스포츠과학 속의 물리학

DOI: 10.3938/PhiT.23.020

최 규 정

Physics in Sport Science

Kyoo Jeong CHOI

Sport science to promote the performance of athletes and general people in Korea is reported to have started in the 1960s. The Korean delegation to the 1964 Tokyo Olympic Games did not achieve good results. After much discussion and consideration of the reasons for that, the KASA (Korea Amateur Sports Association) decided that the key point in developing a world-class sports ability required the application of sport science. The KISS (Korea Institute of Sport Science) was established in 1980, and it has had many achievements in elite sports through offering advice based on sport science to elite sportsmen. Sport science is a fusion of sports and science and is considered a kind of applied science. Although sport science has many facets, three academic areas, sports physiology, sports psychology, and sports biomechanics, are the major fields for enhancing the ability of athletes because these three major fields correspond to the three major factors of performance, i.e., physical fitness, mental ability, and personal skills to exercises (team tactics). Sports physiology is used to find both the physiological reactions to exercise and their characteristics and the adaptive reactions of the inner parts of human body. Sports psychology is used to maximize

the performance of athletes in psychological and social aspects, and sports biomechanics is used to analyze the personal techniques at athletes (team tactics) and the game performances of excellent athletes (teams) in order to develop good and efficient training models. Among the three major fields, sports biomechanics is deeply related to physics, while the other two fields have almost no relation to physics at all.

도쿄올림픽에서 얻은 율화병과 자괴감 치유를 위한 스포츠 과학화

스포츠과학 역사는 스포츠 발생 역사와 동일한 것으로 간주할 수 있다. 이는 스포츠 본질적 특성 가운데 경쟁적 요소가 포함되어 있기 때문이다. 동서고금의 역사를 통하여 경쟁에서 이기려는 심리는 오랜 역사의 흥망 과정이 바로 경쟁에서 비롯되었다는 점에서 충분히 짐작할 수 있다. 스포츠 경쟁에서 이기려는 심리는 운동수행능력(경기종목에는 경기력이라 표현함)을 높이기 위한 행동 실천으로 구체화 되었을 것이고, 구체화에 대한 내용이 문헌상의 기록으로 남아 있지 않지만 경쟁에서의 우월성을 확보하려는 노력이 바로 지금의 스포츠과학과 같은 맥락일 것으로 추측된다.

우리나라 근·현대 스포츠과학 역사는 1950-60년대로 거슬러 올라간다. 체육과학연구원에 의하면 우리나라의 스포츠과학화에 대한 관심은 국제올림픽위원회(IOC)로부터 독립국으로서 대한올림픽위원회(KOC)를 승인받아 국제경기대회에 참가하기 시작하면서부터이고, 그 실천은 1964년 동경올림픽을 계기로 경기력 향상의 필요성을 절감한데서 비롯된 것으로 볼 수 있다.^[1] 고난의 일제강점기 36년 세월을 보낸 대한민국은 도쿄올

저자약력

최규정 박사는 공대 산업공학과(학사, 석사)를 졸업하던 1982년 대한체육회 스포츠과학연구소에 입사하여 지금까지 30여 년간 우리나라 전문체육(elite sports)과 스포츠산업 발전을 위하여 종사해 온 외길 인생을 살아왔다. '88 서울올림픽 성공적 개최와 국가대표선수 경기력 향상을 위해 설립된 스포츠과학연구소(1980. 12. 29)가 스포츠과학 수요 다변화에 부응하여 한국체육과학연구원(1989. 5), 국민체육진흥공단 체육과학연구원(2000. 1) 및 한국스포츠개발원(2014. 2)으로 변모되는 동안 1993년부터 스포츠과학 연구실, 스포츠공학실, 정보전산실, 스포츠산업연구실, 연구기획조정실의 수장으로 우리나라 스포츠 발전에 기여하였다. (kjchoi@sports.re.kr)

REFERENCES

- [1] Korea Institute of Sport Science, The era of Korea Research Institute of Sport Science in the Korea Amateur Sports Association(1980-1989). 30 years history of Korea Institute of Sport Science, 72-77 (2011).

그림 1. 우리나라 도쿄올림픽선수단을 환영하러 하네다공항에 나온 교포들 <출처: 대한체육회 90년사>.

림픽에 당시로는 최대 규모인 224명(임원 59명, 선수 165명)의 선수단을 파견하는 등, 전 국민이 커다란 관심을 보였지만, 결과는 은메달 2개, 동메달 1개, 종합 27위라는 실망스러운 것이었다. 개최국 일본은 아시아 최초의 올림픽개최국으로서 금메달 순위 종합 4위라는 쾌거를 거둔데 반해, 우리의 성적은 상대적으로 너무 초라했기 때문이다. 귀국에 오른 선수단 가운데 한 사람이 “우리는 언제나 올림픽을 개최하고, 금메달을 딸 수 있을까?” 하는 탄식을 쏟아 냈고, 당시의 원로 체육인에 의하면 좌중은 침통한 분위기 자체였다고 한다.

