

인간공학적 방법을 이용한 사이클 선수의 경기력 평가 (우수선수의 경기력 벤치마킹을 중심으로...)

하 중 규* · 장 영 관** · 기 재 석***

*서울여자대학 자연과학연구소 · **강원대학교 산업경영공학과 · ***인천대학교 정보통신 대학원

Cyclist's Performance Evaluation Using Ergonomic Method (Focus to Benchmarking Elite Cyclist's Performance)

Chong-Ku Hah* · Young-Kwan Jang** · Jae-Sug Ki***

*Natural Science Institute, Seoul Women's University

**Department of Industrial & Management Eng., Kangwon National University

***Graduate School of Information and Telecommunications, University of Incheon

Abstract

Cycling that transform human energy into mechanical energy is one of the man-machine systems out of sports fields. Benchmarking means "improving ourselves by learning from others", therefore benchmarking toward dominant cyclist is necessary on field. The goals of this study were to provide important factors on multi-disciplines (kinematics, physiology, power, psychology) for a tailored-training program that is suitable to individual characteristics. Two cyclists participated in this study and gave consent to the experimental procedure. One was dominant cyclist (years: 21 yrs, height: 177 cm, mass: 70 kg), and the other was non-dominant cyclist (years: 21, height: 176, mass: 70). Kinematic data were recorded using six infrared cameras (240Hz) and QTM (software). Physiological data (VO₂max, AT) were acquired according to graded exercising test with cycle ergometer and power with Wingate test used by Bar-Or et. al (1977) and to evaluate muscle function with Cybex. Psychological data were collected with competitive state anxiety inventory (CSAI-2) that was devised by Martens et. al (1990) and athletes' self-management questionnaire (ASMQ) of Huh (2003). It appears that the dominant's CV of ankle joint angle was higher than non-dominant's CV and dominant's pedaling pattern was consistent in biomechanics domain, which the dominant's values for all factors were higher than non-dominant's values in physical, and physiological domain, and their values between cognitive anxiety and somatic anxiety were contrary to each other in psychology. Further research on multi-disciplines may lead to the development of tailored-optimal training programs applicable with key factors to enhance athletic performance by means of research including athlete, coach and parents.

Keywords : Man-machine system, Benchmarking, Supra maximal training, Coefficient of variability

1. 서 론

어떠한 환경 하에서 인간과 기계가 특정한 목적을

수행하기 위하여 결합된 집합체를 인간-기계 시스템 (MMS : mam machine system)이라고 한다. 즉, 인간-기계 시스템이란 인간과 기계에게 각각의 기능이 주어

† 교신저자: 장영관, 강원도 삼척시 중앙로1 강원대학교 산업경영공학과

M·P: 017-371-9606 , E-mail: ykjang@kangwon.ac.kr

2010년 1월 20일 접수; 2010년 3월 8일 수정본 접수; 2010년 3월 12일 게재확정

지고 공통의 목표를 성취하기 위하여 유기적인 정보의 흐름 과정이 존재하는 집합체를 의미한다.

스포츠 경기에서 인간-기계 시스템으로 구성된 육상경기 중 대표적인 경기가 사이클 운동이다. 경기력은 신체적 기능과 같은 단일 요인에 의해서 결정되기 보다는 신체적·생리적·역학적·심리적 요인들의 복합적인 상호작용에 의해 결정된다[5]. 그러므로 사이클링 경기력은 인간공학적인 방법을 이용하여 복합영역의 요인들을 평가하는 것이 바람직하다. 벤치마킹은 창조적인 모방 기법으로 경기력 향상을 위해 최고의 경기력을 보유한 상대를 전체 또는 부분적으로 비교하여 새로운 아이디어를 얻는 등 경쟁력을 확보해나가는 체계적이고 지속적인 개선활동을 통해 이루어진다. 이와 같은 자기혁신기법은 상대의 강점과약은 물론 최고와 비교하는 과정을 통해 동등 이상이 되기 위한 것이 일차적 목적이고, 궁극적으로는 획기적인 변화와 지속적인 개선 모두를 가능하게 하는 변화과정을 가속화하기 위한 이차적인 목적이 있다.

