사이클링 초최대운동(Supra maximal training)시 RPM과 족관절의 운동학적 분석

Kinematic characteristics of the ankle joint and RPM during the supra maximal training in cycling

이용우* (한국체육대학교)

Lee, Yong-Woo* (Korea National Sport University)

ABSTRACT

Y. W. LEE, Kinematic characteristics of the ankle joint and RPM during the supra maximal training in cycling, Vol. 15, No. 4, pp.75-83, 2005. The purpose of this study was to determine the kinematic characteristics of the ankle joint and RPM(repetition per minutes) during the supra maximal training in cycling. For this study, 8 national representative cyclists, distance cyclists in track and road, were selected. During the super-maximum pedalling, kinematic data were collected using a six-camera(240Hz) Qualisys system. the room coordinate system was right-handed and fixed in the back of a roller for cycle, with right-handed orthogonal segment coordinate systems defined for the leg and foot. Lateral kinematic data were recorded at least for 3 minutes while the participants pedal on a roller. Two-dimensional Cartesian coordinates for each marker were determined at the time of recording using a nonlinear transformation technique. Coordinate data were low-pass filtered using a fourth-order Butterworth recursive filter with cutoff frequency of 15Hz. Variables analyzed in this study were compared using a one factor(time) ANOVA with repeated measures. The results of investigation suggest that the number of rotating pedal was decreased with time phase during the super-maximum pedaling. Maximum angle of the ankle joint showed little in change with time phase compared with minimum angle of that.

KEYWORDS : SUPRA MAXIMAL TRAINING, PEDALLING

I. 서론

운동수행능력은 체력, 기술, 그리고 정신력으로 평가하는 것이 일반적이며, 사이클 선수의 운동능력 발휘와

평가를 위해서는 선수의 인체와 사이클 간의 운동역학적 관계를 간과할 수 없다. 사이클링 시 요구되는 운동역학적 변인은 공기저항의 최소화, 그리고 인체에서 발휘되는 내부 에너지가 사이클로 전달되는 과정의 효율성이라 할 수 있으며, 후자의 경우 인체에서 발휘되는

이 논문은 2004학년도 한국체육대학교 학술연구지원비에 의한 연구결과임.

*cydrome@knsu.ac.kr

능력이 사이클에 완전하게 전달되기 위해서는 안장 높이와 족관절의 운동학적 요인이 신체의 다른 부분보다 더 중요하다 할 수 있다.

안장 높이는 고관절부터 종골(후족)까지 직선거리의 하지장 비율에 따라 설정 하지만(Shennum & Devries, 1976), 페달에 접촉되는 족 부위는 종골이 아닌 중족지절 관절이며, 고관절부터 중족지절 관절까지의 거리는 개개인의 족관절 각에 따라 크게 달라질 수 있다는 점을 고려할 때, 족관절의 기능에 대한 운동학적 특성을 분석하는 것은 페달링의 효율성을 검증하는 매우 의미 있는 일이라 할 수 있다.

사이클과 관련된 역학적 선행연구들을 살펴보면 하지 분절의 역학적 에너지 변화(이순호, 1997), 스트레인이게이지를 이용한 페달에 작용되는 힘의 분석(Jorge & Hull, 1984), 그리고 페달링 운동의 최대 출력을 발휘할 수 있는 효과적인 크랭크 길이(Inba et al, 1983), 페달링 속도별 페달에 작용되는 힘(Redfield & Hull, 1986), 페달에 작용되는 힘의 형태와 하지 관절의 근 모멘트 및 근전도 분석(Gregor et al, 1985), 그리고 슬관절 각에 따른 하지동작의 운동학적 분석(류창엽, 최성진, 박종진, 강순용, 2001) 등 다양한 영역에서 이루어졌다. 그러나 전술한 선행연구 대부분은 안장높이의 최적성, 페달에 발휘되는 힘의 강도, 그리고 힘이 발휘되는 방향을 구명하는 것이었으며, 이 또한 실험조건이 고정된 페달링 속도에서 1회전 페달링으로 제한하였기 때문에 실제 경기에서 발휘되는 초최대능력의 지속적 페달링으로 인하여 발생하는 족관절의 운동학적 변인의 특성을 정량적으로 살펴보는 데는 한계가 있었다.