도쿄올림픽을 통하여 대한체육회와 체육계는 단기 훈련으로는 목표한 바를 이루기 힘들고, 경기력 향상은 선수들의 훈련만으로 이뤄지지 않는다는 분석을 내놓았다. 그리고 경기부진을 타개하기 위해 대한체육회는 1965년, 숙고를 거듭한 끝에 다가올 1966년 방콕아시안게임, 1968년 멕시코올림픽대회, 1970년 방콕아시안게임에서의 우수성적을 목표로 6개년 장기훈련종합계획을 수립하고, 우수선수강화위원회를 운영하기로 하였다. 이 계획에는 5대 중점사업이 포함되었고, 이 가운데 훈련의 과학화, 신인선수 발굴사업이 포함되어 스포츠과학화의 실질적 추진이 이루어지게 되었다. 그리고 위원회에 기획조사부, 훈련감독부, 스포츠과학부를 두었다. 스포츠과학부를 둔 것은 도쿄올림픽 이후 선수강화훈련에 ‘스포츠 과학화’를 통한 전기가 마련돼야 한다는 스포츠계 전반의 의견에 따른 것이었다.^[2] 이에 따라 선수강화훈련에 많은 자연과학계 교수들이 참여하게 되었다. 국가경제가 저개발국 수준에 머물고 있던 시절에 펼쳐진 움직임으로 높게 평가받을 만한 일이었다.

6개년 장기훈련종합계획을 수립하고 경기력 향상에 큰 기대를 걸었지만, 계획 수립 이후의 올림픽대회나 아시안게임에서 그다지 좋은 성적을 얻지 못했다. 그러던 중 1980년, 대한민국 서울이 1988년 올림픽개최지로 선정되어 국가대표선수 경기력 향상이 커다란 숙제로 부상함에 따라 대한체육회는 1980년 12월 그동안 운영하던 스포츠과학위원회 대신 스포츠과학연구소를 설립하였다. 스포츠과학연구소(Korea Research Institute of Sport Science)는 '88 서울올림픽에 참가할 국가대표선수에 대한 스포츠과학 지원을 주임무로 하였으며, 이를 성공적으로 수

행하여 세계적인 찬사는 물론, 국위선양과 국민통합에 커다란 기여를 하였다. 올림픽 후 사회 전반에 걸쳐 전문적인 운동선수 위주의 전문체육에 국한된 스포츠과학 지원이 적절치 못하다는 지적과 함께, 일반인의 스포츠 활동과 체력 증진 등이 포함된 생활체육의 과학화를 위한 스포츠과학 지원 요구가 증대됨에 따라 1989년 7월 대한체육회 산하기관에서 한국체육과학연구원(KISS; Korea Institute of Sport Science)으로 독립하게 되었다. 1990년대 말, 국가 경제위기의 상황에서 연구원은 '88 서울올림픽 잉여금을 토대로 설립된 국민체육진흥공단 부설기관으로 바뀌었으며, 2014년 1월 우리나라 스포츠산업 발전 역할을 재설하여 한국스포츠개발원으로 명칭이 바뀌었다.

도쿄올림픽을 계기로 우리나라 국가대표선수를 포함한 우수선수 경기력 향상을 위한 스포츠과학화가 시작되었고, 우리나라는 '88 서울올림픽에서 일본이 1964년 도쿄올림픽에서 그랬듯이 올림픽 금메달 순위 종합 4위로 대한민국 위상을 세계에 펼쳐 보였다. 그리고 '88 서울올림픽 이후 '92 바르셀로나올림픽, '96 아틀란타올림픽, 2000년 시드니올림픽까지 매 올림픽대회에서 일본은 우리나라를 이기지 못해 속을 태우게 되었다. 이를 타개하기 위해 일본은 여러 스포츠선진국/강국의 전문체육(elite sports) 육성제도와 스포츠과학연구소를 벤치마킹하였고, 적절한 훈련시설 모델과 운영방법에 대한 숙고를 거쳐, 2001년, 국립일본체육과학연구소(JISS; Japan Institute of Sport Science)와 국립훈련센터(NTC; National Training Center) 설립 시, 우리나라 태릉선수촌과 체육과학연구원의 시스템을 근간으로 하였다고 한다. 우리나라 스포츠과학화 추진의 계기였던 일본에게 되돌려준 쾌거가 아닐 수 없다. 우연의 일치로 볼 수 있지만, 일본 스포츠과학연구소 설립 3년 뒤에 개최된 2004년 아테네 올림픽에서 '88 서울올림픽 이후 처음으로 일본이 우리나라를 앞섰다. 그러나 이후 2008 베이징올림픽, 2012 런던올림픽에서 다시 밀리게 되면서 스포츠과학 지원을 고도화시키기 위한 노력을 기울이는 것으로 확인되었다.