또한 시험에서 경쟁자가 추구하고 있는 목표를 쉽게 알 수 있으며, 경쟁력 확보에 필요한 새로운 기준을 쉽게 인식할 수 있으므로 전략을 보다 쉽게 세울 수 있게 된다. 그러므로 성공적인 벤치마킹을 위하여 우수한 성과에 영향을 미치는 사이클링 주요변인을 도출하는 것이 필요하다[6].

“숙련된 사이클 선수들의 페달링 궤적은 원형이다.

반면 초보자의 페달링 궤적은 사각형이다”이것은 페달링 속도의 안정성과 연관이 있다[9]. 페달링이나 힘을 발휘하는 기술은 근력과 하지분절의 운동학적인 자세에 기인하며, 자세 변인 중 족관절의 각변위 변화는 선수군이 비 선수군보다 속도증가에 따른 각변위가 고관절이나 슬관절 보다 족관절 각이 크게 변화하였으며 또한 그룹 간 족관절의 최대값 차이와 최소값 차이도 증가한 것이 특징이다[2]. 페달링 시 우수선수군의 족관절각은 비우수선수군 보다 약 2배 이상으로 족관절의 활동성이 페달링의 주요변인이다[3].

Hawley와 Noakes는 “사이클링 주행을 평가할 때, 최대파워 (POWERpeak)없이 최대산소섭취량 (VO2max)만으로 의미를 해석해서는 안 된다”라고 하였으며 이는 최대파워와 최대 산소섭취량을 함께 보고해야 함을 시사한 것이다[7]. 그리고 선수의 신체적·생리적·심리적 부분은 개인적 내적요인으로 그 밖의 선수를 둘러싼 물리적·사회적 부분은 외적요인으로 구분하였다[1].

인간-기계 시스템의 평가척도는 세 가지로 유형으로 구분되며 시스템의 성능관련, 작업수행관련, 인간반응관련 척도이다. 본 연구에서는 이 중에서 작업수행과 인간반응 변인에 관한 페달링, 근력 및 심리기술 정보를 규명하여 코치와 선수에게 제공하여 효과적인 벤치마킹을 수행하여 경기력 향상에 일조하고자 한다.

2. 연구 방법

2.1 연구대상

도로와 트랙 중·장거리 경기를 주 종목으로 하는 국가 대표 남자 사이클 선수 중 동일한 경력(9년)의 2006년 아시안 게임 3관왕, A선수(우수)와 2005년 8위 B선수(비우수) 2명을 대상으로 하였으며 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2.2 실험 설계

대한 사이클 연맹 관계자의 협조로 연구 대상자를 선정하였으며, 대상자에게 실험 목적과 일련의 실험 과정에 대한 주의사항을 숙지시키고 동의를 구하였다.

2.2.1 운동학적 영역

양적 벤치마킹을 위한 운동학적 주요변인은 페달링 패턴을 나타내는 족관절 각(상대각)과 1회전시 최대, 최소 족관절각을 선정하였으며 변동성의 평가척도인 변이계수 (coefficient of variability)를 사용하였다. 1분간의 실험국면 시간은 초최대운동 (supra maximal training) 시 유·무산소성 에너지가 모두 요구 발휘되기 때문에 사이클 선수의 독주력과 전력질주 능력을 평가할 수 있는 적절한 운동시간이라 할 수 있다 [3].

그러므로 출발부터 20초까지를 제1국면, 20초 이후부터 40초까지를 제2국면, 40초 이후부터 60초까지를 제3국면으로 설정하였다. 운동학적 영역의 실험을 위해 선수에게 사이클용 반바지를 착용시키고 각 관절점과 부착점에 반사 마커를 부착하였다<그림1>. 전·후 측면에 각각 1대 좌·우측면에 각각 2대를 설치하여 총 6대의 적외선 카메라 (ProReflex MCU-240Hz)를 사용하였다.

이때 자료처리는 Qualisys사의 QTM (Qualisys Track Manager Ver. 1.7)을 이용하여 이동평균법으로 평활화한 데이터를 가지고 메쓰메티카5.1을 이용하여 족관절각의 변이계수를 산출하였다.