사이클 경기결과를 좌우하는 결정적 변인은 독주력과 전력질주 능력이다. 독주력은 빠른 속도를 오래 지속할 수 있는 능력을 요구하며, 전력질주는 10-20초간에 발휘할 수 있는 파워를 요구한다. 독주력은 단독주행으로 그룹 주행시에 발생될 수 있는 충돌사고, 그룹 선수들에 의해 발생될 수 있는 물리적 불이익, 그리고 선행자에 의한 연차적 낙차 사고 등의 우려가 전무해 지구력 사이클 선수들이 가장 선호하는 전술이다. 반면, 전력질주는 결승선을 향한 라스트 스퍼트의 성공률을 높여주는 결정적 요인으로 작용되는 것은 물론, 공격적인 경기운영의 전술적 효과에도 일조 하게 된다.

이와 같은 독주력과 전력질주는 강한 에너지를 동반하는 초최대능력으로 짧게는 10-20초부터 길게는 수십 분 동안 지속해야하는 경우도 직면할 수 있다. 때문에 초최대능력을 실험하기 위한 적절한 운동시간을 산출하기란 매우 어려운 사실이다.

그러나, 김기진, 김영수, 이동규, 김창근, 손낙원(1992)은 30초 이상 수행하는 운동의 경우 대부분 무산소성 대사과정에 의해서 이루어지지만 유산소성 대사과정에 의한 영향도 조심스럽게 고려해야하며, 60초의 운동은 그 영향의 범위를 배제 할 수 없다고 보고하였으며, Hermansen과 Medbo(1984)는 60초의 운동 시 최대 50%의 유산소성 대사과정이 동원된다고 보고하였다. 또한 60초는 사이클 선수들의 톨-러 훈련 시 보편적으로 적용하는 인터벌 훈련 시간이기도 하다. 이처럼 유무산소성 에너지 대사가 동시에 동원되고, 사이클 선수들이 자주 활용하는 1분간의 초최대운동은 사이클 선수의 독주력과 전력질주 능력을 평가할 수 있는 가장 적절하게 압축된 운동시간이라 할 수 있다. 따라서 1분간 초최대운동 시 일어나는 역학적 특성을 관찰하는 것은 사이클 현장의 경기력과 관련해 매우 의미 있는 일이라 하겠다. 이에 본 연구는 1분간의 지속적 초최대운동 동안 시간별 페달회전수와 회전 시간에 따른 족관절의 운동학적 형태의 변화를 구명하고자 한다.

II. 연구 방법

1. 연구 대상

이 연구는 도로와 트랙 중·장거리 경기를 주종목으로 하는 국가대표 남자 사이클 선수 8명을 대상으로 하였으며 신체적 특성은 <표 1>과 같다.

2. 실험 장비

이 연구에 사용된 실험장비와 분석 장비는 <표 2>에 제시한 것과 같이 Qualysis사의 Motion Capture를 이용하여 운동학적 자료를 얻었다.

표 1. 피험자의 신체적 특성

Subject	Factors	연령 (yrs.)	신장 (cm)	체중 (kg)	사이클링 경력 (yrs.)	2005. 6 rank
PSB		21	176	70	9	1
JSJ		19	177	67	8	2
YJH		21	178	69	9	3
KDH		20	177	72	6	4
JHY		22	178	68	9	5
OSY		20	177	72	6	6
YTB		21	177	70	9	7
KDY		19	179	71	5	8
M		20.4	177.4	69.9	7.6	
SD		1.1	0.9	1.8	1.7	

표 2. 실험장비의 특성

	기기명	제품명	제작사
촬영장비	Motion Capture Unit	ProReflex MCU 240	Qualisys
	NLT	Qualisys 130 440 type	Qualisys
	Marker	Passive Reflection Marker	Qualisys
	Computer	Pentium-IV	Samsung
분석장비	Software	Qualisys Track Manager Ver. 1.7.187	Qualisys

3. 실험절차 및 방법

장거리 사이클 선수들의 1분간 초최대운동 시 족관절의 운동학적 분석을 위해 부하조절기능이 없는 사이클 선수들의 훈련용 평 롤러를 설치한 다음, NLT(non linear transformation) 방법에 이용되는 프레임(frame)을 롤러 후방에 설치해 전역좌표계로 이용했다. 페달 회전수를 얻고 족관절각의 관찰을 위해 카메라(ProReflex MCU 240)를 전·후 측면에 각각 4대, 좌·우측면에 2대, 총 6대를 설치하였고, 본 실험에 들어가기 전 모든 피험자는 각 관절점과 부착점의 마커 식별을 위해 사이클용 반바지를 입고, 각 관절점과 부착점에 반사 마커를 부착하였다. 사이클 선수들이 평소 실내 훈련이나 경기에 앞서 준비운동 시 사용하는 부하조절기능이 없는 평 롤러 위에서 자신의 도로용 사이클로 15분 간, 20초의 전련절주가 2회 포함된 준비운동과 자율적 회복시간을 가진 다음(이 때 기어는 자율적으로 선택), 53×14T의 기어 비(gear ratio)로 1분간 초최대능력을 발휘토록 하였다. 1분간 계시

