creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 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

dCollection

[UCI]I804:24011-200000232690

*2006*년 *2*월

박사학위논문

GOLF SWING 動作의 運動力學的 分析을 通한 縱斷的 硏究

朝鮮大學校 大學院

體育學科

朴 長 珍

GOLF SWING 動作의 運動力學的 分析을 通한 縱斷的 硏究

The Longitudinal Research of Biomechanical Analysis on Golf Swing

*2006*年 *2*月

朝鮮大學校 大學院

體育學科

朴 長 珍

GOLF SWING 動作의 運動力學的 分析을 通한 縱斷的 硏究

指導敎授 : 李 京 一

이 論文을 理學 博士學位申請 論文으로 提出함

*2005*年 *10*月

朝鮮大學校 大學院

體 育 學 科

朴 長 珍

朴長珍의 博士學位論文을 認准함

委員長　朝鮮大學校 敎授　元　泳　科

委　員　國民大學校 敎授　朴　成　淳

委　員　朝鮮大學校 敎授　趙　東　進

委　員　朝鮮大學校 敎授　鄭　明　秀

委　員　朝鮮大學校 敎授　李　京　一

*2005*年 *12*月　日

朝鮮大學校 大學院

목 차

ABSTRACT ····· *x*

Ⅰ. 서 론 ····· *1*

1. 연구의 필요성 ····· 1
2. 연구의 목적 ····· 4
3. 연구의 제한점 ····· 4
4. 용어의 정의 ····· 5

Ⅱ. 이론적 배경 ····· *7*

1. 골프스윙의 원리 ····· 7
2. 백스윙과 역학적 원리 ····· 9
3. 톱스윙 ····· 11
4. 다운스윙(Down Swing) ····· 12
5. 언코킹시 동작 ····· 15
6. 임팩트 동작과 역학적 요인 ····· 16
   1) 임팩트 동작 ····· 16
   2) 임팩트의 역학 ····· 19
7. 지면반력 ····· 20
8. 체력적 요인 ····· 21

Ⅲ. 연 구 방 법 ····· *25*

1. 연구 대상자 ····· 25
2. 실험설계 ····· 26

3. 실험 및 분석장비 ····· 26
1) 영상 분석 도구 ····· 27
2) 자료 분석 도구 ····· 28
3) 기초체력 측정 도구 ····· 28
4. 실험절차 ····· 29
5. 트레이닝 프로그램 ····· 30
1) 체력훈련 프로그램 ····· 30
2) 기술훈련프로그램 ····· 41
6. 자료 산출 방법 ····· 44
1) 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화 ····· 44
2) 통제점 및 인체관절점의 수치화(digitizing) 및 동조화(synchronization) ···· 44
3) 3차원 실공간 좌표의 계산 ····· 46
4) 운동학적·역학적 변인 계산 ····· 46
5) 운동역학적 변인 ····· 48
6) 체력 측정 방법 ····· 50

Ⅳ. 연구결과 및 논의 ····· *52*

1. 운동학적(Kinematic) 요인 분석 ····· 52
1) 위치변인과 상호관계 ····· 53
2) 속도 ····· 70
3) 각도 ····· 78
4) 각속도 ····· 84
2. 운동역학적(Kinetic) 요인 분석 ····· 89
1) 지면반력 (GRF) ····· 89

3. 체력훈련과 비거리와의 관계 ····· 94
1) 비거리 ····· 94
2) 근력 ····· 96
3) 근지구력 ····· 97
4) 민첩성 및 평형성 ····· 98
5) 순발력 ····· 100
6) 유연성 ····· 101
4. 골프 기술훈련과 운동역학적 변인의 관계 ····· 102

Ⅴ. 결론 및 제언 ····· *110*
1. 결 론 ····· 110
2. 제 언 ····· 111

참 고 문 헌 ····· *112*

표 차 례

표 1. 연구대상자 특성 ····· 25
표 2. 실험 및 분석장비 ····· 27
표 3. 훈련프로그램과 주요근육 명칭 ····· 30
표 4. 1단계 체력강화 프로그램 ····· 31
표 5. 2단계 체력강화 프로그램 ····· 33
표 6. 3단계 체력강화 프로그램 ····· 35
표 7. 4단계 체력강화 프로그램 ····· 37
표 8. 5단계 체력강화 프로그램 ····· 39
표 9. 기술훈련 프로그램 ····· 41
표 10. 신체중심의 위치변화 ····· 54
표 11. 클럽헤드 위치변화 ····· 55
표 12. 좌측견관절 위치변화 ····· 56
표 13. 우측고관절 위치변화 ····· 57
표 14. 전·후 축 신체분절의 좌표차이 ····· 64
표 15. 좌·우 축 신체분절의 좌표차이 ····· 64
표 16. 상·하 축 신체분절의 좌표차이 ····· 64
표 17. 신체중심의 속도 ····· 70
표 18. 클럽헤드의 속도 ····· 71
표 19. 그립속도 ····· 72
표 20. 신체분절의 전·후 속도변화 ····· 74
표 21. 신체분절의 좌·우 속도변화 ····· 74
표 22. 신체분절의 상·하 속도변화 ····· 74
표 23. 신체분절의 각도 ····· 79

표 24. 고관절에 대한 신체분절각의 상대각도 ····· 80
표 25. 신체분절각의 각속도 ····· 85
표 26. 신체분절의 각속도 차이 ····· 86
표 27. 지면반력(GRF)의 변화 ····· 89
표 28. 차수별 비거리 ····· 95
표 29. 근력 측정표 ····· 96
표 30. 근지구력 측정표 ····· 97
표 31. 민첩성 측정표 ····· 98
표 32. 평형성 측정표 ····· 99
표 33. 순발력 측정표 ····· 100
표 34. 유연성 측정표 ····· 101
표 35. 평균 타수 ····· 102
표 36. 신체분절의 주요변인 ····· 103

그 림 차 례

그림 1. 상체전경각 ····· 6
그림 2. 코킹각 ····· 6
그림 3. 고관절의 회전각 ····· 6
그림 4. 견관절의 회전각 ····· 6
그림 5. 볼의 비행경로 및 임팩트의 각 ····· 18
그림 6. 실험 설계도 ····· 26
그림 7. 촬영 도구의 배치 ····· 29
그림 8. 인체관절 중심점의 좌표화 순서 ····· 45
그림 9. 각 변인들간의 관계 체계도 ····· 46
그림 10. JTH의 스윙동작에 대한 연속적 스틱피겨 ····· 53
그림 11. 클럽헤드 위치변화 (JTH 1차 Y-Z면) ····· 58
그림 12. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 Y-Z면) ····· 58
그림 13. 클럽헤드 위치변화 (JTH 5차 Y-Z면) ····· 58
그림 14. 클럽헤드 위치변화 (JTH 1차 X-Z면) ····· 59
그림 15. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 X-Z면) ····· 59
그림 16. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 X-Z면) ····· 59
그림 17. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 1차 Y-Z면) ····· 61
그림 18. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 3차 Y-Z면) ····· 61
그림 19. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 5차 Y-Z면) ····· 61
그림 20. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 1차 X-Z면) ····· 62
그림 21. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 3차 X-Z면) ····· 62
그림 22. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 5차 X-Z면) ····· 62
그림 23. 전·후 축 1차시 신체분절의 좌표차이 ····· 65
그림 24. 전·후 축 3차시 신체분절의 좌표차이 ····· 65
그림 25. 전·후 축 5차시 신체분절의 좌표차이 ····· 65

그림 26. 좌・우 축 1차시 신체분절의 좌표차이 ····· 66
그림 27. 좌・우 축 3차시 신체분절의 좌표차이 ····· 66
그림 28. 좌・우 축 5차시 신체분절의 좌표차이 ····· 66
그림 29. 상・하 축 1차시 신체분절의 좌표차이 ····· 67
그림 30. 상・하 축 3차시 신체분절의 좌표차이 ····· 67
그림 31. 상・하 축 5차시 신체분절의 좌표차이 ····· 67
그림 32. 좌・우 1차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화 ····· 68
그림 33. 좌・우 3차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화 ····· 68
그림 34. 좌・우 5차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화 ····· 68
그림 35. 1차 좌・우 클럽헤드와 신체중심의 속도 ····· 73
그림 36. 3차 좌・우 클럽헤드와 신체중심의 속도 ····· 73
그림 37. 5차 좌・우 클럽헤드와 신체중심의 속도 ····· 73
그림 38. 어드레스시 전・후 속도변화 ····· 75
그림 39. 톱스윙시 전・후 속도변화 ····· 75
그림 40. 임팩트시 전・후 속도변화 ····· 75
그림 41. 어드레스시 좌・우 속도변화 ····· 76
그림 42. 톱스윙시 좌・우 속도변화 ····· 76
그림 43. 임팩트시 좌・우 속도변화 ····· 76
그림 44. 어드레스시 상・하 속도변화 ····· 77
그림 45. 톱스윙시 상・하 속도변화 ····· 77
그림 46. 임팩트시 상・하 속도변화 ····· 77
그림 47. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(어드레스, E1) ····· 81
그림 48. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(톱스윙, E3) ····· 81
그림 49. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(임팩트, E5) ····· 81
그림 50. 1차 JTH 신체분절의 각도변화 ····· 83
그림 51. 3차 JTH 신체분절의 각도변화 ····· 83
그림 52. 5차 JTH 신체분절의 각도변화 ····· 83
그림 53. 어드레스시 신체분절의 각속도 차이 변화 ····· 87

그림 54. 톱스윙시 신체분절의 각속도 차이 변화 ····· 87
그림 55. 임팩트시 신체분절의 각속도 차이 변화 ····· 87
그림 56. 1차 JTH 신체분절의 각속도변화 ····· 88
그림 57. 3차 JTH 신체분절의 각속도변화 ····· 88
그림 58. 5차 JTH 신체분절의 각속도변화 ····· 88
그림 59. 어드레스시 지면반력 변화 ····· 91
그림 60. 톱스윙시 지면반력 변화 ····· 91
그림 61. 임팩트시 지면반력 변화 ····· 91
그림 62. 비거리 변화 비교 ····· 95
그림 63. 근력 변화 비교 ····· 96
그림 64 근지구력 변화 비교 ····· 98
그림 65. 민첩성 변화 비교 ····· 99
그림 66. 평형성 변화 비교 ····· 99
그림 67. 순발력 변화 비교 ····· 100
그림 68. 유연성 변화 비교 ····· 101
그림 69. 평균타수 ····· 103
그림 70. 견관절회전각과 고관절회전각도 1차 ····· 104
그림 71. 견관절회전각과 고관절회전각도 3차 ····· 104
그림 72. 견관절회전각과 고관절회전각도 5차 ····· 104
그림 73. 1차 JTH 그립의 위치변화 ····· 105
그림 74. 3차 JTH 그립의 위치변화 ····· 105
그림 75. 5차 JTH 그립의 위치변화 ····· 105
그림 76. 1차 JTH 신체중심 위치변화 ····· 106
그림 77. 3차 JTH 신체중심 위치변화 ····· 106
그림 78. 5차 JTH 신체중심 위치변화 ····· 106
그림 79. 1차 JTH 지면반력변화 ····· 107
그림 80. 3차 JTH 지면반력변화 ····· 107
그림 81. 5차 JTH 지면반력변화 ····· 107

ABSTRACT

The Longitudinal Research of Biomechanical Analysis on Golf Swing

Park, Jang-Jin
Advisor : Prof. Lee, Kyung-Il
Department of Physical Education
Graduate School of Chosun University

This study aimed to analyze basic physical fitness after physical fitness training program in stages for two years, calculate major biomechanical kinetic kinematic and variables of the whole aspects including power in swing, physical articulation, club movement and driver swing using 3D image analysis and force platform longitudinally, examine characteristics of important variables by conducting pre- and post-analysis in each training and provide quantitative data necessary for effective training of coaches and athletes.

Subjects of research were 3 male amateur golfers and when extensive physical fitness training and technical training were tried, biomechanical kinetic and kinematic analysis for improving accuracy of ball and distance was made.

As the results of analyzing the data, the following conclusions were obtained;

1) Sway that hip joint was pushed out to right in the first phase was shown and rotation of hip joint and left and right movement through physical

and technical training contributed to increase of momentum in the 3rd and the 5th phases.

2) In impact of left and right axis (Y axis) from the center of body kept low change of speed and shift effects for increasing speed of club head in impact were great.

3) Cocking angle was very effective through extensive physical and technical training and strong and accurate impact was performed by rotation of rotational angle of hip joint in impact.

4) When downswing was done in the 5th phase, natural cocking was kept by rotation of body.

5) Much momentum was delivered to club in impact by transferring center of body and weight support to left.

6) Basic physical fitness and distance were improved through extensive physical training.

7) Momentum and accuracy were improved through extensive technical training.

With the above conclusions, this study suggested that the following research should be performed in the future.

1) Since this study was conducted at laboratory, it didn't explain characteristics of field clearly. Thus future researches must examine differences between laboratory and field.

2) To verify effects of physical training, understanding of exertion and aspects of muscular fitness is needed and research on utilizing EMG and isokinetic equipments must be conducted.

3) Use of high speed camera to get detailed kinetic data in impact is needed.

4) Extensive researches related to characteristics of golf club are necessary.

Ⅰ. 서 론

1. 연구의 필요성

최근 경제발전에 따른 국민생활 수준의 향상과 여가시간의 증대에 따라 골프에 대한 관심이 고조되고 있으며, 남, 녀 노소를 불문하고 골프인구가 증가하고 있는 추세이다. 또한 골프는 레저산업 중에서도 21세기에 가장 각광받는 산업중의 하나로서 골프의 인구는 지속적으로 증가되고 있는 추세이다.

최근 한국의 박세리, 김미현, 박지은, 최경주 등의 국내·외 선수들의 미국무대에서의 활약에 힘입어 국내 골프계는 활력을 되찾기 시작했으며, 선수들이 각종 메이저 대회에서 우승함으로서 국위선양 뿐만 아니라 골프의 대중화에 큰 영향력을 미친 계기가 되었다.

골프 코스는 18개의 홀로 나누어져 있으며 골프 경기는 매홀 티에서 시작하여 골프 클럽으로 볼을 이동시켜 홀 컵에 넣는 경기이며 클럽은 14개의 클럽 중 용도에 따라 하나를 선택해서 사용하는 스포츠이다. 이러한 골프는 국·내외 많은 학자에 의한 골프스윙의 역학적 연구와 특히 골프 장비 제조업체의 신소재 개발로 인하여 클럽의 발달과 함께 골프스윙도 변화하였다. 최근 스포츠 경기의 추세는 과학장비의 발달과 더불어 선수들의 체력적, 심리적, 기술적 기능의 발달로 경기력 향상에 지대한 공헌을 하고 있다. 골프는 용도에 알맞은 클럽을 사용하여 볼을 홀에 넣는 짧고 긴 스윙동작으로 구성된 운동이라는 점에서 골프에서 스윙동작은 매우 중요한 기술이라 할 수 있다.

골프의 스윙동작 중 역학적 특성이 가장 많이 관여하는 국면은 다운스윙과 임팩트 순간이다. 다운스윙은 몸통부위에서 발생하는 축회전과 견관절-팔-손-클럽의 회전운동을 일으키기 위한 고관절의 전방 움직임이 운동의 기시점이 되어 시작된다. 볼의 비행방향으로 이동되는 동안 클럽헤드의 속도가 급속하게 증가함으로써

클럽헤드에 원심력과 접선력이 발생하여 클럽헤드의 원운동과 관성모멘트의 억제 또는 촉진시키는 역할을 한다.

스윙은 여러 신체분절의 연속적이고, 질서 있는 동작으로 인해 클럽헤드에서 발생하는 운동량을 최대한 볼에 전달하는데 있다. 이를 위해서는 스윙시 동원되는 신체분절의 협응이 잘 이루어지고, 타이밍이 잘 이루어질 때 최대의 효과를 낼 수 있는 운동이다(박성순, 1990). 이와 같이 하기 위해서는 보다 과학적인 코칭이 이루어져야 하는데, 경험이나 정확하지 않은 자료에 근거하였을 때는 비과학적 코칭이 될 수밖에 없다. 비과학적인 코칭으로는 골프스윙 기술의 향상을 기대 할 수가 없다. 골프스윙은 짧은 순간에 이루어지므로 눈으로 관찰하기가 어렵고 각자의 경험과 느낌이 다르기 때문에 스윙동작시 과학적인 중요한 변인들의 기준척도가 필요하다. 선행연구들에 의해 많은 변인들이 연구되었지만 분석내용이 너무 혼잡하여 총괄적으로 중요 변인을 연구하는 것이 필요하다.

현재까지 발표된 골프스윙의 운동학적 및 운동역학적인 선행연구의 변인들을 살펴보면 Carlsoo(1967), Cooper et al(1973)는 골프스윙을 2차원 동작으로 가정하고 클럽의 최대 토크 시점, 클럽헤드의 속도, 손과 클럽의 모멘트 등을 분석하였고, Milburn(1982)은 인체를 팔과 클럽의 이종지레 시스템으로 가정하여 골프스윙을 2차원으로 영상 분석한 결과 언코킹을 지연함으로써 팔의 속도와 몸통의 속도가 합해져서 클럽의 속도가 최대에 도달할 수 있다는 결론을 내린바 있다. 그러나 이들 대부분의 연구는 골프스윙을 2차원 평면에서 이루어진다는 가정에 기초한 것으로 실제 골프스윙은 3차원 공간상에서 이루어지는 동작으로 2차원 가정에 의한 분석은 오차를 포함하게 되며 연구결과는 많은 제한성을 갖는다. 이러한 이유로 보다 정확한 스윙분석을 하기 위해서 3차원 분석이 시도되었다.

Robert et al (1985)은 4명의 프로와 2명의 아마추어를 대상으로 3차원 운동학적 자료와 관절에 작용하는 토크와 언코킹을 분석하여 제시함으로서 비교적 정확한 자료를 제시하였으며 Campbell과 Reid(1985)는 골프스윙시스템을 3종지레로 가정한 다음 최적의 제어 이론(optimal control theory)을 이용하여 손목관절과 견관절의 몸통 중심점에서 발생되는 최적의 토크와 운동역학적 요인들을 분석하였다.

Richard et al(1985)는 언코킹 작용과 신체중심의 위치와 체중의 이동을 분석하여 임팩트 타이밍을 분석하였다. 국내 연구로는 조수현(1990)이 프로선수를 대상으로 하여 다운스윙시 클럽헤드의 속도를 3차원으로 분석한 것이 처음이었다. 황인승 등(1990)은 3차원 영상분석을 통해 스윙시 일어나는 각종 운동학적 현상을 메카니즘적 방법 및 통계적 방법으로 해석하여 이를 비교, 분석함으로써 구체적인 골프스윙의 분석모델을 제시하였다. 한편 류재청(1991)은 3차원 영상분석을 통해 다운스윙시 각 분절이 클럽헤드와 볼에 미치는 기전과 기여도를 알아보고 지면반력의 변화를 분석하였으며, 김무영(1995)은 지면반력, 체중이동, 힘의 모멘트 등을 국면별로 분석하였다.

따라서 골프스윙의 수행능력은 정확하게 볼을 목표 지점에 도달시키는 것과 멀리 타구할 수 있는 능력에 달려 있다. 특히 스윙 기술의 가장 중요한 점은 신체 각 관절의 협응동작과 타이밍에 있다. 즉, 신체를 하반신, 상체, 팔의 3부분으로 나누어 볼 때 이들은 모두 클럽에 대한 파워의 발생원인이 되며 각 분절간 파워의 전이가 일어난다. 따라서 스윙의 정확성은 정확한 운동학적 변인을 통하여 동작을 자동화시킴으로써 안정화시킬 수 있으며, 신체의 운동역학적인 변인들을 골프클럽의 헤드에 효율적으로 전이시킴으로써 멀리 보낼 수 있는 것이다. 특히 드라이버 스윙 동작은 정확성과 볼을 타켓 가까이 갈 수 있는 거리가 있어야 한다. 이 세 요인들은 상호 밀접한 관계가 있어 서로 보완의 관계나 반대의 관계를 지니고 있다(Koichiro, 1996). 따라서 골프스윙 중에서 드라이버 스윙은 거리가 상당히 중요하다. 그런데도 지금까지 이루어진 연구들은 골퍼의 비거리에 따른 차이가 무엇인지에 대한 연구는 미비하고, 자세, 심리적인 영향, 체격이나 생리적인 변인들의 영향에 대한 연구에만 치중되어 있다. 이상적인 골프스윙을 올바르게 수행하는 일은 혼자 터득하기엔 벅찬 작업이 아닐 수 없다. 세계적인 골프 경기의 추세가 개인의 능력과 체형에 맞는 이론으로 정확하고 안정된 스윙을 통해 파워를 동반한 정교한 기술의 구사로 경기를 하고 있으므로 경기력 향상을 위해서는 정확한 이론적 바탕이 전제 조건이라고 생각한다(김선정, 2001).

본 연구는 집중적 체력훈련과 기술훈련을 통하여 비거리를 향상시키고 안정적 기술력의 향상에 대한 운동역학적 분석의 필요성에 의해 시도되었다.

2. 연구의 목적

본 연구는 2년간의 훈련을 통하여 체력훈련 프로그램을 단계적으로 훈련시킨 후 기초체력을 분석하여 3차원 영상분석, 지면반력기를 이용하여 스윙시 힘, 그리고 각 신체분절 및 클럽의 움직임 등, 드라이버 스윙 전 국면의 주요 운동학적 및 운동역학적 변인들을 종단적으로 산출하였으며, 각각의 훈련시 사전분석과 사후분석을 수행함으로써 중요변인들의 특성을 파악하여 지도자와 선수들의 효과적인 훈련에 필요한 정량적 자료의 제공에 그 목적이 있다.

이러한 연구의 목적을 달성하기 위해 다음과 같은 연구문제를 분석하였다.

1) 각 국면별 운동학적요인(위치, 속도, 각도, 각속도)을 분석하였다.

2) 각 국면별 운동역학적 요인(지면반력)을 분석하였다.

3) 체력훈련과 비거리와의 관계를 분석하였다.

4) 골프 기술훈련과 운동역학적 변인의 관계를 분석하였다.

3. 연구의 제한점

본 연구는 다음과 같은 제한점을 갖는다.

1) 본 연구의 피험자는 아마추어 남자 골퍼 3명으로 한정하였다.

2) 스윙은 1번 드라이버 스윙으로 국한시켰으며 이는 실제 경기에서 실시한 샷이 아니고 지정된 장소에서 실시한 스윙동작으로 제한하였다.

3) 실제 경기상황이 아닌 지정된 장소에 의해서 동작을 수행함으로서 피험자의 생리적 심리적 요인은 제외하였다.

4) 분석에 이용된 인체 모델은 강체(rigid body)로 간주하고 각 신체분절의 모든 수치 자료는 Plagenhoef(1983)의 연구결과 자료를 이용하였다.

5) 좌표화(digitizing) 과정에서 보이지 않는 해부학적 경계점은 어느 정도의 오차를 포함하였다.

6) 골프스윙의 분석을 상완(upperarm)과 전완(forearm), 골프 클럽(club)이 결합된 3종지레 시스템으로 가정하였다.

4. 용어의 정의

본 연구에서 자주 사용되는 용어들에 대해 혼동을 피하도록 다음과 같이 정의하였다.

1) 어드레스(address : AD) - 백스윙(backswing)의 예비 동작으로 양발의 위치를 결정하고 클럽헤드를 지면에 대고 볼을 치기 위한 예비 동작.

2) 미드 백스윙(middle of backswing : MB) - 백스윙을 시작하는 단계로 어드레스와 톱스윙의 중간단계 동작.

3) 톱스윙(top of swing : TS) - 톱스윙시 클럽헤드가 정점에서 일시 정지하는 상태.

4) 다운스윙(middle of downswing : MD) - 톱스윙에서부터 클럽을 휘둘러 내리는 동작으로 클럽헤드가 볼에 타격되기 전까지의 동작

5) 임팩트(impact : IP) - 클럽헤드가 볼에 타격되는 시점.

6) 엔드 팔로스로우(end of follow-through : EF) - 스윙동작이 완전히 끝나는 시점

7) 코킹각(cocking) - 왼쪽 전완과 클럽 샤프트가 이루는 각.

8) 팔꿈치각(elbow angle) - 전완과 상완이 이루는 각.

9) 견관절 회전각 - 양 견관절 중심선이 치는 방향선 (Y축)과 이루는 각으로 Y축을 0° 로 하고, Y축에 대하여 오픈인 경우에는 +각도로 정의하였고 클로즈인 경우에는 -각도로 정의.

10) 고관절의 회전각 - 양 고관절의 중심선이 치는 방향선(Y축)과 이루는 각으로 Y축을 0° 로 하고, Y축에 대하여 오픈인 경우에는 +각도로 표시하였고, 클로즈인 경우에는 -각도.

11) 코킹 및 언코킹(cocking & uncocking) - 백스윙시 클럽헤드의 무게에 의해 손목각도가 작아지는 동작이 코킹이고 반대로 다운스윙시 손목의 각도가 크게 되어지는 동작을 언코킹으로 정의.

12) 지연히팅(late hitting) - 왼팔과 클럽이 이루는 코킹각이 오래 유지되어지는 것.

13) X, Y, Z 좌표계 : 본 연구에서 각 변인들의 분석을 위해 X축은 전후방향, Y축은 볼의 진행방향인 좌우방향, Z축은 수직방향으로 정의.

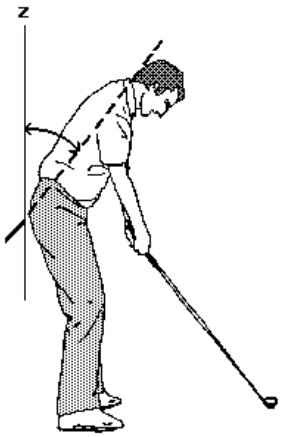

그림 1. 상체전경각

그림 2. 코킹각

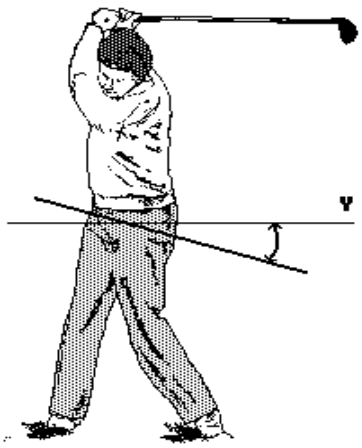

그림 3. 고관절의 회전각

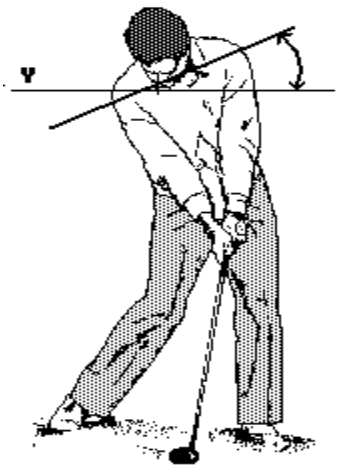

그림 4. 견관절의 회전각

Ⅱ. 이론적 배경

1. 골프스윙의 원리

골프경기는 다른 공을 치는 운동과 마찬가지로 원하는 만큼의 힘을 만들어 그 힘을 클럽헤드를 통해 공의 중심으로 전달하여 자신이 원하는 방향을 최소의 스트로크수로 한 라운딩을 끝마치는데 있다.

하지만 골프 클럽은 공을 치는 다른 운동보다 클럽이 길기 때문에 근육으로부터 받는 힘에 의한 클럽헤드의 스피드는 다른 운동에서 사용되어지는 장비에서 나오는 스피드보다 훨씬 크기는 하지만 클럽길이가 긴만큼 조정(control)이 쉽지 않다는 제약을 지니고 있다.

골프스윙은 각 코스에 따라서 가능한 한 적은 수의 샷을 하여 한 지점에서 다른 지점으로 볼을 이동시키기 위한 동작이다. 볼의 최초의 지점은 골퍼가 볼을 티 위에 올려놓는 곳이며, 원하는 마지막 지점은 홀이 되는 것이다(Hay, 1985).

골프스윙은 어드레스, 백스윙, 톱스윙, 다운스윙, 임팩트, 팔로스로우, 피니쉬 등 이러한 동작이 조화롭게 이어져야 하는데 이는 골프스윙동작이 평면상에 이루어지는 것보다는 운동학적 변인들이 동시에 작용하는 입체면 상의 동작이기 때문에 보다 각 단계별로 분석하는 것이 필수적이라 할 수 있다. 골프스윙동작은 원심력을 응용한, 말하자면 시계추처럼 규칙적으로 흔들리는 진자운동이다. 둥글게 원을 그리며 클럽을 휘둘러 올렸다가 같은 궤도로 내리면 클럽은 자연히 공이 있는 곳으로 되돌아온다(김중영, 1992). 효율적인 골프스윙 기술에 관여하는 요인으로는 신체와 클럽으로 구성되는 각 분절의 운동역학적 상태에 관한 것과 클럽의 강도, 재질, 탄성도 등의 물리적 특성, 그리고 공기저항, 중력, 마찰력, 낙하지점의 높이 등의 환경적 특성이 있고, 골프는 고도의 기술과 과학적인 면을 요구하는 운동으로 신체분절의 회전 및 관절의 복잡하고 연속적인 동작에 의하여 스윙이 이루어진다(박영균 등 1996).

Cochran 과 Stobbs(1968)는 영국 골프 협회에 의해 실시된 광범위한 테스트 결과를 토대로 골프스윙을 2종지레 시스템으로 관찰할 수 있는 방법을 제시하였으며, 이는 스윙을 과학적으로 설명하는 효시를 이루었다.

골프스윙의 기본형은 거의 몸 중심을 통과하는 축의 주위에 몸의 각 부위를 회전시키고, 이 운동을 클럽 샤프트를 통해 헤드에 전달하여 큰 헤드스피드를 발생시킴으로써 이것을 볼에 충돌시키는 것이다. 이때 헤드의 궤도를 안정시키기 위해 회전축은 공간에 고정되어 있지 않으면 안된다.

골프의 동작은 정적인 어드레스(address)와 동적인 스윙(swing)으로 구분할 수 있다. 어드레스 자세에서는 중심의 위치가 변하지 않고 한 지점에 계속 머무르면서 균형을 유지하게 된다. 그러나 동적인 스윙을 일단 시작하면 인체질량 배분의 균형이 깨지게 되므로 중심의 위치는 전후, 좌우, 그리고 상하의 방향으로 이동하게 된다. 또한 골프스윙시 스탠스는 신체와 지면이 맞닿아 있는 유일한 접점일 뿐 아니라, 무게 중심의 위치를 결정해 준다. Mann과 Griffin(1988)의 연구결과에 의하면 숙련된 골퍼들의 경우 스탠스를 자신의 견관절 넓이보다 약 5㎝ 가량 더 넓게 위치시킨다고 보고하였다. 골프스윙에서 스탠스가 좁으면 중심이 높게 위치하므로 움직임은 자유로우나, 안정성이 떨어져 스윙의 일관성(consistency)을 유지하기 어려우며 스윙의 실패에 주요 원인이 된다. 반면에 스탠스가 넓으면 움직임은 어느 정도 제한을 받으나 안정된 스윙을 반복할 수 있다.

좋은 스윙에 의한 결과는 거리(distance), 정확성(accuracy), 일관성(consistency)이 있어야 하며, 세 가지 요인들은 상호 밀접한 관계가 있어 서로 보완의 관계나 반대의 관계를 지니고 있다(이은정, 2001).

Koichiro(1994)는 이러한 골프의 스윙동작은 신체분절 및 클럽헤드의 병진운동과 회전 운동으로 구성되며 클럽과 신체의 운동에너지를 볼에 가능한 한 많이 전달하기 위해서는 클럽과 신체 각 분절들의 협응동작이 매우 중요하다고 하였으며 보다 나은 스윙을 하기 위하여 전문서적 이나, 지도자들로부터 수많은 정보를 받아들이고, 이에 기초하여 동작을 연습해야 한다고 하였다. 그러나 이러한 정보들이 과학적인 근거 없이 자신의 경험에 바탕을 둔 경우에는 오히려 혼란을 가중시키는 결

과를 가져올 수 있다. 따라서 스윙동작의 향상을 위한 여러 가지 스윙지침들의 과학적인 근거와 올바른 스윙동작의 기준이 될 수 있는 동작의 역학적인 모델을 세우는 것이 필요하다. 특히 스윙동작은 개인의 신체적 특성, 연령, 성 등의 차이에 따라 다양할 수 있으므로 이에 영향을 덜 받는 중요한 공통점을 찾아서 정량화 하는 것이 중요하다.

2. 백스윙과 역학적 원리

스윙의 움직임은 어드레스에서 셋업으로부터 시작된다. 균형, 힘, 타이밍, 리듬 그리고 기술 등이 이에 속한다. 만약 어드레스가 불안정하다면 위의 모든 요소들에게 부정적인 영향을 미치게 된다. 따라서 어드레스는 단순한 스윙 중의 한 동작으로 보기보다는 각 동작을 구사하는 근원이며, 고난도의 기술적 가치를 지닌 동작으로 볼 수 있다(이봉수, 1998).

어드레스는 공을 치기 위한 준비자세로서 이때 스탠스의 폭은 다운스윙시 클럽헤드의 속도와 궤도, 체중이동시 신체의 균형조절을 유지하는데 중요한 요인으로 작용한다. 두발의 보폭이 고관절보다 더 크게 되면 톱스윙이나 팔로스로우에서 회전이 제한되기 때문에 스윙길이가 짧아지게 되어 힘이 손실된다. 반대로 두발의 보폭이 고관절보다 작게 되면 더욱 더 스윙길이는 짧아지게 된다. 따라서 고관절과 같은 크기의 보폭은 회전에 제한을 주지 않아 안정된 스윙을 할 수 있게 된다 (Broer, 1973).

백스윙은 클럽헤드를 어드레스에 이어 다운스윙을 하기 위한 최적의 위치로 옮기는 것이다. 백스윙이 견관절 높이에 이르게 되면 손목 코킹이 자연스럽게 이루어져 클럽샤프트는 이두박근과 수직이 된다(황인승, 1990). 백스윙의 마지막에는 손이 머리 높이나 그 이상으로 도달하며, 상체는 본래의 자세로부터 약 90° 정도 비틀려 회전되고, 손목은 수평 위 약 0~45°사이에서 위치한 클럽 샤프트 아래에서 코킹이 된다. 이때 좌측 엄지손가락은 클럽 샤프트 바로 밑에 위치하고, 좌측 손등의 각은

어드레스시의 각을 그대로 유지한다. 이와 같은 자세를 취하게 되면 좌측 팔과 클럽이 삼각형을 이루게 되는데, 이 삼각형이 예리한 각을 이룰수록 장타를 낼 가능성이 있다(Budney와 Bellow, 1982).

또한 몸이 원활한 축 운동을 하기 위해서는 양발을 같은 각도로 벌려야 하는데, 이 각도는 대략 25° 내지 30°이며 오른발을 벌리는 것은 백스윙시 오른쪽 회전을 쉽게 해주고, 반대로 왼쪽발을 벌리는 것은 임팩트 때 고관절의 적절한 회전을 가능하게 해준다. 어떤 골퍼들은 오른발을 목표선에 대해 직각으로 놓는 것을 선호하는 경향이 있는데, 이것은 몸통회전을 제약 할 수 있다.

백스윙에서 중요한 부분은 백스윙의 초기 테이크어웨이시에 클럽과 신체가 하나가 되어 백스윙을 시작하느냐 하는 점과 백스윙을 하면서 고관절과 견관절선을 얼마나 회전시켜 볼을 타격하기위한 근육의 탄성에너지를 얼마만큼 얻을 수 있는가 하는 것이다(홍우정, 1999).

토크(torque)에 관한 연구에서 클럽과 팔 사이의 각이 급격히 증가함에 따라 손목에 작용하는 토크의 값도 커지게 되는데, 클럽과 팔 사이의 각이 가장 커지는 시기는 손목이 코킹이 되는 시기이다.

또한 백스윙시 이루어지는 코킹은 크게 얼리 코킹(early cocking)과 레이트 코킹(late cocking) 으로 구분할 수 있는데 레이트 코킹은 백스윙시 힘이 약할 경우 커진 관성모멘트를 억제하지 못하고 오버스윙을 초래하는 주원인으로 작용하게 되며 컨트롤할지라도 백스윙에서 힘을 주게 되는 단점을 발생시키지만 반면에 얼리 코킹은 백스윙시 스피드가 증가하지 않고 안정되는 장점이 있다(나상준, 1994)고 하였으며 골프스윙에 있어서 무릎운동은 몸통, 팔, 그리고 두 손의 수직운동을 조절할 뿐만 아니라 신체의 높낮이를 조절해 다운스윙시 클럽헤드 속도를 일으키는데 중요한 역할을 한다. 그리고 스윙시 무릎의 굴곡과 신전을 이용한 수직운동은 파워와 밀접한 관계가 있지만 반면에 정확성 측면도 고려되어야 할 문제이다(김선정 등, 2002).

Williams(1967)는 수준급 선수를 대상으로 백스윙 동안 클럽헤드의 경로를 분석한 결과에 의하면, 손의 경로는 개인별로 거의 차이를 보이지 않았지만 클럽헤드의

경로에 있어서는 상당한 차이가 있음을 보였다고 하였다. 따라서 백스윙 동안 클럽헤드의 경로는 그다지 중요한 것이 아니라고 할 수 있으며, 이는 개인의 신체적인 특성에 기인한다고 밝히고 있다.

3. 톱스윙

톱까지의 움직임이 좋을수록 다운스윙에서 보이는 자세와 방향이 좋을 확률은 더 높다. 또 다운스윙과의 연관성을 이해해야하며 톱에서의 정확한 자세는 바람직한 균형감과 다운스윙에서 올바른 움직임이 가능하도록 한다. 올바른 위치에 클럽을 준비해 놓으면, 그로 인해 최대의 속도와 컨트롤로 스윙 궤도를 따라 스윙할 수 있게 된다.

먼저 스윙의 톱은 그립, 셋업, 백스윙, 그리고 전환동작들을 얼마나 잘 수행했는지를 판단할 수 있는 기준으로 되어야 하고 그러한 스윙이 만들어지면 몸과 클럽을 조작하지 않고도 자연스럽게 톱스윙에 도달할 수 있다(Mann & Griffin, 2000).