<표 1> 대상자의 특성

특성 구분	연령 (yrs.)	신장 (cm)	체중 (kg)	체지방 체중 (kg)	체지방률 (%)
비우수	21	175.4	69.5	57.34	17.5
우수	21	177.3	70.4	58.36	17.1



<그림 1> 마커부착위치

2.2.2 생리학적인 영역

최대산소섭취량과 무산소성역치 테스트를 위해서는 자전거 에르고메타(Excalibur, Lode cor.)상에서 가스 분석기 (Quark b2, Cosmed com.)를 착용한 상태로 페달회전수 70 rpm으로 0.5kp로 시작하여 2분 간격마다 0.5kp씩 점층적으로 증가시키며 올-아웃 시까지 실시하는 점층부하 운동검사를 실시하였다. 무산소성 최대 파워와 평균 파워는 Bar-Or등 (1977)이 고안한 윈게이트 테스트(Wingate test)로 30초 동안 수행하였으며, 하지의 근기능을 평가하기 위해서 사이벡스 (Cybex, Cybex International Inc.)의 등속성 테스트로 발목의 각속도, 30°/sec에서 3회, 무릎의 각속도, 60°/sec에서 15회 동안의 근수축 능력을 측정하였다.

2.2.3 심리학적인 영역

통제하기 어려운 외적요인을 배제하고 자기제어가 가능한 내적요인 중 경쟁상태 불안과 운동선수 자기관리 정도를 평가하기 위하여 스포츠 경쟁불안 검사지2(CSAI-2)를 시험 전에 실시하고 운동선수 자기관리 검사지(ASMQ)는 평상시에 실행하였다. 개발 당시 이 검사지들의 내적 일관성 계수(Cronbach- α)는 인지적 상태불안 .84, 신체적 상태불안 .76, 자신감 .83과 몸관리 .70, 대인관리 .71, 훈련관리 .69, 정신관리 .68로 개발된 것이다.

3. 연구 결과 및 논의

3.1 운동학적 영역

3.1.1 페달링의 변동성

국면별 페달링 회수로서 우수선수가 비우수선수에 비해 회전수의 빈도가 높고 국면이 증가할수록 그 차이가 커짐을 보이고 있다<표 2>.

<표 2> 국면별 회전수

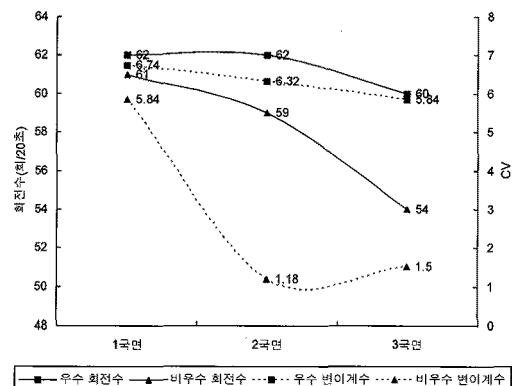
		단위: 회		
구분	국면	1국면	2국면	3국면
비우수		61	59	54
우수		62	62	60

또한 족관절의 활동성을 평가하는 척도인 국면별 족관절각의 변이계수로서 국면별 우수선수와 비우수선수의 현저한 차이를 보였으며 각 국면별 차이는 1국면(약 4배), 2국면(약 5배), 3국면(약 4배)이고 총국면(4국면)에서의 차이는 약 4배였다<표 3>.

<표 3> 국면별 변이계수

구분	국면	1국면	2국면	3국면	총국면
비우수		1.7	1.18	1.5	1.51
우수		6.74	6.32	5.84	6.37

우수선수와 비우수선수의 회전수와 변이계수는 두 변인 모두에서 우수선수가 비 우수선수보다 크게 나타났다<그림 2>. 이것은 옥성수, 김태영 및 유영석의 선행연구[2]와 일치하였다. 이는 족관절의 활동성이 두 선수간에 경기력 수행정도의 차이를 가져올 수 있는 가능성을 반영한 것이며 우수선수와 비우수선수간의 족관절각에 대한 변이계수와 페달링 회전수와와의 관련성을 시사한다. 즉, 족관절의 변이계수가 클수록 페달링의 회전수도 커지고 있음을 나타냈다. 이것은 국면이 진행될수록 우수선수 동작이 비우수선수보다 족관절의 변화와 회전수가 커지며 일관성 있는 동작을 시사하는 것이다. 그러므로 사이클링 시 족관절에 영향을 미치는 안장의 높이와 크랭크 길이의 점검 그리고 사이클화의 클리트(cleat)를 토우(toe) 쪽으로 이동하거나 족근력 강화등을 훈련 프로그램 개발에 적용하는 것이 바람직하다고 사료된다.