는 출발 60초전이라는 육성 신호를 시작으로 30초전, 10초전, 5초전, 시작이라는 신호에 따라 이루어졌으며, 출발로부터는 10초당 경과 시간을 육성으로 피험자에게 신호를 보냈다. 카운트 동안의 스피드는 선수에 따라 각각 달리 발휘되지만 대부분 10초까지는 출발을 위한 정신적 준비시간이라 할 수 있으며, 10초부터 스피드를 높이기 시작하여, 5초부터는 최고스피드를 향하여 가속을 시작하며 시작 신호이전에 개인별 최고스피드에 이미 도달한 상황에서 1분간 초최대운동이 시작되도록 하였다. 출발부터 20초까지를 제1국면, 21초부터 40초까지를 제2국면, 41초부터 60초까지를 제3국면으로 설정하여 분석했다.

4. 자료처리

이 연구의 자료처리는 Qualisys 사의 QTM(Qualisys Track Manager Ver. 1.7.187) 프로그램을 이용하여, 시간요인의 각 국면별 총 페달링 회전수, 페달 1회전당 소요시간, 초당 회전수, 각도요인의 각 국면별

족관절의 최대각과 최소각, 그리고각변위를 분석하였다. 이때 족관절각은 발분절과 하퇴 분절의상대각으로 시상면에서 이루어지는 평면각으로 설정하였다.

국면별 통계적 유의치를 보기위해 one-way ANOVA 반복 측정 방법이 적용되었으며, 이 때 유의 수준 α 는 5%이하로 설정했다.

III. 결 과

남자 국가대표 중·장거리 사이클 선수의 1분간 초 최대운동 시 나타난 국면 및 1분간 총 페달 회전수는 <표 3>과 같다. 이에 의하면 국면별 평균 페달 회전수는 제1국면이 가장 많은 61.38회, 제2국면이 59.38회, 제3국면이 가장 작은 56.88회로 각 국면이 진행될수록 점차 더 작게 발휘되었지만, 통계적으로 유의한 차이는 보이지 않았다. 반면, 1분간 총 페달 회전수는 국가대표 선발랭킹과 유사하게 나타났다. 즉, 선발랭킹의 상위그룹선수가 1분간 총 페달 회전수에서도 상위그룹을, 선발랭킹의 하위그룹선수가 1분간 총 페달 회전수에서도 하위그룹으로 구분될 만큼 개인별로 현저한 차이를 보였다. 선발랭킹과 1분간 총 페달 회전수에서의 상위그룹선수들은 각 국면별 회전수의 편차가 비슷하면서, 제1국면의 회전수가 하위그룹선수들보다 특이하게 많지 않은 반면, 하위그룹선수들은 각 국면별

회전수의 편차가 급격하게 떨어지면서 제1국면의 회전수는 상위그룹선수들 보다 특이하게 많이 발휘되는 것으로 나타났다. 그러나 JHY 처럼 페달 회전수가 제1국면에서 특이하게 작고, 각 국면이 진행될수록 더 많아지는 경우에도 1분간 총 페달 회전수는 작게 발휘되는 것으로 나타났다.

국면별 1회전당 평균 소요시간은 <표4>와 같으며, 제1국면에서 0.326sec로 가장 빠르게 나타났고, 제2국면에서 0.337sec, 제3국면에서 0.353sec로 각 국면이 진행될수록 점차 더 늦어지는 것으로 나타났지만 통계적으로는 유의 하지 않았다. 개개인 별로 분석해 보면 페달 회전수의 결과와 유사하게 나타났다. 즉, 상위그룹선수의 경우 제1국면의 소요시간이 특이하게 빠르지 않으면서 국면별 시간 편차가 작고 완만하며, 하위그룹선수의 경우 제1국면의 소요시간이 특이하게 빠르면서 국면별 시간 편차가 크고, 특히 제3국면에서는 더욱 급격한 시간 편차를 나타냈다.