톱스윙은 관성 모멘트가 0이 되는 지점, 즉 톱스윙시 뒤로 회전하는 클럽헤드가 정지하는 지점으로 다운스윙이 시작되기 직전 정지상태를 말하며 톱스윙이 견관절 높이가 되면 우측 팔꿈치는 점차 'L' 자 모양으로 접히게 된다. 이때 좌측 손등의 각은 변하지 않아야 한다.(Nance Davis, 1980) 그러나 Mann(1986)에 의하면 좌측 팔을 반듯하게 펴고자 할 경우 오히려 그 팔에서 긴장이 야기되므로 프로골퍼의 경우에는 톱스윙에서 좌측 팔이 약 30° 굽어진다고 주장하였다.

전환동작은 "클럽의 떨어짐"이라고 해야 하며 이 동작은 톱스윙이 되면 클럽헤드가 볼로부터 멀어짐을 뜻한다. 이는 다운스윙시 자동적으로 클럽헤드를 안쪽 궤도로 옮겨준다.

전환동작이 중요한 요인이 되는 것은 몸통의 큰 회전 근육들이 힘찬 고무 밴드처럼 늘어나기 때문이다. 그렇게 되면, 몸통에서 팔까지의 모든 근육도 똑같이 늘어나면서 팽팽하게 신장되어, 속도와 힘을 제공할 수 있는 동작이 준비된 것이다. 하체가 비구

선으로 이동할 때 오른발에서 왼발로 체중이 이동함으로써 상체가 풀리는 동작에 필요한 안정된 자세를 만들어 준다. 또한 균형감이나 에너지 낭비 없이 견관절, 팔, 그리고 두 손을 이용해 힘껏 스윙을 할 수 있게 해준다(Mann & Griffin, 2000).

우리의 몸은 아주 짧은 순간 동안 동시에 두 방향으로 움직인다. 상체가 타겟 반대 방향으로 꼬기를 완성할 무렵, 하체는 이미 타겟 방향으로 풀기를 시작하고 있다. 이와 같은 양방향으로의 움직임은 장타자들에게서 볼 수 있는데, 비트는 힘과 지렛대 효과를 증대시킨다.

톱스윙으로부터 다운스윙으로의 방향전환은 하체 움직임, 특히 다리 움직임에 의해 좌우된다. 양다리는 스윙의 받침대 역할을 하면서, 상체가 비틀고 풀리는 동안 균형을 유지시켜 주고 지지대가 되어 준다(Leadbetter, 1995).

4. 다운스윙(Down Swing)

힘차고 적절한 다운스윙을 위해서는 다운스윙이 시작되기 바로 전 상체와 하체는 서로 반대방향으로 이동해야만 한다. 이 동작이 다운스윙 초기동작이다.

다운스윙 초기단계시 하체와 상체 사이의 복합동작에 대해 알아야 하며 전환 동작을 할 때, 하체는(엉덩이와 다리) 타겟을 향해 움직이고, 체중은 오른쪽에서 왼쪽으로 이동해야한다. 또한 엉덩이의 측면과 회전운동의 결합은 스윙에 있는 모든 파워를 상체가 계속 스윙의 톱으로 돌아가며 파워를 더 축적시키고 다운스윙이 시작되면서 몸통 근육에 축적되어 있던 엄청난 양의 탄성이 서서히 릴리스되기 시작하고 체중이 오른쪽에서 왼쪽으로 이동하며 풀리는 하체를 따라 상체가 움직이게 된다. 상체의 움직임에 있어서 초점이 되는 곳은 오른쪽 견관절이다. 견관절은 오른팔 윗부분이 오른쪽으로 더 가까워질수록 아래쪽 앞으로 움직인다.

다운스윙이 계속되면서 하체와 상체간의 연결된 동작은 볼을 향해 매우빠른 속도와 파워를 발생한다. 다운스윙의 성공은 단지 힘에만 국한된 것이 아니고 하체가 올바르게 타겟 방향으로 이동되면서, 상체는 어떤 파워도 손실하지 않으면서 이동

할 수가 있다. 스윙은 힘으로부터 파워가 나오는 것이 아니고 신체의 올바른 이용으로부터 파워가 만들어져야 한다(Mann & Griffin, 2000).

또한 Plagenhoef(1983)는 80명의 프로선수를 대상으로 드라이버의 스윙동작 중 다운스윙의 소요시간을 분석한 결과, 어드레스에서 톱스윙까지 도달한 시간은 평균 0.84초가 소요되었고, 다운스윙에서 임팩트까지는 0.4초 정도에서 0.6초까지의 변화를 보여주고 있다고 하였다. 또한 백스윙에 대한 다운스윙의 소요시간 비율은 25%에서 60%의 범위를 보였다고 보고하였다. 그리고 김(1987)은 숙련자 수준에 따른 백스윙동작을 규명하였는데 우수선수의 경우 백스윙 동작시간은 0.81초, 비우수선수의 경우는 1.19초를 보여주었다.

Milburn(1982)은 다운스윙시 손목이 처음 0.075초 동안 거의 일정하게 유지되었으나 견관절의 회전각도는 점차 감소하였으며, 이 때 손목의 각도는 60～70°사이를 유지하였고 견관절의 각 변위는 40～60°사이에서 변하였다. 이러한 결과는 Williams(1969)의 60～70°의 값과 거의 일치하였다.

또한 Milburn(1982)은 언코킹이 시작될 때 헤드가 바깥으로 벗어나 원심력이 증가되어 견관절에 대한 팔의 각속도가 감소됨으로써, 이 원심력은 팔의 회전운동을 감소시키게 된다고 하였다. 결국 다운스윙 초기에는 언코킹을 지연함으로써 팔의 속도가 더 큰 값을 가지게 되고, 후에 언코킹시 클럽의 속도는 근위단이 가지고 있던 속도와 합하여 더 빨라진다고 하였다.

Williams(1969)는 다운스윙시 상호분석 작용에 대한 연구에서 다운스윙 초기에 너무 빠른 속도를 갖게 되면 지속적으로 팔과 클럽의 속도를 유지할 수 없게 되고, 팔과 클럽의 감속으로 인하여 다운스윙 초기의 손목 언코킹을 유발할 수 있다고 하였다. 그리고 손의 각도가 클수록 다운스윙을 위한 소요 시간이 길어지게 되고 따라서 클럽헤드를 가속시키기 위해 더 많은 근력이 소모된다고 주장하였다.

골프스윙동작에 작용하는 힘에 대해 유(1991)는 톱스윙동작에서 다운스윙을 실시하는 동안 견관절-팔-손의 지레가 회전하는 축에서 벗어나려는 원심력을 제어하기 위한 힘과 그립 진로의 접선 방향으로 작용하는 접선력을 위해 두 손의 결합

작용에 의하여 그립에 작용하는 힘이 좌·우측 손마다 각기 다른 힘으로 작용한다고 하였다. 이러한 좌·우측 손의 각기 다른 힘의 역할에 대해 Williams(1969)는 헤드의 속도에 영향을 주지 못한다고 하였다. 그러나 Cochran과 Stobbs(1968)는 헤드의 속도를 빠르게 하기 위해서는 손목에 힘을 주어 두 손에서 각기 다른 힘을 발생시켜야 한다고 주장하였다. Lampsa(1975)는 다운스윙시 동작패턴을 규명하고, 클럽헤드의 속도를 증가시키기 위한 연구에서 팔과 클럽의 토크를 최적화해야 한다고 주장하였다.

Budney(1979)와 Bellow(1982)는 다운스윙을 하는 동안 골퍼의 팔과 클럽이 한 면에서 운동한다고 가정하고 여러 가지 클럽의 변수를 실험했다. 그들은 실험에서 여러 종류의 클럽에 따른 정보와 스윙의 결점을 찾아 수정하는 방법을 제시하였다. 반면에 Vaughan(1981)은 최초로 골프스윙동작을 3차원으로 분석하여 운동학과 운동역학에 관련된 3차원 정보를 제공하였으며, 다운스윙동작이 한 면에서 이루어지지 않는다고 하였다. Neal과 Wilson(1985)은 Vaughan에 이어서 4명의 프로골퍼와 2명의 일반골퍼를 대상으로 골프스윙을 3차원으로 분석한 결과 운동학적 자료와 관절에 작용하는 토크를 계산하여 골프의 다운스윙이 한 면에서 일어나지 않는다는 Vaughan의 주장을 입증하였다. 강(1991)은 골프스윙동작의 연구에서 인체를 세 분절로 모델링하고 DLT 방법을 이용하여 티샷에서 다운스윙을 분절에 대한 운동성분으로 규명하여 숙련자와 비 숙련자의 동작을 비교 분석한 결과를 토대로 비 숙련자의 동작을 개선하는데 필요한 기초 자료를 제공하였다.

Budney(1979)와 Bellow(1982)는 클럽헤드의 스피드가 최고가 될 때를 왼쪽 팔과 클럽샤프트가 일직선을 이룰 때라고 규명하였다.

Plagenhoef(1966)에 의하면 다운스윙 초기에 무게중심은 앞으로 이동해야하고, 다운스윙을 시작하여 임팩트 될 때까지 엉덩이가 움직인 전체 거리 중 75% 이상 초기에 움직여야 하며 특히 왼쪽 전완이 수평이 되게 해야 한다고 하였다.

Cochran과 Stobbs(1968)는 훌륭한 골퍼는 다운스윙 시, 약 4마력의 파워를 낼 수 있다 하였고, 이 정도의 파워를 내기 위해서는 적어도 30파운드의 근육이 최대의 힘으로 수축되어야 한다고 하였다.

결국 팔이나 손에 있는 주동근을 포함하여 온몸에 있는 큰 근육들을 사용해야만 필요한 파워를 낼 수 있다. 이 때 근육으로부터 나오는 파워는 팔과 골프클럽에 의해 볼에 전달되어야 하는데, 이러한 전달과정에서 효율적이고 합리적인 동작이 필요하다.

5. 언코킹시 동작

코킹각은 왼쪽 전완(forearm)과 클럽 샤프트(club shaft)가 이루는 각도로서, 임팩트시 클럽헤드의 속도를 최대화 시키려면 스윙 시스템(swing system)의 속도를 크게 해야 한다. 분절을 회전시키는 토크가 일정하다고 할 때 클럽헤드의 회전속도를 증가시키는 방법은 스윙 시스템의 관성 모멘트(moment of inertia)를 최소화 시켜야 하고, 또한 감소시킨 관성 모멘트를 오래 유지해야 한다.

클럽의 관성 모멘트는 코킹각에 영향을 받기 때문에 다운스윙 중 코킹된 정도와 코킹을 얼마나 오래 유지하는 것에 따라(late hitting) 회전속도를 증가시키는데 중요한 요인이 된다(황인승 등, 1991).

Plagenhoef(1966), Milburn(1982), Jorgensen(1970)의 연구에 의하면 왼쪽손목의 경첩관절 작용으로 손목이 풀어지는 것은 언코킹을 지연 시키므로서 분절의 최대각속도를 낼 수 있다고 하였다. Cochran과 Stobbs(1968)도 다운스윙시 코킹각을 되도록 오래 유지하여 관성 모멘트를 되도록 적게 해야만 스윙 시스템의 각속도를 크게 할 수 있어 타격시 클럽헤드의 직선속도(linear velocity)에 영향을 미친다고 하였다. 릴리스 시기는 코킹각이 풀어지는 시기로 지연히팅으로 볼 수 있으며 골퍼들의 수준에 따라 차이가 있고 학자마다 약간은 다르게 보고하고 있다. Neal과 Wilson(1985)은 임팩트 전 0.01초에서 0.08초 사이, Richard 등(1985)은 타격 0.014초 전, Vaughan(1981)은 임팩트 0.06초 전에, Jobe(1989)는 다운스윙 후 0.075초 후에 일어나며 황인승 등(1991)은 임팩트 약 0.09초전에 일어난다고 보고하였다.

6. 임팩트 동작과 역학적 요인

1) 임팩트 동작

임팩트는 2.5인치의 클럽 페이스로 직경 1.68인치의 볼을 타격하고 무게 14.25온스의 클럽으로 스윙동작 1.5초 동안에 약 100파운드의 견인력을 만들면서 스윙 아크 약 18피트의 거리를 시속 90마일 속도로 스윙하는 것이다. 볼이 클럽 페이스에 접촉하는 시간은 약 0.00035초이며 원하는 거리와 방향으로 보내기 위해서는 약 42도의 각도를 유지해야 한다(Leadbetter, 1999).

임팩트시 좌측 손목과 손등은 의도하는 샷 방향과 수직으로 있어야 하며(Hay, 1985), 클럽헤드의 위치, 클럽헤드의 움직이는 속도가 임팩트 순간에 가장 중요한 특징이다. 이론적으로 헤드의 중심이 의도하는 방향과 직각으로 볼의 중심 바로 뒤쪽에 위치할 때, 볼은 최대의 스피드로 비행하게 된다.

임팩트시 최고의 스피드를 낼 수 있는 조건을 연구한 Campbell과 Reid(1985)는 최적 운동제어이론을 골프의 스윙에 적용하여 연구한 결과, 최대 거리를 낼 수 있는 최적조건은 임팩트 속도가 69.2m/s일 때 이었으며, 이를 클럽헤드의 초속도에 의해 계산하면 약 366야드를 보낼 수 있는 거리라고 보고하였다.

임팩트 직후의 볼의 속도와 비행거리는 Hay(1985)에 의하면 클럽헤드의 질량과 초속도 및 탄성계수(coefficient of elasticity)와 볼의 질량과 볼의 초속도 및 볼에 대한 임팩트의 각도 및 비행각도에 의해 직접적으로 영향을 받는다고 하였다. 골프공의 비행거리는 샤프트의 진동(vibration)을 제외한다면 위의 영향을 받는다. 클럽헤드 질량의 변화는 클럽의 스윙 범위와 임팩트 되는 클럽헤드의 속도의 두 가지에 영향을 줄 수 있는 데 클럽헤드의 질량이 증가하면 클럽헤드가 볼과 임팩트시 속도를 감소시키게 되고, 클럽헤드의 질량이 감소하면 반대로 속도는 증가한다.

Neal과 Wilson(1985)은 임팩트시 관절의 각 부분이 차례로 운동을 일으켜 클럽헤드의 속도를 높이는 지연히팅(late hitting)의 중요성을 강조하였고, 황인승(1990)

은 회전속도를 증가시키기 위해서는 스윙 시스템의 관성 모멘트를 최소화시키고 오래 유지하여야 한다고 하였는데, 이 관성 모멘트는 코킹각의 변화에 의해 좌우되기 때문에 다운스윙중 코킹의 정도와 코킹을 얼마나 오래 유지되느냐가 회전속도를 높이는데 중요한 요인이라 하였다.

Neal과 Wilson(1985)의 우수선수를 대상으로 한 실험에서 클럽헤드의 속도는 임팩트 직후에 최고의 속도를 나타낸다고 하였다.

임팩트시의 클럽헤드의 최고속도는 Cochran과 Stobbs(1968)가 평균 47.50m/s, Budney와 Bellow(1982)는 54.50m/s, Neal과 Wilson(1985)은 평균 43.45m/s로 나타났고, 최대속도는 임팩트전 0.003～0.005초에 나타났다고 하였다.

국내연구로는 황(1991)이 클럽헤드의 최고 속도는 30.90m/s, 임(1996)은 평균 43.2m/s였고 최대속도는 임팩트 전 0.021～0.027초에서 나타난다고 하였다.

Hay(1985)는 임팩트 직후의 볼의 속도와 비행거리는 골프헤드의 질량과 초속도 및 탄성계수(coefficient of restitution)와 볼의 질량과 초속도 및 임팩트 각도와 비행각도에 의해 영향을 받는다고 하였다.

장타를 치기 위해서는 중심이동이 잘되어야 하고, 클럽헤드의 속도가 최대일 때 임팩트가 될 수 있도록 해야 한다. 또한 언코킹이 늦게 이루어져 지연 히팅(late hitting)이 되어야 하며, 클럽의 스윙궤도는 평면을 유지면서, 원운동을 해야만 정확한 임팩트가 이루어질 수 있다고 하였다.

따라서 모든 조건이 동일할 때 클럽헤드의 질량이 증가되면 볼이 릴리스 될 때의 볼의 초속도는 증가하게 된다고 하였다(Cochran과 Stobbs, 1968). 볼이 릴리스 될 때 움직이는 방향은 볼의 속도를 나타내는 벡터가 수평과 만나는 각도 즉, 투사각 혹은 릴리스 각과 샷을 하는 방향은 <그림 5>와 같고 볼의 투사각은 클럽면의 기울기에 영향을 받는다. 임팩트 되기 바로 직전 클럽헤드의 속도를 두 개의 요인, 즉 클럽헤드에 수직으로 작용하는 수직요인(normal component)과 클럽헤드에 평행으로 작용하는 합성요인(resultant force)에 영향을 받게 된다. 이 때 볼에 수직으로 작용하는 힘은 그 방향으로 볼을 가속시켜 볼의 비행거리에 영향을 준다(Hay, 1985)고 하였다.

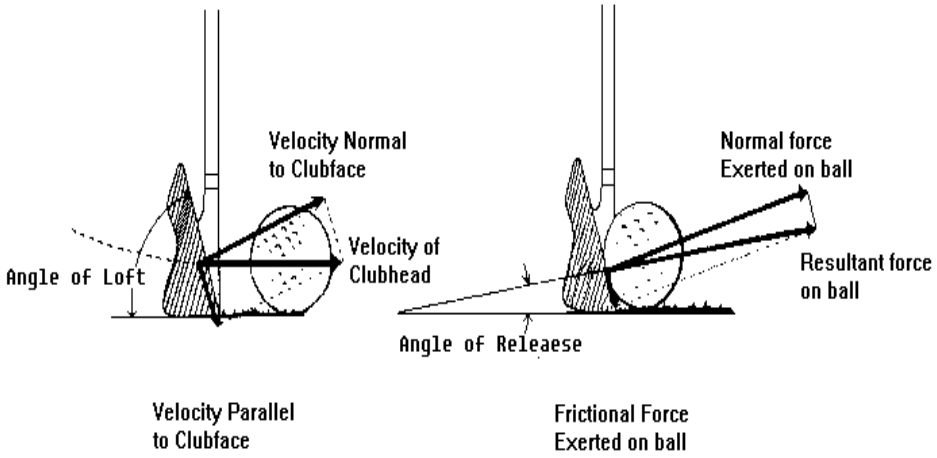

그림 5. 볼의 비행경로 및 임팩트의 각(Hay, 1985)

효율적인 골프스윙 기술에 관여하는 요인으로는 신체와 골프클럽으로 구성되는 각 분절의 운동역학적 상태에 관한 것과 골프채의 강도, 재질, 탄성도 등의 물리적 특성, 그리고 공기저항, 중력, 마찰력 등의 환경적인 특성으로 되어 있으며, 스윙동작에서 가장 결정적인 국면은 임팩트이며, 정확한 임팩트를 위해서는 여러 가지 부수적인 요인들이 따라야 한다.

첫째 정확성을 겸비한 최대의 힘을 발휘하여 스윙을 하는 전국면 동안 신체분절들의 원활한 협응에 의한 자세가 유지되어야 한다.

둘째 임팩트시 헤드의 최대 운동량을 전달하기 위해 적절한 타이밍과 임팩트시 볼의 중심에 대한 클럽헤드의 정확한 임팩트 및 볼의 투사와 관련된 비행각도가 고려되어야 한다(Plagenehoef, 1983).

임팩트는 스윙동작에서 가장 다이나믹한 동작이며, 정확한 임팩트를 수행하려면 첫째, 임팩트시 클럽헤드에 최고의 운동량을 전달하기 위한 신체분절의 원활한 협응이 이루어져야 하고,

둘째, 임팩트시 클럽헤드의 충격 중심과 볼의 중심이 일치되어야 하며 정확한 임팩트 위치와 운동 방향을 유지하는 것이 스윙동작의 중요한 운동 변인이다(Hay, 1985).

2) 임팩트의 역학

임팩트 되는 순간 중요한 요소로는 클럽 면의 방향, 클럽헤드의 위치, 클럽헤드의 속도이다. 이들 요소에 대한 이론적 모델을 제시한다면, 클럽 면은 이동 방향에 수직이 되어야 하고, 클럽헤드는 공의 중앙 뒷부분에 위치해야 하며, 클럽헤드의 속도는 가능한 최대속도를 내야 한다. 또한 그립의 형태에 대해서 Plagenhoef(1983)는 임팩트시 그립은 견고하게 힘을 주어야 한다고 하였지만 그립 때문에 스윙동작이 방해를 받아서는 안된다고 하였다.

임팩트시 클럽헤드의 운동에너지는 헤드의 질량에 헤드속도의 제곱을 곱한 값의 반이다($\frac{1}{2}mv^2$). 헤드의 질량이 일정하다면 골프스윙에 의한 클럽헤드 속도를 최대로 할 수 있는 기술이 매우 중요하다. 또한 샷을 할 때 좌·우측 손이 비행방향에 수직이 되게 하고, 신체 중심은 양발의 중앙선보다 약간 전방에 있어야 한다. 뿐만 아니라 임팩트시 헤드만 움직이는 것이 아니라 샤프트, 그립 및 인체도 움직이기 때문에 전체 에너지 중 헤드의 에너지를 높이는 것이 무엇보다도 중요하다.

Neal과 Wilson(1985)은 임팩트의 효율을 높이기 위한 기술로는 관절 각 부분에 시간차 운동을 일으켜 헤드 속도를 높이는 지연히팅(late hitting)이 중요하다고 하였다. 여기서 말하는 지연 히팅이란 다리, 허리, 몸통, 견관절, 그립, 헤드 순으로 각 부위가 순차적으로 움직이는 것을 의미한다. 다시 말해서 다리는 엉덩이를 엉덩이는 몸통을 몸통은 가슴과 견관절을 견관절은 팔을 팔은 손을, 손은 샤프트를 샤프트는 클럽헤드를 끌어 돌려야 한다. 그러면 임팩트까지 모든 근육에 긴장이 가해져 느슨한 스윙을 방지하게 된다. Budney(1979)는 스윙 시 그립에 전해지는 충격을 실험한 연구 결과에는 임팩트시 왼손의 엄지와 인지를 제외한 나머지 세 손가락에는 거의 힘이 가해지지 않는다고 하였다.

지면반력기(Force Plateform)를 이용하여 스윙시 신체중심 이동을 연구한 논문에서 Richards외 3인(1985)은 우수골퍼와 비우수골퍼를 비교한 결과, 우수골퍼들은 임팩트시 발뒤꿈치로 무게중심을 옮기는 경향이 있다고 하였으며 그 이유는 임팩트 되기 전 하체의 회전운동이 비우수선수에 비하여 많기 때문이라고 하였다.

골프스윙시 신체분절의 기여도 및 지면 반력에 관한 연구에서 유(1991)는 골프스윙시 신체분절이 클럽헤드 및 볼에 미치는 기전과 기여도를 알아보고, 각 국면의 지면반력 변화를 분석한 후 스윙의 바람직한 자세를 위한 기초자료를 제공하기 위하여 골프스윙동작을 톱스윙에서 임팩트까지를 분석하였다.

7. 지면반력

지면반력(ground reaction force : GRF)은 인체가 지면에 가해준 힘에 대한 반작용력이다. 중력에 의해 인체는 항상 지면과의 접촉을 유지하고 있기 때문에 지면과 끊임없이 상호작용한다. 인체는 지면반력을 이용하여 몸을 추진하거나 운동을 제어하기 때문에, 지면반력은 중력과 더불어 인체운동에 영향을 미치는 중요한 외력의 하나로서 지면반력 판(force plate)을 이용하여 측정하는데 이 판은 스트레인 게이지(strain gauge) 또는 피에조 일렉트릭 크리스탈(piezo electric crystal)등 힘을 측정할 수 있는 소자들을 이용하여 지면에 가해지는 힘을 측정할 수 있도록 되어있다.

골프스윙시 지면반력의 패턴에 대한 연구로서 Carlsoo(1967), Cooper et al(1973), William와 Cavanagh(1984), Richard et al(1985), Adrian(1989)등을 대표적으로 들 수 있으며, 골프와 관련된 선행연구는 주로 영상분석을 이용한 스윙의 일반적인 패턴 분석과 함께 지면반력기를 이용하여 스윙 각 국면에 따른 지면반력의 크기 및 변화양상, 압력중심과 무게중심의 이동양상 분석 등이 이루어졌다. 또한 인체의 능동적, 수동적 움직임으로 인하여 하지관절에서 발생하는 모멘트(moment)에 대한 연구는 하지관절의 운동역학적 특성을 결정하는데 중요한 요소로써 많은 생체역학자들(Cappozzo, 1984; Shea et al., 1997; Leardini et al., 1999)에 의해서 연구되어져 왔다. 특히 하지관절 중 엉덩이관절(ball and socket)은 내전과 외전, 신전과 굴곡, GT(greater trochanter)를 중심으로 회선의 움직임을 나타내며, 무릎과 발목관절은 신전과 굴곡, 내번과 외번 그리고 내전과 외전의 움직임을 나타낸다. 이와 같이 하지관절의 다양한 움직임으로 발생되는 관절모멘트에 대한 연구들은 관절에 작용하는 근육의 힘과 기전을 설명하는데 유용하게 사용되어 왔다.

Carlsoo(1967)는 스윙동작시에 지면반력 성분과 각 발에 대한 체중의 지지정도를 분석하기 위해 각 발의 지면반력 성분을 나타내는 두 개의 스트레인 게이지가 부착된 압력판을 이용하여 분석한 결과 전단력(shear force)의 경우 각 국면에 따라서 큰 차이를 보였고, 전후방(Fx)과 좌우방향(mediolateral, Fy)의 힘은 국면에 따라서 약간의 크기로 변화함을 보였다. Cooper et al.(1973)은 각각의 지면반력판을 이용해서 두 발에 작용하는 힘을 조사하고, 그 힘의 패턴이 드라이버 3번아이언, 7번아이언을 사용했을 경우 거의 비슷했지만 약간의 차이가 있었다고 하였다. 다운스윙부터 임팩트 직전까지 나타난 전체 수직력은 체중의 133%(9번 아이언)에서부터 150%(드라이버)까지 다양하게 나타난다고 하였다. 특히, 임팩트시 전체 최대 수직력의 75%정도가 앞발에 있었다고 하였다. 또한 임팩트시 골퍼의 신체중심은 양발 사이의 중심선 앞에 있으므로 체중의 대부분을 우측발 보다는 좌측발에 두어야 한다고 보고하였다. 이러한 결과와는 달리, Mann(1986)에 의하면 각 클럽에 따른 체중이동은 정확치 않으나 클럽종류에 상관없이 거의 같은 체중이동의 변화를 보였다. 다운스윙 동작시 드라이버의 경우 오른발에 50%, 왼발에 50% 정도의 체중이동이 된다고 하였다.

8. 체력적 요인

골프는 한 라운드에 약 4~5시간 소요되며 타구를 치는 시간은 약 45분 정도로써 걷는 거리는 약 10~12km로 운동강도는 약하나 운동지속시간이 길기 때문에 운동량은 많다. 골프경기는 예선전과 본선을 합해 연속적으로 4라운드를 하며 스윙동작과 걷기 동작을 지속적으로 해야 하기 때문에 기술요인 못지않게 체력요인이 중요시된다(우재홍 등, 2000). 이러한 골프경기의 경기력 향상과 관련된 체력적 요인 중 중요한 것은 근력과 근파워(순발력), 근지구력, 유연성이다. 이러한 체력적 요인들이 균형 있게 갖추어져야 경기력의 향상을 가져올 수 있는 것이다.

이는 좋은 골프스윙 동작을 갖추었다. 하여도 충분한 체력적 요인이 뒷받침되지

않으면 골프의 세가지 필수적 필요조건인 파워, 정확성, 향상성을 고루 겸비 할 수 없게 된다(황인승, 1989).

Bompa(1983)는 모든 스포츠에서 성과를 얻으려면 다면적인 신체 발달이 이루어져야 한다고 하였고, Ozolin(1971)도 다면적인 신체발달이란 인간의 모든 기관과 생체계통 그리고 생리적, 심리적 과정의 상호의존적 발달을 의미하며, 운동이란 이런 것들의 조화 있는 작용이므로 훌륭한 운동 수행을 위해서 전문 트레이닝 이전에 다면적 신체 발달이 육성된다고 하였다.

그 외에도 트레이닝에 전면적 체력 향상이 필요하다는데 여러 학자들이 동의하고 있다(Jesse, 1981;Powell, 1983). 체력향상에 대표적인 방법으로 사용되고 있는 웨이트 트레이닝이 근 기능의(근력, 근지구력, 근파워) 개선에 지대한 공헌을 한다는 것과 경기력은 강인한 체력과 고도의 기술에 의해 결정된다는 것은 일반화된 이론이다. 따라서 이러한 사실이 가설이 아니라면 골퍼에게 있어서 웨이트 트레이닝이 배제되고 있는 것에 대한 문제를 제기 할 수 있다고 보여 진다(최은택, 1996).

골프에서 요구되는 근력과 근지구력의 중요성은 안정된 자세와 먼 거리를 걸어야 하는 점, 역동적인 스윙시 스피드가 요구되기 때문이다(박우영, 1985).

또한 골프경기에서 심폐기능과 근지구력은 관련성을 가지고 있으며 정확하고 효율적인 기술 발휘를 위한 유연성, 협응성 등의 체력요인들이 중요한 영향을 미친다고 할 수 있다(최웅재 2003).

무엇보다 골프에서 가장 필요한 체력요인은 근력과 유연성이다. 멀리 그리고 정확히 볼을 치기 위해서는 신경계에 의해 근력의 발휘가 조정되어야만 한다. 신경계의 조정에서는 근력의 크기(강도)조절, 근수축의 조절, 신체의 어느 근육을 사용할 것인가 하는 공간적 조절이 있다. 이러한 조절이 복합적으로 사용될 때 운동성과는 좋아진다(안완식, 2001).

골프스윙과 관련된 근력운동은 오래 전부터 많은 학자들에 의하여 연구가 이루어지고 있다. Delorme와 Watkins(1948)는 10회를 반복해서 들 수 있는 최대 중량을 의미하는 10RM에 3세트로 등장성 운동을 실시하는 것이 근력향상에 효과적이라고 보고 한 것을 시작으로 근력 및 근지구력에 발달에 가장 적합한 세트와 반복

수에 관한 연구가 이루어졌다. Hettinger 와 Muller(1953)는 근력 트레이닝 강도의 역치는 근력의 40～50% 이상에서 나타나며 20～30%에서는 근지구력만 증가한다고 보고하였다.

또한 Hammel(1948)등은 손과 팔의 근육에 의해 클럽의 가속도가 증가한다고 하였다. 이러한 연구결과는 유명한 골퍼들이 미국 투어에서는 비거리에 밀려 실력 발휘를 못하는 경우 선수들은 이러한 핸디캡을 웨이트트레이닝을 통해 비거리를 향상시켰다고 보고한 Reynold(1980)의 연구결과를 통해 나타났다. 서재명(1992)은 주 3회 8주간의 웨이트 트레이닝을 실시한 결과 트레이닝 집단에서만 근파워의 향상으로 비거리와 정확도에서 향상을 나타낸 것으로 나타났으며, 최은택(1996)의 골프 비거리 향상을 위한 웨이트 트레이닝의 적정부하 설정에 관한 연구에 따르면 최대근력의 40%, 50%, 60%의 운동강도로 주 3회 1일 3세트 12주 동안 웨이트 트레이닝을 실시한 결과, 세 집단 모두에서 클럽헤드 스피드와 볼의 비거리에 유의한 차이를 나타내며 증가하였으나 클럽헤드 속도와 비거리는 50%와 60% 집단에서 현저한 차를 나타내며 증가하였고 비거리 향상을 위한 트레이닝 부하는 50% 부하 수준의 근파워 트레이닝이 바람직하다고 하였다(최웅재, 2003).

근수축은 클럽헤드의 속도를 발생시키는데 중요하며 근수축의 속도가 빠르면 빠를수록 클럽헤드의 속도는 증가된다(Broer, 1973). 골프스윙의 진행과정에서 몸의 하반신은 힘을 발생시키는 발전기의 역할을 하고 상반신은 하반신에서 발생된 힘을 연계 받아 더욱 가속시키는 추진기의 역할을 한다(David, 1993). 골프스윙에서 다운스윙의 초기에는 비교적 속도가 느리기 때문에 다리와 엉덩이의 대근육이 사용되고, 그 다음에는 허리근육, 견관절과 팔 근육, 타격순간에는 손의 소근육이 가장 빠른 속도와 적은 부하로 작동하여 파워를 극대화시킨다고 하였다. 최대의 파워를 내기 위해서는 이들의 적절한 조화가 필요하다(Hanavan, 1964)

즉 하지에서 발생된 힘은 체간, 상지, 클럽으로 전달되면서 힘의 성분이 속도로 전환되고, 이러한 상체의 속도와 회전력에 대하여 하지에는 안전성과 중심축의 이탈을 방지해 주는 제어의 기능이 요구되고 있다. 이러한 힘과 속도의 관계에서 두 요소들을 강화시킬 수 있는 방법은 근파워를 증진시키는 것이다.

이러한 결과로서 골프 선수들의 드라이버 비거리 향상을 위해 근파워 웨이트 트레이닝을 실시하고 있다.

Smith(1981)는 유연성 증대방법에 관한 연구로서 스포츠 운동전에 실시하는 유연성 운동이 본격적인 운동수행에 크게 영향이 나타난다고 주장하였고 그 연구로서 10~30초 근육을 신전 시키거나 또 굴곡 시킴으로서 근의 길이를 넓히고 폄으로써 에너지 대사를 크게 촉진시켜 생체 역학적인 능력발현이 나타난다고 하였다.

또한 Anderson(1980)은 스트레칭 운동은 유연성을 배양시키는데 크게 효과가 있음을 밝히고 근의 장력과 더 많은 신체지원 형성을 크게 하고 매우 자연스러운 동작을 용이하게 하기 위한 조정력 향상과 관절의 가동범위를 증대시킬 것이라고 하였다. 뿐만 아니라 스트레칭은 경기중 근육의 상해예방에 크게 도움이 된다고 하였다. 또한 골프경기는 대퇴를 기반으로 하고, 허리를 축으로 하는 중심부위의 근육군을 이용하는 운동경기이다. 그러므로 절대근력보다는 상・하체의 근력 균형과 유연성 그리고 근지구력이 경기력 향상에 매우 중요한 영향을 미치는 경기이다(윤성원외 5인, 1998). 또한 골프는 대부분 걷기 형태의 유산소 운동으로써 심혈관계에 무리가 적고 지방에너지 소모 및 의존도가 높으며, 인간의 가장 기본적인 동작인 걷기 운동과 팔, 다리 및 큰 근육을 이용한 전신운동이다.

또한 심리적 통제 능력과 강한 집중력이 요구되는 운동이기도 하다. 타종목과 비교하면 뛰어난 체력이나 체격 측면이 요구되는 종목은 아니나, 실제 경기를 수행하면서 다양한 체력 즉 강한 하체근력을 바탕으로 한 안정된 자세유지능력과 부드러우면서 파워 있는 스윙을 하기 위한 강한 근력과 각 관절의 유연성이 필요하고, 매 타구마다 신중성이 기하여지기 때문에 강인한 집중력 또한 요구된다.

따라서 뛰어난 골퍼가 되려면, 강한 하체, 상체의 근력과 동작의 스케일과 정확성에 도움을 주고 에너지 절약과 스포츠 수명에 영향을 미치는 신체 각 부위의 유연성을 높이는 훈련을 해야 하며 이러한 체력양성을 통해 항상 창의적인 개발정신을 병행하면서 스코어에 도전해야 한다(안완식. 2001).

Ⅲ. 연구방법

본 연구에서는 아마추어 골퍼의 드라이버 스윙동작을 3차원적으로 분석하여 볼의 정확성과 동시에 비거리 향상을 위해 스윙 전 국면에서 중요한 운동학적인 변인과 운동역학적 변인을 비교하여 제시하고자 하였다. 본 연구에서 수행한 연구 방법으로서 연구대상자 선정, 실험설계, 실험장비, 실험장면, 실험방법, 분석 국면 및 모형, 자료 분석 방법은 다음과 같다.

1. 연구대상자

본 연구의 연구 대상자는 아마추어 남자 골퍼 3명을 대상으로 하였다. 연구 대상자의 특성은 <표 1>과 같다.

표 1. 연구대상자 특성

연구대상자	연령(세)	신장(cm)	체중(kg)	운동경력(월)
S1	20	178.7	65.9	4
S2	19	167.8	62.8	5
S3	17	178	73.6	7
M	18.67	174.83	67.43	5.33
SD	1.53	6.10	5.56	1.53

2. 실험설계

본 연구 실험 설계는 <그림 6>과 같다.

그림 6. 실험 설계도

3. 실험 및 분서장비

본 연구에서 사용된 장비는 <표 2>와 같이 크게 영상 분석 도구와 자료분석도구, 기초체력 측정도구로 구분하였으며 그 주요장비의 특성 및 용도는 다음과 같다.

표 2. 실험 및 분석장비

실 험 기 기	모델명 및 유형	제 조 회 사
디지털 캠코더 4대 (Digital Camcorder)	60fr/s Model : VX-2000	Sony(일본)
통제점틀 (Control object)	1m × 2m × 2m	V-Teck(한국)
분석용 프로그램 (Soft ware)	kwon 3D ver(3.16) kwon GRF ver(2.0)	Visol(한국)
LED (Light Emited Diod)	Silk - 8555	V-Teck(한국)
지면반력기 2대 (Force flatform)	Model No : OR6-7-4000	AMTI(미국)
체력 측정 시스템(Helmas)	Helmas	KSSM(한국)

1) 영상 분석 도구

본 연구에서 이용된 기자재는 DLT (Direct Linear Transformation)방법을 이용하기 위한 3차원 영상분석용 촬영기자재이다. 실험장비의 특성 및 용도는 다음과 같다.

(1) 디지털 캠코더*(Digital Camcorder VX-2000)*

본 연구에서는 3차원 영상 분석을 위하여 줌렌즈(Angenieux-zoom)가 장착된 Sony사의 카메라 4대를 사용하였으며, 이 디지털 캠코더의 특징은 고해상도로 촬영할 수 있으며 촬영속도는 초당 60프레임으로만 사용할 수 있다. 본 연구에서는 이 카메라의 최대 촬영속도인 초당 60프레임의 속도로 촬영하였으며 노출시간은 1/2000초로 조절하였다.

(2) 디지털 테이프(Digital Tape)

6mm디지털 테이프로 녹화를 하였으며 분량은 60분용을 사용하였다.

(3) 통제점 틀 (Control Object)

3차원 영상분석법에 필요한 통제점 틀은 통제점군(control points)의 공간좌표 설정을 위하여 32개의 통제점을 가지고 있는 정육면체형으로 실물공간(object space) 내에서 최대한 선형성을 살릴 수 있게 설계되어 있다.

