG activation increased significantly before acceleration rehabilitation training in Fp1, F3, F4, C4($p<0.05$).

Fourth, Athletic performance increased significantly before acceleration rehabilitation training in point($p<0.01$).

Fifth, order of the importance of athletic performance were isokinetic strength, pelvic displacement, EEG activation.

In conclusion, this study shows that the 12 weeks acceleration rehabilitation training had influence on the isokinetic strength, pelvic balance, EEG activation. these results suggested that improved isokinetic strength, pelvic displacement, EEG activation. therefore, we emphasize acceleration rehabilitation training program for university woman bowling athlete.

Key words : Acceleration Rehabilitation Training, Isokinetic Strength, Pelvic Displacement, EEG Activation, Athletic Performance

Student Number : 2009-31036