스포츠과학도 과학 범주에 포함되는가?

우리가 살아가는 동안 사회 어느 곳에서든지 자주 들을 수 있는 말 가운데 「과학적」이라는 것이 있다. 「과학적이다」라는 말을 듣는 순간, 우리는 막연하나마 그것이 합리적이고, 체계적이며, 효율적일 것이라는 추측을 하게 된다. 도대체 과학이

REFERENCES

- [2] Korean Olympic Committee, 1964 Tokyo Olympic games and first step to the application of sport science. 90 years history of Korean Olympic Committee, 217-228 (1991).

무엇이기에 「과학적」이라는 말로 포장하면 그토록 쿨(cool)한 느낌을 갖게 되는 것일까? 과학의 정의나 본질은 차치하고, 일반적으로 과학이란 자연 현상의 원인과 결과를 체계적으로 밝혀내는 학문이라 한다. 따라서 「과학적」이라는 것은 문제를 일으킬 만한 근원을 미리 파악하고, 그 근원에 대한 적절한 대응 방안을 강구하였음을 암시하기 때문에 그 결과가 최소한 나쁘지 않을 것이라는 기대를 갖게 된다. 그리고 문제의 근원에 대해 체계적으로 처리되었다는 것은 시스템을 둘러싼 모든 문제의 영향을 하나씩 검토하였음은 물론, 복합적인 영향까지도 고려하였음을 내포하기 때문에 또 다른 오류로 인한 문제를 겪지 않아도 될 것으로 기대할 수 있음을 의미한다.

스포츠과학은 과학의 범주에 포함될까? 그에 대한 대답은 「당연히 포함된다.」이다. 스포츠과학(sport science)은 글자 그대로 「스포츠(sport)」와 「과학(science)」을 합하여 만든 합성어이다. 과학에 대한 정의를 인용하여 스포츠과학은 「스포츠 현장에서 일어나는 여러 현상의 인과 관계를 밝혀내고, 경기력에 영향을 줄만한 제반 요인에 대한 적절한 적응 또는 극복방안을 강구하고, 특히 이를 경기력 향상이라는 측면에 초점을 맞춰 활용하는 학문」으로 풀이할 수 있다. 다만 스포츠과학은 물리학, 화학, 생리학, 심리학 등과 같이 자연의 한 분야를 연구하는 순수과학과는 달리, 이 순수학문의 이론 및 연구결과를 토대로 인간의 스포츠활동에 적용할 수 있는 내용을 추려 스포츠 현장의 여러 문제의 원인과 결과를 찾아내는데 이용하고, 나아가 경기력 향상과 스포츠 발전을 추구하려는 특성을 갖고 있다. 이러한 관점에서 스포츠과학은 순수과학은 아니지만 응용과학의 한 분야로 간주된다.

「과학적」이라는 말로 포장하면 쿨한 느낌을 갖게 되는 것처럼 스포츠과학도 스포츠 분야에 쿨하고 짜릿한 느낌을 갖게 하는 것인가? 이 질문에 대한 대답이 「물론입니다」라고 말할 수 있다. 그러나 「항상 그렇지 못합니다」라는 말이 반드시 동반되어야 하는 점에서 많이 아쉽다. 과학 분야는 인과관계가 늘 일정한 속성, 즉 주어진 조건이 동일하면 그의 영향이나 결과도 항상 같은 속성을 지녔다. 그리고 스포츠과학이 과학의 한 범주에 포함되려면 과학의 속성까지 닮아야 한다는 점에서 과학의 기본속성을 닮지 못한 스포츠과학은 과학이 아니라는 반론이 있을 수 있다. 순수과학과 스포츠과학을 연구하는 대상/시스템과 결과/목표를 해석하는 관점이 다르기 때문에 생긴 차이일 뿐, 기본속성이 다른 것은 아니다.

한 가지 예를 살펴보자. 체력 강화를 위하여 훈련 프로그램을 작성하고 운동을 실시할 때, 훈련 시간, 강도, 빈도에 따라 선수의 인체가 반응하는 형태는 생리학적 측면에서 동일한 결과를 보인다. 즉 오랫동안 훈련하고, 높은 강도로 훈련하며, 훈련 횟수가 많을수록 인체내부 구조는 강한 외력에 대응할 수 있는 능