(4) 지면반력 시스템(Ground Reaction Force Platform system)

측정 대상이 압력판을 밟거나 누르면 압력판에 내장된 Load Cell이 전후, 좌우, 수직방향의 힘과 모멘트의 크기를 감지하여 Analog신호를 Signal Conditioner에 보내면 Signal Conditioner가 적당한 크기로 증폭한 다음 A/D Converter로 수치화하여 컴퓨터에 넘겨준다. 컴퓨터는 압력 중심의 위치등 필요한 각종 데이터를 처리, 저장, 출력 시킨다.

2) 자료 분석 도구

(1) 디지타이징 시스템(Digitizing System)

촬영된 테이프의 영상분석을 위해 Kwon(2004)이 개발한 프로그램(Kwon 3d ver 3.16)을 이용하여 분석하였다.

3) 기초체력 측정 도구

(1) 기초체력 측정

피험자들의 기초체력을 측정하기 위해 기초체력 측정 시스템(Helmas)를 사용하여, 근력, 근지구력, 순발력, 민첩성, 심폐지구력, 유연성 등을 측정하였다.

4. 실험절차

촬영도구의 배치는 연구 대상자의 골프스윙동작을 완전히 포함하는 범위 내에 통제점틀을 세우고 4대의 디지털 카메라는 좌표 기준으로 부터 각각 8m, 떨어진 곳에 렌즈 중심의 높이가 1m가 되도록 삼각대 위에 수평상태로 설치한 후 통제점 틀이 카메라 필드 안에 들어오도록 줌렌즈를 맞추고 촬영을 하였다. 또한 이때의 카메라의 촬영속도를 60fram/s로 하고, 노출 시간(exposure time)을 1/2000로 결정하였다. 4대의 디지털 카메라를 작동시켜 통제점틀을 3분~4분 동안 촬영한 후 통제점 틀을 제거하였으며 피험자의 복장은 간이 실험복(타이즈)을 착용하고, 인체 관절에 반사마커로 표식을 하였다. 스윙동작은 피험자들이 충분히 워밍업을 한 후 한 사람씩 지면반력판 위에 올라가서 체중을 측정하고, 2대의 지면반력판에 각각 한발씩 올라간 상태에서 스탠스를 자기 자신에 맞게 한 다음 준비자세를 취하였다. 실험자의 신호에 의해서 지면반력판 측정이 개시되고 피험자는 스윙을 시작하였다. 피험자 한 사람이 성공 3회 드라이버 스윙을 하였고, 지면반력의 데이터 샘플링 속도(Data Sampling Rate)는 120Hz로 설정하였다. 분석과정에서 카메라 시간 간격을 재조정하여 동작분석 자료와 지면반력 자료간의 시간간격을 동일하게 구성하였다. 본 연구의 촬영도구의 배치는 <그림 7> 와 같다.

그림 7. 촬영 도구의 배치

5. 트레이닝 프로그램

1) 체력훈련 프로그램

표 3. 훈련프로그램과 주요근육 명칭

신체부위 / 단계	상체	몸통	하체/다리	훈련 내용	
어드레스 (Address)	· 주관절 회전근 · 전완부 · 상완삼두근	· 척추기립근 · 복직근	· 대퇴이두근 · 반막양근 · 반건양근 · 둔부	· 킥백 · 크런치 · 백 익스텐션 · 레그 컬 · 스퀴트	· 클럽을 이용한 회외 운동 · 모래위 달리기 · 버피 테스트
톱스윙 (Backswing)	· 상완이두근 · 대흉근 · 척측수근신근 · 소원근 · 극상근 · 극하근	· 외복사근 · 내복사근 · 복직근 · 척추기립근	· 대퇴이두근 · 반막양근 · 반건양근 · 단내전근 · 장내전근 · 대내전근 · 대둔근	· 암컬 · 팔굽혀펴기 · 위스트 컬 · 프로트 라이즈 · 레터럴 라이즈 · 트위스트 크런치 · 크런치 · 백 익스텐션 · 레그 컬 · 스퀴트	· 클럽을 이용한 회외 운동 · 야구 배트를 이용한 백스윙운동 · 밴드를 이용한 대각선운동 · 밴드를 이용한 백스윙 운동 · 모래위 달리기 · 버피 테스트
다운스윙 (Downswing)	· 대흉근, · 후삼각근 · 상완삼두근 · 소원근, 극하근 · 견갑하근 · 장요수측근신근 · 광배근 · 단요측수근신근	· 외복사근 , · 내복사근 · 척추기립근	· 대퇴이두근, · 반막양근 , · 반건양근 · 중둔근 , · 소둔근	· 팔굽혀펴기 · 프론트 라이즈 · 트위스트 크런치 · 백 익스텐션 · 레그 컬	· Sand wedge을 이용한 모래파기 · 야구 배트를 이용한 다운스윙 운동 · 밴드를 이용한 임팩트 저항운동 · 밴드를 이용한 대각선 운동 · 한손으로 스윙하기 · 한발로 스윙하기
임팩트 (Impact)	· 대흉근, · 상완삼두근 · 소원근, 극하근 · 장요수측근신근 · 단요측수근굴근 · 척측수근신근	· 외복사근 · 내복사근 · 복직근 · 척추기립근 · 요방형근	· 중둔근 · 소둔근 · 단내전근 , · 장내전근 · 대내전근 · 대퇴이두근 · 반막양근 · 반건양근	· 윗몸일으키기 · 킥백 · 레터럴 라이즈 · 위스트 컬 · 트위스트 크런치 · 백 익스텐션 · 레그 컬	· 밴드를 이용한 임팩트 저항운동 · 야구 배트를 이용한 임팩트운동 · 밴드를 이용한 대각선 운동 · Sand wedge을 이용한 모래파기 · 잔디깍기 · 다운스윙 킥 스톱 운동 · 한발로 스윙하기
팔로스로우 (Follw through)	· 소원근 · 견갑하근 · 극하근 · 요측수근신근 · 척측수근굴근 · 척측수근신근 · 단요측수근굴근	· 외복사근 · 내복사근 · 복직근 · 척추기립근	· 대퇴이두근 · 반막양근 , · 반건양근 · 소둔근 · 비복근/가자미근 · 전경골근	· 레터럴 라이즈 · 위스트 컬 · 트위스트 크런치 · 백 익스텐션 · 레그 컬 · 칼프 라이즈	· Sand wedge을 이용한 모래파기 · 한발로 스윙하기 · 모래위 달리기 · 버피 테스트

Physical Golf(2005).

표 4. 1단계 체력강화 프로그램

PHYSICAL FITNESS TRAINING PROGRAM 1단계 근력강화(1주~8주)

* 처음 운동 수준을 8주간 주의 깊게 관찰한다.
* 계획된 횟수를 할 수 있을 경우 2주마다 강도를 점증적으로 증가시킨다(ACSM).
* 계획된 강도를 수행하지 못하였을 경우 부하를 전단계로 되돌아간다.
* 근력향상을 위해서는 운동강도가 최대근력의 80~85가% 되어야 하며, 이는 대부분의 사람이 6~8회를 반복 할 수 있는 강도이다(ACSM).
* 청소년층 최대근력의 70% 이하≥8~12회 반복횟수 1~2세트 빈도 주 2회 (ACSM.1995 부하훈련 지침서)
* 세트간 회복시간은 90~120초로 설정한다(ACSM).
* 근력강화운동을 주 3회 실시하여 피로회복을 위한 시간적 여유를 갖는다(ACSM).

(1) 워밍업 (5~10분) : 런닝 (5~10분)
(2) 관절운동 및 스트레칭 (20분) : 발목-무릎-허리-견관절-팔-손목-목 순으로 관절 풀어주기
(3) 본 운동

월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일
유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	휴식

해당요일 : 월 수 금

순서	근육 부위	종 목	기간	반복 횟수	세트	부하	비 고
1	유산소	Running	1주~2주	25분		최대심박수 60%	*5분마다 자가 맥박 측정
			3주~4주	25분		〃	〃
			5주~6주	30분		〃	〃
			7주~8주	30분		〃	〃
2	유산소	Skipping	1주~2주	500~700회	1		
			3주~4주	500~700회	1		
			5주~6주	700~1000회	1		
			7주~8주	700~1000회	1		
3	유산소	Interval training	1주~2주	7~10회		40m	
			3주~4주	7~10회		45m	

해당요일 : 화 목 토

순서	근육 부위	종 목	기 간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	Quadriceps Gluteus maximus	Half squat	1주~2주	7~10	2	체중	* 전체 체중
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
2	Hamstring	Leg curl	1주~2주	7~10	2	3kg	* Weight band
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
3	Gastrocnemius Soleus	calf raise	1주~2주	7~10	2	체중	* 전체 체중
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
4	Erector spinae	Back extension	1주~2주	7~10	2	체중	* 체중의 71%
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
5	Rectus abdominis	Crunch	1주~2주	7~10	2	체중	* 체중의 71%
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
6	Obliquus externus abdominis	Twist crunch	1주~2주	7~10	2	체중	* 체중의 71%
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃
7	Pectoralis major Deltoid	Push up	1주~2주	7~10	2	체중	
			3주~4주	10~12	2	〃	
			5주~6주	7~10	3	〃	
			7주~8주	10~12	3	〃	
8	Deltoid	Lateral raise	1주~2주	7~10	2	1~2kg	
			3주~4주	10~12	2	〃	
			5주~6주	7~10	3	〃	
			7주~8주	10~12	3	〃	
9	Biceps	Arm curl	1주~2주	7~10	2	1~2kg	
			3주~4주	10~12	2	〃	
			5주~6주	7~10	3	〃	
			7주~8주	10~12	3	〃	
10	Triceps	kick back	1주~2주	7~10	2	1~2kg	
			3주~4주	10~12	2	〃	
			5주~6주	7~10	3	〃	
			7주~8주	10~12	3	〃	
11	Brachioradialis	클럽을 이용한 supination 운동	1주~2주	7~10	2	0.47kg	* 9번 아이언
			3주~4주	10~12	2	〃	

(4) 관절운동 및 스트레칭 (5분) -- 전신근육을 풀어준다.
(5) 정리운동 (5~10분) -- 가볍게 걷는다.

표 5. 2단계 체력강화 프로그램

PHYSICAL FITNESS TRAINING PROGRAM 1단계 근력강화(1주~8주)

월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일
유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	휴식

(1) 워밍업 (5~10분) : 런닝 (5~10분)

(2) 관절운동 및 스트레칭 (20분) : 발목-무릎-허리-견관절-팔-손목-목 순으로 관절 풀어주기

(3) 본 운동

해당요일 : 월 수 금

순서	0근육부위	종 목	기간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	유산소	Running on the sand	1주~2주	15분		최대 심박수 80%	*5분마다 자가 맥박 측정
			3주~4주	15분		〃	〃
			5주~6주	20분		〃	〃
			7주~8주	20분		〃	〃
2	유산소	Interval training on the sand	1주~2주	7~10회		30m	
			3주~4주	7~10회		35m	
			5주~6주	7~10회		40m	
			7주~8주	7~10회		45m	

해당요일 : 화 목 토

순서	근육 부위	종 목	기 간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	Quadriceps Gluteus maximus	Half squat	1주~2주	12~15	2	체중	* 전체 체중
			3주~4주	15~18	2	〃	〃
			5주~6주	12~15	3	〃	〃
			7주~8주	15~18	3	〃	〃
2	Erector spinae	Back extension	1주~2주	12~15	2	체중	* 체중의 71%
			3주~4주	15~18	2	〃	〃
			5주~6주	12~15	3	〃	〃
			7주~8주	15~18	3	〃	〃

3	Rectus abdominis	Crunch	1주～2주	12～15	2	체중	* 체중의 71%
			3주～4주	15～18	2	〃	〃
			5주～6주	12～15	3	〃	〃
			7주～8주	15～18	3	〃	〃
4	Obliquus externus abdominis	Twist crunch	1주～2주	12～15	2	체중	* 체중의 71%
			3주～4주	15～18	2	〃	〃
			5주～6주	12～15	3	〃	〃
			7주～8주	15～18	3	〃	〃
5	Pectoralis major Deltoid	Push up	1주～2주	12～15	2	체중	
			3주～4주	15～18	2	〃	
			5주～6주	12～15	3	〃	
			7주～8주	15～18	3	〃	
6	Biceps	Arm curl	1주～2주	12～15	2	1～2kg	
			3주～4주	15～18	2	〃	
			5주～6주	12～15	3	〃	
			7주～8주	15～18	3	〃	
7	Triceps	kick back	1주～2주	12～15	2	1～2kg	
			3주～4주	15～18	2	〃	
			5주～6주	12～15	3	〃	
			7주～8주	15～18	3	〃	
8	Brachioradialis	클럽을 이용한 supination 운동	1주～2주	12～15	2	0.47kg	* 9번 아이언
			3주～4주	12～15	3	〃	〃
			5주～6주	-	-	-	-
			7주～8주	-	-	-	-
9	전체근력	Sand wedge을 이용한 모래파기	1주～2주	10m	5	10cm	
			3주～4주	10m	7	10cm	
			5주～6주	10m	9	10cm	
			7주～8주	10m	11	10cm	

(4) 관절운동 및 스트레칭 (5분)--전신근육을 풀어준다.

(5) 정리운동 (5～10분)--가볍게 걷는다.

표 6. 3단계 체력강화 프로그램

PHYSICAL FITNESS TRAINING PROGRAM 1단계 근력강화(1주~8주)

월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일
유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	유산소	근력운동, 유산소	휴식

(1) 워밍업 (5~10분) : 런닝 (5~10분)

(2) 관절운동 및 스트레칭 (20분) : 발목-무릎-허리-견관절-팔-손목-목 순으로 관절 풀어주기

(3) 본 운동

해당요일 : 월 수 금

순서	근육 부위	종 목	기간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	유산소	Running	1주~2주	30분		최대 심박수 70%	*5분마다 자가 맥박 측정
			3주~4주	30분		〃	〃
			5주~6주	35분		〃	〃
			7주~8주	35분		〃	〃
2	유산소	Skipping	1주~2주	500~700회	2		*세트간 3분 휴식
			3주~4주	500~700회	2		〃
			5주~6주	700~1000회	2		*세트간 5분 휴식
			7주~8주	700~1000회	2		〃
3	유산소	Interval training	1주~2주	10~13회		50m	
			3주~4주	10~13회		55m	
			5주~6주	10~13회		60m	
			7주~8주	10~13회		60m	
4	유산소	Buffy test	1주~2주	7~10회	2		
			3주~4주	10~12회	2		
			5주~6주	7~10회	3		
			7주~8주	10~12회	3		

해당요일 : 화 목 토

순서	근육 부위	종 목	기 간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	Quadriceps Gluteus maximus	3/4 squat	1주~2주	7~10	2	체중	* 전체 체중
			3주~4주	10~12	2	〃	〃
			5주~6주	7~10	3	〃	〃
			7주~8주	10~12	3	〃	〃

2	Hamstring	Leg curl	1주～2주	7～10	2	5kg	* Weight band
			3주～4주	10～12	2	〃	〃
			5주～6주	7～10	3	〃	〃
			7주～8주	10～12	3	〃	〃
3	Gastrocnemius Soleus	calf raise	1주～2주	7～10	2	체중	*10kg골프백이용
			3주～4주	10～12	2	〃	〃
			5주～6주	7～10	3	〃	〃
			7주～8주	10～12	3	〃	〃
4	Erector spinae	Back extension	1주～2주	7～10	2	체중	*5kg weight band 이용
			3주～4주	10～12	2	〃	〃
			5주～6주	7～10	3	〃	〃
			7주～8주	10～12	3	〃	〃
5	Rectus abdominis	Crunch	1주～2주	7～10	2	체중	*5kg weight band 이용
			3주～4주	10～12	2	〃	〃
			5주～6주	7～10	3	〃	〃
			7주～8주	10～12	3	〃	〃
6	Obliquus externus abdominis	Twist crunch	1주～2주	7～10	2	체중	*5kg weight band 이용
			3주～4주	10～12	2	〃	〃
			5주～6주	7～10	3	〃	〃
			7주～8주	10～12	3	〃	〃
7	Pectoralis major Deltoid	Push up	1주～2주	15～18	2	체중	
			3주～4주	18～20	2	〃	
			5주～6주	15～18	3	〃	
			7주～8주	18～20	3	〃	
8	Deltoid	Lateral raise	1주～2주	7～10	2	3～5kg	
			3주～4주	10～12	2	〃	
			5주～6주	7～10	3	〃	
			7주～8주	10～12	3	〃	
9	Biceps	Arm curl	1주～2주	7～10	2	3～5kg	
			3주～4주	10～12	2	〃	
			5주～6주	7～10	3	〃	
			7주～8주	10～12	3	〃	
10	Triceps	kick back	1주～2주	7～10	2	3～5kg	
			3주～4주	10～12	2	〃	
			5주～6주	7～10	3	〃	
			7주～8주	10～12	3	〃	
11	Brachioradialis	클럽을 이용한 supination 운동	1주～2주	18～20	2	0.47kg	* 9번 아이언
			3주～4주	20～23	2	〃	〃
			5주～6주	18～20	3	〃	〃
			7주～8주	20～23	3	〃	〃

(4) 관절운동 및 스트레칭 (5분) -- 전신근육을 풀어준다.

(5) 정리운동 (5～10분) -- 가볍게 걷는다.

표 7. 4단계 체력강화 프로그램

PHYSICAL FITNESS TRAINING PROGRAM 1단계근력강화(1주～8주)

(1) 워밍업 (5～10분) : 런닝 (5～10분)

(2) 관절운동 및 스트레칭 (20분) : 발목-무릎-허리-견관절-팔-손목-목 순으로 관절 풀어주기

(3) 본 운동

해당요일 : 월 수 금

순서	근육 부위	종 목	기간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	유산소	Running on the sand	1주～2주	25분		최대심박수 80%	*5분마다 자가 맥박 측정
			3주～4주	25분		〃	〃
			5주～6주	30분		〃	〃
			7주～8주	30분		〃	〃
2	유산소	Interval training on the sand	1주～2주	10～12회		40m	
			3주～4주	10～12회		45m	
			5주～6주	10～12회		50m	
			7주～8주	10～12회		55m	

해당요일 : 화 목 토

순서	근육 부위	종 목	기 간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	Quadriceps Gluteus maximus	3/4 squat	1주～2주	12～15	2	체중	* 전체 체중
			3주～4주	15～18	2	〃	〃
			5주～6주	12～15	3	〃	〃
			7주～8주	15～18	3	〃	〃
2	Erector spinae	Back extension	1주～2주	12～15	2	체중	* 5kg weight band 이용
			3주～4주	15～18	2	〃	〃
			5주～6주	12～15	3	〃	〃
			7주～8주	15～18	3	〃	〃

3	Rectus abdominis	Crunch	1주～2주	12～15	2	체중	* 5kg weight band 이용
			3주～4주	15～18	2	〃	〃
			5주～6주	12～15	3	〃	〃
			7주～8주	15～18	3	〃	〃
4	Obliquus externus abdominis	Twist crunch	1주～2주	12～15	2	체중	* 5kg weight band 이용
			3주～4주	12～15	3	〃	〃
			5주～6주	-	-	-	-
			7주～8주	-	-	-	-
5	Pectoralis major Deltoid	Push up	1주～2주	20～23	2	체중	
			3주～4주	23～25	2	〃	
			5주～6주	20～23	3	〃	
			7주～8주	23～25	3	〃	
6	Biceps	Arm curl	1주～2주	12～15	2	3～5kg	
			3주～4주	15～18	2	〃	
			5주～6주	12～15	3	〃	
			7주～8주	15～18	3	〃	
7	Triceps	kick back	1주～2주	12～15	2	3～5kg	
			3주～4주	15～18	2	〃	
			5주～6주	12～15	3	〃	
			7주～8주	15～18	3	〃	
8	전체근력	Sand wedge을 이용한 모래파기	1주～2주	10m	14	10cm	
			3주～4주	10m	16	10cm	
			5주～6주	10m	18	10cm	
			7주～8주	10m	20	10cm	

(4) 관절운동 및 스트레칭 (5분) -- 전신근육을 풀어준다.

(5) 정리운동 (5～10분) -- 가볍게 걷는다.

표 8. 5단계 체력강화 프로그램

PHYSICAL FITNESS TRAINING PROGRAM 1단계근력강화(1주~8주)

월요일	화요일	수요일	목요일	금요일	토요일	일요일
유산소	근육운동, 유산소	유산소	근육운동, 유산소	유산소	근육운동, 유산소	휴식

(1) 워밍업 (5~10분) : 런닝 (5~10분)
(2) 관절운동 및 스트레칭 (20분) : 발목-무릎-허리-견관절-팔-손목-목 순으로 관절 풀어주기
(3) 본 운동

해당요일 : 월 수 금

순서	근육 부위	종 목	기간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	유산소	Running	1주~2주	20분		최대심박수 90%	*5분마다 자가 맥박 측정
			3주~4주	25분		〃	〃
			5주~6주	30분		〃	〃
			7주~8주	30분		〃	〃
2	유산소	Interval training	1주~2주	12~15회		40m	*20m 조깅
			3주~4주	12~15회		45m	*30m 조깅
			5주~6주	12~15회		50m	*30m 조깅
			7주~8주	12~15회		50m	*40m 조깅
3	유산소	Buffy test	1주~2주	10~12회	2		*점핑추가
			3주~4주	13~15회	2		〃
			5주~6주	10~12회	3		〃
			7주~8주	13~15회	3		〃

해당요일 : 화 목 토

순서	근육 부위	종 목	기 간	반복횟수	세트	부하	비 고
1	Quadriceps Gluteus maximus	Full squat	1주～2주	7～10	1	체중	* 전체 체중
			3주～4주	10～12	1	〃	〃
			5주～6주	7～10	2	〃	〃
			7주～8주	10～12	2	〃	〃
2	Lumbar Shoulder Joint	Ball Seated PNF pattern	1주～2주	10～12	2	thera band	*근력에 따라 band 차등적용
			3주～4주	13～15	2	〃	〃
			5주～6주	10～12	3	〃	〃
			7주～8주	13～15	3	〃	〃
3	Shoulder Joint	Shoulder strengthening at impact position	1주～2주	10～12	2	thera band	*근력에 따라 band 차등적용
			3주～4주	13～15	2	〃	*반대도 시행
			5주～6주	10～12	3	〃	〃
			7주～8주	13～15	3	〃	〃
4	Shoulder Joint	Back-side shoulder internal rotation strengthening at impact	1주～2주	10～12	2	thera band	*근력에 따라 band 차등적용
			3주～4주	13～15	2	〃	*반대도 시행
			5주～6주	10～12	3	〃	〃
			7주～8주	13～15	3	〃	〃
5	Forearm, Wrist Hand	Resisted golf swing	1주～2주	10～12	2	thera band	*근력에 따라 band 차등적용
			3주～4주	13～15	2	〃	*반대도 시행
			5주～6주	10～12	3	〃	〃
			7주～8주	13～15	3	〃	〃
6	Forearm, Wrist Hand	Resisted golf swing to impact	1주～2주	10～12	2	thera band	*근력에 따라 band 차등적용
			3주～4주	13～15	2	〃	*반대도 시행
			5주～6주	10～12	3	〃	〃
			7주～8주	13～15	3	〃	〃

(4) 관절운동 및 스트레칭 (5분) -- 전신근육을 풀어준다.

(5) 정리운동 (5～10분) -- 가볍게 걷는다.

* 탄력저항의 원리와 치료적 적용 . 대한미디어 (2004) 골프를 위한 특수 트레이닝

2) 기술훈련프로그램

표 9. 기술훈련 프로그램

훈련내 용 및 적용기간 / 기술	훈련내용	훈련적용기간 (60일, 1일 12시간 기준)
왼쪽 사이드 훈련	· 'claw' 훈련 · 임팩트시 오른손 떼기 · '오른발/왼발 끝' 훈련 · 왼팔만으로 치기 · 무거운 클럽을 외손만으로 스윙 · 치고 멈추는 훈련 · 볼을 치고 팔로우 스루에서 팔을 굽힘 · 왼손 혹은 양손으로 타이어 타격	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
회전훈련	· 'Pre-Set' 회전훈련 · 무릎 꿇고 치기 · 'One Leg'훈련 · 'Chin Up' 훈련 · 'Post 훈련 · 'Slot-Turning' 훈련 · 'Earl Puckett's 5 Count'	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
템포훈련	· 적은 샤프트 강도의 클럽 타격 · 눈을 감고 볼을 타격 · 탑에서 멈춘 후 볼을 타격. · 발을 모으고 볼을 타격 · '풀 스윙/ 반속도'는 템포	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
균형 유지 훈련	· 발을 모으고 스윙 한다 · 다리를 교차하고 볼을 타격 · 왼쪽 혹은 오른쪽의 한 다리로 몸을 지탱하고 볼을 타격 · 양쪽 뒤꿈치를 둘 다 들고 스윙 한다 · 볼을 치고 피니시 상태를 5초간 유지한다.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
스윙 궤도훈련	· '왼발/오른발 끝' 훈련 · '오른발/왼발 끝' 훈련 · 인사이드 궤도 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분

'Motion & Arm Freedom' 훈련	· 발 모으기 · 'Machine Gun' 훈련 · '오른발/왼발 끝' 훈련 · 야구 훈련 · 피니시 동작을 5초 동안 유지한다. · 탑에서 왼발 들기 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
릴리스 훈련	· 어드레스 시, 등이 목표를 향함 · 'Dynamic Action' 훈련 · 'Gun barrel' 훈련 · 'Split Grip' 훈련 · 무릎 굽고 볼치기 · 임팩트 광정에서 클럽의 토우가 힐을 앞지른다고 느낀다. · 'Rotation with Overlap Grip' 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
셋업과 정렬 훈련	· 약간 오르막 경사에서 셋업하고 볼을 타격 · 두 개의 2×4 판자 사이에 볼을 타격 · 클럽별 중심 잡기 훈련 · 클럽별 균형 훈련 · 정렬을 위해 클럽 두 개를 사용한다. · 궤도와 중간 목표를 위해 자신 앞에 샤프트를 꽂는다. · 볼의 앞뒤에 각각 한 개씩 클럽을 놓고 겨냥한다.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
팔로스윙 훈련	· 임팩트 때 왼손을 뗀다 · 티 훈련, 세 개 티를 사용하여 모두 치도록 한다. · 임팩트 후에 양팔을 편다. · 'Gun Barrel' 훈련 · 빗자루나 무거운 클럽을 스윙한다. · 무릎을 굽고 볼을 타격.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
테이트어웨이 훈련 - 왼쪽이 제어	· 치려는 볼 뒤에 다른 볼을 놓고, 톱스윙하면서 두 번째 볼을 간신히 타격 · 오른쪽 팔꿈치를 구부리고 오른쪽 손목을 젖히면서 왼손과 어깨로 클럽을 뒤로 민다. 클럽 토우가 하늘을 향하게 한다.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
'Angle of Attack' 훈련	· 클럽 샤프트를 목표를 향해 올라가는 각도로 볼 앞 지면에 꽂는다. 위로 스윙한다. · 10cm 티를 사용하여 드라이브를 타격 · '오른발/왼발 끝' 훈련.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분

피칭, 치핑 및 샌드 플레이 향상을 위한 훈련	· 치핑을 위해 어드레스할 때 다리를 교차시킨다. · 목표 훈련 · 눈을 감고 볼을 타격 · 아주 짐 클럽으로 치핑하고 피칭한다 · 반 생크 판자 훈련 · 골프 가방 너머로 치핑한다. · 벙커에서 클럽이나 샤프트를 볼에서 8cm 밖에 목표 라인과 수직으로 놓는다. · 치핑과 피칭을 위한 'Claw' 훈련 · 피칭 시, 임팩트 때, 오른손을 뗀다. · 피칭 시, 왼쪽이 제어되도록 왼손 위에 오른손을 포갠다. · 왼팔만으로 스윙한다. · 벙커에서 발을 모은다. 팔이 자유롭게 스윙되도록 한다.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
퍼팅 향상을 위한 훈련	· 퍼팅하면서 홀을 본다. · 궤도를 위해 두 개의 24 판자를 사용한다. · 오른팔과 손만으로, 또는 왼팔과 손만으로 퍼팅한다 · 크로스핸드로 퍼팅한다. · 사다리 훈련 · 원 훈련 · 샤프트를 팔에 부착시킨다. · 눈을 감고 퍼팅한다. · 퍼터 헤드를 볼 바로 뒤에 두고, 톱스윙을 하지 않고 퍼터 헤드를 당겨서 볼을 홀 컵에 넣는다.	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
경사면에서 균형 훈련	· 업힐과 다운힐 라이에서의 샷 훈련 · 볼이 발보다 높거나 낮은 경우의 샷 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
러프에서 탈출 훈련	· 플라이어 라이훈련 · 플라이어 라이가 아닌 경우의 샷 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분
바람 불 때 샷 훈련	· 부드러운 티샷 훈련 · 아이언 샷은 비행 탄도를 낮게 샷하는 훈련 · 옆바람 불면 드로우나 페이드 샷을 치거나 목표 조절 훈련 · 퍼팅을 할 때 스텐스를 넓이는 훈련 · 퍼팅의 속도와 브레이크 훈련	**· 1일차~20일차** 훈련시간 : 1시간 **· 21일차~40일차** 훈련시간 : 1시간 30분 **· 41일차~60일차** 훈련시간 : 1시간 30분

KPGA 골프 티칭 매뉴얼

6. 지료 산출 방법

통제점 좌표화, 인체관절 중심점의 좌표화, 동조, DLT방법에 의한 3차원 좌표 계산과 스무딩, 그리고 지면반력은 권영후(2004)가 개발한 프로그램(Kwon 3D ver 3.16, KwonGRF ver 2.0)을 사용하였다.

또한 산출된 자료는 Excel(2002)로 전환하여 국면별 자료와 그래프를 도식화 하였다.

1) 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화

인체 모델은 신체분절들을 서로 연결된 강체(rigid body)의 연결 시스템(linked system)으로 정의하고 23개의 인체관절점으로 정의하였다. 인체모델을 구성하는 점들의 위치와 명칭은 <그림 8>과 같으며 신체분절의 무게중심위치에 대한 인체분절자료(body segment parameter)는 Plagenhoef(1983)의 자료를 이용하였다.

좌표화는 통제점 좌표화와 인체관절 중심점의 좌표화로 나누어 처리하였다. 통제점 좌표화는 26개의 통제점을 5번 반복하여 좌표화한 후 컴퓨터에 파일로 저장하였으며 중심 관절의 위치(Winter, 1979)는 <그림 8>과 같은 순서대로 좌표화 하였다.

2) 통제점 및 인체관절점의 수치화(*digitizing*) 및 동조화(*synchronization*)

수치화 작업은 컴퓨터 디지타이징 시스템을 이용하고 수치화의 대상은 통제점틀의 통제점들과 인체관절 중심점으로 나눌 수 있다. 본 연구는 피험자가 볼을 임팩트하는 진행방향을 Y축 방향으로 하며, 지면에 대하여 수직방향을 Z축 방향으로 하였다. Z축과 Y축이 이루는 평면에 대한 벡터의 외적을 X축으로 정의하고 영상분석 축과 지면반력 축을 동일하게 설정하였으며, 인체 관절 중심점의 좌표화는 어드레스시작 전 5 프레임부터 끝나기 전 5프레임까지 하였다.

1. 오른 손가락 끝(Right Finger)
2. 오른 손목 관절(Right Wrist Joint)
3. 오른 팔꿈치 관절(Right Elbow Joint)
4. 오른 견관절 관절(Right Shoulder Joint)
5. 왼 손가락 끝(Left Finger)
6. 왼 손목 관절(Left Wrist Joint)
7. 왼 팔꿈치 관절(Left Elbow Joint)
8. 왼 견관절 관절(Left Shoulder Joint)
9. 오른 발 끝(Right Toe)
10. 오른 발 뒤꿈치(Right Heel)
11. 오른 발목 관절(Right Ankle Joint)
12. 오른 무릎 관절(Right Knee Joint)
13. 오른 고관절(Right Hip Joint)
14. 왼 발 끝(Left Toe)
15. 왼 발 뒤꿈치(Left Heel)
16. 왼 발목 관절(Left Ankle Joint)
17. 왼 무릎 관절(Left Knee Joint)
18. 왼 고관절(Left Hip Joint)
19. 머리 끝(Upper Head)
20. 턱(Lower Head)
21. 코(Nose)
22. 그립 (Grip)
23. 클럽헤드(Club Head)

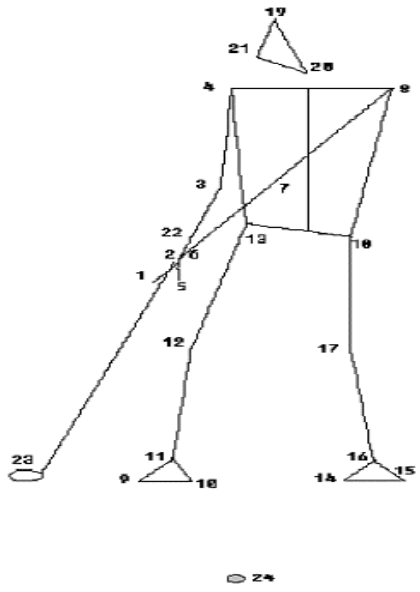

그림 8. 인체관절 중심점의 좌표화 순서

일반적으로 촬영시 맞추어 놓은 카메라의 촬영속도와 실제 촬영속도는 미세한 차이가 있으므로 카메라의 정확한 촬영속도를 계산하는 것은 중요하다. 따라서 본 실험에서는 4대의 LED와 트리거(trigger) 신호를 채널에 동시에 지면반력의 동조 신호를 주어서 디지털 카메라로 촬영한 영상과 2대의 지면반력기를 동조화 시켰다. 본 연구의 동조를 위해 3차 스플라인 함수(Cubic Spline)를 이용한 보간법(Interpolation)을 사용하였다. 본 연구에서의 동조 시간 간격은 0.016초로 하였다.

*3) 3*차원 실공간 좌표의 계산

DLT(Direct Linear Transformation) 기법을 이용하여 디지타이저 좌표계와 실공간 좌표계로부터 DLT 변환식의 계수를 산출하였다. 그 후 계산된 DLT 계수와 인체관절 중심점의 평면좌표를 이용하여 피험자의 3차원 공간좌표를 산출하였다. 3차원 공간좌표의 산출 후 공간좌표의 우연오차(random error)를 제거하기 위한 스무딩(smoothing)방법으로 2nd-Order Butterworth Low Pass Filtering 방법을 이용하였으며, 이 때 cut-off frequency는 10Hz로 하였다.

4) 운동학적 · 역학적 변인 계산

본 연구의 운동학적 · 역학적 변인에는 위치, 속도, 각도, 각속도, 체중 이동 변화 등이 있으며, 이러한 운동역학적 변인들의 관계는 <그림 9>와 같은 체계도로 구성하였다. 이때의 계산 프로그램 기법으로 3차 스플라인 함수를 이용하였고 모든 자료의 평균과 표준편차를 구하였다.

그림 9. 각 변인들간의 관계 체계도

(1) 신체 중심의 위치

3차 스플라인법으로 구한 변위의 일반식은 $S(t)=C_3 \cdot t_3 + C_2 \cdot t_2 + C_1 \cdot t + C_0$로 나타나며, 본 연구에서 구하고자 하는 변위는 신체 중심의 위치이다. 전신의 무게중심의 위치인 신체중심의 위치 S_{CG}는 식 ①과 같은 방법으로 구하였다.

$$S_{CG} = [\ \sum_{I=1}^{14} (cg_i \cdot m_i)\ ] \ / \ M \quad \text{---------- ①}$$

cg_i : i 번째 분절의 무게중심의 위치

m_i : 전체 질량의 백분율로 표시된 i번째 분절의 질량

M : 인체 측정학 자료의 백분율로 표시된 분절의 질량을 합한 전체 질량

(2) 속도

본 연구에서 구하고자 하는 속도에는 클럽헤드의 속도와 볼의 속도가 있다. 속도는 변위 함수 S(t)를 일차 미분하면 속도의 함수 S(t)가 산출되는데 식 ①에서 구한 변위로부터 속도를 구할 수 있다. 속도의 함수는 식②와 같다.

$$S(t) = 3C_3 \cdot t^2 + 2C_2 \cdot t + C_1 \quad \text{---------- ②}$$

(2) 가속도

본 연구에서 클럽헤드의 가속도는 변위 함수S(t)를 이차 미분하면 가속도의 함수를 식 3-10에서와 같이 구할 수 있다. 가속도는 함수 식③과 같다.

$$S(t) = 6C3"t + 2C2 \quad \text{---------- ③}$$

(3) 각도

본 연구에서 산출한 각도들은 견관절회전각, 고관절회전각, 상체 전경각, 코킹각 등이 있으며 각을 이루는 벡터를 $A(A_x, A_y, A_z)$, $B(B_x, B_y, B_z)$라고 할 때 식 ④에서와 같이 A, B 벡터의 내적으로 구하였다.

$$\Theta = \arccos\ [\frac{AxBx + AyBy + AzBz}{\sqrt{Ax^2 + Ay^2 + Az^2}\sqrt{Bx^2 + By^2 + Bz^2}}] \quad \text{-------- ④}$$

*(4) 3*차 스플라인법

원 자료를 스무딩하고 1차, 2차 미분 함수의 형태를 얻기 위하여 3차 스플라인법을 이용하였다. 3차 스플라인 함수는 식⑤와 같은 형태를 가진다.

$$S(t) = C_3 \cdot t^3 + C_2 \cdot t^2 + C_1 \cdot t + C_0 \quad \text{---------- ⑤}$$

$$\begin{cases} t = T - X_i, \; X_i \leq T < X_{i+1} \\ C_3,\ C_2,\ C_1,\ C_0 : \text{스플라인 상수} \end{cases}$$

3차 스플라인 함수 S(t)에서 미분계수의 결정은 다음과 같이 하였다. $S(t) = C_3 \cdot t_3 + C_2 \cdot t_2 + C_1 \cdot t + C_0$ 이므로 S(t)의 일차 미분 S(t)는 $S(t) = 3C_3 \cdot t_2 + 2C_2 \cdot t + C_1$ 가 되며, $t = T - X_i$이므로 $S(X_i) = C1$이 된다. S(t)의 2차 미분 S(t)는 $S(t) = 6C_3 \cdot t + 2C_2$ 이므로 $S(X_i) = 2C_2$가 된다. 따라서 변위 벡터 X_i의 속도는 C_1, 가속도는 $2C_2$가 된다.