<그림 2> 회전수와 변이계수

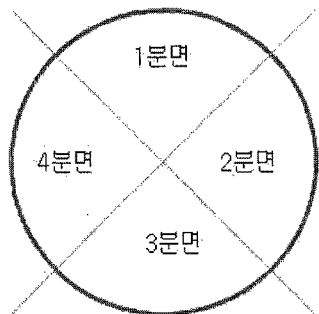
3.1.2 페달링 패턴

타이밍은 스포츠 수행의 성공과 실패를 결정짓는 중요한 요소 중 하나다. 운동기술을 효율적으로 수행하기 위해서는 시공간의 차원에서 요구되는 타이밍 수행이 정확하게 이루어져야한다. 이러한 관점에서 1회전 페달링에서 족관절의 최소각 및 최대각의 발현시점은 발이 페달을 밀고(족관절의 최소각) 당기는(족관절의 최대각)시점을 나타내므로 매우 중요하다. 미는 페달의 위치 및 구간분류를 위하여 <그림 3>과 같은 페달위치 사분면을 정의하였다.

20초 간격으로 20초 전후 3회전의 페달링 평균 족관절각의 최대, 최소 발현지점과 이때의 페달의 각위치는 선수마다 고유한 특성을 가지고 있으며 우수선수의 페달링 패턴은 비우수선수의 페달링 패턴과 비교하여 매끄러운 타원형을 나타냈다<그림 4>, <그림 5>. 그리고 우수선수의 미는 시점은 모든 국면에서 1분면에서 시작하였으며 미는 구간은 비우수선수와 비교하여 작게 나타나고(<표 4>) 회전수는 크게 나타났다<표 2>.

그러나 비우수선수의 페달링 패턴은 누운 종형을 보였으며 페달 미는 시점은 1국면에서는 1분면, 2와 3 국면에서는 2분면에서 나타나고 미는 구간도 우수선수에 비하여 크며<표 4> 회전수도 작게 나타났다(표 2). 이는 우수선수의 페달링은 비우수선수에 비하여 일관성이 있음을 반영한 것이며 우수선수의 족관절각의 변이계수의 변화가 작게 나타난 것(<표 4>)과 연관성이 있는 것으로 생각된다.

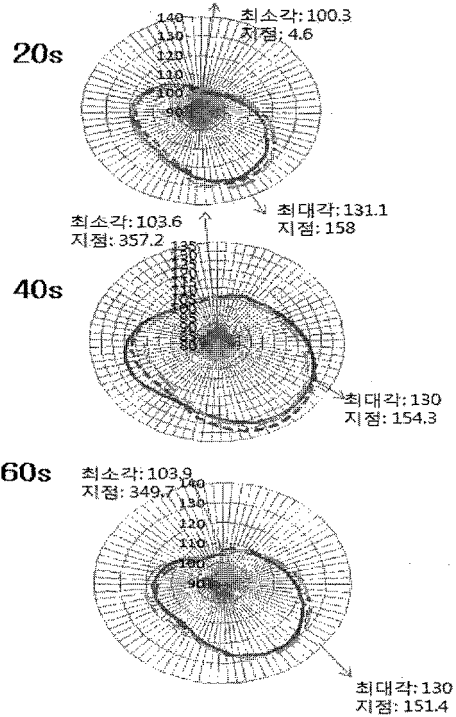
그리고 페달링 시간이 경과 할수록 우수선수의 미는 구간은 증가하는 반면 비우수선수의 미는 구간은 감소하였다. 이는 시간의 경과와 함께 체력이 소모되어 바퀴의 회전을 위하여 미는 구간이 증가되었다고 사료된다.