력(내성)이 강화되는 생리학의 일반적 결과와 같다. 그리고 앞서 언급한 「항상 그렇지 못합니다」라는 말은 동일한 훈련프로그램을 사용했다 하더라도 그 결과가 향상된 체력 측면에서 말한 것이 아니라 향상된 체력을 바탕으로 경기를 통하여 나타난 경기 결과가 상황에 따라 다르다는 것을 말한다. 즉 과학의 관점은 훈련 프로그램을 통한 체력변화 수준에 관심을 둔 것이고, 스포츠과학의 관점은 체력변화를 통한 경기력이 향상되었는가에 초점을 둔다는 차이가 있다는 것이다. 나아가 경기력의 결과는 경쟁을 통한 상대적 결과이지, 절대적 결과가 아니기 때문이다. 그리고 스포츠과학의 도움을 받은 선수일지라도 자연 속의 현상처럼 항상 같은 동작을 할 수 없기 때문에 그 결과도 늘 같지 않다. 그럼에도 불구하고 스포츠과학을 활용하면 순수과학처럼 그 결과가 최소한 나쁘지 않고, 예전보다 향상된 모습을 보여줄 수 있으며, 부족한 요소의 원인을 찾아 좋은 결과를 얻을 수 있는 방안을 추구하는 점에서 순수과학의 기본 속성을 닮았다 하겠다.

또한 스포츠에 나타난 경기력은 순수과학과 같이 어느 한 분야의 영향에 의한 결과가 아니고, 여러 분야(체력, 기술, 전술, 정신력 등)의 영향이 경우마다 다르게 합성된 결과이기 때문이다. 합성된 영향에 관한 예를 살펴보자. 심박 수는 인체 활동에 필요한 혈액을 공급하기 위해 심장이 활동한 수준을 나타낸 간단한 지표다. 건강한 젊은이는 평상 시, 1분에 70-80회 수준이다. 그러나 신체 활동량이 많아지거나 운동강도가 높아지면 더 많은 에너지와 산소를 공급하기 위해 활동이 빨라져 심박 수가 늘어난다. 준비운동을 약 10-20분 실시하고 난 뒤, 심박 수는 1분에 약 140회 수준이다. 그러나 의자에 편안하게 앉아 있던 양궁선수가 부저소리를 듣고 사대로 걸어가는 동작만으로도 분당 150회 이상을 보였다면 일반 생리학적 지식으로는 이해하기 어려운 대목이다. 경기 시 선수들이 갖는 긴장감, 상대선수를 통해 갖게 되는 경쟁불안, 경기에 집중하는 각성수준 등의 심리적 요소가 생리적 변화에 개입되는 복합적 작용 결과이다.

스포츠과학을 통해 무엇을 밝혀낸단 말인가?

스포츠과학은 「스포츠」와 「과학」의 합성어이기 때문에 스포츠에 영향을 주는 모든 요소와 관련된 과학적 내용을 포함하고 있다. 스포츠 주체는 활동하는 인간이며, 종목에 따라 스포츠장비를 사용하기 때문에 인간과 장비(스포츠시설까지 포함시키는 경향임)에 관한 과학은 모두 스포츠과학 범주에 포함된다. 최근에는 첨단과학을 통한 경기력의 미세한 분야까지 관심을 갖고 연구하는 경향을 보인다. 운동에 기본적으로 필요한 신발, 복장도 종목에 따라서는 그 기능이 경기력에 매우 큰 영향을 준다고 생각하여 관심이 높아지는 경향을 보임

그림 2. 호흡가스분석을 통한 에너지 시스템 평가.

에 따라 스포츠과학 범주가 더욱 확대되는 경향이다. 이처럼 스포츠과학은 매우 광범위하고 다양한 종합과학으로서 많은 기초학문과 연계되어 있지만, 스포츠에서는 경기력을 결정짓는 주요소를 체력, 기술(전술), 심리의 3대 요소로 간주하기 때문에 이에 상응하여 운동생리학, 운동역학, 스포츠심리학을 스포츠과학의 3대 학문으로 여긴다.

운동생리학(sports physiology)은 생리적, 화학적, 생화학적, 영양학적, 해부학적 관점에서 운동에 따른 인체 내부의 반응, 변화 특성, 적응현상 등을 밝혀내는 학문이다. 물리학과는 관련성이 거의 없다고 할 수 있다. 이와 유사하게 스포츠심리학(sports psychology)은 운동에 따른 인간의 심리적 반응, 변화 특성, 적응현상 등을 밝혀내는 학문이며, 역시 물리학과의 관련성은 거의 찾아볼 수 없다. 이와 달리 운동역학(sports biomechanics)은 인체의 외형적 움직임에 관심을 두는 학문으로서 역학적, 해부학적, 근생리학적 관점에서 관절을 중심으로 일어나는 분절의 움직임과 분절의 일부 또는 전부의 활동 형태를 설명하는데 초점을 두고 있다. 그리고 학문의 명칭을 통해서도 충분히 알 수 있듯이 학문적 기반이 물리학(physics)의 일부이자 근원으로 알려진 역학(mechanics)에 있다. Brancazio, Simon and Schuster(1984)^[3]가 스포츠 분야에서 물리학의 활용은 다분히 기술적 요인에 관한 것이 많다고 말한 것은 운동역학이 인체 활동 가운데 외형적 기술에 관심을 두는 성격을 두고 말한 것으로 사료된다. 이러한 관점에서 운동생리학과 스포츠심리학이 경기력 향상을 위하여 어떻게 활용되는지 서술한 뒤, 운동역학에 관한 내용을 언급하고자 한다.