5) 운동역학적 변인

(1) 지면반력

본 연구에서의 지면반력 성분 계산은 Bobbert et al.(1991)이 제안한 식을 이용하여 수직성분(F_z)과 좌우성분(F_y), 전후성분(F_x)의 값을 산출하였다.

① 수직성분(F_z)

$$F_z = \sum_{i=1}^{n} m_i(a_{zi} - g) \quad \text{---------- ⑥}$$

F_z : 수직력 성분, m_i : I 번째 분절의 질량, n : 분절수

a_{zi} : i 번째 분절의 수직가속도, g : 중력에 의한 가속

② 좌우성분(F_y)

$$F_y = \sum_{i=1}^{n}(m_i\ a_{yi})$$ ⑦

F_y : 좌우성분, m_i : i 번째 분절의 질량, n : 분절 수

a_{yi} : i 번째 분절의 수평가속도

③ 전후성분(F_x)

$$F_x = \sum_{i=1}^{n}(m_i\ a_{xi})$$ ⑧

F_x : 전후성분, m_i : i 번째 분절의 질량, n : 분절 수

a_{xi} : i 번째 분절의 측면가속도

(2) 관절모멘트

일반적으로 어떤 관절에 뉴튼의 운동방정식을 적용하면 다음과 같다.

$$F_P = P' - F_D - W - F_E$$ ⑨

$$j_P \times F_P + T_P = H' - j_D \times F_D - T_D - e\times F_E - T_E$$ ⑩

{ P′ : proximal, D : distal, E : external
j : joint reaction force, W : weight
(단 P′, H′ : P와 H의 시간에 대한 미분) }

운동방정식 식 9와 식 10에서 F_P와 T_P에 대해 시스템을 풀어야하기 때문에 F_D와 T_D를 확실히 알아야만 한다. 따라서 두 개의 가능한 경우가 있다.

첫째 원위분절(distal segment)이 없어서 $F_D = 0$ 이고 $T_D = 0$ 이다.

둘째 F_D 와 T_D 는 알 수 있다.

6) 체력 측정 방법

(1) 심폐지구력

에어로 바이크 측정기를 이용하여 최대산소섭취량(ml/kg/min)을 간접 측정하였다

(2) 근력

악력은 양발을 어깨너비로 벌리고 팔을 몸에 닿지 않도록 비스듬히 내린 후 손가락의 2번째 마디에 그립을 조정하여 한 손으로 최대한 악력계를 쥐도록 하였다. 양손 모두를 각각 2회씩 측정하여 가장 좋은 수치를 기록하였다. 배근력은 요부근력을 측정하기 위해 다리를 어깨넓이로 하고 고개를 들며 무릎을 편 상태에서 허리는 앞으로 30도 정도 구부린 상태로 손잡이를 조절한 후 상방향으로 끌어올리게 하여 측정하며 특히 허리부분 상해 위험성에 대해 사전에 충분한 설명을 한 후 실시하였다.

(3) 근지구력

근지구력 측정기를 이용하여 윗몸일으키기는 국제체력검사 표준화 위원회에서 채택한 30초의 제한시간을 사용하여 실시하였고 엎드려 팔굽혀펴기는 2초에 1회의 속도로 지칠때까지 계속 반복하여 실시하였다.

(1) 유연성(ROM)

앉아윗몸앞으로 굽히기는 약 50cm의 측정대 중앙에 평면을 0cm로 하여 이와 수직이 되게 위쪽으로 20cm, 아래쪽으로 40cm되는 자를 부착시켜 준비하고 무릎을 편 자세로 윗몸을 앞으로 최대한 굽혀서 2초 이상 머물도록 하였다. 총 2회 측정하여 가장 좋은 검사결과를 기록하였다. 윗몸 뒤로 젖히기는 매트(mat) 위에서 양손을 허리 뒤로 잡고 발끝을 45cm 가량 벌린 상태로 엎어 누운 자세를 취한 후 신호에 의해 윗몸을 뒤로 젖혀 턱을 높이 들어올리고 1초 이상 머물도록 하며 2회를 실시하여 가장 좋은 검사결과를 기록하였다.

(2) 순발력

가로, 세로 1m의 정방형 매트(센서부착)위에 서서 점프를 한 후 착지를 했을 때 체공시간을 이용하여 점프 높이를 측정하였다.

(3) 민첩성

전신 반응 검사는 스트레인 게이지(strain gage) 점프대 위에 무릎을 가볍게 굽힌(120~160°) 자세로 서서 자극 신호가 주어지면 재빨리 점프(jump)할 수 있는 준비 자세를 취한 다음 빛이나 소리의 자극 신호에 따라 재빨리 점프대에서 수직으로 뛰어오르도록 한다. 5회를 실시하여 측정치의 평균을 기록하며 단위는 m/sec로 한다. 사이드스텝 검사는 중앙선을 중심으로 양발을 어깨너비로 벌려 사이드스텝(side step)을 하여 한쪽 발이 오른쪽 선을 넘거나 또는 닿도록 한 다음 중앙선으로 되돌아온다. 신호와 함께 사이드 스텝(side step)을 하여 한쪽 발이 오른쪽 선을 넘거나 또는 닿도록 한 다음 중앙선으로 되돌아온다. 그리고 다시 왼쪽 선으로 스텝하여 한쪽 발이 왼쪽 선을 넘거나 또는 닿도록 한 다음 중앙선으로 되돌아온다. 이와 같은 방법으로 20초간 실시하여 각각 선을 넘거나 밟았을 때 마다 1점씩을 준다. 2회 실시하여 좋은 성적을 기록하였다.

(4) 평형성

양손을 허리에 대고 양발 중 편리한 발의 무릎을 굽혀 발이 마루에서 15cm정도 떨어지게 들어올린 자세를 취한 뒤 양쪽 눈을 감고 몸의 밸런스(balance)를 유지한다. 총 2회 측정하여 가장 좋은 검사결과를 기록하였다.

Ⅳ. 연구결과 및 논의

본 연구는 장기간 골프 훈련을 통해 효과적인 트레이닝의 방법을 적용하여 효과적인 골프스윙동작을 이루기 위하여 운동학적 및 운동역학적 분석을 시도 하였다.

이에 대한 분석은 초급수준의 대상자를 4차에 걸친 집중훈련을 시행하였으며, 훈련 전과 후에 대한 분석을 하였다.

어드레스부터 팔로스로우까지 총 6단계로 구분하였으며, 총 2년에 걸쳐 진행 되었다. 또한 장기간에 걸친 분석기간에 의한 피험자로서 탈락되어진 인원은 분석에서 제외하였다.

운동역학적 분석과 체력검사는 각 차수별 집중훈련 직전과 직후에 실시하였다. 운동역학적 분석은 각 차수별 3회의 성공적인 동작을 선택하였으며, 체력분석은 각 1회에 한하여 분석하였다. 운동학적 변인은 스윙 단계별 위치요인, 시간요인, 각도요인으로 구분하여 분석하였으며, 운동역학적 변인은 스윙 단계별 지면반력을 분석하였다.

체력 분석 요인은 근력, 근지구력, 순발력, 민첩성, 평행성, 유연성을 분석하였으며 자료 정량적 결과와 논의는 다음과 같다.

5. 운동학적*(Kinematic)* 요인 분석

본 연구에서는 운동학적 요인, 운동역학적 요인으로 구분하여 분석하였으며 5차에 걸친 분석구간 사이에 집중적인 체력훈련 프로그램과 기술훈련 프로그램을 적용하였다.

<그림 10>은 스윙동작에 대한 연속적 동작을 나타낸 그림이다.

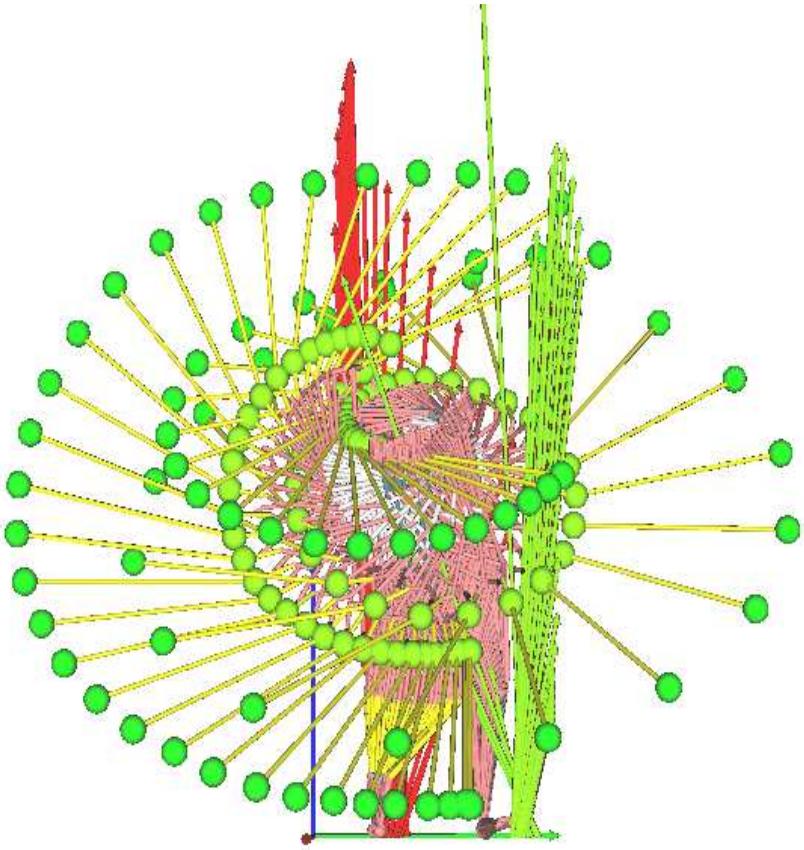

그림 10. JTH의 스윙동작에 대한 연속적 스틱피겨

1) 위치변인과 상호관계

어드레스부터 팔로스로우까지를 전체 국면으로 설정하여 분석하였으며, 각각의 단계는 신체중심을 원점(origin point)으로 기준을 선정하여 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절의 좌표 차이 값을 산출하였다.

집중훈련이 시작되기 전(1차분석)부터 4차례의 집중훈련(총 소요 시간 2년)의 신체 주요 분절에 대한 위치 좌표 값은 <표 10>~<표 16>와 <그림 11>~<그림 34>에 나타난 바와 같다.

표 10. 신체중심의 위치변화 unit : m

차수	단계	x		y		z	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	0.27	0.01	0.52	0.03	0.92	0.04
	E2	0.28	0.02	0.38	0.02	0.91	0.04
	E3	0.28	0.04	0.38	0.04	0.94	0.04
	E4	0.29	0.01	0.53	0.02	0.93	0.01
	E5	0.29	0.01	0.55	0.03	0.95	0.01
	E6	0.27	0.01	0.60	0.02	0.99	0.03
3차	E1	0.31	0.07	0.63	0.01	0.89	0.02
	E2	0.30	0.08	0.52	0.01	0.90	0.01
	E3	0.30	0.09	0.53	0.05	0.94	0.00
	E4	0.32	0.08	0.68	0.05	0.88	0.01
	E5	0.31	0.07	0.71	0.06	0.90	0.02
	E6	0.25	0.06	0.76	0.01	0.99	0.02
5차	E1	0.25	0.02	0.58	0.03	0.91	0.03
	E2	0.24	0.02	0.47	0.03	0.92	0.03
	E3	0.23	0.02	0.46	0.04	0.94	0.03
	E4	0.28	0.01	0.62	0.03	0.91	0.03
	E5	0.27	0.01	0.64	0.04	0.92	0.03
	E6	0.22	0.01	0.76	0.02	0.98	0.03
전체	E1	0.28	0.03	0.57	0.05	0.90	0.02
	E2	0.27	0.03	0.46	0.07	0.91	0.01
	E3	0.27	0.03	0.46	0.08	0.94	0.00
	E4	0.29	0.02	0.61	0.08	0.91	0.02
	E5	0.29	0.02	0.63	0.08	0.92	0.02
	E6	0.24	0.02	0.70	0.09	0.99	0.00

1차 분석시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 전·후(X축)좌표 값은 E1에서 0.27, 1.30, 0.32, 0.18m로 나타났으며 이때의 신체중심을 기준으로 한 각 신체분절의 좌표 차이 값, 상대 값은 1.03, 0.05, -0.09m로 나타났다. E3시 좌표 값은 0.28, 0.16, 0.50, 0.12m이었다.

또한 E5에서 좌표 값은 0.29, 1.37, 0.26, 0.27m이였으며 신체분절의 좌표 차이 값은 1.08, -0.03, -0.02로 나타났다.

3차 분석 시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 전·후(X축)좌표 값은 E1에서 0.31, 1.24, 0.36, 0.23m로 나타났으며 이때의 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 0.93, 0.05, -0.08 이었다. E3에서 좌표 값은 0.30, 0.21, 0.50, 0.15m로 나타났으며 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 -0.09, 0.22, 0.15m이었다.

표 11. 클럽헤드 위치변화 unit : m

차수	단계	x		y		z	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	1.30	0.04	0.62	0.00	0.12	0.00
	E2	0.59	0.01	-1.10	0.02	0.88	0.02
	E3	0.16	0.01	1.10	0.08	1.98	0.16
	E4	0.77	0.08	-0.51	0.11	0.77	0.11
	E5	1.37	0.04	0.89	0.07	0.35	0.07
	E6	0.92	0.12	1.06	0.04	1.26	0.31
3차	E1	1.24	0.08	0.70	0.00	0.06	0.03
	E2	0.56	0.17	-0.82	0.01	0.92	0.04
	E3	0.21	0.24	1.35	0.19	1.82	0.00
	E4	0.49	0.08	-0.33	0.01	0.83	0.04
	E5	1.02	0.01	0.78	0.03	0.18	0.07
	E6	0.88	0.12	1.19	0.03	1.16	0.02
5차	E1	1.18	0.05	0.63	0.11	0.10	0.02
	E2	0.32	0.15	-0.91	0.10	0.93	0.09
	E3	0.23	0.08	1.31	0.07	1.66	0.01
	E4	0.70	0.35	-0.23	0.02	0.78	0.09
	E5	1.26	0.18	0.63	0.02	0.36	0.05
	E6	0.81	0.06	1.28	0.03	1.21	0.05
전체	E1	1.24	0.06	0.65	0.04	0.09	0.03
	E2	0.49	0.15	-0.94	0.14	0.91	0.03
	E3	0.20	0.04	1.25	0.14	1.82	0.16
	E4	0.65	0.14	-0.36	0.14	0.79	0.03
	E5	1.22	0.18	0.77	0.13	0.30	0.10
	E6	0.87	0.05	1.17	0.11	1.21	0.05

또한 E5에서 좌표 값은 0.31, 1.02, 0.34, 0.28m로 나타났으며, 신체중심과 신체분절의 좌표 차이 값은 0.71, 0.03, -0.03m이었다.

5차 분석 시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 전·후(X축)좌표 값은 E1에서 0.25, 1.18, 0.31, 0.19m로 나타났으며 이때의 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 0.93, 0.06, -0.06m로 나타났다. E3에서 좌표값은 0.23, 0.23, 0.45, 0.08m로 나타났으며 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 0.00, 0.22, -0.15m이었다. E5에서 좌표 값은 0.27, 1.26, 0.28, 0.28m로 나타났으며, 신체중심을 기준으로 한 신체분절의 좌표 차이 값은 0.99, 0.01, 0.01m 이었다.

표 12. 좌측견관절 위치변화 unit : m

차수	단계	x		y		z	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	0.32	0.01	0.68	0.02	1.34	0.07
	E2	0.46	0.03	0.46	0.00	1.23	0.06
	E3	0.50	0.06	0.36	0.05	1.25	0.02
	E4	0.35	0.02	0.59	0.03	1.37	0.02
	E5	0.26	0.00	0.52	0.06	1.41	0.01
	E6	0.39	0.00	0.38	0.05	1.33	0.06
3차	E1	0.36	0.05	0.78	0.07	1.30	0.03
	E2	0.47	0.05	0.63	0.01	1.24	0.00
	E3	0.50	0.06	0.51	0.08	1.26	0.04
	E4	0.41	0.06	0.78	0.00	1.29	0.00
	E5	0.34	0.08	0.76	0.03	1.33	0.01
	E6	0.28	0.05	0.54	0.01	1.36	0.02
5차	E1	0.31	0.04	0.74	0.10	1.32	0.05
	E2	0.40	0.11	0.57	0.09	1.25	0.08
	E3	0.45	0.06	0.40	0.03	1.26	0.04
	E4	0.36	0.02	0.70	0.12	1.32	0.05
	E5	0.28	0.02	0.69	0.13	1.36	0.03
	E6	0.30	0.02	0.55	0.02	1.36	0.03
전체	E1	0.33	0.03	0.73	0.05	1.32	0.02
	E2	0.44	0.04	0.55	0.09	1.24	0.01
	E3	0.48	0.03	0.42	0.08	1.26	0.01
	E4	0.37	0.03	0.69	0.10	1.32	0.04
	E5	0.30	0.04	0.66	0.12	1.37	0.04
	E6	0.33	0.06	0.49	0.10	1.35	0.02

이용구(2005)는, 전후(X) 방향에서 톱스윙시 -1.17cm, 임팩트시 -0.04cm를 나타났으며 김계욱 등(2001)은 비우수집단에 비하여 우수집단의 궤적은 전후(X) 방향의 폭이 매우 적게 나타났으며, 이는 스윙궤적이 한 평면상을 움직여야 한다는 스윙의 기본원리와 일치하며 이로 인하여 정확성의 증가, 효율성의 증가 등의 유리함을 가져오게 될 것을 사료된다. 또한 우수집단은 신체 중심의 위치가 스윙궤적보다 뒤쪽(-X)에 위치하고 있으며 비우수 집단은 반대의 형태로 나타났다. 즉, 비우수 집단은 스윙동작시 신체중심이 톱스윙 직전까지 스윙궤도보다 앞쪽(+X)에 위치하였으며 다운스윙이 시작하는 시점에서는 신체중심이 계속해서 뒤쪽에 위치하는 것으로 나타났다.

표 13. 우측고관절 위치변화 unit : m

차수	단계	x		y		z	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	0.18	0.01	0.42	0.02	0.88	0.04
	E2	0.14	0.06	0.31	0.01	0.87	0.05
	E3	0.12	0.04	0.32	0.06	0.86	0.04
	E4	0.25	0.01	0.50	0.02	0.88	0.01
	E5	0.27	0.04	0.55	0.01	0.91	0.01
	E6	0.22	0.07	0.72	0.01	0.92	0.02
3차	E1	0.23	0.10	0.53	0.01	0.86	0.02
	E2	0.17	0.09	0.46	0.04	0.86	0.01
	E3	0.15	0.10	0.47	0.06	0.84	0.00
	E4	0.28	0.06	0.68	0.09	0.85	0.01
	E5	0.28	0.05	0.73	0.11	0.87	0.02
	E6	0.26	0.04	0.90	0.04	0.87	0.03
5차	E1	0.19	0.01	0.47	0.07	0.88	0.09
	E2	0.12	0.03	0.39	0.06	0.88	0.09
	E3	0.08	0.04	0.41	0.08	0.85	0.07
	E4	0.26	0.02	0.60	0.07	0.87	0.09
	E5	0.28	0.01	0.64	0.06	0.88	0.08
	E6	0.20	0.03	0.89	0.02	0.86	0.10
전체	E1	0.20	0.03	0.47	0.06	0.87	0.01
	E2	0.14	0.03	0.39	0.08	0.87	0.01
	E3	0.11	0.04	0.40	0.08	0.85	0.01
	E4	0.26	0.01	0.59	0.09	0.87	0.01
	E5	0.28	0.01	0.64	0.09	0.89	0.02
	E6	0.23	0.03	0.83	0.10	0.88	0.03

이는 다운스윙시 클럽헤드가 임팩트에 접어들면서 운동방향을 볼의 비구선과 일치시킬 수 있으며, 클럽헤드가 일정한 궤적을 따라서 운동하기 때문에 힘의 손실을 최소화하여 효율성을 극대화 할 수 있게 된다. 즉, 궤적이 불안정하면서 발생되는 원심력에 대항하는 힘의 손실을 최소화하는 것이다. 또한 이러한 스윙패턴은 불안정한 스윙동작의 요인으로 볼 수 있다.

1차 분석시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 좌·우(Y축)좌표 값은 E1에서 0.52, 0.62, 0.68 0.42m로 위치하였으며 좌·우 축에 대한 신체 분절의 좌표 차이 값은 클럽헤드 0.01m, 좌측견관절 0.16m, 우측 고관절 -0.10m로 나타났으며, 우측고관절이 약간 우측으로 이동된 것으로 나타났다.

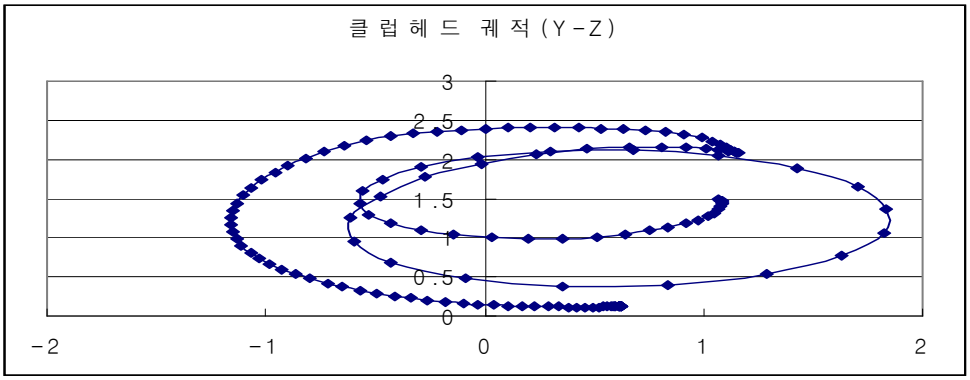

그림 11. 클럽헤드 위치변화 (JTH 1차 Y-Z면)

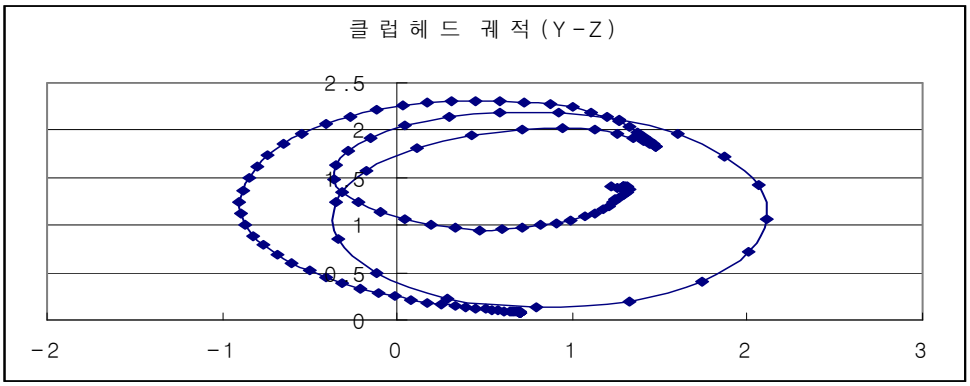

그림 12. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 Y-Z면)

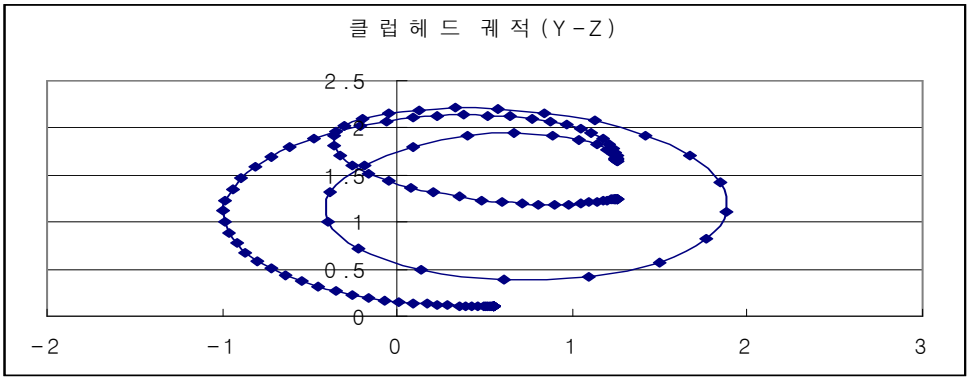

그림 13. 클럽헤드 위치변화 (JTH 5차 Y-Z면)

E3에서는 각분절 고관절이 0.55m로 나타났으며 신체중심을 기준으로 한 각 분절

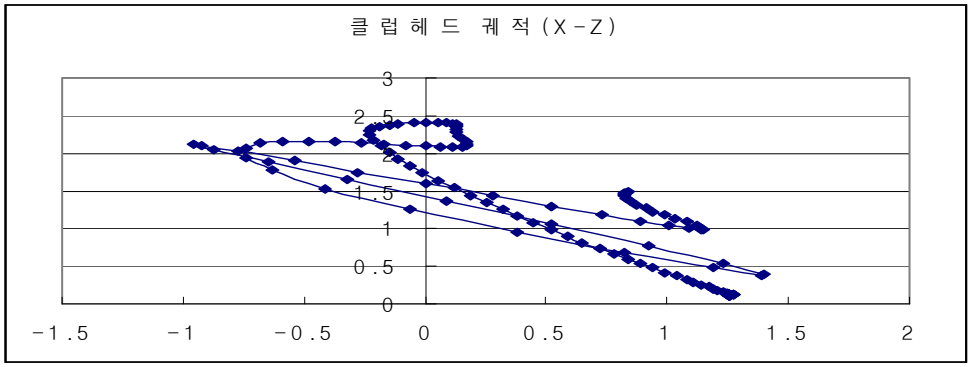

그림 14. 클럽헤드 위치변화 (JTH 1차 X-Z면)

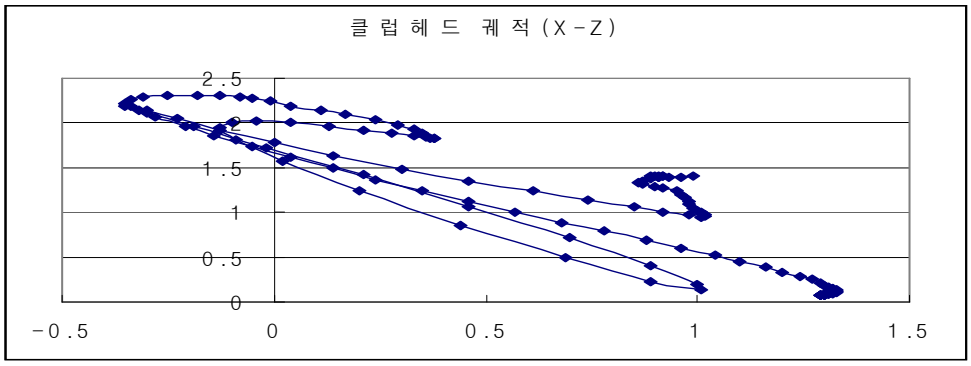

그림 15. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 X-Z면)

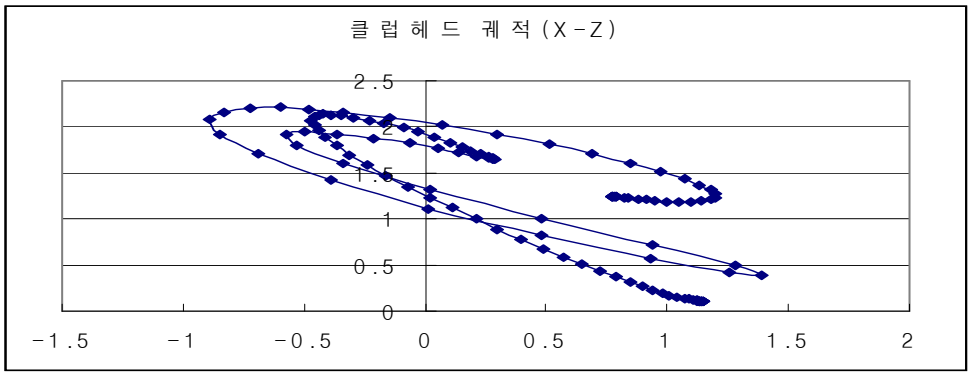

그림 16. 클럽헤드 위치변화 (JTH 3차 X-Z면)

의 좌표차이 값은 0.07, 0.05, 0.02m 위치한 것으로 나타났다.

3차 분석 시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절의 좌·우(Y)좌표 값은 E1에서 0.63, 0.70, 0.78, 0.53m로 위치하였으며, 신체중심을 기준으로 각 분절의 좌표 값의 차이를 보면 클럽헤드 0.07m, 좌측견관절 0.15m, 우측고관절은 -0.10m로 우측고관절은 1차의 차이 값과 같은 결과가 나타났다. E3에서는 좌표 값이 0.53, 1.35, 0.51, 0.47m로 나타났으며, 신체중심과 신체분절의 좌표 차이 값은 0.82, -0.02, -0.06m이었으며, E5에서 좌표 값은 0.71, 0.78, 0.76, 0.73m로 나타났으며, 신체중심과 신체분절의 좌표 차이 값은 0.07, 0.05, 0.02m이었다.

5차 분석시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 좌·우(Y축)좌표 값은 E1에서 0.58, 0.63, 0.74, 0.47m로 나타났으며, 신체중심과 신체분절의 좌표 차이 값은 0.05, 0.16, -0.11로 우측고관절은 1차, 3차와 같은 결과가 나타났다. 또 좌표 차이는 0.85, -0.06, -0.05m로 좌측견관절과, 우측고관절이 우측으로 조금 더 이동된 것을 볼 수 있다. E5에서의 위치 값은 0.64, 0.63, 0.69, 0.64m로 위치하였으며 신체중심과 좌표의 차이는 -0.01, 0.05, 0.00m으로 나타났다.

특히, 우측고관절의 좌우(Y축)방향에서 1차시 E1, E3, E5의 변위 차는 0.1, 0.23m이었고, E1과 E5의 변위는 0.13m로 나타났으며, 3차시에는 E1와 E3의 변위가 0.06m, E3와 E5는 0.26m, E1와 E5의 변위는 0.20m이었으며, 5차시에는 E1와 E3의 변위가 0.06m, E3과 E5는 0.23m, E1과 E5의 변위는 0.17m로 나타났다.

이러한 형태의 차이는 집중훈련을 실시하기 전 단계인 1차시에 톱스윙동작이 클럽헤드와 신체중심위치 변화가 이루어질 때 고관절 전체가 우측으로 밀려나는 스웨이(Sway)동작이 나타난다고 볼 수 있다. 즉 우측으로는 큰 변위차로써 움직이지만 E5에서는 E1의 좌·우 방향의 이동정도가 3차와 5차에 비하여 매우 적게 나타났으며 이는 충분한 고관절의 회전이 이루어지지 못함으로써 나타나는결과라고 볼 수 있다. 그러나 3차와 5차시기는 체력 및 기술적 훈련을 통한 고관절 회전과 좌우측 움직임이 운동량을 증가시키는데 많이 기여한 것으로 판단된다.

이용구(2005)에 따르면, 좌우(Y) 방향에서는 톱스윙시 -6.71cm, 임팩트시 4.70cm로 중심을 왼쪽으로 이동시켜 전 구간에서 전후, 상하 방향에 비해 신체중 심이동을 가장 많이 한 것으로 나타나 볼의 비행방향인 수평면 위에서 가장 큰 움직임을 보였다는 김무영(1995)의 연구결과와 동일하게 나타났다.

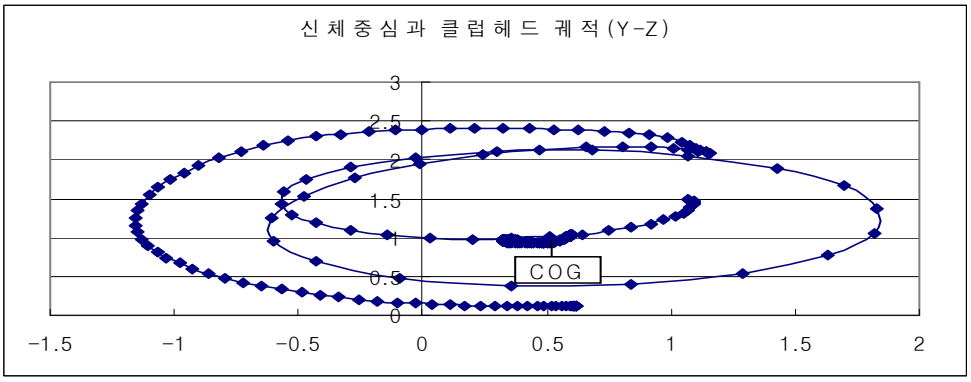

그림 17. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 1차 Y-Z면)

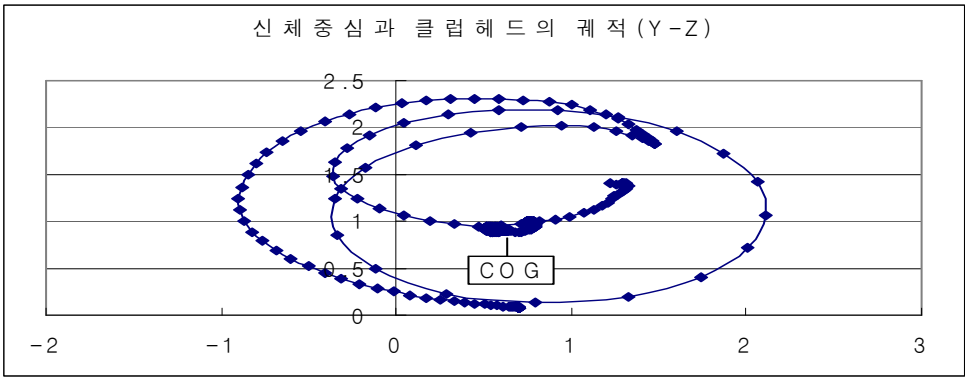

그림 18. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 3차 Y-Z면)

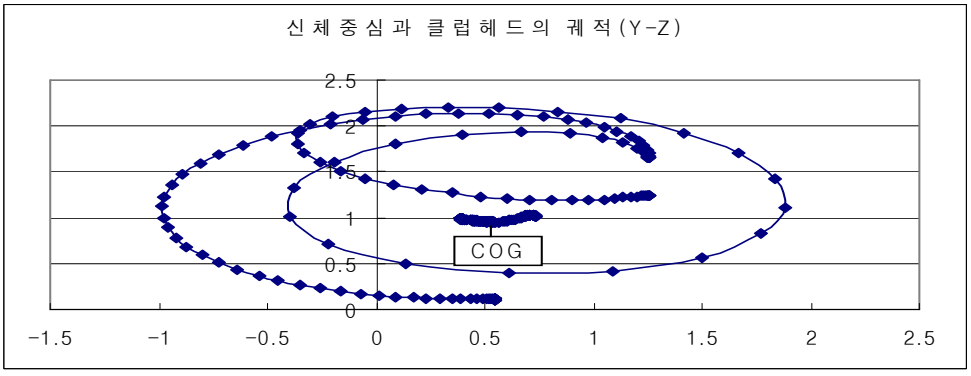

그림 19. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 5차 Y-Z면)

한편, 톱스윙시 신체중심의 이동동작을 지나치게 많이 할수록 다운스윙시 중심

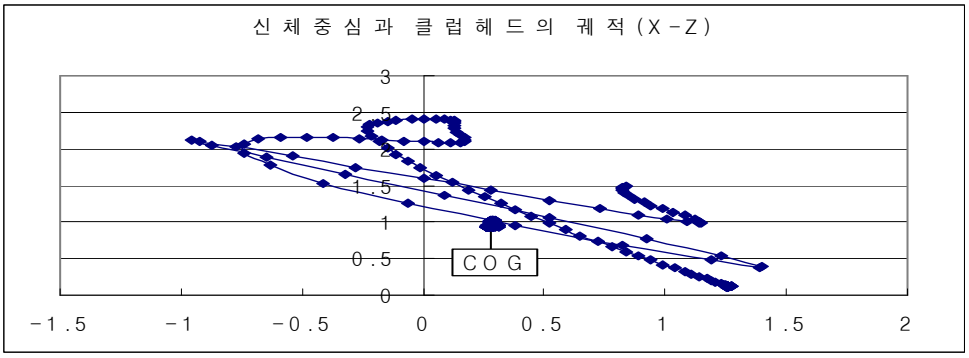

그림 20. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 1차 X-Z면)

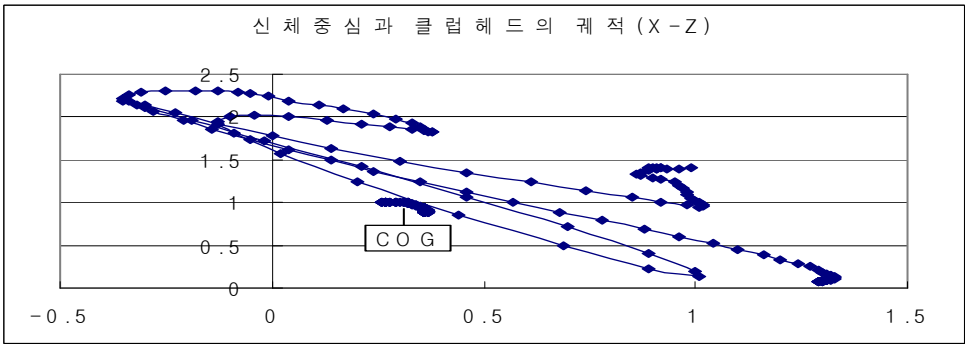

그림 21. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 3차 X-Z면)

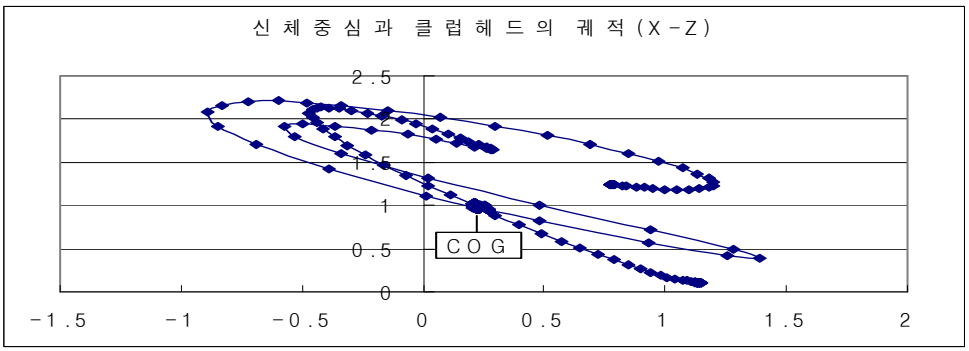

그림 22. 클럽헤드와 신체중심위치 변화 (JTH 5차 X-Z면)

이동을 크게 하게 되어 효과적인 스윙을 할 수는 없지만(이혜숙, 1992), 톱스윙시 오른쪽 발바닥을 제 1회전축으로 하고 다운스윙시에는 왼쪽 발바닥을 제 2회전축

으로 하여 축을 하나로 고정시키는 것보다 두 개의 축을 만들어 스윙을 하게 되면 보다 역동적인 스윙이 이루어지고 클럽헤드 속도를 더 높일 수 있을 것이다(박희송, 1996)라고 하였다. 또한 김계욱 등(2001)에 의하면, 클럽헤드와 신체중심의 좌우(Y) 방향의 변위차이는 어드레스시에 우수집단이 4.8cm로 나타났으며, 톱스윙시 좌우(Y)방향에 대한 클럽헤드의 위치는 우수집단이 120.9cm로 나타났다. 본 연구와 비교하여 보면 어드레스시 클럽헤드와 신체중심의 1차시기와 5차시기의 차이를 보면 6cm로 선행논문과 비슷한 양상으로 나타났으며 톱스윙시는 선행연구보다 10.1cm 더 크게 스윙한 것으로 나타났다. 즉 이러한 동작을 취하게 됨으로써 클럽헤드의 회전반경이 길어지게 되어 운동량의 증가를 가져오게 됨으로써 스윙동작의 유리함으로 작용되어지게 될 것으로 사료된다.