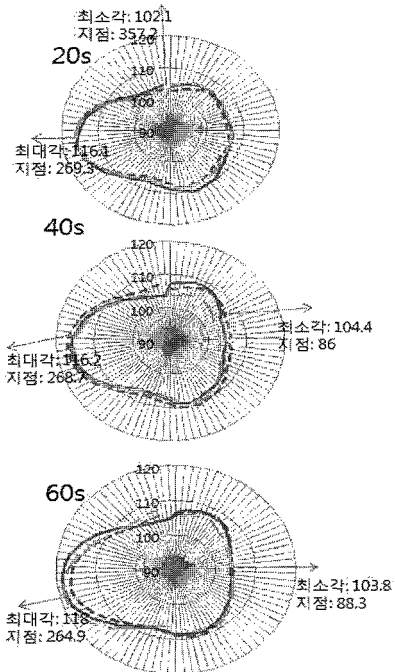
<그림 3> 페달위치 사분면

<표 4> 페달을 미는 지점과 구간

구분	우수		비우수	
	지점	구간	지점	구간
20s	1분면	153.4	1분면	272.1
40s	1분면	157.1	2분면	182.7
60s	1분면	161.7	2분면	176.6



<그림 4> 우수선수의 페달링 지점



<그림 5> 비우수선수의 페달링 지점

3.2 생리학적 영역

우수선수의 생리적 기능은 비우수선수와 비교하면 모든 요인에 걸쳐 우수선수의 측정치가 높음을 알 수

있다<표 5>. 특히, 유산소성 능력의 지표인 최대산소 섭취량(VO_{2max})과 무산소 한계치(AT)가 높다는 것은 지구성 운동능력이 높고 피로시점이 늦다는 것을 의미한다. 또한 무산소성 능력의 지표인 최대 파워와 평균 파워도 우수선수가 우수선수보다 높게 나타났다.

그리고 우수선수의 좌측 발목 신전근을 제외한 발목과 무릎의 근력이 비우수선수보다 크게 나타났다. 그리고 대상자 모두 신근력이 굴근력보다 크게 나타났다.

이것은 두 선수 모두 페달링 시 굴근력 보다는 신근력이 더 많이 발휘되고 있음을 반영한다.

그러므로 최대산소섭취량에 영향을 미치는 요인 즉, 근육량, 순환계, 호흡계 및 모세혈관계 등의 향상과 젖산역치 및 근력 향상에 관련된 요인을 훈련 계획 시 고려해야 할 주요인으로서 사료된다. 특히, 최대산소섭취량과 젖산역치 등은 개인의 선천적인 요인에 많이 좌우되므로 장기 훈련 프로그램을 통하여 향상이 이루어져야 하는 반면 근력은 전술한 두 요인에 비하여 상대적으로 단기 훈련 프로그램을 통하여 이룰 수 있는 특성이 있다. 그러므로 이러한 특성을 반영하여 개인의 훈련계획을 수립하는 것이 타당하다고 생각된다.

3.3 심리학적 영역

3.3.1 경쟁상태 불안검사

경기 전 상황에서 선수들의 경쟁상태 불안을 측정하기 위한 것으로 최저 9점에서 최고 36점까지 분포되어 있으며 영역별 9문항씩 총 27문항으로 4단계 척도로 되어있는 설문지로서 경쟁불안 검사를 실시하였다[8].

점수가 높을수록 불안정도가 높은 것으로 평가된다.

우수선수의 인지적 불안 정도가 비우수선수에 비해 6점 그리고 자신감 불안에서는 1점 차이로 높은 반면 신체적 불안정도는 3점이 낮음을 알 수 있다<표 6>, <그림 6>.

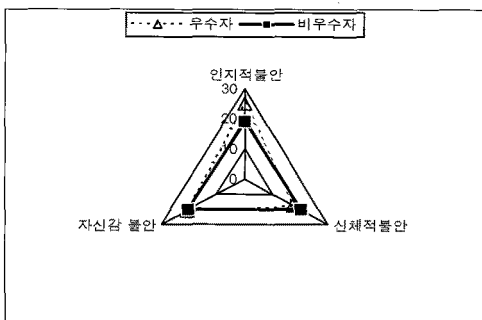
이것은 우수선수의 경기에 대한 정서 상태(긴장감, 근심, 걱정, 우려 등)가 높고, 신체의 생리적 반응 즉, 자율신경계의 반응에 대한 신체증후군(위통, 땀, 맥박수의 증가, 손 떨림 등)이 낮음을 반영한다고 할 수 있다. 특히 두 선수의 인지불안 정도와 신체불안 정도의 상반된 차이가 현저하며 자신감 불안정도는 유사함을 주지하여 심리 기술 훈련 프로그램을 개발하여야 한다고 생각된다.