1. 운동생리학

인간은 늘 움직이며 살아간다. 이러한 인체 움직임을 가능케 하는 에너지가 어떻게 조달되고, 운동을 지속적, 반복적으로 실시하면 인체에 어떤 변화가 생기는지, 그리고 인체는 그 변화에 어떻게 반응하고 적응하는지를 밝혀내는 것이 운동생리학의 기본적 기능이다. 이러한 지식들을 바탕으로 일반인에게는

a. 2006.12 b. 2008.5.22

그림 3. 박태환 선수 경기력 향상을 위한 운동생리학적 지원 [출처: 송홍선 - 2008년도 스포츠과학 현장적용 보고서].

보다 건강하고 활기차게 살아갈 수 있는 방법을 제공하고, 선수들에게는 근력, 근 파워, 근지구력 등 각종 체력 요소를 체계적으로 강화시킬 수 있는 훈련 프로그램에 반영하여 훈련의 효율성을 높이는데 주력한다.

운동선수의 체력은 선천적으로 타고나지만, 훈련을 통하여 종목별로 특이하게 발전되기도 한다. 체중의 3배에 가까운 바벨을 들어올리기 위해 짧은 순간 폭발적으로 힘을 발휘하는 역도선수의 파워, 90분 동안 줄기차게 뛸 수 있는 축구선수의 근지구력, 상대를 이기기 위해 발휘하는 레슬링 선수의 근력은 모두 실전에 사용되는 힘이지만, 이를 향상시키기 위한 훈련방법은 사뭇 다르다. 선수에게 필요한 힘의 크기와 지속시간에 따라 이를 얻기 위해 동원되는 에너지 시스템이 다르기 때문이다. 레슬링 경기가 5분, 1라운드로 진행되던 방식에서 2분, 3라운드로 바뀌게 되면 전체 경기시간은 비슷하다 하더라도 에너지 동원시스템이 다르기 때문에 이를 대비하는 체력 훈련 방법이 3라운드 동안 지치지 않고 힘을 발휘할 수 있도록 적응하는 훈련형태로 달라져야 한다. 또 1분의 추가 시간이 가장 힘든 상태에서 더 추가되는 것인 만큼, 생리적인 내성을 키우는 형태로 훈련 방식의 변화를 가져야 한다. 이처럼 훈련의 효율성을 높일 수 있는 프로그램을 구성할 수 있도록 지원하는 것이 운동생리학 분야라 할 수 있으며, 이를 통해 강한 체력을 갖출 수 있다.

박태환 선수가 베이징올림픽을 앞두고 2006년 아시안게임에서 최상의 컨디션으로 향상된 모습을 보여줌으로써 국민적 관심을 받았지만, 기업체와의 후원계약 관계로 2007년 한 해를 태릉선수촌 밖에서 훈련하게 되었다. 기업체 전담반의 전격적인 지원을 받았음에도 불구하고 2007년 성적표는 매우 실망스러운 것이었다. 2008년 1월 대표선수 소집에 뒤늦게 해외전지

REFERENCES

- [3] Peter J. Brancazio, Simon and Schuster, Sport Science: Physical laws and optimum performance (1984).

그림 4. Step test를 통하여 기록 향상 확인 (약 6초) [출처: 송홍선 - 2008년도 스포츠과학 현장적용 보고서].

훈련장으로 합류하여 베이징올림픽까지 합동훈련을 실시하게 되었다. 체육과학연구원은 박태환 선수 체력 수준에 근거한 체력 훈련 프로그램을 작성하여 6월까지 체력 및 기술 강화훈련을 병행하게 하였다. 동시에 체력을 주기적으로 측정하여 2006년도의 체력을 되찾았음을 파악할 수 있었으며(그림 3의 a, b 참조), 젯산분석을 통해 스피드를 올려도 근피로를 극복하는 내성이 증가되었음을 확인할 수 있었다(그림 3의 c, d 참조).

자유형 400 m 경기에서 스피트 지점을 어디부터 가져가는가는 전략적 결정은 금메달을 향한 행보에 매우 중요하다. 모의 시합을 통한 젯산분석 및 step test(올림픽 목표기록 대비 설정한 훈련기록의 비율을 점증적으로 늘려가며 400 m 수영기록을 측정하는 현장 테스트의 일종임, 그림 3의 e 참조) 기록 측정을 병행하여 2008년 2월 이후 불과 4개월만에 본인의 훈련기록이 6초 가까이 향상되었음을 확인할 수 있었다(그림 4 참조). 그리고 이를 바탕으로 150 m, 200 m 지점부터 스피트를 해도 나머지 구간을 충분히 소화해 낼 수 있다고 판단됨에 따라 경쟁선수가 예상하는 지점보다 100 m 빠른 곳부터 치고 나가는 전략을 수립하게 되었다. 박태환 선수는 수영 최초의 올림픽 금메달을 획득함으로써 국내는 물론, 아시아인에게 자긍심을 주는 스포츠 영웅으로 탄생하게 되었다(그림 3의 f 참조).