1차 분석시 신체중심, 클럽헤드, 좌측견관절, 우측고관절 상·하(Z축)의 위치 좌표 값은 어드레스에서 0.92, 0.12, 1.34, 0.88m에 위치한 것으로 나타났으며, 신체중심과 신체분절의 좌표의 차이는 클럽헤드 -0.80m, 좌측견관절 0.42m, 우측고관절 -0.04m로써 신체분절의 특성에 따라 그 크기를 달리할 수 있지만 이를 통하여 톱스윙의 위치와 스윙자세를 이해할 수 있고, 또한 신체중심에 대한 수평, 수직변위의 크기를 이해하여 다운스윙시 얼마만큼 중심이동이 있었는지를 분석할 수 있기 때문에 효과적인 스윙자세의 연구 자료로 이용될 수 있다고 하였다. 또 박성순(1992)은 그의 연구결과 다운스윙동안 신체중심 및 클럽헤드의 각 국면별 X, Z방향의 변위의 차이는 거의 없을 정도로 미세함을 보였다고 보고하였다.

이용구(2005)에 따르면 수직(Z)방향에서 톱스윙시 5.49cm, 임팩트시 2,14cm로 어드레스보다 중심이 높게 나타났다고 하였으며 수직방향에서의 일반적인 패턴은 톱스윙시 신체중심이 약간 상승했다가 다운스윙시 왼무릎과 고관절의 회전이 이루어지며 왼발로 체중이동이 발생하고 임팩트시에는 어드레스와 거의 같은 신체중심을 보이면서 피니쉬 때는 양 무릎의 신전으로 다시 상승하는 형태로써 본 연구의 결과와 일치한 것으로 나타났다.

또한, 김선정 등(2002)의 연구에 의하면, 각 대상자들의 무게 중심점 이동경로를 살펴보면, 톱스윙시 신체는 타겟에서 멀어지면서 약간 일어나게 되고 다시 다운스

표 14. 전・후 축 신체분절의 좌표차이 unit : m

차수	단계(X)	클럽헤드	좌측견관절	우측고관절
1차	E1	1.03	0.05	-0.09
	E3	-0.12	0.22	-0.16
	E5	1.08	-0.03	-0.02
3차	E1	0.93	0.05	-0.08
	E3	-0.09	0.2	-0.15
	E5	0.71	0.03	-0.03
5차	E1	0.93	0.06	-0.06
	E3	0.00	0.22	-0.15
	E5	0.99	0.01	0.01

표 15. 좌・우 축 신체분절의 좌표차이 unit : m

차수	단계(y)	클럽헤드	좌측견관절	우측고관절
1차	E1	0.10	0.16	-0.10
	E3	0.72	-0.02	-0.06
	E5	0.34	-0.03	0.00
3차	E1	0.07	0.15	-0.10
	E3	0.82	-0.02	-0.06
	E5	0.07	0.05	0.02
5차	E1	0.05	0.16	-0.11
	E3	0.85	-0.06	-0.05
	E5	-0.01	0.05	0.00

표 16. 상・하 축 신체분절의 좌표차이 unit : m

차수	단계(Z)	클럽헤드	좌측견관절	우측고관절
1차	E1	-0.8	0.42	-0.04
	E3	1.04	0.31	-0.08
	E5	-0.88	0.46	-0.04
3차	E1	-0.83	0.41	-0.03
	E3	0.88	0.32	-0.1
	E5	-0.72	0.43	-0.03
5차	E1	-0.81	0.41	-0.03
	E3	0.72	0.32	-0.09
	E5	-0.56	0.44	-0.04

윙이 시작됨과 동시에 신체는 타겟과 까워지며 임팩트시 어드레스 위치와 비슷하게 높이를 맞추어 가는 경향을 보인다고 하였으며, 본 연구의 결과와도 매우 유사한 것으로 나타났다.

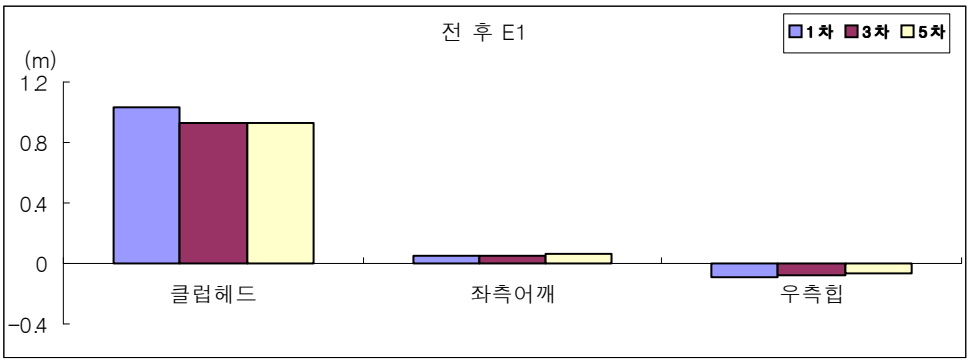

그림 23. 전・후 축 1차시 신체분절의 좌표차이

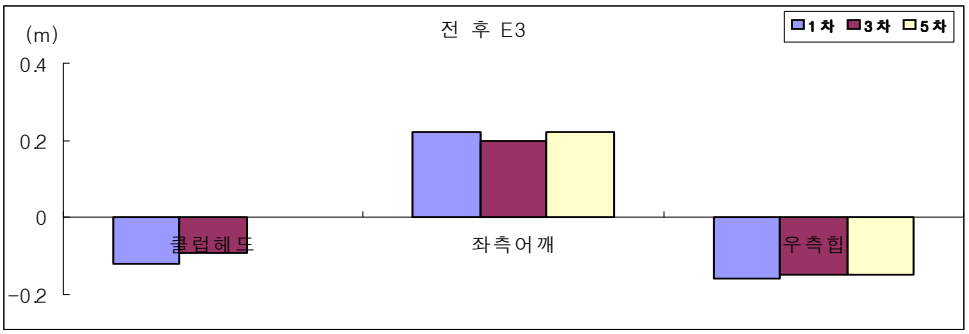

그림 24. 전・후 축 3차시 신체분절의 좌표차이

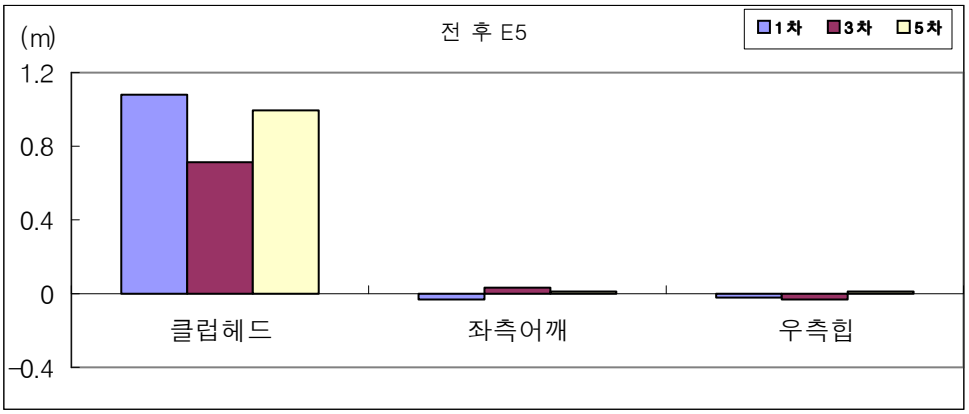

그림 25. 전・후 축 5차시 신체분절의 좌표차이

특히 다운스윙이 시작하기 전부터 신체분절이 타겟 방향으로 가까워지는 것은,

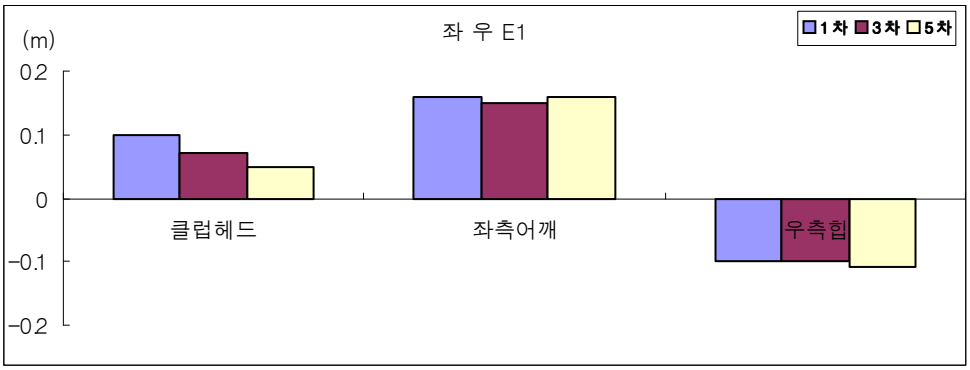

그림 26. 좌・우 축 1차시 신체분절의 좌표차이

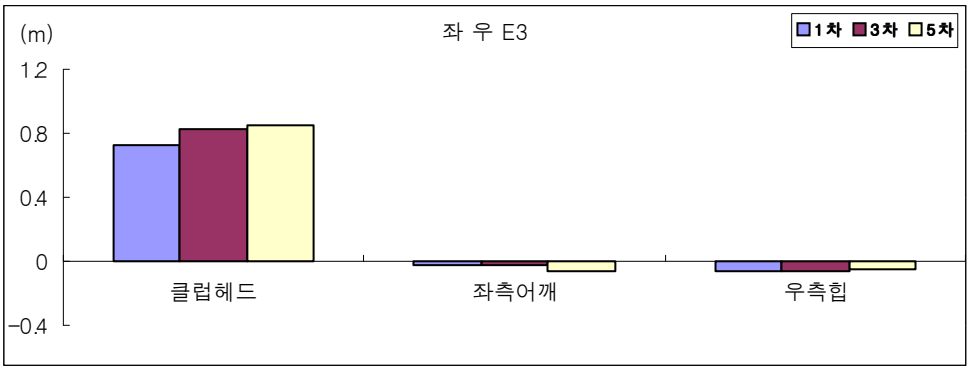

그림 27. 좌・우 축 3차시 신체분절의 좌표차이

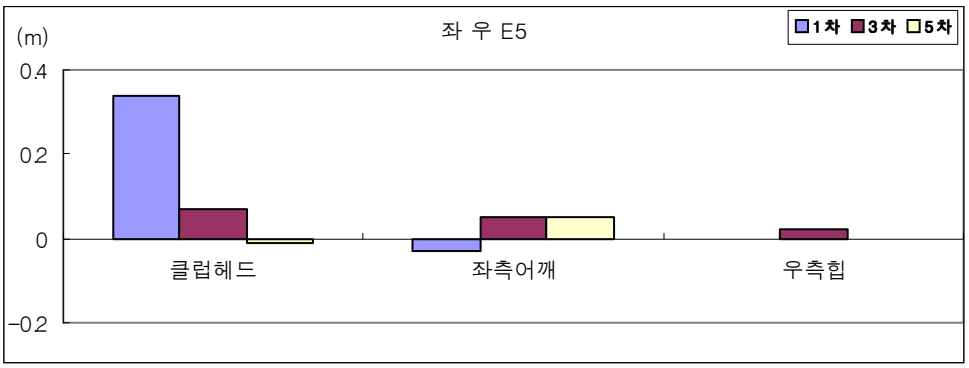

그림 28. 좌・우 축 5차시 신체분절의 좌표차이

파워 있는 스윙을 하기 위하여 하체분절이 먼저 움직여서 다운스윙을 리드하는

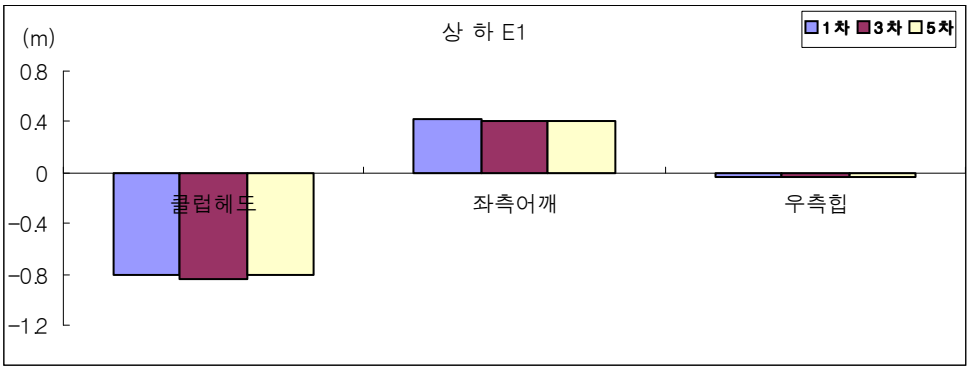

그림 29. 상・하 축 1차시 신체분절의 좌표차이

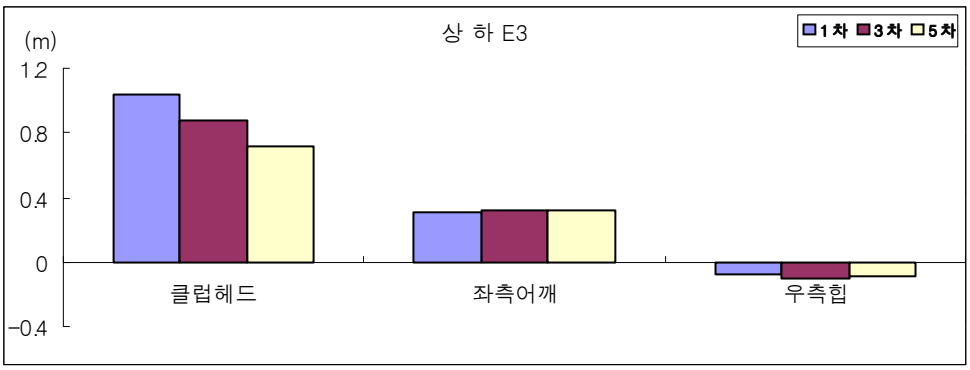

그림 30. 상・하 축 3차시 신체분절의 좌표차이

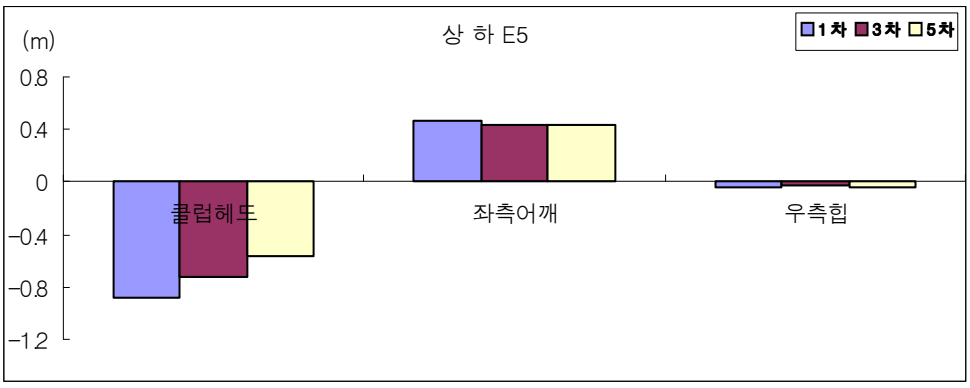

그림 31. 상・하 축 5차시 신체분절의 좌표차이

것이라고 하였으며 본 연구결과와도 일치된 것으로 나타났다.

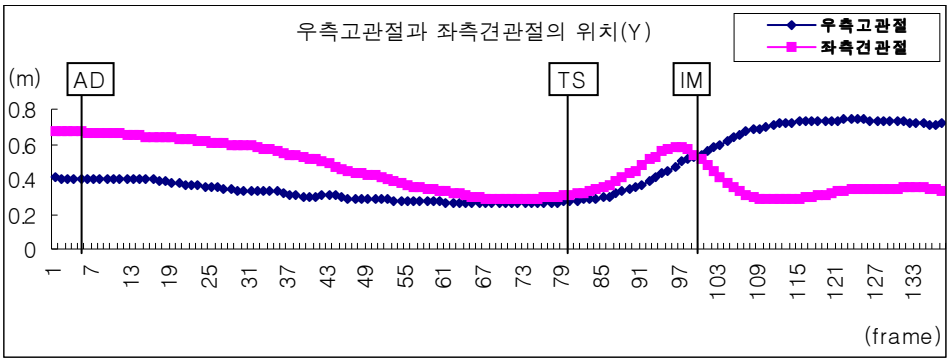

그림 32. 좌・우 1차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화

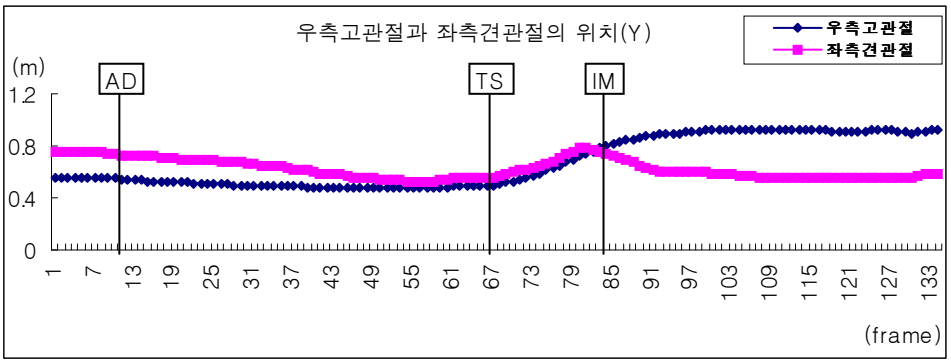

그림 33. 좌・우 3차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화

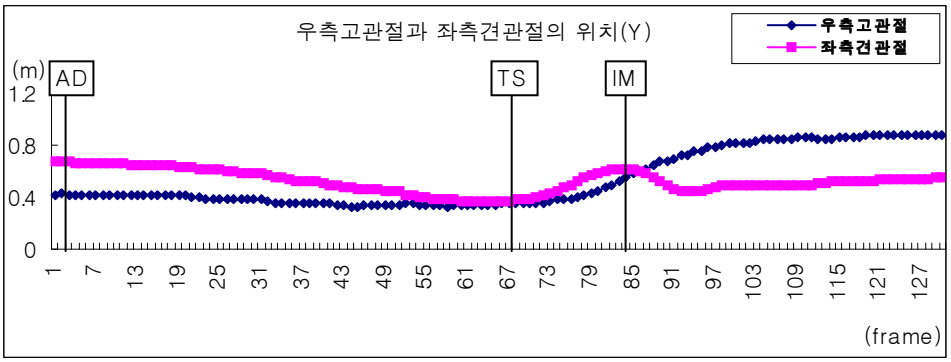

그림 34. 좌・우 5차 우측고관절과 좌측견관절의 위치변화

또한 본 연구결과에서 나타난 바와 같이 Plagenhoef(1983)와 Burden, et. al.(1998)

등의 연구에서도 비슷한 경향을 보이는 것으로 나타났다. 즉 다운스윙 구간에서 무게중심이 타켓 방향으로 움직이며 더욱 더 적극적인 동작으로써 톱스윙이 만들어지기 전에 고관절을 타켓 방향으로 움직여 더 큰 운동량을 얻는다고 하였다.

또한 김계욱 등(2001)에 따르면, 톱스윙이 이루어지면서 코킹각이 발생하게 되어 임팩트시 운동량의 증가를 가져오게 됨으로써 효율적인 스윙동작이 나타난다고 하였으며, 본 연구 또한 백스윙이 이루어지기 시작하면서 코킹각이 점차 작아지는 연구결과와 일치되는 것으로 나타났다.

즉, 백스윙과 다운스윙시에 클럽이 갖게 되는 관성모멘트를 작게 함으로써 에너지의 효율적 축적이 이루어지고 임팩트시에는 코킹을 풀어주게 됨으로써 운동량 증가를 가져오게 된다는 운동의 기본원리와도 일치된다고 볼 수 있다.

따라서 코킹이 이루어지면서 클럽헤드와 신체중심간의 상하변위는 작아지게 되는 형태로 나타나는 것이다.

Mann(1998)은 어드레스에서는 스퀘어 위치였던 하체가 출발점의 왼편으로 고관절을 정렬시키면서 임팩트에서는 열리게 되는데, 그 이유는 고관절을 돌림으로 해서, 견관절과 팔은 충분한 공간에서 자유롭게 스윙하여 보다 파워 있는 임팩트를 수행할 수 있다고 보고하였으며, 본 연구결과 또한 일치된 것으로 나타났다.

2) 속도

신체 각 분절에 대한 속도는 <표 17>~<표 22>과 <그림 35>~<그림 46> 에 나타난 바와 같다.

표 17. 신체중심의 속도 unit : m/sec

차수	단계	x		y		z	
		m	sd	m	sd	m	sd
1차	E1	-0.03	0.01	-0.04	0.00	0.01	0.02
	E2	-0.08	0.07	-0.24	0.06	0.02	0.03
	E3	0.11	0.06	0.33	0.07	0.02	0.04
	E4	-0.10	0.04	0.49	0.06	0.19	0.01
	E5	0.10	0.05	0.34	0.07	0.29	0.08
	E6	0.00	0.10	0.05	0.23	0.04	0.06
3차	E1	-0.02	0.01	-0.09	0.09	-0.01	0.03
	E2	-0.03	0.06	-0.22	0.01	0.11	0.03
	E3	0.07	0.08	0.24	0.19	-0.04	0.12
	E4	-0.06	0.09	0.81	0.16	0.07	0.13
	E5	-0.05	0.05	0.59	0.08	0.27	0.14
	E6	-0.06	0.08	-0.03	0.04	0.04	0.04
5차	E1	0.03	0.07	0.06	0.13	0.10	0.17
	E2	-0.02	0.12	-0.11	0.19	0.17	0.15
	E3	0.14	0.05	0.25	0.00	0.06	0.20
	E4	-0.04	0.06	0.74	0.02	0.24	0.07
	E5	-0.06	0.08	0.59	0.00	0.34	0.15
	E6	0.06	0.00	0.12	0.12	0.12	0.23
전체	E1	-0.01	0.03	-0.02	0.08	0.03	0.06
	E2	-0.04	0.03	-0.19	0.07	0.10	0.07
	E3	0.10	0.03	0.27	0.05	0.01	0.05
	E4	-0.07	0.03	0.68	0.17	0.17	0.08
	E5	-0.01	0.09	0.51	0.14	0.30	0.03
	E6	0.00	0.06	0.05	0.08	0.07	0.05

<표 18> 에서와 같이 백스윙시 클럽헤드 스윙속도를 보면 좌우 (Y축)방향에서 1차-2.03m/s, 2차 -2.38m/s, 3차 -1.37m/s 로 나타났으며, 집중훈련 전후에 유의한 차이가 나타났다. 이는 골프 경력이 5년 이상인 골프선수 3명이 동작을 연구한 성낙준(2004)의 2.1m/s 과 비슷한 결과를 나타냈다.<표 17>에서와 같이 1차 분석시 신체중심에 대한 좌우축(Y축)의 임팩트 직전구간인 미드다운스윙 구간에서의 속도

표 18. 클럽헤드의 속도 unit : m/sec

차수	단계	x		y		z	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	-0.02	0.11	0.07	0.11	0.04	0.11
	E2	-4.30	0.35	-2.03	0.22	5.46	0.74
	E3	-0.78	1.22	0.30	0.35	-0.52	0.05
	E4	24.71	0.54	12.08	4.56	-15.87	2.12
	E5	-7.14	3.13	26.88	1.71	4.59	0.17
	E6	-0.78	1.77	1.20	2.57	0.69	0.08
3차	E1	0.02	0.08	-0.10	0.06	0.06	0.10
	E2	-5.96	0.56	-2.38	1.17	6.86	0.62
	E3	0.91	1.83	0.87	2.06	-0.90	1.78
	E4	16.18	2.24	8.31	2.25	-21.14	1.56
	E5	1.15	3.10	30.52	0.45	-0.47	1.04
	E6	-0.21	0.30	1.46	1.34	1.35	1.38
5차	E1	-0.20	0.03	0.05	0.06	-0.03	0.03
	E2	-5.51	0.22	-1.37	0.64	6.78	0.02
	E3	0.15	0.26	0.24	0.54	-0.74	0.69
	E4	23.15	1.05	11.86	6.01	-17.14	2.42
	E5	1.99	3.37	28.85	0.50	-1.70	0.89
	E6	-0.17	0.60	0.36	0.43	0.14	0.42
전체	E1	-0.06	0.12	0.01	0.09	0.02	0.05
	E2	-5.26	0.86	-1.93	0.51	6.37	0.79
	E3	0.09	0.85	0.47	0.35	-0.72	0.19
	E4	21.34	4.54	10.75	2.11	-18.05	2.75
	E5	-1.34	5.04	28.75	1.82	0.81	3.33
	E6	-0.38	0.34	1.01	0.57	0.72	0.61

값은 1차시 0.49m/s, 3차 0.81m/s, 5차 0.74m/s로 나타났으며 임팩트 구간에서의 속도 값은 1차 0.34m/s, 3차 0.59m/s, 5차 0.59m/s로 볼의 운동방향인 y축의 신체 중심의 속도는 집중훈련 전 후 모두 다운스윙 시작과 더불어 증가하기 시작하여 임팩트시에서 감소하는 결과로 나타났다.

즉, 신체 중심은 임팩트전 구간인 미드다운스윙시 가장 빠른 좌우 이동속도를 나타냈다. Cochran & Stobbs(1968) 또한 다운스윙시 코킹각을 오래 유지하여 관성모멘트를 되도록 적게 해야만 스윙시 각속도를 크게 할 수 있으며, 임팩트시 클럽의 헤드 속도를 증가 시킬 수 있다고 하였다.

표 19. 그립속도 unit : m/sec

차수	단계	x		y		z	
		m	sd	m	sd	m	sd
1차	E1	-0.09	0.08	-0.03	0.09	0.02	0.01
	E2	-1.01	0.13	-1.60	0.02	2.03	0.12
	E3	-0.28	0.35	0.16	0.13	-0.39	0.12
	E4	3.42	0.01	7.96	1.75	-3.66	0.37
	E5	-4.26	0.42	7.42	1.64	2.34	1.47
	E6	0.00	0.25	0.14	0.40	-0.14	0.81
3차	E1	-0.10	0.22	-0.07	0.06	0.10	0.14
	E2	-1.44	0.06	-1.82	0.15	2.49	0.31
	E3	0.02	0.21	0.44	1.39	-0.18	0.39
	E4	2.88	1.12	7.60	0.34	-5.66	0.17
	E5	-1.28	0.15	8.98	0.76	1.23	0.67
	E6	0.08	0.82	0.33	0.28	-0.05	0.15
5차	E1	-0.02	0.08	0.03	0.06	-0.09	0.12
	E2	-1.50	0.30	-1.68	0.11	2.34	0.24
	E3	-0.11	0.16	0.29	0.46	-0.24	0.09
	E4	4.00	0.89	8.01	1.38	-4.65	0.81
	E5	-1.51	0.85	9.91	0.58	0.43	0.09
	E6	-0.20	0.30	0.40	0.07	-0.11	0.01
전체	E1	-0.07	0.04	-0.02	0.05	0.01	0.10
	E2	-1.31	0.27	-1.70	0.12	2.29	0.24
	E3	-0.13	0.15	0.30	0.14	-0.27	0.11
	E4	3.43	0.56	7.86	0.22	-4.66	1.00
	E5	-2.35	1.66	8.77	1.26	1.33	0.96
	E6	-0.04	0.14	0.29	0.14	-0.10	0.04

집중훈련 후인 3차시에 좌우 방향의 전체적인 속도는 증가하지만 미드다운스윙 시부터 속도를 점차적으로 감소시키게 되며 임팩트시에는 속도에 대한변화를 매우 적게 유지시킴으로써 임팩트시 클럽헤드의 속도증가를 위한 운동량 전이효과 즉 링크시스템이 효과적으로 운영되었다고 볼 수 있다. 또한 상하방향인 Z축의 미드다운스윙시 신체중심속도는 1차시 0.19m/s 3차시 0.07m/s, 5차시 0.24m/s로 나타났으며 임팩트시 1차는 0.29m/s 3차 0.27m/s 5차 0.34m/s로 나타남으로써 집중훈련을 통한 속도 증가가 나타났다. 이는 강한 임팩트를 위한 신체중심을하체로 빠르게 이동시키게 되어 위치에너지를 증가시킬 수 있는 것으로 사료된다. 1차 분석시 임팩트 직전인 미드다운스윙 구간의 좌우 (Y축) 그립 속도는 7.96m/s 이며 임팩트 순간은 7.42m/s로 나타났다.

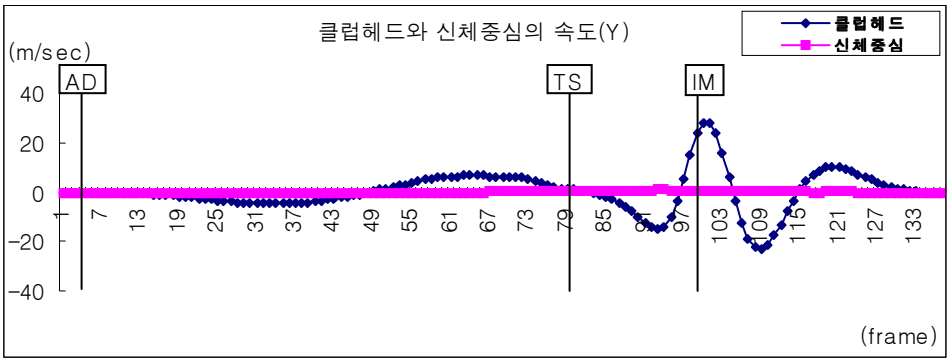

그림 35. 1차 좌·우 클럽헤드와 신체중심의 속도

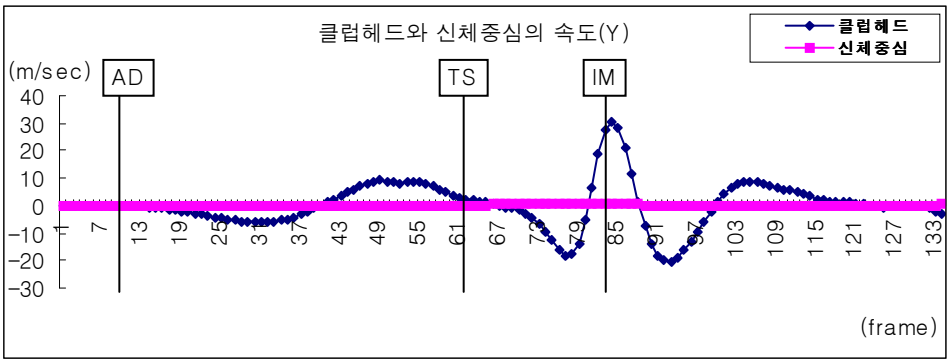

그림 36. 3차 좌·우 클럽헤드와 신체중심의 속도

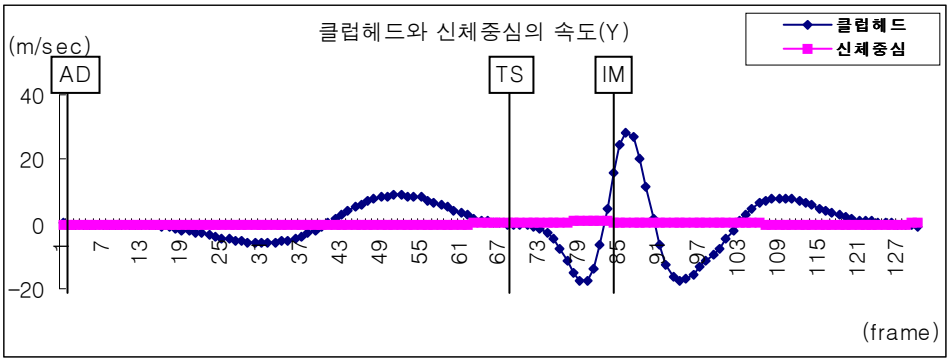

그림 37. 5차 좌·우 클럽헤드와 신체중심의 속도

집중훈련 후 3차와 5차시 미드다운스윙 구간의 속도는 각각 7.60m/s, 8.01m/s

표 20. 신체분절의 전·후 속도변화 unit : m/sec

차수	단계 (X 축)	그립속도	헤드속도
1차	E1	-0.06	0.01
	E3	-0.39	-0.89
	E5	-4.36	-7.24
3차	E1	-0.08	0.04
	E3	-0.05	0.84
	E5	-0.23	1.2
5차	E1	-0.05	-0.23
	E3	-0.25	0.01
	E5	-1.14	2.05

표 21. 신체분절의 좌·우 속도변화 unit : m/sec

차수	단계(Y 축)	그립속도	헤드속도
1차	E1	0.01	0.11
	E3	-0.17	-0.03
	E5	7.08	26.54
3차	E1	0.02	0.01
	E3	0.2	0.63
	E5	8.39	29.93
5차	E1	-0.03	-0.01
	E3	0.04	-0.01
	E5	9.32	28.26

표 22. 신체분절의 상·하 속도변화 unit : m/sec

차수	단계(Z 축)	그립속도	헤드속도
1차	E1	0.01	0.03
	E3	-0.41	-0.54
	E5	2.05	4.3
3차	E1	0.11	0.07
	E3	-0.14	-0.86
	E5	0.96	-0.74
5차	E1	-0.19	-0.13
	E3	-0.3	-0.8
	E5	0.09	-2.04

이며 임팩트 순간은 8.98m/s, 9.91m/s로 나타났다. 이러한 분석의 결과로 집중훈련 후 3차, 5차 분석의 속도차는 증가한 것으로 나타났으며 이는 황인승(1991)의 프로 골퍼들의 미드다운스윙시 손속도 8.0m/s와 비슷한 결과로 나타났다. 그러나 이기태와 강민식(1997)의 레슨프로 8.57m/s 보다 늦은 것으로 나타났으며 그립의 속도 증가는 원위 부위인 클럽헤드의 속도증가에 영향을 줄 것으로 사료된다.