<표 5> 생리적 요인

기능	Maximum Aerobic Capacity		Anaerobic Capacity (Wingate Test-30sec.) (W/kg)		Isokinetic Strength (Nm)							
	VO_{2max} (ml/kg/min)	AT (% VO_{2max})	Peak Power /Weight	Mean Power /Weight	Ankle Flexor (30'/sec.)		Ankle Extensor (30'/sec.)		Knee Flexor (60'/sec.)		Knee Extensor (60'/sec.)	
					Right	Left	Right	Left	Right	Left	Right	Left
비우수	75.80	81.00	9.90	7.93	27.00	24.00	87.00	91.00	98.00	107.00	187.00	191.00
우수	79.10	86.00	10.79	9.10	31.00	33.00	94.00	89.00	108.00	108.00	188.00	205.00

<표 6> 경쟁상태 불안검사 단위: 점

구분	요인별	인지적	신체적	자신감
비우수		19(52.8%)	20(55.6%)	20(55.6%)
우수		25(69.4%)	17(47.2%)	21(58.3%)



<그림 6> 경쟁상태 불안검사

3.3.2 운동선수 자기관리 검사

운동선수의 자기관리를 몸관리(5문항), 대인관리(5문항), 훈련관리(4문항), 정신관리(4문항)의 4개 요인의 총 18문항으로 5단계 척도로 구성된 설문지로 검사하였다 [4]. 4개영역의 평균치에서 우수자는 전 요인에서 높은 점수를 나타내고 있으며 특히, 훈련관리 요인에서 최대차이를 보이고 있다(표 7, 그림 7). 전 요인의 낮은 측정치는 경쟁상태 불안의 신체적 요인의 낮은 측정치를 반영한 것으로 생각된다.

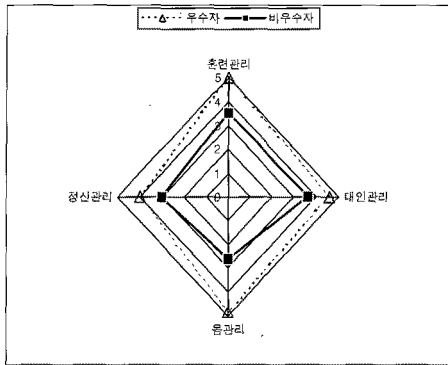
대상자간의 경쟁상태 불안검사서 신체적 불안요인의 차이, 체격 및 생리영역의 차이 그리고 운동선수 자기관리 검사에서 몸·훈련 관리 차이 등은 일관된 상호 연관성을 보이고 있다.

또한 경쟁상태 불안검사서 인지적 불안요인의 차

<표 7> 운동선수 자기관리 검사

단위: 점

요인 구분	몸관리	대인관리	훈련관리	정신관리
비우수	3.5	3.6	2.6	3.0
우수	5.0	4.6	4.8	4.0



<그림 7> 운동선수 자기관리 검사

이와 운동선수 자기관리 검사에서 정신관리 차이에서도 일관성을 보이고 있다. 이것은 비우수선수가 우수선수에 대한 전반적인 벤치마킹의 필요성을 내포하고 있다.

체력 향상 프로그램과 함께 지속적인 동기부여 및 심리 훈련 프로그램이 수반되는 것이 바람직하다고 생각된다.

4. 결론 및 제언

인간공학적 복합영역의 유기적인 연구를 통해 상호연관성의 매커니즘을 이해하여 경기력 향상에 필요한 훈련 프로그램 계획 수립에 종합적인 정보를 제공하고자 했다. 우수선수와 비우수선수의 차이는 세 영역 모두에서 나타나 경기력 향상을 위해 편중된 영역에서의 접근 방법은 지양되어야 하겠다. 인간은 개인별 차이가 매우 큰 존재이다. 동종목 선수들의 체형은 종목 특성상 유사하나 내적, 외적요인들의 영향으로 차이가 있다.