국면별 초당 평균 회전수는 <표5>와 같으며, 제1국면에서 가장 많은 3.07회, 제2국면에서 2.97회, 제3국면이 2.82회로 각 국면으로 진행될수록 점차 더 작게 나타났지만 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않았다. 초당 회전수도 개개인별로 분석해 보면 1분간 총 페달 회전수의 결과와 유사하게 나타났다. 즉, 상위그룹선수의 경우 제1국면의 페달 회전수가 특이하게 많지 않고, 각 국면으로 진행되어도 회전수의 편차가 완만하며, 하위그룹선수의 경우 제1국면의 페달 회전수가 특이하게 많고, 각 국면으로 진행하면서 회전수의 편차가 크며 특히, 제3국면에서는 더 급격히 작아지는 결과를 나타냈다.

국면별 족관절의 평균 최대각은 <표6>및 <그림1>과 같다. 제1국면이 112.0°, 제2국면과 제3국면은 동일한 111.3°로 제1국면보다 근소하게 작게 나타났으며, 통계적으로도 $p<.01$ 의 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 개개인별로 분석해보면, 상위그룹선수의 KDH 경우 제3국면이 제1국면보다 0.7°작아진 반면, JSJ의 경우 제3국면이 제1국면보다 오히려 0.9°크게 나타났으며, 하위그룹선수의 경우 제3국면이 제1국면 보다 크게 작아지는 것으로 나타났다. 그러나, 상위그룹 PSB의 1.2°, 하위그룹 YJH의 0.9°와 같은 경우도 있었다.

표 3. 국면 및 1분간 총 페달 회전수 (단위:RPM)

Phase Trials	1st phase	2nd phase	3rd phase	total
KDH	62	62	61	185
JSJ	62	62	60	184
PSB	63	61	58	182
JHY	58	59	60	177
YTB	64	58	53	175
KDY	61	59	54	174
YJH	60	57	56	173
OSY	61	57	53	171
M	61.38	59.38	56.88	
SD	1.85	2.07	3.31	

표 4. 국면별 1회전당 평균소요 시간 (단위:SEC)

Phase Trials	1st phase	2nd phase	3rd phase	F
KDH	0.323	0.323	0.328	1.03
JSJ	0.323	0.323	0.333	
PSB	0.317	0.328	0.345	
JHY	0.345	0.339	0.333	
YTB	0.313	0.345	0.377	
KDY	0.328	0.339	0.370	
YJH	0.333	0.351	0.357	
OSY	0.328	0.351	0.377	
M	0.326	0.337	0.353	
SD	0.010	0.012	0.021	

표 5. 국면별 초당 평균 회전수 (단위:RPS)

Phase Trials	1st phase	2nd phase	3rd phase	F
KDH	3.10	3.10	3.05	1.05
JSJ	3.10	3.10	3.00	
PSB	3.15	3.05	2.90	
JHY	2.90	2.95	3.00	
YTB	3.20	2.90	2.65	
KDY	3.05	2.95	2.70	
YJH	3.00	2.85	2.80	
OSY	3.05	2.85	2.65	
M	3.07	2.97	2.84	
SD	0.09	0.10	0.17	

표 6. 국면별 족관절의 평균 최대각 (단위:deg)

Phase Trials	1st phase	2nd phase	3rd phase	F
KDH	112.5	111.7	111.8	67.29†††
JSJ	116.9	117.3	117.8	
PSB	116.5	115.4	115.3	
JHY	111.3	112.7	114.1	
YTB	114.9	113.2	112.5	
KDY	110.7	109.2	108.9	
YJH	108.7	107.7	107.8	
OSY	104.8	102.9	102.6	
M	112.0	111.3	111.3	
SD	3.9	4.3	4.5	

†††p<0.01

국면별 족관절의 평균 최소각은 <표7> 및 <그림2>와 같으며, 최대각과는 반대로 제1국면에서 가장 작은 94.9°, 제2국면에서 96.8°, 그리고 제3국면은 97.6°로 각 국면이 진행될수록 점차 더 크게 나타났으며 통계적으로도 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다(p<.01). 개개인별로 분석해 보면 최대각과는 달리 상위그룹선수와 하위그룹선수 모두 불규칙한 편차를 보이고 있다.

국면별 족관절의 평균 각변위는 <표 8>과 <그림3>과 같다. 제1국면이 17.1°로 가장 크고, 제2국면이 14.5°, 제3국면에서는 13.8°로 각 국면으로 진행될수록 점차 더 작게 나타났으며, 통계적으로도 p<.01% 수준에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 개개인별로 분석해 보면 상위그룹선수들이 큰 각변위를(KDH : 19.8°/ JSJ : 23.1°/ PSB : 26.0°), 하위그룹선수들은 작은 각변위를(KDY : 2.4°/ YJH : 6.6°/ OSY : 1.3°/ YTB : 16.9°) 나타내고 있다.