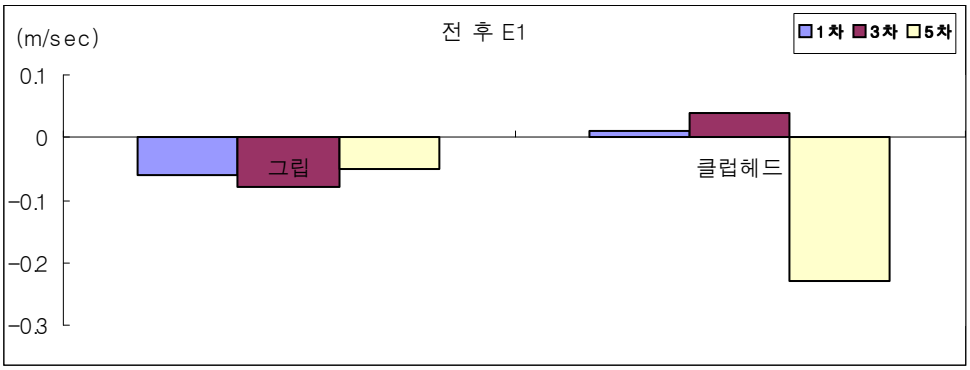

그림 38. 어드레스시 전·후 속도변화

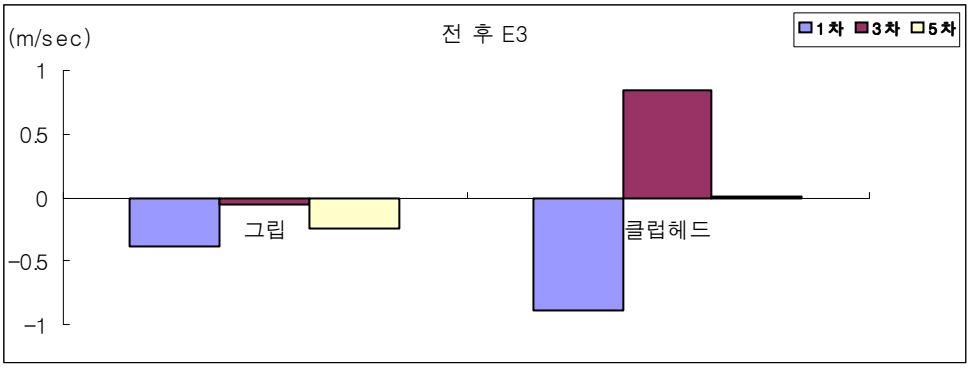

그림 39. 톱스윙시 전·후 속도변화

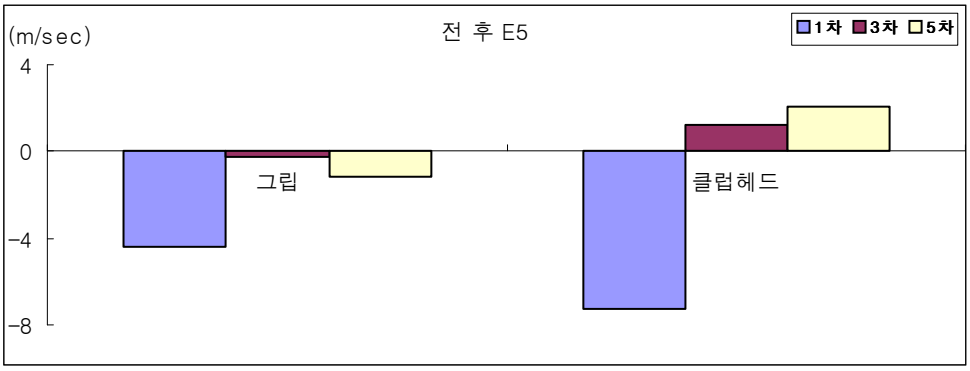

그림 40. 임팩트시 전·후 속도변화

클럽헤드의 볼 진행방향인 좌우(Y축)의 1차 분석시 속도는 미드다운스윙시

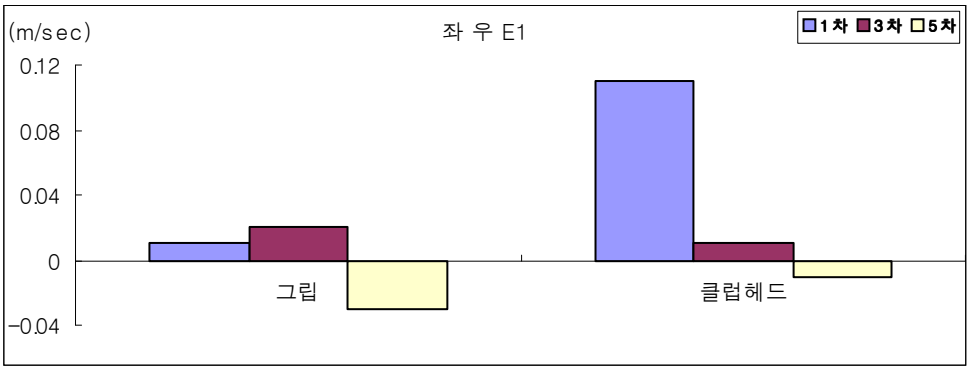

그림 41. 어드레스시 좌・우 속도변화

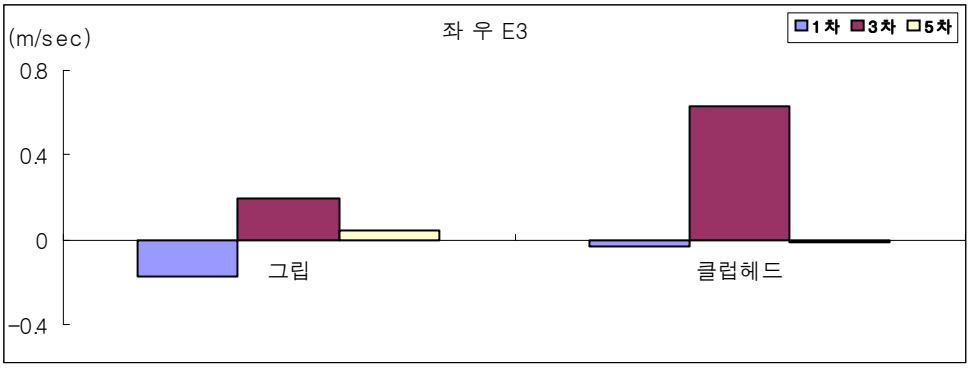

그림 42. 톱스윙시 좌・우 속도변화

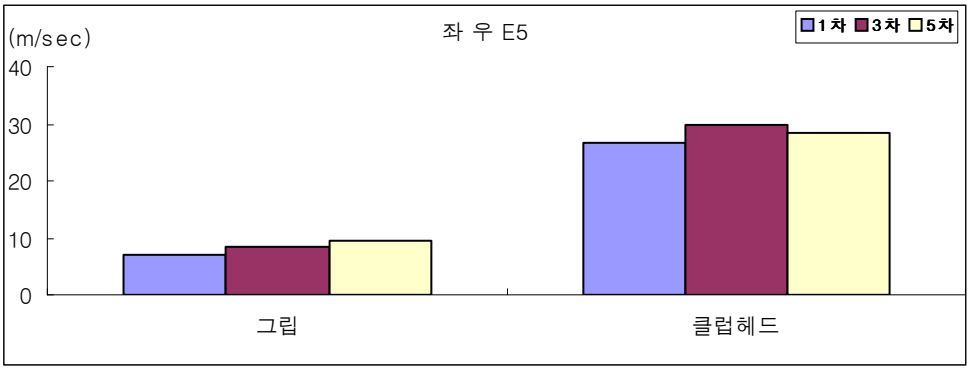

그림 43. 임팩트시 좌・우 속도변화

12.08m/s, 임팩트시 26.88m/s로 나타났으며 3차와 5차의 미드다운스윙시 속도는

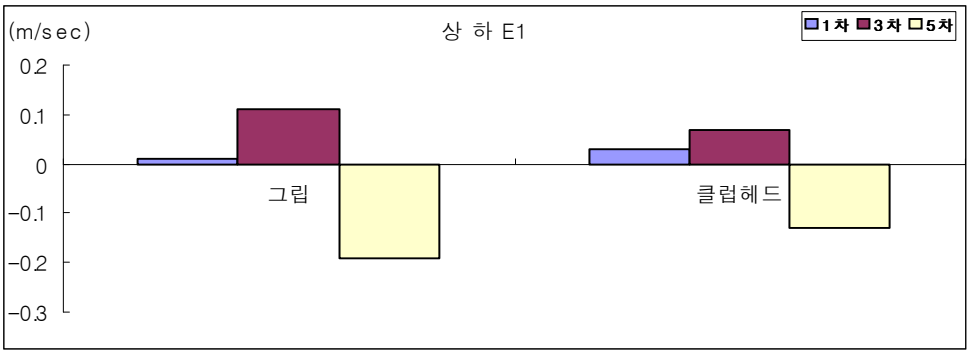

그림 44. 어드레스시 상·하 속도변화

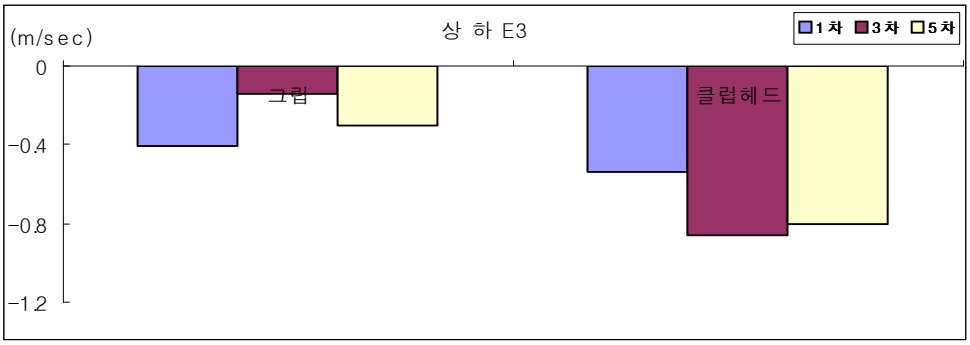

그림 45. 톱스윙시 상·하 속도변화

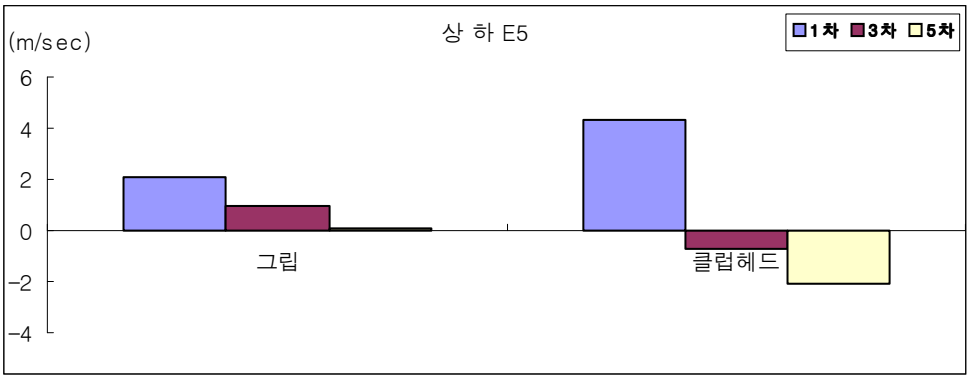

그림 46. 임팩트시 상·하 속도변화

각각 8.31m/s, 11.86m/s로 미미한 변화를 나타났다. 또한 임팩트시 3차와 5차 각

각의 속도값은 30.52m/s, 28.85m/s로 증가한 것으로 나타났다. 신체중심을 기준으로 한 그립과 클럽헤드의 1차시 임팩트 구간의 속도차는 7.08m/s, 26.54m/s, 3차시는 8.39m/s, 29.93m/s, 5차시는 9.32m/s, 28.26m/s로 나타났다.

이러한 신체중심, 그립, 클럽헤드의 속도 변화는 집중 훈련이 빠른 속도를 발생시키는데 많은 영향을 미친 것으로 볼 수 있다.

그러나 클럽헤드의 속도가 Milburn(1982)의 평균 43.45m/s, Daish(1972)의 평균 45.00m/s, Cochran(1968)의 평균 44.70m/s, 김무영(1995)의 41.97m/s, 송주호(1999)의 프로골퍼 45.51m/s로 나타난 것과 비교할 때, 본 연구의 속도는 크게 못 미치는 것으로 나타났으나, 이용구(2005)의 세미프로 골퍼 5명의 최고속도 23.54m/s 보다 빠른 것으로 나타났다.

그러나 프로골퍼들의 평균 최고속도에 근접하기 위해서는 더 많은 집중 훈련이 필요할 것으로 사료된다.

3) 각도

신체 각 관절점과 양 벡터에 대한 상대각도는 <표 23>~<표 24> 과<그림 47>~<그림 52> 에 나타난 바와 같다.

견관절 회전각과 고관절회전각은 좌측견관절에서 우측견관절 방향의 벡터와 가상의 축(Y축) 벡터와의 상대각으로 산출하였으며 Y축에 대하여 오픈인 경우에는 +각도로 정의하였고 클로즈인 경우에는 -각도로 나타내었다.

또한 코킹각은 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이어지는 벡터와 팔꿈치 관절로 이어지는 벡터의 상대각으로 산출하였다. 또한 전경각은 가상의 Z축과 견관절에서 고관절로 이어지는 벡터와의 상대각도를 산출하였다.

표 23. 신체분절의 각도 unit : degree

분절		코킹각(좌측)		전경각		견관절 회전각		고관절 회전각	
차수	단계	x		x		x		x	
		M	SD	M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	145.77	0.04	160.80	0.86	171.00	0.71	177.65	6.72
	E2	155.00	11.10	147.11	1.63	222.68	2.63	204.29	15.87
	E3	121.50	5.34	150.78	7.46	278.60	12.39	224.20	4.71
	E4	142.27	6.23	155.50	0.35	188.31	7.93	147.34	3.02
	E5	160.34	11.86	163.27	1.19	140.96	2.94	135.21	3.25
	E6	105.07	12.32	140.24	6.69	13.52	7.83	70.32	2.43
3차	E1	158.29	5.41	161.67	0.44	176.27	3.01	184.82	2.92
	E2	151.68	3.66	151.75	1.46	223.51	0.40	206.83	5.55
	E3	108.30	5.61	153.94	2.96	281.10	3.67	233.34	6.41
	E4	135.13	8.28	150.94	1.74	191.08	0.77	153.96	12.44
	E5	155.00	1.85	158.51	3.26	163.92	2.11	145.03	12.68
	E6	105.53	7.00	150.88	0.92	23.10	7.89	76.54	6.42
5차	E1	156.17	9.66	162.30	0.53	176.64	0.13	174.07	3.23
	E2	150.80	10.92	155.03	9.17	222.63	5.92	203.25	2.23
	E3	106.12	4.90	155.87	1.58	289.48	2.24	233.04	4.45
	E4	142.34	6.34	153.00	0.60	189.24	1.66	144.47	3.35
	E5	158.26	3.03	161.27	3.81	161.14	7.47	134.46	1.37
	E6	119.45	19.84	146.68	4.70	10.53	5.53	67.82	5.68
전체	E1	153.41	6.70	161.59	0.76	174.64	3.15	178.85	5.48
	E2	152.49	2.21	151.29	3.98	222.94	0.49	204.79	1.84
	E3	111.97	8.32	153.53	2.57	283.06	5.70	230.20	5.19
	E4	139.91	4.14	153.14	2.28	189.54	1.41	148.59	4.87
	E5	157.87	2.69	161.01	2.39	155.34	12.53	138.23	5.90
	E6	110.01	8.18	145.93	5.36	15.71	6.57	71.56	4.49

또한 코킹각은 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이어지는 벡터와 팔꿈치 관절로 이어지는 벡터의 상대각으로 산출하였다. 또한 전경각은 가상의 Z축과 견관절에서 고관절로 이어지는 벡터와의 상대각도를 산출하였다.

1차시기의 고관절회전각은 E1이 177.65°, E3는 244.20°, E5는 135.21°이었으며 5차시기의 E1은 174.07°, E3는 233.04°, E5는 134.46°로 나타났다.

또한 고관절회전각을 기준으로 상대적인 각도의 차이는 1차시기의 견관절회전각에서는 E1이 6.65°, 코킹각 31.88°, 전경각 16.85° E3는 -54.4°, 102.7°, 73.42° E5는 -5.75°, -25.13°. -28.06° 3차시기의 E3는 -47.76°, 125.04°, 79.04° E5는 -18.89°,

-9.97°, -13.48° 5차시기의 E3는 -56.44°, 126.92°, 77.17° E5 -26.68°, -23.8°, -26.81°로 나타났다.

표 24. 고관절에 대한 신체분절각의 상대각도 unit : degree

차수(각도)	단계	견관절 회전각	코킹각(좌측)	전경각
1차	E1	6.65	31.88	16.85
	E3	-54.40	102.70	73.42
	E5	-5.75	-25.13	-28.06
3차	E1	8.55	26.53	23.15
	E3	-47.76	125.04	79.40
	E5	-18.89	-9.97	-13.48
5차	E1	-2.57	17.90	11.77
	E3	-56.44	126.92	77.17
	E5	-26.68	-23.80	-26.81

특히 코킹각이 1차시기의 톱스윙에서 121.50°, 3차시기 108.30°, 5차시기 106.12°를 나타냄으로써 집중적인 신체적, 기술적 트레이닝을 통하여 코킹각이 효과적으로 나타나는 형태를 보여주고 있으며, 이는 클럽을 이동시킴에 따른 관성모멘트를 작게함으로써 에너지를 최적의 스윙동작으로 진행시킬 수 있는 형태이며 임팩트시에는 회전반경을 크게 가져오게 됨으로써 선속도 증가를 가져와 운동량 증가에 많은 영향을 미치게 된다. 또한 상체 전경각에서는 1차~5차시기까지 비슷한 형태의 각도가 어드레스보다 2.47°, 톱스윙과는 12.49°의 차이가 발생하며 이는 어드레스~임팩트까지 급격한 상체의 전경각에대한 변화를 보이게 됨으로써 불안정한 자세를 보이는 것으로 나타났다. 즉 톱스윙과 임팩트와의 차이가 3차 시기에서는 4.57°, 5차시기는 5.4°의 변화를 보임으로써 안정된 형태의 스윙동작이 이루어 질 것으로 사료되며 이는 장기간의 체력적 기술적 훈련을 실시한 결과라고 볼 수 있다.

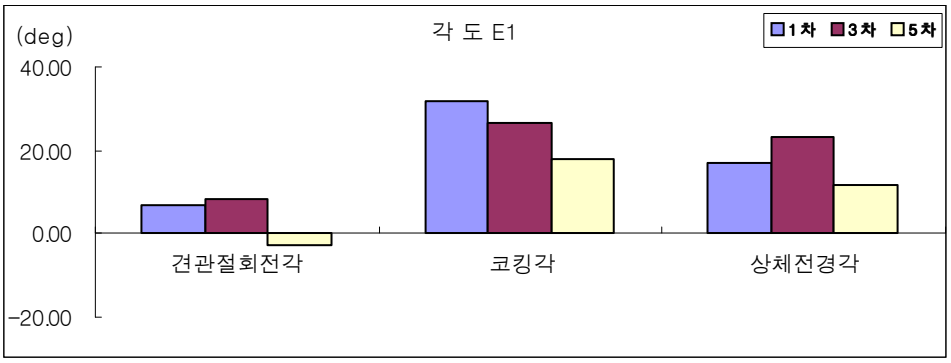

그림 47. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(어드레스, E1)

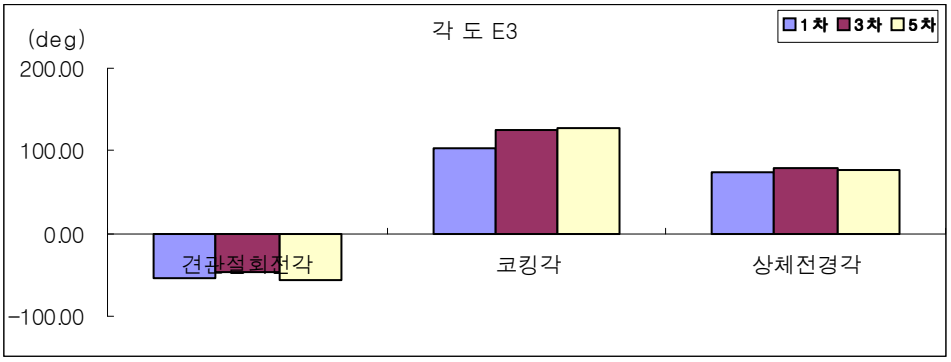

그림 48. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(톱스윙, E3)

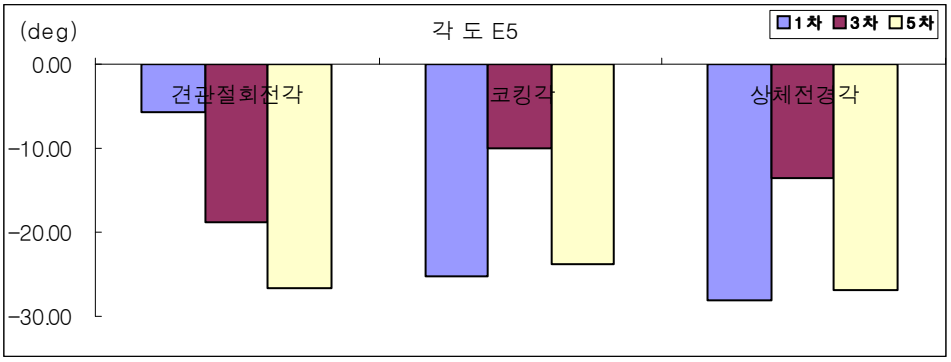

그림 49. 고관절에 대한 신체분절의 상대 각도변화(임팩트, E5)

전체 평균값에서 52.86°의 차이로 견관절회전각이 크게 나타났으며, 임팩트시에는

17.11°의 차이로 견관절회전각이 큰 것으로 나타났다. 이는 고관절회전각이 견관절의 회전각보다 크게 회전함으로써 지연히팅 이루어지게 되며 이는 강하고 정확한 임팩트를 수행하는데 유리함으로 작용할 것으로 판단된다.

선행 연구들의 각 정의를 보면 본 연구와 반대인 각도로 정의하였다. Y축에 대하여 오픈인 경우를 -각도로 정의하였고 클로즈인 경우에는 +각도로 정의 하였으므로 180°도를 기준으로 선행 연구들의 각도를 빼면 본연구와 비교할 수 있을 것이다. 배성재(1995)등은 어드레스시 견관절회전각이 -6.5°, 톱스윙시 110.7°도 임팩트시 -8.2°도로 나타났으며 고관절의 회전각은 어드레스시 0.02°, 톱스윙시 24.5°, 임팩트시 -21.6° 코킹각은 어드레스시 147.3°, 톱스윙시 87.7°, 임팩트시 150.8°도로 나타났다. 또한 코킹각도에서는 어드레스시 147.3° 톱스윙시 87.7° 임팩트시 150.8°도로 나타났다.

또한 문병일(2004)은 어드레스시 전경각의 각도는 어드레스시 21.19° 톱스윙시 28.52° 임팩트시 24.39°로 나타났으며 선행 연구와 본 연구를 비교하여 보면 어드레스시 견관절회전각도는 1차, 3차, 5차시와 거의 일치하는 것으로 나왔다. 톱스윙시는 1차 77.0°, 3차 79.5°, 5차 97.8°도 배성재(1995)의 연구보다 크게 회전 각도가 나타났으며 임팩트시는 1차 -30.8°, 3차시는 -7.8° 5차시는 -10.66°로 선행연구 보다 적은 회전 각도가 나타났다 이는 톱스윙시 견관절 회전을 크게 하면서 큰 원심력을 이용하여 가장 효율적인 스윙을 한 것으로 사료되며 임팩트시 1차시에는 많은 각도차이가 났으며 3차, 5차시엔 작은 각도 변화로 나타났는데 이는 하체가 어드레스시보다 열린 상태로 유지하고, 상체는 회전력의 증가로 닫힌 상태로 임팩트 되었기 때문인 것으로 사료된다. 고관절 회전각도는 어드레스시, 톱스윙, 임팩트시를 보면 5차시를 선행연구와 비교하여 보면 -5.7°, 28.54°, -10.72° 나타났다. 이는 어드레스시 거의 비슷한 유형을 나타내만 톱스윙시에서는 고관절의 회전을 크게 하게 됨으로써 많은 운동량이 증가할 것으로 사료되며 임팩트시는 고관절이 좌우 방향(Y축)에 대하여 닫힌 상태로 유지되어 상체의 회전 동작을 도와주기 위한 것으로 판단된다.

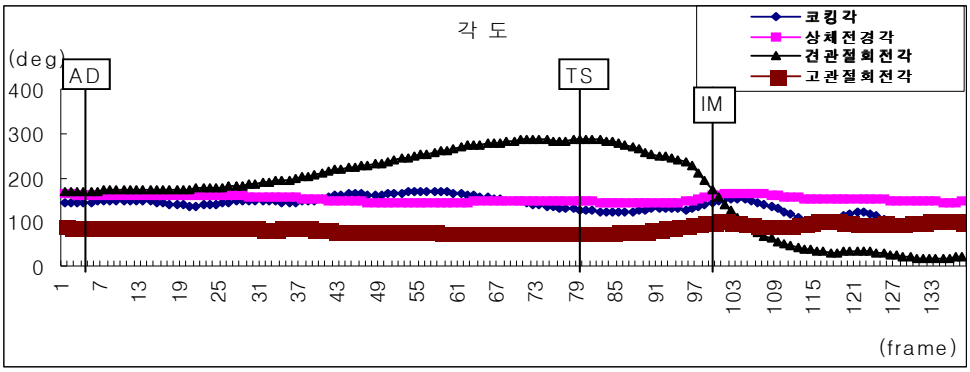

그림 50. 1차 JTH 신체분절 각도변화

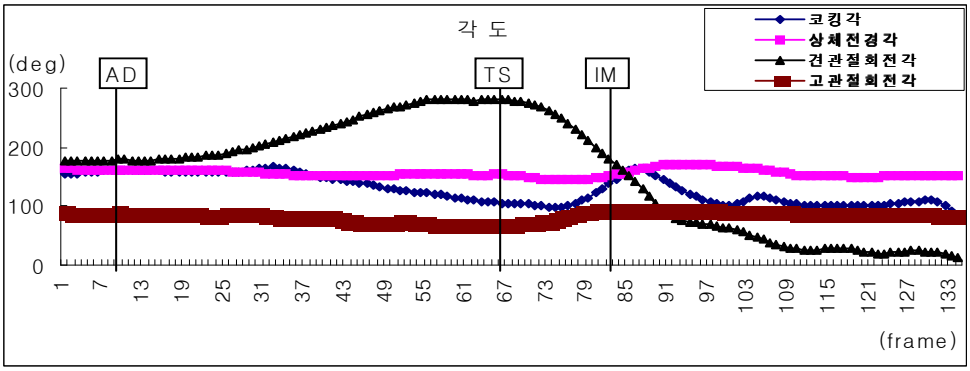

그림 51. 3차 JTH 신체분절 각도변화

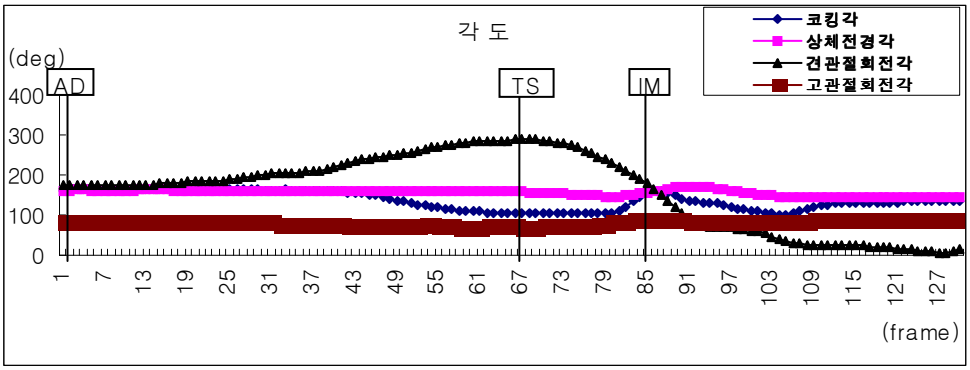

그림 52. 5차 JTH 신체분절의 각도변화

코킹각은 5차시 배성재(1995)와 비교해보면 어드레스시, 톱스윙, 임팩트시, 8.87°, 18.42°, 7.46°로 차이가 나타났으며 Budney와 Bellow(1985)는 클럽헤드의 가속에 가장 큰 영향을 주는 요인 중 다운스윙시 손목의 언코킹 작용을 말하였으며 이는 손목의 코킹각에 대한 중요성을 설명한 것으로 볼 수 있다. 본 연구와 선행연구를 비교하여 보면 톱스윙시를 제외하곤 비교적 차이가 적은 것으로 나타났으며 어드레스와 임팩트 사이의 코킹 각도가 비교적 일관성 있는 스윙동작을 구사한 것으로 나타났다.

또한 문병일(2004)은 코킹 각도를 그대로 유지한 상태로 오랫동안 유지 시킨다는 것은 스윙의 회전에 대한 관성 능률을 적게 하여 스윙의 각속도를 크게 해 클럽헤드의 속도를 더 빠르게 할 수 있으며, 충분한 회전속도가 발생한 시점에서 빠르게 코킹을 풀면 왼팔과 샤프트가 일직선이 되며 이때 임팩트 해야만 축적된 에너지를 최대한 공에 전달할 수 있다고 하였고, 이는 본 연구결과와 일치한 것으로 나타났다.

또한 전경각은 선행연구와 5차시를 비교하였을 때 E1이 3.49°, E3는 4.39°, E5는 5.66°가 더 크게 나타났으며 이는 상체를 전체적으로 세우게 됨으로써 업라이트스윙을 하면서 몸의 회전없이 팔로만 스윙을 하는 경향이 나타난 것으로 사료된다.

4) 각속도

신체 각 관절점과 양벡터에 대한 상대각속도는 <표 25>~<표 26>와 <그림 53>~<그림 58>에 나타난 바와 같다.

고관절 각속도와 견관절 각속도는 가상의 Y축 벡터와 좌측 고관절에서 우측고관절로 이루어지는 벡터와의 상대적 각속도를 산출 하였으며 코킹각속도는 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이어지는 벡터와 팔꿈치관절로 이어지는 벡터의 상대각속도로 산출하였다.

표 25. 신체분절각의 각속도 unit : deg/sec

분절		코킹(좌측)		견관절 회전각		고관절 회전각	
차수	단계	x		x		x	
		M	SD	M	SD	M	SD
1차	E1	76.02	16.53	9.17	6.88	53.21	22.35
	E2	62.90	82.58	186.47	83.37	166.52	30.35
	E3	-55.98	30.94	-54.87	33.71	-62.61	42.16
	E4	438.35	160.06	-840.02	388.00	-253.01	71.91
	E5	57.35	116.21	-790.93	216.22	-187.87	19.21
	E6	-300.19	374.18	-42.45	216.31	-95.59	132.07
3차	E1	-5.37	8.49	-6.60	9.84	-5.56	5.69
	E2	-127.93	63.38	207.85	29.13	77.94	15.55
	E3	-34.89	2.83	-17.32	132.24	-115.19	1.59
	E4	490.99	36.51	-565.74	12.65	-244.70	26.62
	E5	187.11	330.41	-597.07	15.86	-163.28	15.39
	E6	45.74	11.57	-9.50	72.36	-15.48	4.26
5차	E1	21.98	12.52	5.41	2.79	5.95	17.19
	E2	-34.46	13.53	232.86	27.01	113.08	18.10
	E3	1.13	3.42	-17.34	54.48	-79.68	6.70
	E4	603.63	58.88	-710.40	98.50	-330.78	30.24
	E5	132.52	15.25	-795.44	41.13	-239.67	123.47
	E6	7.26	3.06	-62.90	72.32	-7.16	60.54
전체	E1	30.87	41.42	2.66	8.23	53.21	-5.56
	E2	-33.16	95.42	209.06	23.22	166.52	77.94
	E3	-29.91	28.88	-29.84	21.67	-62.61	-115.19
	E4	510.99	84.43	-705.39	137.21	-253.01	-244.70
	E5	125.66	65.15	-727.81	113.25	-187.87	-163.28
	E6	-82.39	189.59	-38.28	26.94	-95.59	-15.48

또한 코킹각속도는 손목관절을 축으로 하여 손끝으로 이루어지는 벡터와 팔꿈치로 이어지는 벡터의 상대각도를 산출하였다. 고관절각속도는 1차시 E1이 53.21°/sec, 견관절각속도는 9.17°/sec, 코킹각속도는 76.02°/sec로써 어드레스시에 불안정한 각속도가 나타나고 있으며 이는 숙련되지 못한 골퍼들에세 흔히 나타날 수 있는 현상이라 볼 수 있다. 3차시에는 고관절 -5.56°/sec, 견관절 -6.60°/sec, 코킹 -5.37°/sec로써 훈련에 의한 안정적인 어드레스 자세를 유지하고 있다고 볼 수 있다.

또한 5차시 역시 안정적인 어드레스 자세가 나타난다고 볼 수 있다. 뿐만 아니라 E4에서 코킹 603.63°/sec, 견관절 -710.40°/sec, 고관절 -330.78°/sec의 수치를 보임으로써 모든 차시중 가장 안정적이고 이상적인 자세를 유지한 것으로 나타났다.

표 26. 신체분절의 각속도 차이 unit : deg/sec

차수(각속도)	단계	코킹각(좌측)	견관절 회전각	고관절 회전각
1차	E1	76.02	9.17	53.21
	E3	-55.98	-54.87	-62.61
	E5	57.35	-790.93	-187.87
3차	E1	-5.37	-6.60	-5.56
	E3	-34.89	-17.32	-115.19
	E5	187.11	-597.07	-163.28
5차	E1	21.98	5.41	5.95
	E3	1.13	-17.34	-79.68
	E5	132.52	-795.44	-239.67

김성일(2002)에 따르면 stiff 샤프트를 가지고 같은 시점에서 -641.465°/sec의 값으로 본 연구의 같은 시점에 따른 각속도 값이 비슷한 결과로 나타났다.

Milburn(1982)의 결과는 경과시간이 30% 경과한 시점 언코킹이 시작될 무렵 견관절에 대한 팔의 각속도는 헤드의 원심력의 증가로 인해 감소하기 시작하며, 이는 손목관절이 가지고 있던 회전력에 합해져서 임팩트시 까지 유지하게 된다고 하였다. 또한 Budney와 Bellow(1982), Neal과 Wilson(1985), Williams(1969)는 다운스윙의 두 번째 단계에서 손과 그립에 작용하는 힘을 이해하는 것이 중요하다고 하였으며 스윙시 손과 그립에 작용하는 힘은 견관절-팔-손의 지레가 구심력에 어떤 역할을 하지가 중요하다고 하였다. 즉 구심력에 저항하는 손은 언코킹 지점이 최대한 임팩트에 가까워지면서 클럽헤드의 가속도를 증가시키는 반면에 손의 각속도는 감소시키게 한다. 따라서 감소된 손의 각속도는 클럽헤드의 스피드를 가속시켜 파워를 증가시키게 된다(Cochran & Stobbs, 1985)고 하였으며 이러한 연구결과와 비교하였을 때 본 연구에서 5차시 코킹이 오랫동안 유지된 것은 톱스윙 후 다운스윙이 이루어지면서 고관절이 먼저 회전되고 견관절이 이후에 회전되면서 코킹의 각속도는 손목의 신전에 의한 동작이 아닌 몸통의 회전에 의한 자연스러운 코킹이 유지되는 것이며, 관성모멘트의 효율적 유지로써 스윙동작에 유리함으로 작용하게 될 것이다.

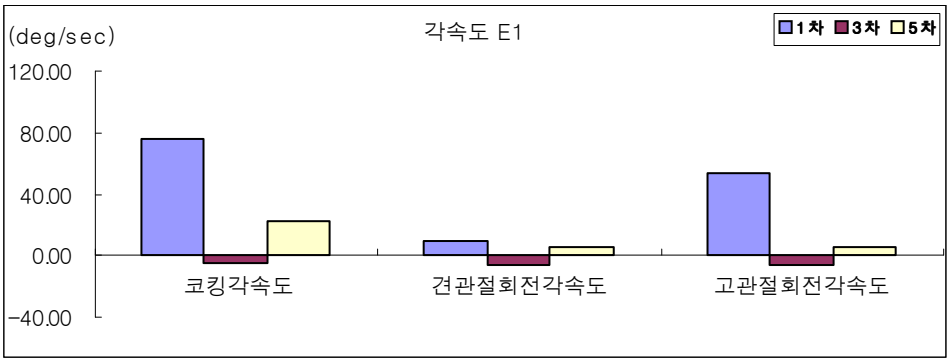

그림 53. 어드레스시 신체분절의 각속도 차이 변화

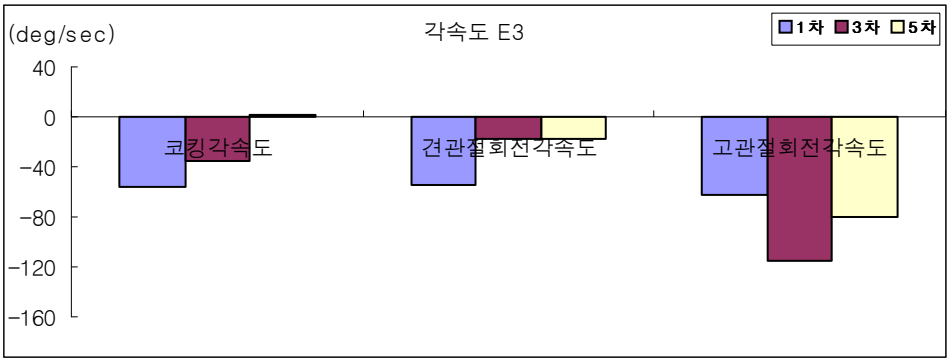

그림 54. 톱스윙시 신체분절의 각속도 차이 변화

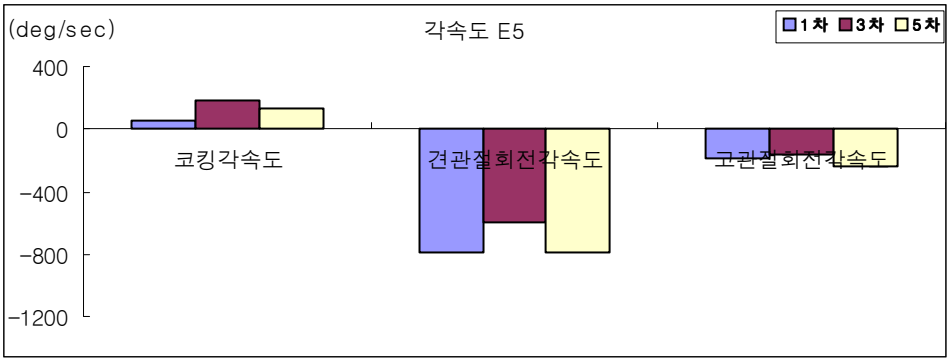

그림 55. 임팩트시 신체분절의 각속도 차이 변화

1차시 E4의 고관절의 각속도에 대한 견관절과 코킹의 각속도의 차이는 -587.01°/sec, 691.36°/sec이며 E5는 -603.06°/sec, 245.22°/sec로 나타났다.

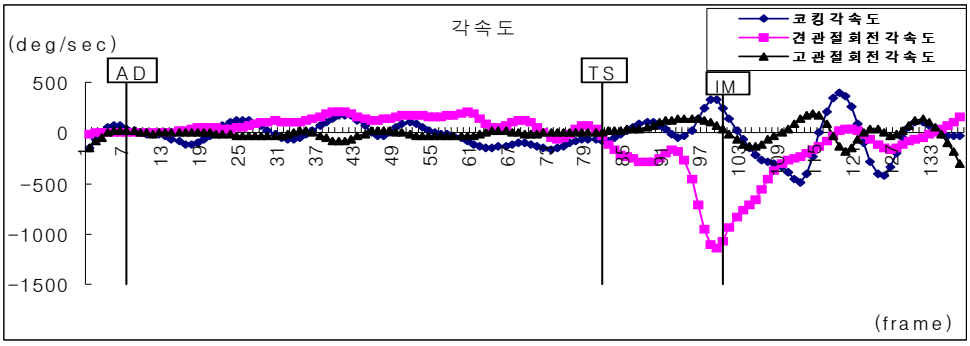

그림 56. 1차 JTH 신체분절의 각속도변화

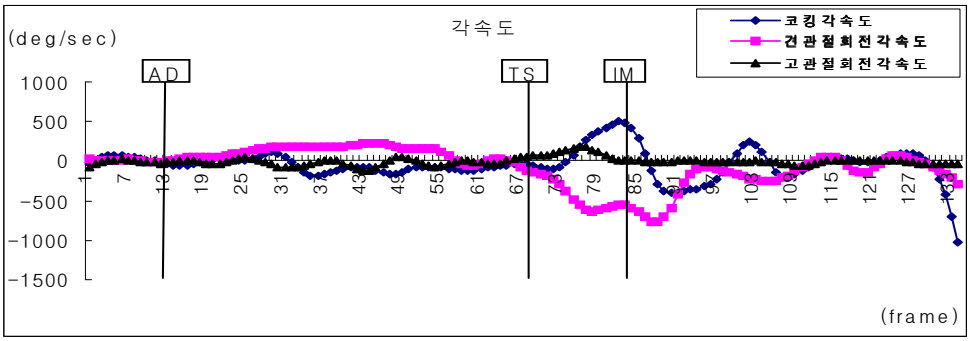

그림 57. 3차 JTH 신체분절의 각속도변화

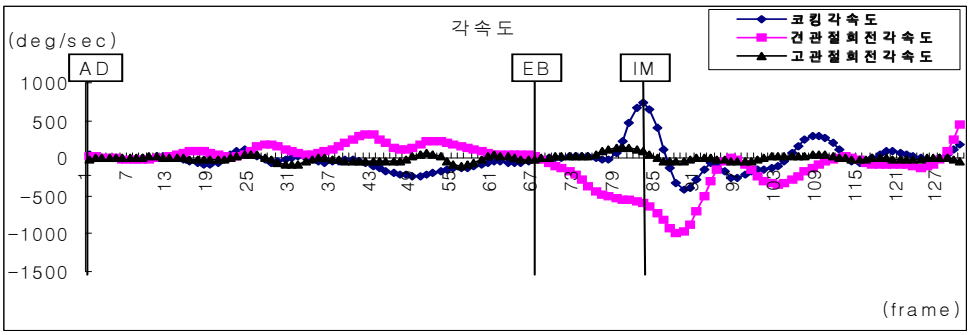

그림 58. 5차 JTH 신체분절의 각속도변화

이는 가장 빠른 각속도 구간이 미드다운스윙이라고 볼 수 있으며 연구결과 또한 일치하는 것으로 나타났다.