2. 스포츠심리학

‘미녀 새’ 이신바예바 선수가 2011 대구세계육상대회에 출전하여 많은 인기를 차지하였지만, 저조한 기록으로 실망스런 모습을 보였던 것을 잘 기억할 것이다. 한동안 매 대회 세계기록을 갈아치우며 많은 사랑을 받았던 그녀가 수립한 세계최고기록은 5.06 m였다. 하지만 그녀의 대구대회 기록은 1위를 차지한 브라질 무레르 선수의 4.85 m보다 20 cm 낮은 4.65 m였다. 무엇이 그녀를 그토록 추락시켰을까?

그녀의 체력, 기술도 원인이지만, 스포츠과학자들은 경기 당일 심리적 측면에서 실패한 것으로 평가한다. 다른 경기에서는 늘 앞선 기록으로 경기를 주도하던 그녀가 대구대회에서는 다

그림 5. 안구운동검사기(eye mark recorder)를 이용한 정보탐색 능력 측정 [출처: 구해모 - 2012년도 스포츠과학 현장적용 보고서].

른 선수의 기록을 뒤쫓아 가는 양상이었다. 상위권 선수들만 남아 메달의 색깔이 결정되는 시기에 이르러서는 설정된 높이를 1차에 성공하지 못함에 따라 남은 두 기회(한 번의 시기에 설정된 높이를 세 차례 도전하여 성공해야 다음 시기에 뛸 수 있는 기회를 갖게 됨)를 다음 시기로 미뤘다. 즉 이미 성공하여 다음 높이에 도전하는 선수와 함께 하겠다고 승부수를 던진 셈이다. 이는 실패한 시기보다 5 cm 더 높아진 바를 넘어야 하는 형국이고, 반드시 성공해야 하는 심리적 부담이 커지는 것은 당연하다. 바의 높이를 올리게 되면, 선수들은 이를 의식하고 조주구간에서 평소보다 주행 보폭을 조금씩 늘리게 되는데, 이런 현상은 마지막 착지발의 착지지점과 폴 박스 사이의 거리가 짧아지게 하여 결국엔 바에 접근하지도 못하게 된다. 이신바예바 선수가 대구대회에서 보여준 최악의 연출이었다.

장대높이뛰기경기에서 자주 보았던 장면이지만, 장대를 잡고 바를 향해 조주를 시작하기 전, 그녀는 마치 주문을 외우기라도 하듯 혼자 중얼거린다. 심리적 안정과 집중력을 높여가는 과정이다. 그녀는 그날 장대를 바라보며 평소보다 길게 중얼거렸다. 이는 경기상황에 따른 심리적 동요를 쉽게 안정시키지 못했던 증거로 해석된다. 훌륭한 기술을 가졌더라도 심리적 안정을 찾지 못하면 경기력을 충분히 발휘하지 못하는 좋은 사례가 아닐 수 없다.

스포츠심리학은 경기 상황에서 생기는 심리적 동요를 줄임으로써 평소와 다른 동작을 수행하도록 하는 것에 초점을 두고 있으며, 선수의 심리 상태, 정신력 수준 등에 대해 심리 검사지를 통해 문제점을 밝혀내고, 심리적 안정, 강인한 정신력 등을 함양할 수 있는 대안을 제시하는 역할을 한다. 즉 경쟁을 통해 발생하는 불안을 없애고, 경기에 대한 각성수준이 너무 낮지도, 높지도 않은 적정 수준을 유지하도록 하며, 경기에 임하여 일정한 형태의 동작을 자연스럽게 수행하도록 평소 루틴 프로그램을 제공하고, 경기에 필요한 많은 정보 가운데 유용한 정보를 활용토록 상대의 움직임 가운데 단서(que)를 찾아내 활용하는 능력을 키우는 훈련을 지원한다(그림 5 참조).

3. 운동역학

1990년, 한국운동역학회가 창립되면서 스포츠 생체역학, 스

그림 6. 촬영을 통하여 수집된 영상자료의 1차 가공 (정성적 분석) 및 피드백 [출처: 송주호 - 2011년도 스포츠과학 현장적용 보고서].