그럼에도 불구하고 일반화된 결과나 경험적인 지식을 이용한 획일적인 훈련프로그램을 모든 선수에게 적용, 실행하는 것은 비효율적이다. 그러므로 체계적이고 지속적인 개선활동인 자기혁신기법, 벤치마킹을 통하여 개인 맞춤형 통합훈련 프로그램 개발이 중요하다. 향후 전술한 주요변인들을 적용한 통합적인 훈련 프로그램 개발과 이 훈련프로그램을 실행한 후의 결과를 모니터링하고 지속적인 개선이 필요하다. 또한 선수에 대한 벤치마킹

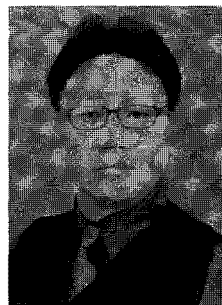
과 함께 외적 요인인 지도자와 부모에 대한 벤치마킹을 동시에 수행하는 총체적인 벤치마킹이 필요하다.

5. 참고 문헌

- [1] 신동성. 1997. 코칭론II: 1급 지도자 연수교재. 서울: 동원사.
- [2] 옥성수, 김태영, 유경석. 2002. 사이클링 시 하지분절의 속도변화에 따른 운동학적 및 근전도 분석. 한국사회체육학회지, 18: 1231-1243.
- [3] 이용우. 2005. 사이클링 초최대운동 시 RPM과 족관절의 운동학적 분석. 한국 운동역학회지, 15(4): 75-83.
- [4] 허정훈. 2003. 운동선수 자기관리 검사지(ASMQ)개발. 한국스포츠심리학회지, 14: 95-109.
- [5] Foster, J. and Porter, K. 1986. The mental athlete: Inner training peak performance. Janerart, Ltd.
- [6] Hah, C. K., Ryu, J. S. and Lee, Y. W. 2007. Benchmarking a dominant cyclist of a non-dominant cyclist by conscience approach. Proceeding of International Society of Biomechanics, Poster Session 144.
- [7] Hawley, and Noakes. 1992. On the relation between joint moments and pedalling rates at constant power in cycling. Journal of Biomechanics 19: 845-854.
- [8] Martens, R., Vealey, R.S., and Burton, D. 1990. Competitive anxiety in sport. Champaign, IL: Human Kinetics.
- [9] Shermer, M. 1987. Cycling Endurance and Speed. Chicago, New York: Contemporary Books, Inc.

저자 소개

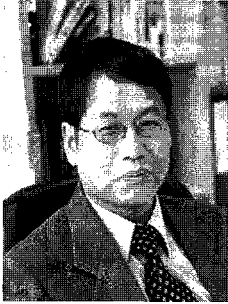
하종규



한양대학교 산업공학과(공학사), 한양대학교 산업공학과(공학석사), 한국체육대학교 체육학과(이학박사), 현재 서울여자대학교 자연과학연구소 연구교수. 관심분야로는 스포츠 공학, 운동역학, 경기력 향상 등이 있음.

주소 : 서울시 송파구 오금동 상아 아파트 8동 1210호

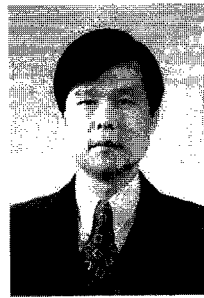
장 영 관



한양대에서 학사, 석사 및 박사 학위를 취득하였으며, 주요 관심 분야는 물류정보시스템, MIS, 인간공학 등이다. 현재 강원대학교 산업경영공학과 부교수로 재직 중이다.

주소: 강원도 삼척시 중앙로1 강원대학교 산업경영공학과

기 재 석



한양대학교 산업공학과에서 공학사, 공학석사, 공학박사 학위를 취득하고 현재 인천대학교 정보통신대학원 교수로 재직 중임. 관심분야는 Modeling & Simulation으로 특히 가상현실을 이용하여 산업에서 필요로 하는 훈련 및 교육용 장비 개발에 있음.

주소: 인천시 남구 도화동 인천대학교 공학관 409호