6. 운동역학적(Kinetic) 요인 분석

1) 지면반력 (GRF)

어드레스부터 팔로스로우까지의 각각의 국면을 설정하여 오른발과 왼발에 지지하는 각 방향(X, Y, Z)의 힘 성분을 분석함으로써 스윙의 흐름에 따라 체중의지지 및 변화 형태를 규명 할 수 있을 것으로 판단된다.

본 연구에서 각각의 발에 나타난 지면반력의 힘 값은 <표 27>과 <그림 59~61>에 나타난 바와 같다.

표 27. 지면반력(GRF)의 변화 unit : N

차수	단계	plate 1(왼발)							plate 2(오른발)						
		X		Y		Z		%	X		Y		Z		%
		M	SD	M	SD	M	SD		M	SD	M	SD	M	SD	
1차	E1	14.40	55.41	-1.65	31.86	289.50	65.23	46.60	17.30	58.24	3.65	30.67	331.78	71.59	53.40
	E2	-29.72	31.80	-14.69	20.9	275.29	358.59	45.25	-14.72	44.66	17.39	7.64	333.13	343.95	54.75
	E3	47.95	143.25	23.09	87.02	396.00	245.35	47.06	38.53	111.29	6.60	97.33	445.52	432.89	52.94
	E4	13.26	28.41	-16.62	27.15	224.40	106.73	41.69	25.62	31.23	7.04	57.59	313.87	85.94	58.31
	E5	8.70	38.17	-14.92	25.02	217.82	58.05	36.97	-11.58	62.15	10.23	29.13	371.31	14.88	63.03
	E6	-8.45	60.54	7.55	9.14	297.27	106.43	47.50	9.87	55.47	-3.42	4.11	328.56	97.03	52.50
3차	E1	-39.29	5.89	-17.59	8.23	333.75	50.23	49.33	63.28	21.61	21.42	16.72	342.86	163.13	50.67
	E2	-57.71	21.49	-6.30	16.69	515.99	57.55	75.62	31.68	1.86	19.21	10.63	166.33	22.07	24.38
	E3	-69.19	0.61	31.91	10.88	381.19	40.99	56.57	19.80	11.41	-35.58	13.35	292.61	70.08	43.43
	E4	-9.25	42.74	25.09	89.89	220.80	16.28	27.83	82.70	20.75	-8.21	72.05	572.68	62.61	72.17
	E5	6.54	32.46	17.34	72.29	183.16	22.78	26.33	62.89	17.56	19.54	28.80	512.45	22.31	73.67
	E6	-21.50	5.27	9.41	5.05	211.72	10.76	30.70	22.86	10.49	-7.25	20.44	477.95	110.11	69.30
5차	E1	-47.47	22.96	-13.71	6.51	317.14	10.43	48.04	62.81	25.20	13.96	0.25	343.04	46.01	51.96
	E2	-66.59	22.30	-9.87	14.29	437.07	96.14	65.92	45.97	10.26	12.84	13.04	225.97	45.91	34.08
	E3	-35.47	22.32	82.83	51.47	347.60	37.86	50.08	7.41	25.50	-85.14	62.18	346.46	4.40	49.92
	E4	-28.41	8.05	-6.61	27.44	310.68	43.07	49.89	36.50	55.57	-4.13	20.97	312.05	337.17	50.11
	E5	-22.36	37.13	-20.05	21.29	327.15	120.24	52.39	18.80	30.48	9.73	5.11	297.36	278.29	47.61
	E6	-1.95	3.28	3.25	7.24	148.13	14.79	22.45	16.74	5.78	1.95	16.24	511.56	39.62	77.55
전체	E1	-24.12	33.61	-10.98	8.31	313.46	22.36	48.03	47.80	26.41	13.01	8.93	339.22	6.45	51.97
	E2	-51.34	19.24	-10.28	4.21	409.45	122.71	62.87	20.98	31.73	16.48	3.28	241.81	84.52	37.13
	E3	-18.90	60.30	45.95	32.25	374.93	24.80	50.91	21.91	15.66	-38.04	45.92	361.53	77.56	49.09
	E4	-8.13	20.86	0.62	21.77	251.96	50.88	38.67	48.27	30.31	-1.77	7.89	399.53	149.95	61.33
	E5	-2.37	17.35	-5.88	20.27	242.71	75.16	38.14	23.37	37.44	13.17	5.52	393.71	109.28	61.86
	E6	-10.63	9.95	6.74	3.16	219.04	74.84	33.27	16.49	6.50	-2.90	4.62	439.36	97.41	66.73

1차 분석시 왼발과 오른발에 대한 E1의 전·후(X축)방향의 힘값은 왼발 14.40N, 오른발 17.30N로 나타났으며 이는 양발이 모두 뒤쪽으로 힘을 주고 있는 것으로 나타났다. E2를 보면 왼발이 -29.72N, 오른발이 -14.72N이었으며, 이는 어드레스와 반대인 성향이 나타났다. 이것은 체중이동이 앞뒤로 움직이면서 불안한 스윙동작을 하는 것으로 사료된다. 또한 E5에서는 왼발이 8.70N, 오른발이 -11.58N으로 임팩트에서 왼발을 뒤쪽으로 지지하고 있고 오른발은 앞쪽으로 지지하는 것으로 나타났다. 따라서 임팩트시 오른발 지면반력이 앞쪽에 있고, 왼발이 뒤쪽에 있으면 공의 방향이 훅성 볼이 나올 가능성이 많다고 사료된다. 몸의 회전이 뒤쪽으로 회전하면서 좌·우(Y축)방향의 힘 값을 보면 E1에서 왼발이 -1.65N, 오른발이 3.65N로 나타났으며 E3는 왼발이 23.09, 오른발이 6.60N, E5는 왼발이 -14.92N, 오른발이 10.23N으로 나타났다. 또한, 상하(Z축)방향의 힘 값을 보면, E1은 왼발이 46.60%, 오른발이 53.40%이었으며, E3에서는 왼발은 47.06%, 오른발은 52.94%, E5에서는 왼발이 36.97%, 오른발이 63.03%로 나타났다. 톱스윙시와 마찬가지로 오른발에 체중을 더 지지하는 것으로 나타났으며 임팩트시 체중이동이 오른발에서 왼발로 전이가 되지 않았음으로 임팩트시 운동량 증가가 낮게 나타나게되어 불리함으로 작용하게 될 것으로 판단된다.

3차시 양발에 대한 E1 전·후(X축)방향의 힘 값을 보면 왼발이 -39.29N, 오른발이 63.28N으로써 왼발은 1차시기와 반대의 값이 나타났으며 오른발은 1차시기보다 뒤쪽으로 힘을 주고 있는 것으로 나타났다. 따라서 왼발은 앞쪽을 향해서 힘을 가하고 있으며 오른발은 위쪽으로 힘을 지지하면서 앞뒤로 힘을 유지함으로써 중심을 잡고 있는 것으로 사료된다. E3에서는 왼발이 -69.19N, 오른발이 19.80N으로 이는 왼발이 1차시기와 비교하여 힘을 주고 있는 방향이 뒤쪽에서 앞쪽으로 옮겨져서 지탱하고 있는 것으로 나타났으며, 오른발은 1차시보다 힘을 적게 지지하는 것으로 나타났다. 이는 톱스윙에서 다운스윙을 할 때 안정적인 자세를 유지하는 것으로 판단된다. E5에서는 왼발이 6.54N, 오른발이 62.89N로 임팩트시 오른발이 뒤쪽으로 더 지지하는 것으로 나타났다.

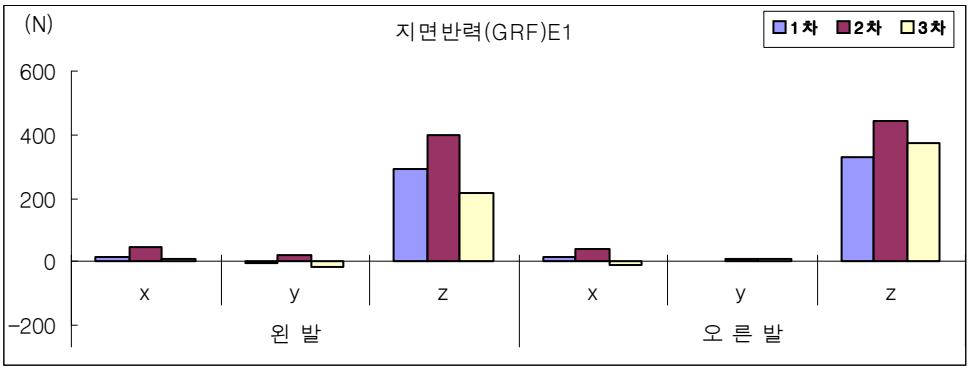

그림 59. 어드레스시 지면반력 변화

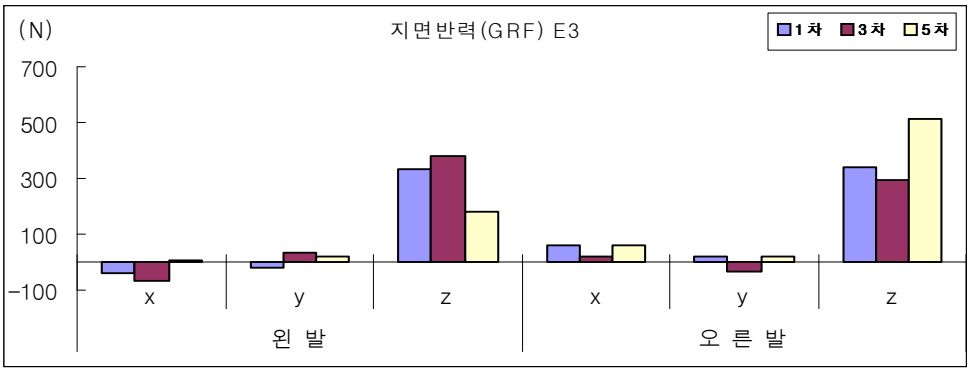

그림 60. 톱스윙시 지면반력 변화

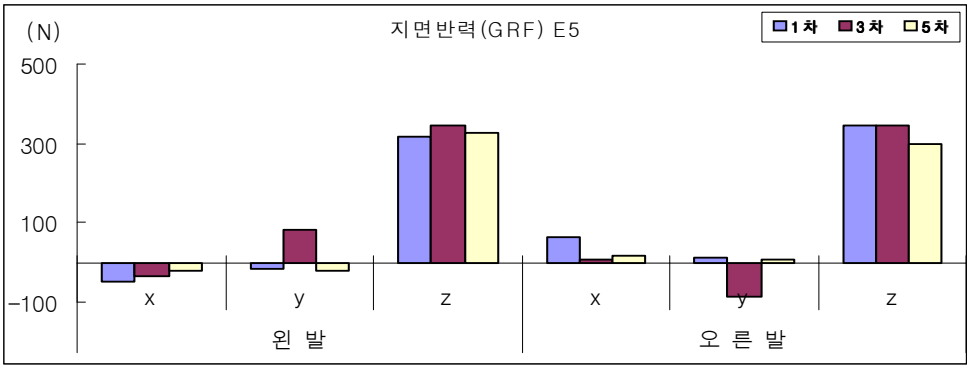

그림 61. 임팩트시 지면반력 변화

즉, 임팩트시 전·후 힘이 양발 모두 뒤쪽으로 향해 있으므로 중심을 유지하기

가 어려울 것으로 판단된다. 좌・우(Y축)를 보면 왼발이 -17.59N, 오른발이 21.42N으로써 1차시와 비슷한 양상을 보였다. E3에서는 왼발 31.91N, 오른발이 -35.58N으로 이러한 결과는 왼쪽 무릎을 안쪽으로 가져오면서 체중에 대한 상당 부분을 지탱해 주고 있으며 오른발은 오른쪽으로 밀고 있는 것으로 나타났다. 이는 임팩트시 양발 모두가 우측으로 밀게 됨으로써 운동량 증가는 시킬 수 있지만, 양발이 중심을 유지하면서 정확한 스윙동작을 구사하기 어려울 것으로 사료된다. 상・하(Z축)를 보면 E1 왼발이 49.33%, 오른발이 50.67%로 나타났으며 이는 어드레스시 양발에 고르게 힘을 주면서 안정적인 자세를 유지 하는 것으로 판단된다.

E3에서는 왼발이 56.57%, 오른발이 43.43%이었으며, 톱스윙시 1차시와 같은 현상으로 왼발에 힘을 더 많이 지지하는 것으로 나타났다. E5에서 왼발이 26.33% 오른발이 73.67%로 왼발에 비하여 오른발에 체중을 더 많이 두고 스윙하는 것으로 나타났다. 5차시 양발에 대한 전・후(X축)방향 E1의 힘 값을 보면 왼발이 -47.47N, 오른발이 62.81N으로 3차시와 비슷한 양상을 보였다. E3에서 왼발이 -35.47, 오른발이 7.41N으로 이는 충분한 톱스윙을 구사하기 위하여 하체가 큰 힘으로 지지하고 있으며 이로 인하여 자연스러운 톱스윙을 유도할 수 있는 형태로 판단된다. E5에서는 왼발이 -22.36N, 오른발이 18.80N으로 양발이 앞뒤로 지지하는 것으로 나타났으며, 왼발이 오른발에 비하여 더 큰 힘으로 미는 것으로 나타났다. 이는 양발에 고른 부하를 가하게 함으로써 임팩트시 안정적인 형태의 스윙동작을 구사할 수 있는 것으로 사료된다.

5차시 좌・우(Y축)E1에서 왼발은 -13.71N, 오른발은 13.96N으로 1차와 3차가 비슷한 양상으로 나타났다. E3에서 왼발이 82.83N, 오른발이 -85.14N으로 하체가 양발을 고르게 지탱하면서 안정적 자세를 유지하는 것으로 사료된다. E5에서 왼발은 -20.05N, 오른발은 -9.73N으로 나타났으며, 임팩트시 왼발을 안쪽으로 밀면서 중심을 잡고 정확한 스윙을 하는 것으로 판단된다.

Calsoo(1967)는 골프스윙과 같은 회전운동의 경우에는 지지 힘의 방향과 크기에 어느 정도 영향을 미칠만하다고 하는 비대칭운동은 없지만 일찍이 지면반력의 변화양상을 연구하였다. 각 스윙국면에 따라서 전단력(shear force)이 큰 차이가 있었

으며, 전후방향과 좌우측 방향의 힘은 약간의 크기로 변화하였다고 보고한 바 있다. 이러한 변화는 미숙련자보다 숙련자의 경우가 적었던 것으로 분석되었으며 이는 숙련된 골퍼가 공통적인 체중이동 패턴을 가지는 반면, 비 숙련자들은 변화가 크기 때문이라고 하였다.

특징적인 지면반력의 패턴에 의해 비우수의 골퍼와 우수 골퍼를 구별하는 것이 가능하며, 또한 지지를 위한 유일한 기반으로서의 발은 클럽을 스윙할 경우 신체의 동작을 일으키는 근원으로서의 중요성도 가진다고 하였다.

5차시 상·하(Z축)왼발를 보면 E1은 48.04%, 오른발은 51.96%이었으며, E3에서 왼발은 50.08%, 오른발은 49.92% E5에서는 왼발이 52.39%, 오른발이 47.61% 로써 왼발이 오른발보다 힘을 더 가하면서 1차와 3차시기가 다르게 양발에 고르게 힘을 유지하는 것으로 나타났으며 임팩트시 안정적인 스윙동작을 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

이에 대하여 Wallace(1990)은 골프스윙동작 중에 발이 지면에 가하는 압력 패턴에 대한 연구에서 숙련자가 비숙련자 보다 하체를 많이 활용하는 스윙을 한다고 밝혔으며 숙련자는 하체의 대근육을 활용하여 큰 힘을 발생시키는데 비숙련자는 하체보다 팔에 의한 스윙으로 힘의 이동을 충분히 하지 않는다고 하였다. 유재청(1991)은 어드레스시 양발의 상하 방향의 값은 왼발, 오른발이 각각 47.7%, 51.9% 톱스윙에서 11.8%, 85.2% 임팩트시는 48.3% 32.0%로 나타나 있으며, 김무영(1995)은 왼발과 오른발 각각 45.7%, 49%, 톱스윙시 15.8%, 76.7% 임팩트시 76.2%, 40.0%이었으며 이종훈(1998)은 49.0%, 55.4% 톱스윙시 22,4%, 79.2% 임팩트시 64.5%, 23.2% 로 보고하였다.

또한 지면반력의 수직 값의 크기는 피험자의 체중의 크기에 따라 조금씩 다르게 나타나며 가장 큰 비율을 보였던 시점은 임팩트 직전의 왼발이었으며 이는 Cooper(1974)의 드라이브 종류에 따른 각 국면별 체중이동의 결과와 비슷한 체중의 지지율이 나타났다. Richard(1985)는 톱스윙시 73~79%와 비교할 때 다소 적은 지지율을 보였다. 임팩트시에는 왼발이 31%, 오른발이 23%의 지탱율을 보였고, 이를 양 발에 대해 백분율화하면 왼발이 74%, 오른발이 26%의 비율를 보인 결과가 되

어 이는 Cooper(1974)의 75%, 25%의 수준과 같다고 할 수 있다. 따라서 본 연구의 1차, 3차, 5차시의 어드레스시와 거의 일치한 양상을 보인 것으로 나타났으며, 톱스윙시를 보면 1차시는 비슷하지만 오른쪽으로 더 지지하는 양상을 보였고 3, 5차시를 보면 선행연구와 다른 반대인 결과가 나타났다. 또한 임팩트시를 보면 1, 3차시는 오른발에 체중을 더 많이 지지하는 것으로 나타났으며 3차시는 체중이 비슷하게 분포되어 있지만 왼발이 조금 더 체중을 지지하는 것으로 나타났고 선행 연구와 비교해보면 상이한 결과를 보였다. 이는 1차, 3차시보다 훈련을 거듭할수록 5차시가 더 좋은 양상으로 변하는 것으로 나타났고 점차적으로 체중이동이 오른발에서 왼발로 전이되는 현상을 보였다.

한편, 좌우 힘의 이용에서 왼발의 경우는 볼의 비행방향인 발의 바깥방향으로 계속 힘을 적용시키고 미드다운스윙 국면에서 발 안쪽으로 잠시 옮겨지게 되며 다시 임팩트 직전에 발 바깥쪽으로 힘을 가한 것을 알 수 있다. 이는 왼발의 경우 오른발과 서로 비례하여 힘을 주는 방향은 반대로 향하게 함을 알 수 있다. 즉 스윙국면동안 오른발 바깥을 향하여 힘이 집중되어 있는 것을 알 수 있다.

7. 체력훈련과 비거리와의 관계

1) 비거리

각 차수별 비거리에 관한 내용은 <표 28>~<표 34>과 <그림 62>~<그림 68>에 나타난바와 같다. 비거리 변화를 알아보기 위한 측정은 측정 대상자들이 사용하는 드라이버로 충분히 준비운동을 실시한 후 드라이버샷을 10회 실시하였다. 집중훈련 전·후에 따른 비거리 증가는 <표 28>에서 보는 바와 같이 집중훈련 전 1차시 sub1은 226yd, sub2는 199yd, sub3은 201yd로 나타났으며, 집중훈련 후인 5차시에는 sub1 275yd, sub2는 259yd, sub3은 261yd로 증가한 것으로 나타났다.

표 28. 차수별 비거리 unit: yard

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	비거리	226	255	261	272	276
sub2		199	228	233	244	259
sub3		201	218	230	245	261

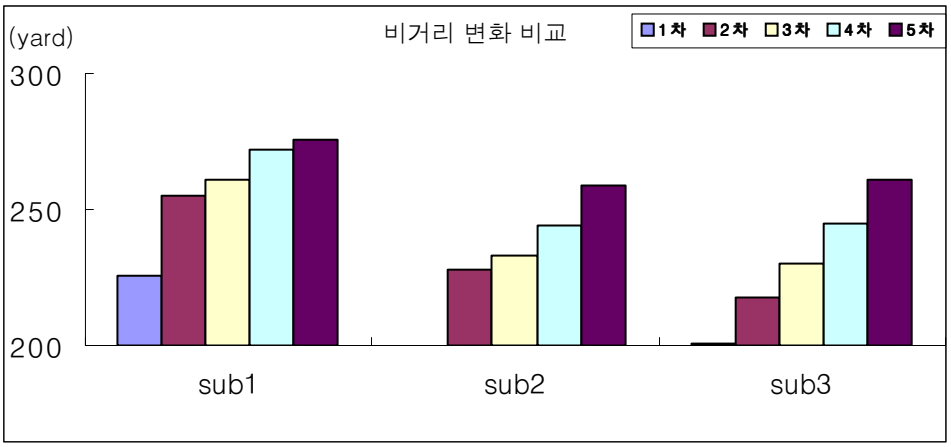

그림 62. 비거리 변화 비교

김재하(1998)에 의하면 드라이버샷에 있어서 8주간의 근파워 트레이닝은 클럽헤드의 속도, 볼의 비거리에서 유의한 증가를 나타냈다고 보고하였다. 서재명(1992)은 집단별 웨이트 트레이닝의 경우 훈련 전·후 볼 속도, 거리에서 의미있는 향상을 보였다고 보고 하였으며 최용재(2003) 등은 웨이트 트레이닝을 중심으로 한 트레이닝은 골프의 비거리, 클럽헤드의 스피드, 볼 스피드에 향상을 가져온다고 보고하였다. 또한 조상우 등(2004)은 최대근력의 40%로 등장성 웨이트 트레이닝을 8주간 실시한 연구결과에서 비거리에 증가를 나타냈다고 보고 하였다. 이러한 선행 연구결과들과 운동강도와 운동방법에 차이를 나타내고 있지만 본 연구결과와 유사한 결과를 나타내었다. 이러한 결과는 집중훈련을 통한 기초체력증가는 골프 비거리에 영향을 미치는 것으로 사료된다.

2) 근력

각 차수별 근력에 관한 내용은 <표 29>와 <그림 63>에 나타난바와 같다. <표 29>에서 보는 바와 같이 집중훈련 전·후 악력에 변화는 훈련 전 1차시 sub1에서 45kg에서 훈련 후 5차시에 48kg로 증가한 것으로 나타났으며 sub2 는 40.6kg에서 45.8kg로 나타났다. sub3은 1차시 41.6kg에서 46.9kg으로 증가한 것으로 나타났다.

표 29. 근력 측정표 unit : kg·중

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	악력	45.8	47.1	47.9	48.2	48.9
sub2		40.6	39.0	41.8	43.2	45.2
sub3		41.4	44.8	43.9	46.9	49.6
sub1	배근력	81	90	99	99	121
sub2		98	110	118	123	132
sub3		88	96	110	121	126

집중훈련 전·후 배근력은 훈련 전 1차시에 sub1이 81kg·중에서 훈련 후 5차시에 121kg·중으로 증가했으며 sub2에서는 98kg·중에서 132kg·중으로 sub3은 88kg·중에서 126kg·중으로 증가한 것으로 나타났다.

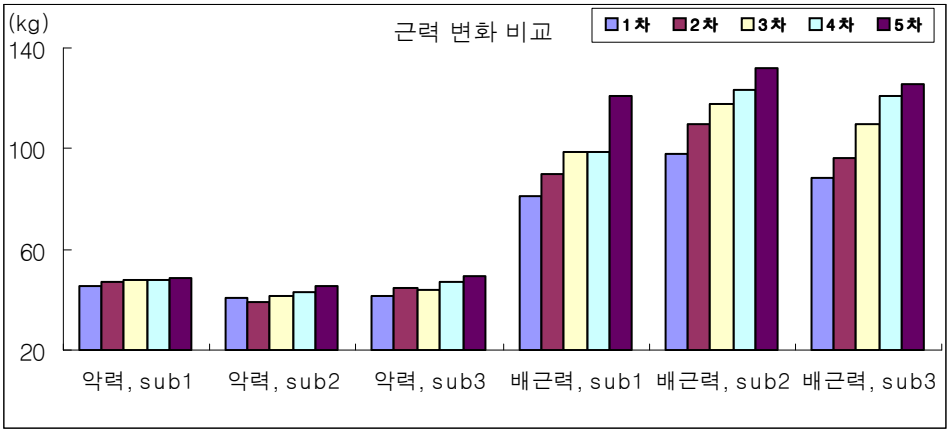

그림 63. 근력 변화 비교

이는 설정덕(1994)의 power training이 근파워를 향상시켜 전체적인 몸의 중심과 안정된 자세를 유지하도록 하는 기초체력을 증진시킨다고 하였으며 본 연구가 얻고자하는 결과와 일치하는 것으로 나타났다.

그러나 운동선수의 근기능을 보다 정확히 평가하기 위하여 등속성 장비등과 같이 연구의 필요성에 더욱 적합한 평가가 이루어질 수 있는 장비의 도입이 필요하다고 볼 수 있다.

3) 근지구력

각 차수별 근지구력에 관한 내용은 <표 30>과 <그림 64>에 나타난 바와 같다.

표 30. 근지구력 측정표 unit : 회

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	윗몸일으키기	24	27	30	35	38
sub2		28	27	30	36	40
sub3		25	28	31	35	40
sub1	팔굽혀펴기	31	36	38	49	52
sub2		49	55	60	62	66
sub3		44	50	58	61	65

집중훈련 전·후 윗몸 일으키기는 훈련 전 1차 측정 시에 sub1은 24회에서 훈련 후 5차시에는 38회로 증가한 것으로 나타났으며 sub2 는 28회에서 40회로 sub3는 1차시 25회에서 5차시 40회로 증가한 것으로 나타났다. 집중훈련 전·후 팔굽혀펴기는 훈련 전 1차 측정시 sub1은 31회에서 훈련 후 5차시에 52회로 증가했으며 sub2는 49회에서 66회로 sub3은 44회에서 65회로 많은 증가를 보였다.

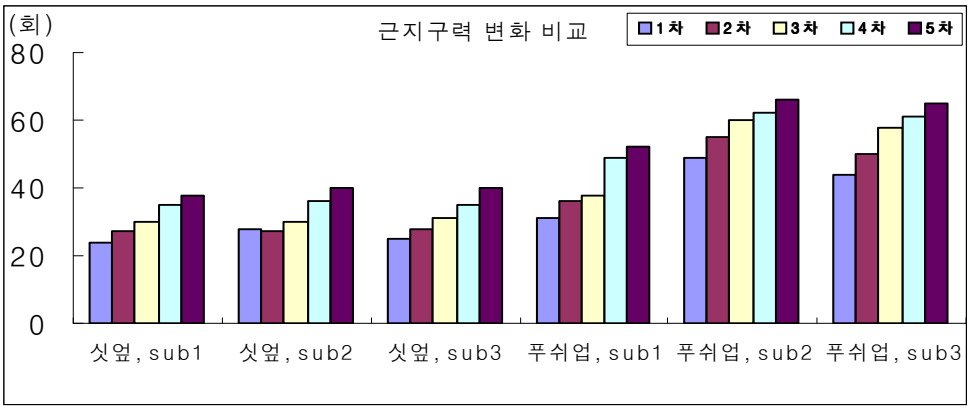

그림 64 근지구력 변화 비교

골프경기는 예선과 본선을 합해 연속적으로 4라운드를 하며 스윙동작과 걷기동작을 지속적으로 해야 하기 때문에 기술적인 요인 못지않게 체력적인 요인이 중요시 된다(우제홍 등, 2000). 또한 허남양(2000)은 골프스윙시 복부부위인 복직근, 외복사근, 내복사근의 기능이 중요하므로 윗몸일으키기가 중요한 변인으로 작용하였다고 보고 하였다. 이러한 연구결과를 미루어볼 때 훈련을 통한 근지구력 향상은 골프경기 기술을 향상시키는데 필수적인 요인으로 작용할 것으로 사료된다.

4) 민첩성 및 평형성

각 차수별 민첩성과 평형성에 관한 내용은 <표 31>~<표 32>와 <그림 65>~<그림 66>에 나타난바와 같다. 사이드스텝 수는 훈련 전 1차시 sub1은 33회에서 훈련 후 5차시에 38회로 증가했으며, sub2는 27회에서 39회로, sub3은 28회에서 38회로 큰 증가를 나타냈다.

표 31. 민첩성 측정표 unit : 회/20sec

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	사이드스텝	33	33	34	35	38
sub2		27	33	38	39	39
sub3		28	30	35	36	38

<표 32>에서 보는 바와 같이 집중훈련 전후 눈감고 외발서기는 훈련 전 1차시 sub1은 44초에서 훈련 후 5차시에 198초로 증가했으며, sub2는 112초에서 180초로, sub3은 66초에서 176초로 증가를 나타냈다.

표 32. 평형성 측정표 unit : sec

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	눈감고 외발서기	44	153	173	169	198
sub2		112	131	155	121	180
sub3		66	68	110	111	176

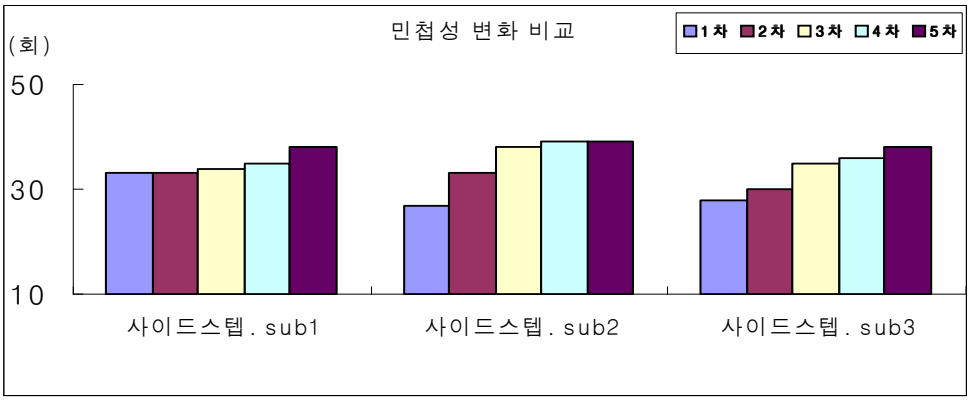

그림 65. 민첩성 변화 비교

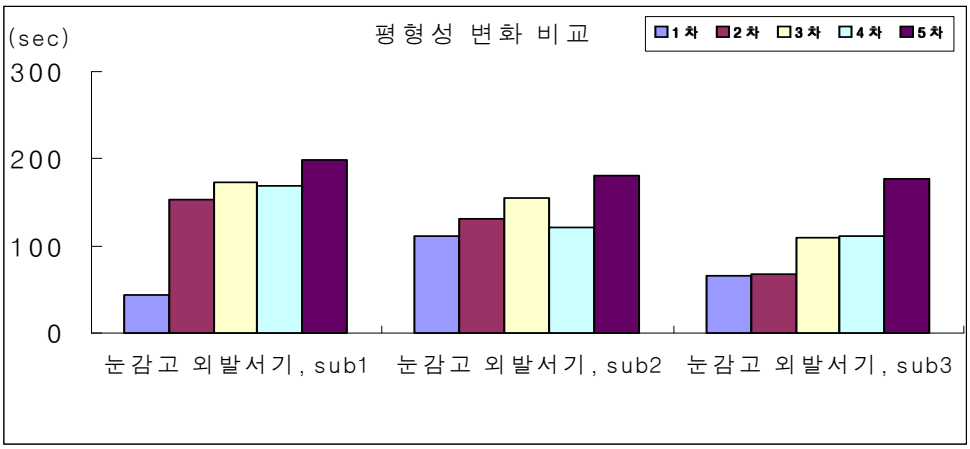

그림 66. 평형성 변화 비교

5) 순발력

각 차수별 순발력에 관한 내용은 <표 33>과 <그림 67>에 나타난바와 같다.

표 33. 순발력 측정표 unit : cm

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	제자리	50	52	58	64	70
sub2	높이뛰기	70	74	73	77	83
sub3		48	50	50	55	58

<표 33>에서 보는 바와 같이 집중훈련 전·후 서전트 점프는 훈련 전 1차시 sub1은 50cm에서 훈련 후 5차시에 62cm로 증가했으며, sub2는 70cm에서 81cm로, sub3은 48cm에서 58cm로 많은 증가를 나타냈다.

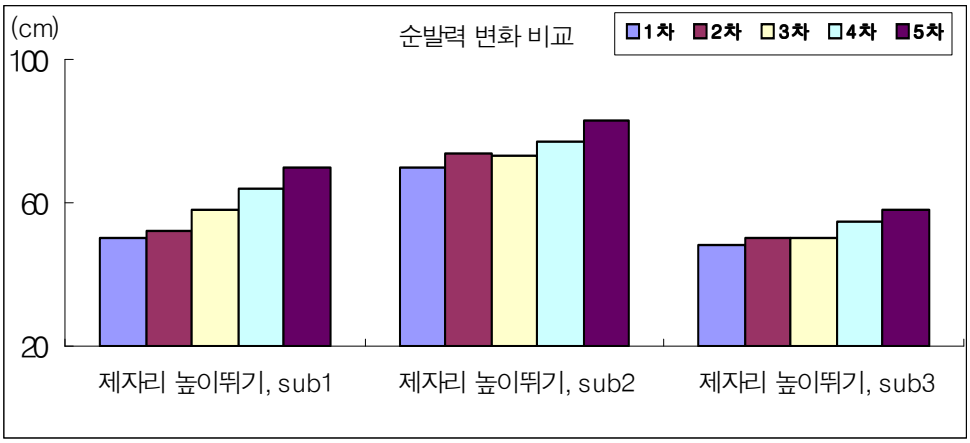

그림 67. 순발력 변화 비교

이는 Broer(1973)의 근수축은 클럽헤드의 속도를 내는데 중요하며 근수축 속도가 빠를수록 클럽헤드의 속도는 증가된다고 보고하였으며, 이제식(1994)은 하체 트레이닝 이후의 근력향상은 하체를 고정시켜 체중을 지지하며 신체의 균형을 유지하

는 중요한 역할을 한다는 연구결과를 보고하였다. 이러한 연구결과로 미루어 볼 때 트레이닝을 통한 순발력 향상은 클럽헤드 속도를 증가시킨 것으로 사료된다.

6) 유연성

각 차수별 유연성에 관한 내용은 <표 34>과 <그림 68>에 나타난 바와 같다.

표 34. 유연성 측정표 unit : cm

Subject	시기 / 요인	1차	2차	3차	4차	5차
sub1	윗몸 앞으로 굽히기	10.1	14.8	14.8	16.5	18.1
sub2		9.4	14.3	15.5	14.6	16.6
sub3		4.5	11.8	13.5	17.4	18.1

집중훈련 전·후 윗몸 앞으로 굽히기는 훈련 전 1차시 sub1은 10.1cm에서 훈련 후 5차시에 17.1cm 증가했으며, sub2는 9.4cm에서 16.6cm로, sub3은 4.5cm에서 18.1cm로 상당한 증가를 나타냈다.

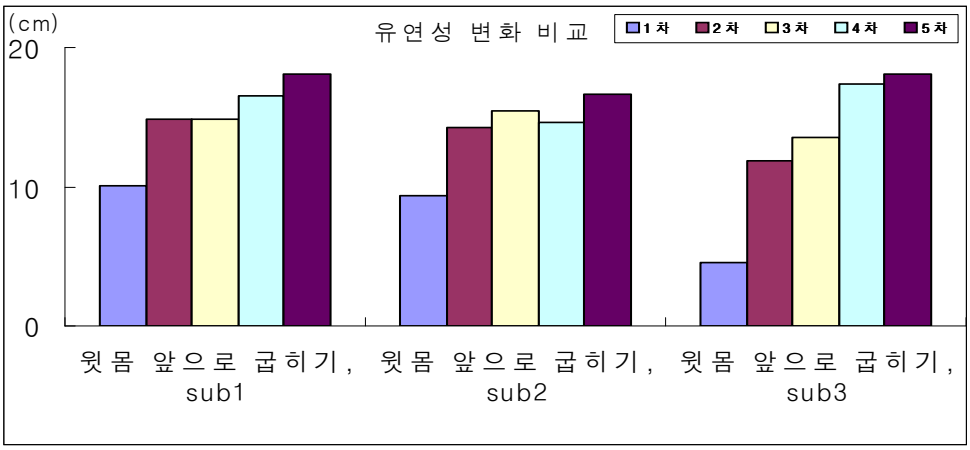

그림 68. 유연성 변화 비교

Anderson(1980)에 의하면 유연성 증가는 근장력과 더불어 운동범위를 크게하고

매우 자연스러운 동작을 용이하게 하기위한 조정력 향상과 관절의 가동범위를 증가시킨다고 발표하였고, Morehouse(1990)은 백스윙시 목, 견관절, 팔꿈치, 손목, 무릎에서 작은 회전이 일어나면 운동범위가 감소되어 클럽의 스피드와 거리에 감소하게 되므로 유연성이 골프경기에 중요한 영향을 미친다고 보고하였다.

이러한 결과들을 미루어 볼 때 근력 및 근지구력, 유연성 및 평형성, 순발력의 증가는 클럽과 몸의 일치감을 형성하고, 파워 및 안정성, 정확성을 향상시켜 골프선수의 경기력 향상에 뚜렷한 증가를 가져올 것이며 비거리 향상에도 효과적인 것으로 사료된다.