표 7. 국면별 족관절의 평균 최소각 (단위:deg)

Phase Trials	1st phase	2nd phase	3rd phase	F
KDH	90.3	92.1	93.9	44.93†††
JSJ	92.0	94.6	96.0	
PSB	88.8	90.0	90.2	
JHY	88.7	87.8	87.5	
YTB	94.8	97.1	98.0	
KDY	104.2	108.0	109.3	
YJH	98.8	102.3	103.4	
OSY	101.7	102.3	102.3	
M	94.9	96.8	97.6	
SD	5.6	6.5	6.8	

†††p<0.01

그림 1. 국면별 족관절의 평균 최대각.

그림 3. 국면별 족관절의 평균 각변위.

그림 2. 국면별 족관절의 평균 최소각.

IV. 논 의

본 연구는 트랙 중·장거리와 도로경기를 주종목으로 하는 남자 국가대표 사이클 선수들의 1분간 초최대운동 시 나타나는 페달링 능력과, 족관절의 운동학적 형태를 구명하고자 했다. 그 결과 1분간 총 페달 회전수에서 상위그룹을 이루었던 KDH는 개인추발 종목의 주니어 한국신기록을 보유한 유망 신예선수이고, JSJ는 개인추발 종목의 엘리트 한국신기록을 보유한 명실상부한 최고 선수이며, PSB는 도로부분 국내 최고의 경기력을 인정받는 선수임을 고려한다면, 이들의 결과는 매우 신뢰할 수 있는 자료가 될 수 있을 것으로 생각된다.

특히, 상위그룹의 KDH와 JSJ의 경우 제1국면, 즉 운동초기(제1국면)에 발휘하는 능력은 특이하게 크지 않았지만, 그 수준을 운동종반(제3국면)까지 유지하므로 1분간 총 페달 회전수가 가장 많았다. 이런 결과는 두 선수 모두 독주경기종목을 주 종목으로 하는 선수인 관계로 페이스 유지능력이 뛰어나기 때문으로 사료되며, 총 회전수도 전체선수들보다 많은 것을 고려한다면 이들의 생리학적 운동능력은 높은 강도에서의 젖산-시스템과, 산소-시스템 능력이 상대적으로 우수한 것으로 사료된다.

반면, 동그룹의 PSB는 제1국면, 즉 운동초기(제1국면)에서는 KDH와 JSJ보다 페달 회전이 1회전 많았지만, 운동종반(제3국면)에 가서는 오히려 KDH와 JSJ보

표 8. 국면별 족관절의 평균 각변위 (단위:deg)

Phase	1st phase	2nd phase	3rd phase	F
Trials				
KDH	22.2	19.5	17.8	53.92
JSJ	24.9	22.6	21.8	
PSB	27.7	25.4	25.0	
JHY	22.6	25.0	26.6	
YTB	20.2	16.1	14.5	
KDY	6.5	1.2	-0.4	
YJH	9.9	5.4	4.4	
OSY	3.0	0.6	0.3	
M	17.1	14.5	13.8	
SD	8.7	9.8	10.3	

†††p<0.01

다 각각 3회와 2회전이 떨어지면서 결국, 1분간 총 페달 회전수에서도 KDH와 JSJ보다 각각 3회와 2회전 더 작게 발휘되었다. 이는 KDH와 JSJ보다 운동초기 발휘되는 ATP-PC능력은 다소 우수하고, 짧게 실시된 실험시간을 고려할 때 강한 젓산-시스템과 산소-시스템 능력이 다소 떨어진다고 볼 수 있겠으나 강한 정신력이 상대적으로 더 요구되는 지구력 능력과, PSB의 주종목인 도로경기는 초최대능력의 발휘 비율이 높지 않다는 특성을 고려한다면, 라스트 스퍼트에서는 KDH나 JSJ보다 더 우수한 능력을 발휘할 수 있을 것으로 사료된다.

하위그룹 선수일수록 국면별 편차는 더욱 크게 나타나고 있다. 특히 YTB의 경우 운동초기(제1국면)에는 KDH와 JSJ보다 특이할 만큼 2회전 많이 발휘했다가 운동중반(제3국면)에는 8회와 7회전 더 작게 발휘되었으며 1분간 총 페달 회전수에서는 KDH보다 10회전, JSJ보다 9회전이나 작게 발휘하였다.