스포츠 바이오테카닉스, 운동역학 등, 다양하게 번역되어 사용되던 sport biomechanics를 운동역학이란 명칭으로 통일하게 되었다. 「Biomechanics」는 생물체를 뜻하는 「bio」와 역학을 뜻하는 「mechanics」 두 단어의 합성어로서 생체역학이라 번역된다. 이 학문은 생물체의 움직임에 대한 역학적 연구로서, 연구범주가 각종 생물체의 세포단위부터 개체에 이르기까지 매우 광범위하다. 생체역학의 넓은 범주를 스포츠 분야의 인간 및 장비의 활동에 국한시킨 것이 운동역학이다. 따라서 운동역학은 스포츠 활동을 통한 인체 및 장비의 운동 구조 및 기능을 역학적으로 탐구하는 학문이라 간단히 정의할 수 있다.

운동역학이 발달되기 전에는 운동기능학(kinesiology)이 이를 대신했다. 운동기능학은 인체 동작을 기능해부학 및 의학적 지식에 덧붙여 단순한 기계적 시스템(축, 도르레, 지레)으로 설명하였다. 그러던 중 19세기 말 카메라가 발명되어 인간의 동작을 기록, 저장하여 분석할 수 있게 되었고, 1950년대 컴퓨터 발명, 전자공학/계측공학의 발달에 힘입어 동작에 대한 정밀측정이 가능해짐에 따라 역학적 지식을 도입하여 인간의 동작을 보다 세밀하게 묘사할 수 있는 운동역학으로 발전하였다. 1960-70년대 지면반력측정기 및 각종 센서(straingauge type & piezoelectric type)를 이용한 힘 측정기, 무비카메라 및 비디오 카메라 등의 영상장비, 근전도(EMG; electromyogram) 주파수 분석방법 등이 개발되면서 운동역학 발전의 기틀을 갖추게 되었다. 우리나라에는 1980년 초부터 운동역학이 도입되어 발전하게 되었다.

역학의 두 골격, 정역학(statics)과 동역학(dynamics) 가운데 움직임을 기본으로 하는 스포츠의 본질적 특성 때문에 주로 동역학 지식을 인용하였다. 운동역학(sport biomechanics)은 운동학(kinematics)과 운동역학(kinetics)으로 구분된다. 운동학은 외형적으로 나타난 운동을 단순히 묘사하는데 사용된다. 즉 운동에 관한 정보 가운데 움직인 시간, 변위, 속도, 가속도 등의 변인을 계산하고, 이들 변인을 중심으로 인체 활동이나 운동 기술의 메카니즘을 밝혀내는데 이용된다. 운동학 연구를 위해 가장 많이 사용되는 방법은 무비카메라/비디오카메라를 이용한 영상분석법이다. 촬영을 통하여 영상자료를 수집하는 것은 물리학의 3대 기본 물리량(질량, 길이, 시간) 가운데 화면상의 위치(좌표) 정보를 통하여 계산되는 길이 정보와 일정한 간격으로 촬영되는 카메라의 기계/전자적 메카니즘을 통해서 얻

그림 7. 사이클 페달링 시, 근전도를 통한 좌우 하퇴의 밸런스 분석.

어진 시간 정보이다. 두 정보를 이용하여 인체 분절과 관절의 움직임에 관한 시간, 변위, 속도, 가속도 등을 분석할 수 있다. 그리고 얻어진 영상자료의 간단한 가공을 통하여 정성적 분석(qualitative analysis)이 가능하고, 선수에게 이를 제공하여 기술 교정에 활용하기도 한다(그림 6 참조). 운동의 근원인 힘에 관한 분석은 운동역학(kinetics) 범주에 포함되며, 대부분 지면반력분석법을 사용한다. 지면반력은 운동을 실시하는 과정에서 인체가 지면과 접촉하는 동안 지면에 가한 힘의 반력이다. 지면반력측정기를 사용하여 이 힘을 측정하고, 이를 영상자료와 연계하여 인체 자세, 분절의 위치, 관절 각도 등에 따른 힘을 추적하여 힘의 효율적 사용이란 관점에서 분석한다. 그리고 지면반력은 각 관절에 걸리는 부하에 대한 귀납적 해법(inverse solution)을 구하는데도 사용된다.

운동역학(sport biomechanics) 연구 방법에는 운동학과 운동역학(kinetics) 영역에 포함되지 않은 것으로 근전도(EMG; electromyography)가 있다. 주파수분석방법(FFT; fast Fourier transformation)을 이용하여 근 활동에 대한 정량적 분석(quantitative analysis)이 가능하게 되었고 운동역학 발전에 기여하였으나, 현재까지도 인체에 상해를 입히지 않고 간편하고 정확하게 근력을 측정할 수 있는 방법이 개발되지 못해 해결할 문제로 남아있다. 그러나 근전도는 영상자료와 연계하여 특정 기술에 동원되는 근 종류, 기술에 따른 근 동원 메카니즘, 근 활동 시점 등에 관한 정성적 분석을 통하여 기술의 효율성을 밝혀내는데 활용되고 있다(그림 7 참조). 그리고 이외에도 인체측정학(anthropometry), 기능해부학, 스포츠공학, 컴퓨터공학(computer aided engineering) 등이 복합적으로 이용되며, 이들 모두 운동역학 발전의 원동력으로 작용한다.