8. 골프 기술훈련과 운동역학적 변인의 관계

2년에 걸친 훈련 기간동안 체력훈련과 더불어 기술훈련을 실시하였으며 이때의 기술훈련은 기본기술, 현장적용기술, 응용기술들을 세밀하게 구분하여 집중적으로 실시하였다. 이때 기술훈련에 대한 성취수준은 라운딩에 의한 평균 타수를 기록하여 측정에 대한 대체 방법으로 산출하였다.

라운딩에 대한 타수의 내용은 <표 35>와 <그림 69>에 나타난 바와 같다.

표 35. 평균 타수

피험자 / 차수	sub1	sub2	sub	M	SD
1차	97.00	106.00	92.00	98.33	7.09
2차(국내)	78.00	81.50	80.00	79.83	1.76
3차(국외)	77.50	78.00	78.00	77.83	0.29
4차(국내)	76.00	78.00	78.50	77.50	1.32
5차(국외)	76.00	77.00	78.00	77.00	1.00

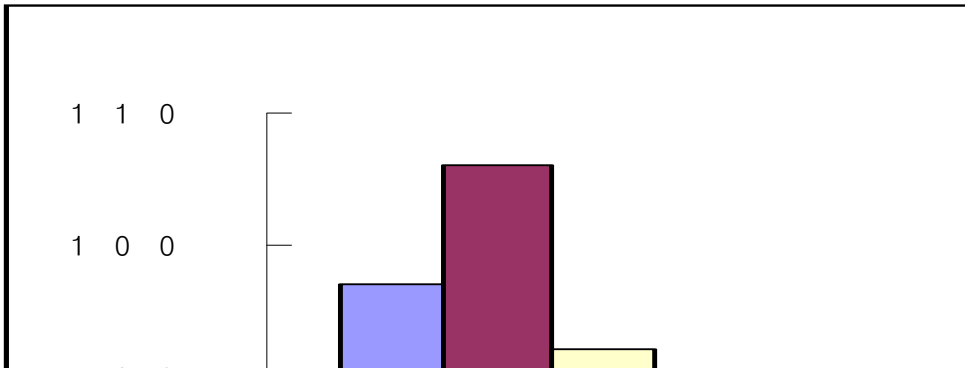

그림 69. 평균타수

표 36. 신체분절의 주요변인

분절	차수	1차			3차			5차		
	단계	E1	E3	E5	E1	E3	E5	E1	E3	E5
견관절 회전각(deg)	x	171.00	278.60	140.96	176.27	281.10	163.92	176.64	289.48	161.14
고관절 회전각(deg)	x	177.65	224.20	135.21	184.82	233.34	145.03	174.07	233.04	134.46
신체중심 위치(m)	x	0.27	0.28	0.29	0.31	0.30	0.31	0.25	0.23	0.27
	y	0.52	0.38	0.55	0.63	0.53	0.71	0.58	0.46	0.64
	z	0.92	0.94	0.95	0.89	0.94	0.90	0.91	0.94	0.92
그립위치 (m)	x	0.50	0.19	0.62	26.74	2.91	28.27	26.53	5.02	31.07
	y	0.62	0.31	0.76	36.01	24.20	38.96	35.27	27.31	38.28
	z	0.65	1.77	0.82	29.57	83.68	33.84	31.18	80.90	36.06
지면반력 왼발 (N)	x	14.40	47.95	8.70	-39.29	-69.19	6.54	-47.47	-35.47	-22.36
	y	-1.65	23.09	-14.92	-17.59	31.91	17.34	-13.71	82.83	-20.05
	z	289.50	396.00	217.82	333.75	381.19	183.16	317.14	347.60	327.15
	%	46.60	47.06	36.97	49.33	56.57	26.33	48.04	50.08	52.39
지면반력 오른발 (N)	x	17.30	38.53	-11.58	63.28	19.80	62.89	62.81	7.41	18.80
	y	3.65	6.60	10.23	21.42	-35.58	19.54	13.96	-85.14	9.73
	z	331.78	445.52	371.31	342.86	292.61	512.45	343.04	346.46	297.36
	%	53.40	52.94	63.03	50.67	43.43	73.67	51.96	49.92	47.61

신체분절의 주요변인에 대한 내용은 <표 36>과 <그림70~81>에 나타난 바와 같다.

본 연구는 기술적 훈련 프로그램을 적용하여 1차시부터 5차시까지의 주요 변인을 각 단계별로 비교 분석 하였으며, 운동학적 및 운동역학적 변인은 고관절회전각도, 견관절회전각도, 신체중심의 위치, 손끝의 위치, 지면반력(GRF)의 자료들을 추출하여 분석하였다.

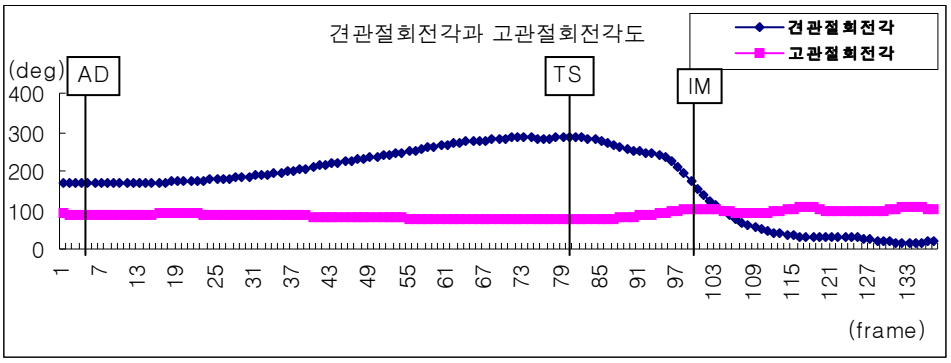

그림 70. 견관절회전각과 고관절회전각도 1차

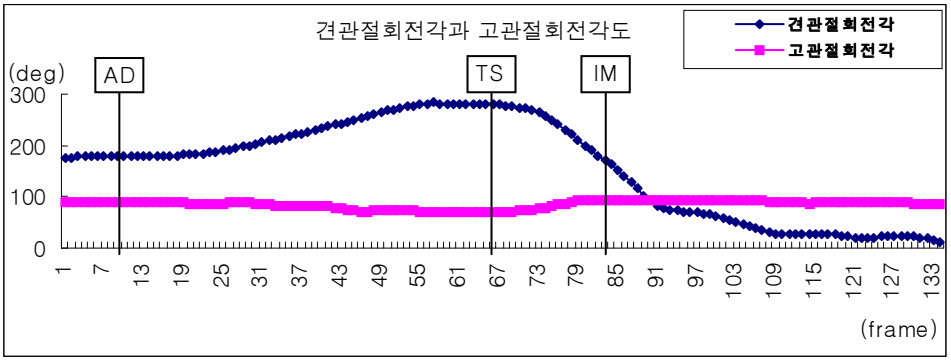

그림 71. 견관절회전각과 고관절회전각도 3차

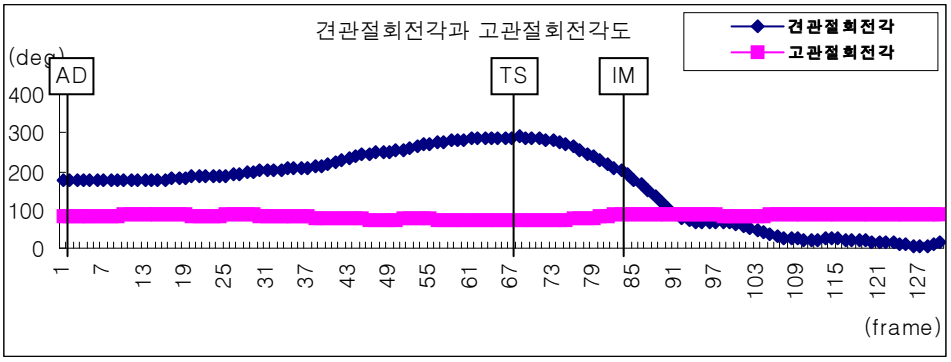

그림 72. 견관절회전각과 고관절회전각도 5차

이는 집중적인 기술훈련 프로그램을 적용하였으며 1차시 E1의 고관절 회전각도는

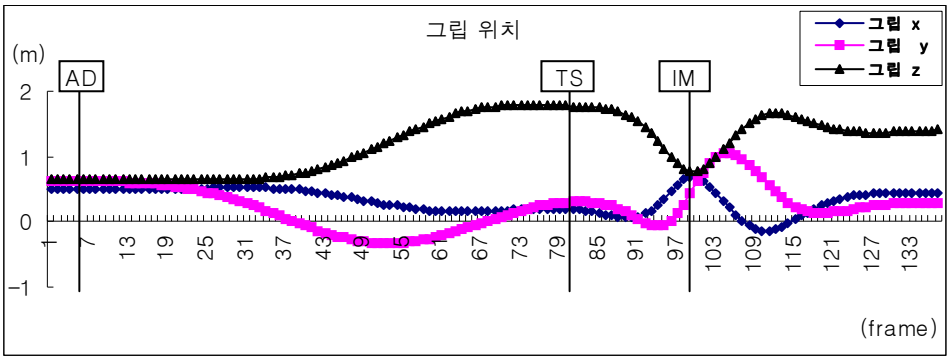

그림 73. 1차 JTH 그립의 위치변화

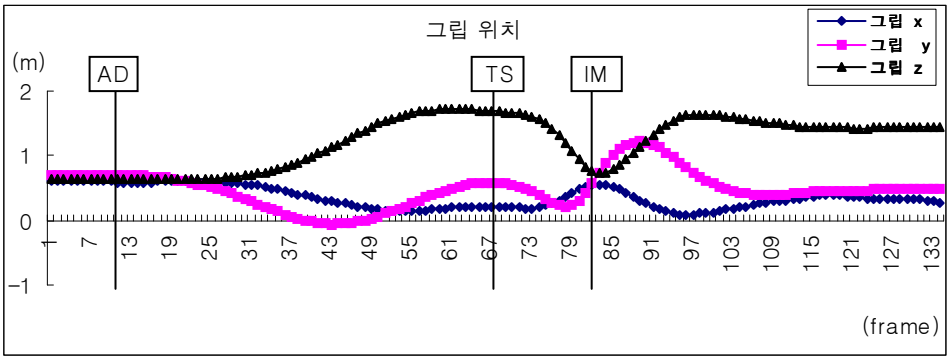

그림 74. 3차 JTH 그립의 위치변화

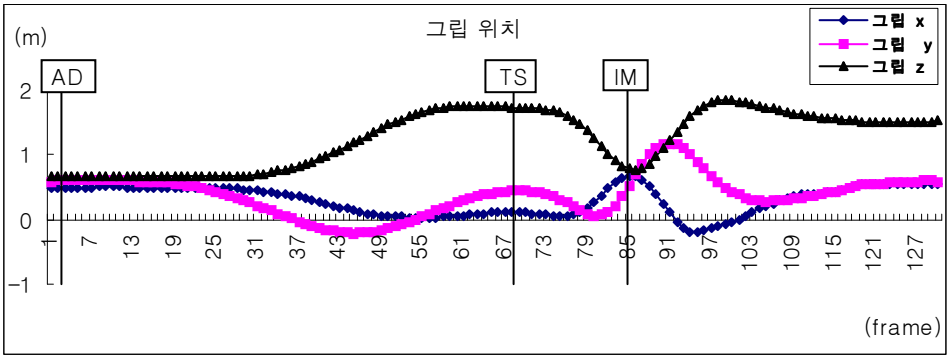

그림 75. 5차 JTH 그립의 위치변화

177.65° 이었으며 이때 견관절 회전각도는 171.00° 로서 견관절회전각이 고관절회

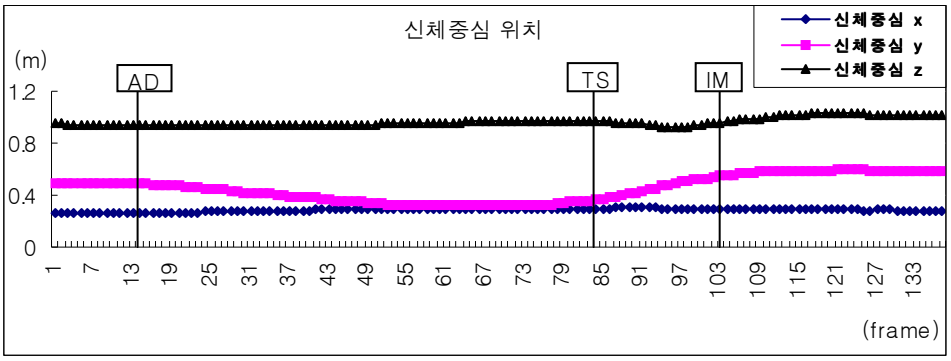

그림 76. 1차 JTH 신체중심 위치변화

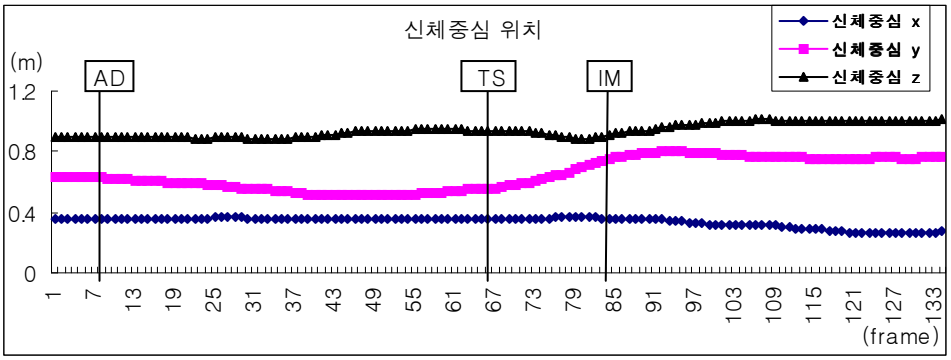

그림 77. 3차 JTH 신체중심 위치변화

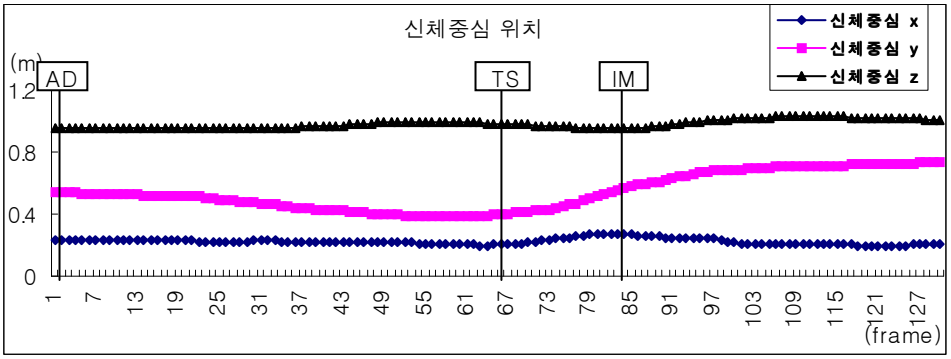

그림 78. 5차 JTH 신체중심 위치변화

전각에 비하여 열린(open) 형태로 나타남으로써 이는 초보자들에게 나타날 수

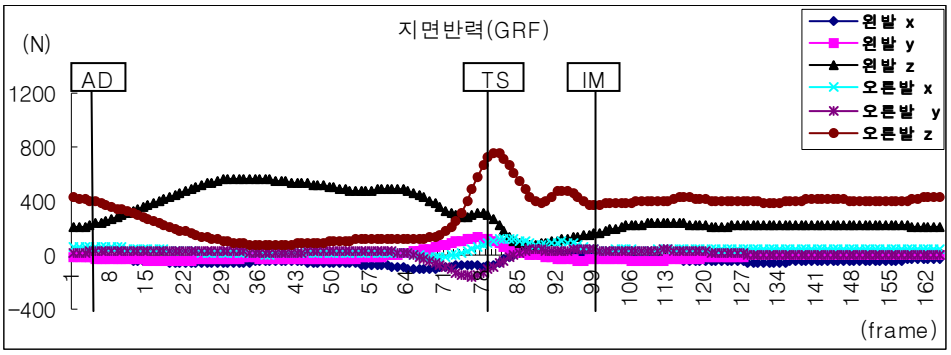

그림 79. 1차 JTH 지면반력변화

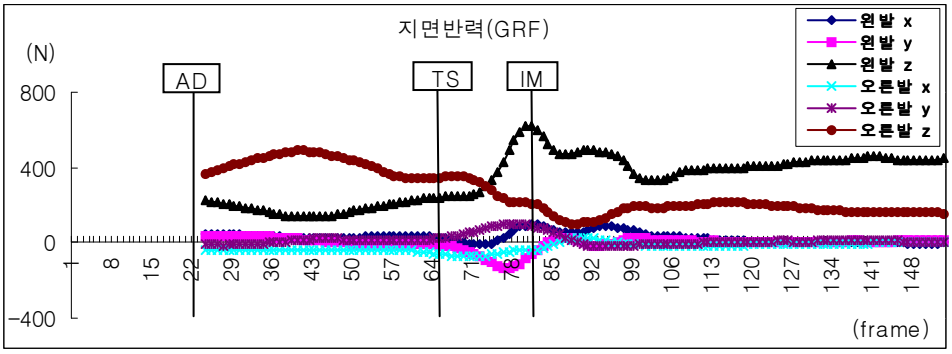

그림 80. 3차 JTH 지면반력변화

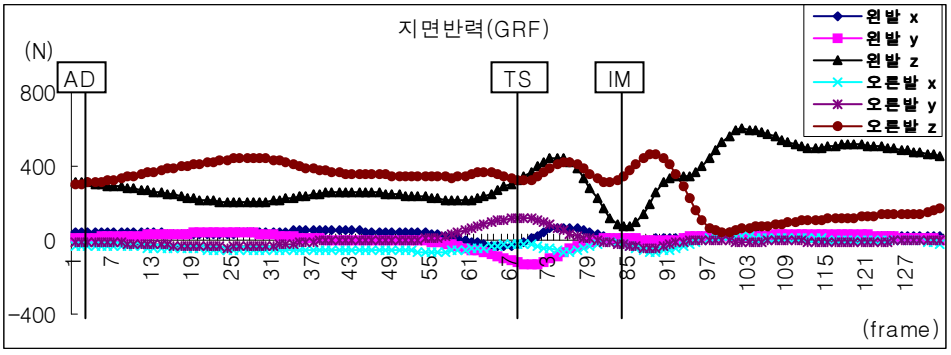

그림 81. 5차 JTH 지면반력변화

있는 어드레스 형태로 볼 수 있다. 즉 수평에 가까운 각도를 유지하고 있으며, 힘값은 왼발이 289.50N,오른발이 331.78N 오른발에 조금 더 많은 체중을 지지하는 것

으로 나타났다. E3에서의 고관절 회전각도는 224.2° 견관절 회전각도는 278.6° 이었으며, 신체중심의 좌우 0.38m, 전후 0.28m, 그림의 위치는 좌우 0.31m, 전후 0.19m 이었으며 지면반력의 값은 Z축에서 왼발이 396.00N, 오른발이 445.52N으로 나타났다. 고관절 회전각과 견관절 회전각은 E3시 견관절 회전각이 54.2° 우측으로 고관절 회전각보다 회전이 더 많이 한 것으로 나타났으며, 이때의 좌우 신체중심값은 0.38m, 전후 0.28m 그립의 위치는 좌우0.31m, 전후 1차 0.19m로 E1에 비하여 신체중심값은 좌우로 0.14m, 전후로 0.01m, 그립에서 좌우로 0.31m, 전후로 -0.14m 이동한 것으로 나타났으며, E5시 고관절 회전각도는 135.21°, 견관절 회전각도는 140.96°로 어드레스시를 기준으로 하면, 좌측으로 고관절은 -42.44°, 견관절 회전각도는 -15.10°로 이동하였다. 3차시 E3에서 고관절회전각은 233.34°, 견관절 회전각은 281.10°로 견관절 회전각이 47.76°로 1차시 E3보다 6.44° 작게 나타났으며 이때의 신체 중심의 전후, 좌우의 어드레스시를 기준으로 하여 이동된 위치는 전후는 뒤쪽으로 1차시 보다 0.01m, 좌우는 우측으로 0.10m정도 이동 되었으며, 1차시와 비교하여 우측의 이동거리가 0.04m 적게 위치하였으며, 이때의 지면반력의 지지율을 보면 왼발에 56.57%, 오른발에 43.43%로써 1차시보다 지면반력의 지지율이 왼발에 더 크게 나타남으로써 자연스럽게 신체중심도 좌측으로 이동된 것으로 사료된다. 이는 1차시 스웨이(sway)된 것을 교정하기 위하여 기술적 훈련 프로그램을 적용함에도 불구하고 3차시는 1차시와 반대의 움직임 형태가 나타난 것으로 판단된다. E5에서 지면반력의 지지율을 보면 왼발에 26.33%, 오른발에 73.67%로써 1차시보다 오른발에 10.64% 더 크게 지지하는 것으로 나타났으며, 이때의 고관절 회전각과 견관절 회전각의 어드레스시를 기준으로 회전된 각도를 보면 고관절이 좌측으로 39.79°, 견관절 회전각이 12.35° 회전된 것으로 나타났다. 이는 E5에서는 체중이 정상적인 움직임 형태로 이루어지지 못하는 것으로 볼 수 있으며 역 피벗(reverse pivot) 동작의 형태로 파악할 수 있다. 즉, 오른발에서 왼발로 이동되지 않는 현상이 나타났다.

마지막 5차시에서 고관절 회전각도는 E1 어드레스시 174.07°, 견관절 회전각도는 176.64°로 1차, 3차와 비교하였을 때 큰 차이는 없는 것으로 나타났으며 이는 골프선수의 특성에 따라 달라지는 것으로 사료된다. E3에서는 어드레스시보다 우측으로 고관절 회전이 58.97°, 견관절회전이 112.84°로 나타났으며, 이는 1차 3차시와 비교하였을 때 1차시 고관절의 회전보다 12.42°이었고, 3차시보다 10.45° 더 많이 우

측으로 회전된 것을 볼 수 있으며, 이때 견관절의 회전 각도를 보면 1차시보다 5.24° 3차시보다 8.01° 더 많이 회전된 것으로 나타났다. 이때의 신체중심의 좌우 이동된 거리를 어드레스의 기준으로 그 차이를 차수별로 비교하여 보면, 1차시는 0.14m, 3차시는 0.10m, 5차시는 0.08m로 5차시가 우측으로 가장 적게 이동되면서 고관절과 견관절 회전각이 1차, 3차시 E3보다 더 크게 회전된 것으로 나타났다. 또한 지면반력의 지지율을 보면 1차시 왼발에 47.06%, 오른발에 52.94%, 3차시 왼발이 56.57%, 오른발이 43.43%, 5차시 왼발이 50.08%, 오른발이 49.92%로 5차시는 지지율이 비슷하게 나타났으며, 1차시는 오른발에 더 큰 지지율이 나타났고, 3차시는 왼발에 더 큰 지지율이 나타났다. 이는 집중적인 기술훈련을 통하여 1차시는 스웨이(sway)현상이 나타났으며, 이를 보완하기 위해 3차시에서 훈련을 적용한 후 결과를 보면, 1차시 때의 반대 현상 즉 역피벗 현상이 나타났다. 5차시에는 체중 지지율이 거의 양발에 같이 지지하고 있으면서 신체중심이 이동하였으며, 1차와 3차시보다 적게 이동하고 고관절과 견관절회전각도를 크게 하면서 회전력의 증가로 임팩트시 많은 운동량을 전달한 것으로 사료된다.

E5에서 고관절의 회전각을 보면 어드레스시를 기준으로 회전된 각도를 보면 1차시 42.44°, 3차시 12.38°, 5차시 15.50°로써 우측으로 회전된 것을 볼 수 있다. 또한 이때의 신체중심의 좌우위치를 보면 1차시는 어드레스보다 좌측으로 0.03m, 3차시는 0.08m, 5차시는 0.06m로 위치하였으며, 지면반력의 지지율은 1차시 왼발이 36.97%, 오른발이 63.03%, 3차시는 왼발이 26.33%, 오른발이 76.67%, 5차시 왼발이 52.39%, 오른발이 47.01%로 나타났다.

이는 5차시에서 자연스러운 회전이 되면서 나타난 현상으로 사료되며, 임팩트시 고관절회전이 견관절회전보다 먼저 이루어지면서 체중이 왼발에 지지하는 것으로 나타남으로써, 신체 중심이 좌측으로 이동된 것을 볼 수 있다. 이것은 1차, 3차와 다르게 고관절의 회전이 먼저 이루어지면서 신체중심과 체중지지율이 좌측으로 자연스럽게 이동되는 현상이 나타났으며, 이것은 많은 운동량을 임팩트시 클럽에 전달하고 공을 원하는 방향으로 보낼 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 집중적인 기술훈련을 통하여 1차, 3차, 5차시가 점차적으로 향상된 것으로 나타났다.

Ⅴ. 결론 및 제언

1. 결 론

본 연구는 장기간의 체력 및 기술훈련이 효과적인 골프스윙동작에 미치는 영향을 파악하기 위하여 운동역학적 분석을 시도하였다.

남자 골프선수 3명을 총 2년간의 종단적 연구를 통하여 디지털 캠코더 4대와 지면반력기 2대, 기초체력측정기를 이용하여 분석하였으며 국내훈련과 국외 훈련을 구분하여 총 5번의 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 집중훈련을 실시하기 전 단계인 1차시에 우측으로 고관절 전체가 밀려나는 스웨이(Sway)동작이 나타났으며 3차와 5차시는 체력 및 기술적 훈련을 통한 고관절 회전과 좌우측 움직임이 운동량을 증가시키는데 많이 기여하였다.

2) 신체중심에 대한 좌·우축(Y축)의 임팩트시에는 속도에 대한 변화가 매우 적게 유지됨으로써 임팩트시 클럽헤드의 속도증가를 위한 운동량 전이 효가 컸다.

3) 코킹각은 집중적인 신체적, 기술적 트레이닝을 통하여 효과적으로 나타났으며 임팩트시 고관절회전각이 견관절의 회전각보다 선행되어 회전함으로써 강하고 정확한 임팩트를 수행하였다.

4) 5차시 다운스윙이 이루어질 때 코킹의 각속도는 몸통의 회전에 의한 자연스러운 코킹이 유지되었다.

5) 신체중심과 체중지지율이 좌측으로 자연스럽게 전이됨으로써 많은 운동량이 임팩트시 클럽에 전달되었다.

6) 집중적인 체력훈련을 통하여 기초체력과 비거리가 향상되었다.

7) 집중적인 기술훈련을 통하여 운동량의 증가와 정확성이 향상되었다.

2. 제 언

골프의 운동수행력은 선수개개인의 체력, 기술, 전략 등의 요인과 함께 개인의 특성에 적합한 골프기량을 향상시켜야 한다.

따라서 본 연구의 결과 및 논의와 관련되어 추후 진행될 연구에서 반드시 고려해야 할 과제를 제시하고자 한다.

1) 실험실에서의 실험을 수행하였기 때문에 현장(필드)이 가지고 있는 특성이 명확하게 설명되지 못하였다. 따라서 추후 연구에서는 실험실과 현장의 차이를 규명하는 연구가 필요하다.

2) 체력훈련의 효과 검증을 위해서는 근력의 발휘, 양상에 대한 이해가 반드시 필요하며 이에 대한 근전도(EMG) 및 등속성(Isokinetic) 장비를 활용한 연구가 필요하다.

3) 임팩트시의 세밀한 운동학적 자료획득을 위한 고속카메라(High speed camera)의 활용이 필요하다.

4) 골프클럽의 특성과 연관되어진 광범위한 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

강민식(1997) 골프스윙의 운동 역학적 코우칭 모델. 한국운동역학회지.

강봉한(1991) 3분절 개연쇄 골프스윙동작의 3차원 분절운동에 관한 생체역학적 연구. 한양대학교.

강석태(2004) 파워 골프학. 대경북스.

권영후(2004) 인체 공중 동작 시뮬레이션 프로그램 개발.

김계욱(2001) 골프 드라이버 스윙동작의 운동학적 분석. 사회체육학회 제 15권

김무영(1995) 골프스윙 동작의 단순화를 위한 3차원 영상분석. 전남대학교 대학원 박사학위 논문.

김선정 등(2002) 골프드라이버스윙시 어드레스와 임팩트 동작의 운동학적 비교 연구. 한국사회체육학회지.

김선정(2001) 골프드라이버스윙시 어드레스와 임팩트 동작의 운동학적 비교연구. 연세대학교 대학원 석사학위 논문.

김성일(2002) 클럽샤프트(Club Shaft) 특성에 따른 골프스윙(Golf Swing)동작분석. 한국운동역학회지 12권 2호.

김재하(1998) 웨이트 트레이닝이 골프 드라이버 샷에 미치는 영향. 영남대학교 석사논문.

김중영(1992) 골프 교본, 서울 : 오성출판사

나상준(1994) 최적의 골프스윙을 위한 운동학적 변인 연구. 서강대학교 석사학위 논문.

류재청(1991) 골프스윙시 신체 분절의 기여도 및 지면 반력에 관한 연구. 국민대학교대학원 박사학위 논문.

문병일(2004) 골프스윙동작의 운동역학적 특성에 관한 분석. 미간행, 조선대학교 대학원 박사학위논문

박성순(1990) 골프스윙시 회전 타이밍을 위한 방안연구. 국민대논문 제 10집.

박성순(1992) 골프스윙동작의 운동역학적 분석. 국민대논문 제 11집

박영균 등(1996) 골프스윙의 비교분석. 프로골프선수와 일반 아마추어 중심으로. 경희대학교 체육학논문집

박우영(1985) 골프시합 기간 중 체력관련 변인의 가변성에 관한 연구. 단국대학교 대학원 박사학위논문.

박희송(1996) 연습 없이도 싱글이 될 수 있다. 서울 : 자유시대사.

배성재(1995) 한국프로 골프선수의 스윙동작분석. 한국체육학회.

송주호(1999) 골프드라이버스윙 동작시 운동학적 변인연구. 국민대학교.

서재명(1992) Weight Training 이 Golf Driver Shot 에 미치는 영향. 석사학위논문 한양대학교대학원.

설정덕(1994) 근 파워 트레이닝 골프 아이언샷의 향상에 미치는 영향. 한양대학교 대학원.

안완식(2001) 골프 드라이버스윙 동작에 대한 근력의 기여도 분석. 단국대학교 대학원.

이기태(1997) 골프스윙의 운동역학적 코우칭 모델. 한국운동역학회지 제7권 1호

이봉수(1998) 골프어드레스 동작분석. 1급 경기지도자 현장적용 연구 보고서, 서울 : 한국체육과학연구원

이종훈(1998) 골프스윙시 각 국면별 지면 반력에 관한연구. 한국체육학회지 37권 3호.

이재식(1994). 대학축구선수의 슬관절 굴신에 대한 등속성 근력분석. 한국체육학회지, 33권 3호.

이은정(2001) 골프클럽에 따른 우수 선수의 스윙 동작 형태 분석. 석사학위 논문. 서울대학교 대학원

이용구(2005) 골프스윙 동작의 효과적인 수행을 위한 생체 역학적 분석. 전북대학교대학원 박사학위논문.

이혜숙(1992) 골프스윙의 생체 역학적 분석. 이화여자대학교 박사학위논문.

윤성원외 5인, (1998) 트레이닝론.

우재홍 등(2000) 프로골프선수의 슬관절 등속성 근력에 관한 굴곡근과 신전근의

비교연구. 운동과학회지, 9권 1호.

유재청(1991) 골프스윙시 신체조절의 기여도 및 지면반력에 관한 연구. 국민대학교 박사학위 논문.

임태상(1996) 골프드라이버와 아이언 스윙 동작의 운동학적 변인 비교연구. 서울대학교 교육대학원 석사학위논문.

조수현(1990) 골프스윙의 운동학적분석. 건국대학교 교육대학원 석사학위 논문

최은택(1996) 골프비거리 향상을 위한 웨이트 트레이닝의 적정부하 설정에 관한 연구. 체육과학논총 한양대학교 체육과학연구소

최웅재(2003) 10주간의 체력 트레이닝 프로그램이 골프의 드라이버샷에 미치는 영향

한국프로골프협회(2001) KPGA골프티칭 매뉴얼. 두산동아

허남양(2000). 골프선수의 신체조성 기초체력 및 등속성운동과 경기성적과의 상관관계. 한국체육학회지, 39권 4호.

황인승(1990) 골프스윙의 운동학적 분석. 체육과학논총 1권 4호.

홍우정(1999). 샤프트 길이 변화에 따른 골프 드라이버스윙이 3차원 운동학적 분석. 석사학위 논문, 연세대학교 대학원, 서울

황인승(1989) 골프기술의 운동역학적 고찰 연세대학교 출판부.

황인승(1991) 골프스윙의 운동역학적 분석. 한국운동역학회지. 제1권

황인승 등(1991) 골프스윙의 운동역학적 분석, 연세논총, 연세대학교 대학원

Adrian(1989) Biomechanics of human movement, indiapolis : Benchmark prss

Anderson(1980) Strotchiay. Bolinas : Shelter publications INC.

Bob Toski & Davis Love (1998) How to Feel a Real Golf Swing. NYT special, Inc.

Bobbert, M. F., et al.(1991). Calculation of vertical ground reaction force estimates during running from positional data. Journal of Biomechanics. Quebec City

Bompa(1983) Theory and Methodology of Training kendal Hunt Publishing company.

Broer, M. R. (1973) Efficiency of human motion, 3rd Ed. Philadelphia W.B.Saunders Co.

Budney, R. & Bellow, D. G. (1982) On the swing mechanics of a matched set of golf clubs. Research Quarterly for Exercise and Sport.

Budney(1979) D. R..g and Bellow. D. G(1979) kinetic analysis of a golf swing Research Quarterly.

Campbell, K. R. & Reid, R. E.(1985) The application of optimal control theory to simplified model of complex human motion: The golf swing, Biomechanics.

Cappozzo, 1984;Shea et al., 1997; Leardini et al., 1999

Carlsoo, S. (1967) A Kinetic analysis of the golf swing. The Journal of Sports Medicine.

Cooper, J.M., Bates, B.T, Bedi, J. & Scheuchenzuber, J.(1973). Kinematic and kinetic analysis of the golf swing. In R.C.Nelson &C.A.Morehouse(Eds.), Baltimore : University Park Press, Journal of sport Biomechanics. Englewood cliffs, New Jersy.

Cochran . A . & stobbt J (1968) The search for the perfect swing London : Heinemann Educational Books.

Daish, C, B(1972). The physics of Ball Garnes. London : The English Universities press

David,(1993) Isokinetic Exercise and Assessment. virginia: Human Kinetics Publishers.

Delorme & Watkins(1948) Weight Training.

Hay, J. G. (1985) Biomechanical basis of human movement. Media, PA: Williams & Wilkins.

Hettinger & Muller(1953) The effect of Isometric Training. NCAA.

Hammel(1948) The study of EMG for golf and Tennis. The Reseach

Quarterly.

Hanavan, (1964) E. P. A mathematical model of the human bady AMRL-TR-64-102, Wright - patterson Air Force Base, ohio, U.S.A.

Jobe, F.W,. Perry, J,. & Pink, M.(1989) Electromyographic shoulder activity in men and women professional golfer. The American Journal of Sport Medicine.

Jorgensen, T. (1970) On the dynamics of the swing of a golf club. American Journal of Physics.

Jesse, 1981:;Powell, 1983) fitness trainnig for Runners and Hardlers, The Athletic press.

Koichiro Fujimoto-Kanatani.(1996). Determining the essential elements of golf swings used by elite golfers. us, Micreform Publications.

Koichiro F (1994). Deternming the essential of a golf swing : Members of Japan professional golf association Dissertation propasal Oregon State University.

Lampsa, M. A. (1975) Maximizing distance of the golf drive : an optimal control study. Journal of Dynamic System, Measurement and Control, ASME.

Leadbetter (1990) The golf swing. The stephen Green press, U.S.A

Leadbetter (1995) The Golf Swing. Sam Ho Media.

Leadbetter (1999) Positive Practice by David Leadbetter. Sam-Ho Media.

Mann(1986) R shattering the swing phase and other teaching myths Golf Digest, July.

Mann, R, Griffin, F.(1988). Fundamentals of a model swing. Golf Illustrated Feb, Apr, Jun, Aug.

Mann & Griffin, F.(2000). Dr. golf Man. how2 Inc

Milburn, P. D. (1982) Summation of segmental velocity in the golf swing. Medicine and science in sports and exercise.

Morehouse. C. A.(1990). The Super Senior golfer. Sceince and golf.

Nance, V, L & Divis, E. C, (1980) Golf, Dubuque : Brown

Neal, R. J. & Wilson, B. D. (1985) 3D Kinematics and Kinetics of the golf swing, International Journal of sports Biomechanics.

Neil Wolkodoff (2005) Physical Golf. Dae-Han Media.

Ozolin(1971) Sovremennaia systema sportivnoi Trenirovky. Thyzkul tura. sport Moscow

Plagenhoef, S. C., Evans, F. G. & Abdelnour, T.(1983). Anatomical Data for Analyzing Human Motion. Research Quarterly for Exercise and Sport.

Plagenhoef, S. C.(1966). Methods for obtaining kinetic data to analysis human motions. Reseach Quarterly.

Reynold, (1980) Complete Weight training . Andernson world INC.

Richards, J, Farrell, M, Kent, J. & Kraft, R.(1985) Weight transfer pattern during the golf swing. Research Quarterly for Exercise and Sport.

Robert, J., Neal and Barry D., Wilson.(1985). 3-D Kinematics and kinetics of the golf swing. IJSB.

Smith(1981) The way to flexibility, family weekly.

Todd S. Ellebecker(2005) 탄력 저항의 원리와 치료적 적용. 대한미디어.

Vayghan, C. L. (1981) A three dimensional analysis of the forces and torque ap plied by a golfer during the downswing. In A. Morecki, K. Fidelus, L.Ledzior, & A. Wit(Eds), Biomechanics. Baltimore : University Park Press.

Wallace, E. S. Graham, D, & Bleakley, E. W.(1990). Foot-to-ground pressure patterns during the golf drive : a case study involving a low handicap player and a high handicap player. science and Golf, proceedings of the 1st World Scientific Congress of Golf.

William & Cavanagh(1984) The mechanics of foot action during the golf and implications for shoe design, Medicine and science in sports and Exercise.

William S. d. (1969) The science of the golf swing. London : Pelham Books.

Williams, D.(1967). The dynamic of the golf swing. Quarterly Journal of Mechanics and Applied Mathematics.

Winter, D.A.(1979). Biomechanics of human movement. A Wiley-Interscience Publication, JOHN WILEY & SONS.