운동역학이 추구하는 목표는 효율성, 안전성, 심미성을 들 수 있으며, 이를 두고 운동역학의 3대 목표라고도 한다. 달리기나 수영은 같은 동작을 여러 차례 반복하여 목표지점에 도달할 시간을 겨루는 기록종목이다. 따라서 선수가 가진 작은 기술적 결함일지라도 다수 반복됨에 따라 경기 결과는 많은

그림 8. 비디오 촬영을 통한 정성적 관찰 및 피드백 [출처: 송홍선 - 2008년도 스포츠 과학 현장적용 보고서].

차이를 보이게 된다. 2008년 베이징올림픽을 앞두고 박태환 선수가 50 m 레인을 가는 동안 비디오카메라로 촬영하고 동시에 이동속도를 측정한 결과, 속도가 떨어지는 곳의 스트로크 동작에서 팔 각도가 커져 거품이 더 많이 생기고 저항이 증가하는 것을 알 수 있었다(그림 8 참조).

전신수영복과 반신수영복 선택에 대해 고민도 많았다. 그러나 물속에 잠긴 인체에 대해서는 영상 분석이 용이하지 않기 때문에 별도의 측정 시스템을 개발하였다. 택시미터계에 사용되는 회전식 엔코더(encoder) 원리를 모방하여 속도를 측정할 수 있는 장비를 개발하여 측정하였다(그림 9 참조). 그 결과 50 m 구간의 평균속도가 전신수영복은 1.82 m/s, 반신수영복은 1.94 m/s로 반신수영복이 6.6% 빠르게 나타났다. 영법에 따른 속도를 측정하는 한편, 촬영을 통해 얻어진 영상을 동기화(synchronization) 시켜 분석하였다. 일련의 과정을 통해 박태환 선수는 스트로크 이후 상체가 물 밖으로 많이 나오기 때문에 물속에서 저항을 줄일 수 있다는 전신수영복의 장점이 크게 작용하지 않음을 알게 되었다. 이로써 전신수영복에 대해 평소 거부감(어깨가 끼는 듯한 느낌을 받게 되고, 이로써 팔의 스트로크 동작이 부자연스러워 짐)을 갖고 있던 박 선수는 미련 없이 반신수영복을 선택하게 되었다. 이처럼 운동역학은 외형적으로 나타나는 인체 동작을 정밀하게 분석, 자세와 기술 관련 결함을 밝혀낼 뿐 아니라 효율적인 동작을 찾아 경기력을 향상시켜 나가는데 기여한다.

맺음말

스포츠과학이 경기력에 기여하는 부분에 대해 의견이 다양하

그림 9. 수영선수 이동속도 측정을 위해 개발된 장비 및 측정 결과 (전신수영복: 평균 1.82 m/s, 반신수영복: 평균 1.94 m/s) [출처: 송홍선 - 2008년도 스포츠 과학 현장적용 보고서].

지만, 대체적으로 10% 이상을 차지한다는 것에 동의한다. 그리고 경기력은 선수의 선천적, 유전적 자질이 약 60%, 선수·지도자 노력이 약 30% 작용한다고 분석한다. 전체적인 윤곽으로 스포츠과학이 차지하는 몫이 적고, 따라서 스포츠과학을 뒷전으로 간주할 수 있지만, 세계 정상급에 있는 엘리트 선수에게는 스포츠과학의 의미가 사뭇 달라진다. 그것은 우수선수들의 체력이나 기술이 이미 정상 수준에 이르렀기 때문에 일반인 또는 일반선수에 비해 향상되는 수준이 미미하고, 발전 속도도 느리지만, 세계정상의 경쟁선수와 겨룰 때는 이 미미한 변화가 바로 승부의 열쇠로 작용하기 때문에 미미하나마 효과적으로 향상시키기 위한 지원이 필요하며, 이것이 바로 스포츠과학의 역할로 사료된다. 그렇다고 스포츠과학이 만능은 아니다. 그럼에도 불구하고 스포츠과학이 훈련 및 경기현장에 접목되어야 하는 것은 서두에서 언급한 바와 같이 과학의 범주에 포함되는 스포츠과학이 적용될 때, 경기를 대비한 선수의 체력적, 기술적, 심리적 상태는 발달 반응을 보이게 되고, 이러한 과정 없이는 경기력 향상을 쿨하게 기대하기 어렵기 때문이다. 역학을 포함한 물리학의 접목이 스포츠과학에 이루어짐으로써 스포츠과학 발전을 통한 경기력 향상이 더욱 가치를 발휘 것으로 기대되는 바, 물리학 전공자의 많은 관심과 성원을 바라는 바이다.