1분간 총 페달 회전수와 국면별 페달 회전수를 종합적으로 분석해 보면, 1분간 총 페달 회전수가 작은 선수들은 운동초기(제1국면)의 페달 회전수가 특이하게 많았다가, 운동중반(제3국면)으로 가면서 페달 회전이 급격히 떨어지는 경향을 보였고, 1분간 총 페달 회전수가 많은 선수들은 운동초기(제1국면)의 적절히 높은 페달 회전수를 운동중반(제3국면)까지 동일 수준으로 유지하였다.

이 연구의 1분간 총 페달 회전수를 운동생리학에서의 총운동량과 동일 범주로 간주한다면, 이상의 결과에서 볼 때 총운동량은 운동초기의 적당히 높은 강도를 운동중반까지 동일하게 유지할 수 있는 능력이 좌우할 것으로 생각된다. 따라서 1Km 독주, 단체추발, 개인추발, 그리고 도로독주 등 기록경기를 주 종목으로 하는 선수와 팀에서는 경기전반의 적절히 높은 강도를 중반까지 유지하는 것에 더 유의해야 할 것으로 판단된다.

국면별 회전당 평균 소요시간과 국면별 초당 평균 회전수는 국면별 페달 회전수, 그리고 1분간 총 페달 회전수와 일치하는 결과를 나타내고 있다.

페달링(오른쪽 페달)은 페달이 지면으로부터 가장 높은 정점에 도달하기 전 약 45° 지점에서 족관절은 최

대각이 되고, 페달이 정점을 통과하여 슬관절이 신전하면서부터 하지의 내부에너지가 페달에 발휘되는 시작과 동시에 종골이 지면방향으로 내려갔다가 차츰 시작되었던 정점으로 돌아가기를 반복한다(Daly & Cavanagh, 1976)는 보고와, 남자 대학 사이클 선수 7명을 대상으로 한 류창엽 등(2001)은 족관절이 신전하는 구간은 페달이 지면과 가장 가까운 하점에서부터 정점까지 구간이고, 굴곡되는 구간은 정점에서부터 하점까지 구간이라고 보고했다.

이 연구에서는 족관절의 최대각과 최소각이 나타나는 지점은 고려하지 않았으나 초최대능력 발휘 시 족관절의 최대각은 국면이 진행될수록 작게 나타났다. 개개인별로 분석해 보면 상위그룹의 선수들은 작아지는 경우(KDH : -0.7°)와 크지는 경우(JSJ : +0.9°)로 양분되게 나타났으나, 이들은 1° 이내의 아주 근소한 편차를 보였으며, 하위그룹 선수들의 경우 상위그룹 선수들 보다 더 크게 작아지는 것으로 보아, 족관절의 최대각은 페달링에 밀접한 영향이 있을 것으로 간주된다. 따라서 효율적 페달링을 위해서는 체력의 극한 상황에서도 족관절의 최대각 변화를 최소로 유지할 필요성이 있을 것으로 사료된다.

국면별 최소각은 각 국면이 진행될수록 최대각과는 반대로 크게 나타나고 있으며, 그 편차는 최대각보다 크다. 개개인 별로 분석해 보면, 상위그룹의 KDH가 3.6°, JSJ가 4°, PSB가 1.4°, 하위그룹의 KDH가 5.1°, YJH가 4.6°, YTB가 3.2°로 나타나는 결과 등으로 볼 때, 족관절의 최소각은 상위그룹 선수와 하위그룹 선수 간의 페달링에 미치는 직접적 영향이 크지 않을 것으로 판단된다.

족관절의 최대각과 최소각의 차이를 나타내는 각변위는, 족관절의 신전과 굴곡 범위라고 할 수 있지만, 페달링 시에는 페달과 중족지절 관절로부터 종골(후족)의 상하 움직임 동작으로 관찰된다. 이 연구에서 나타난 각변위는 상위그룹과 하위그룹 간에 큰 차이를 보이고 있다, 또한 상위그룹은 평균 22.0°, 하위그룹은 평균 10.4°로 상위그룹이 하위그룹보다 2배 이상의 각변위로 페달링을 하고 있는 것이라 할 수 있다. 따라서 페달링 시에는 유연하게 움직이는 족관절의 형태가 요구된다.

V. 결론 및 제언

국가대표 남자 중장거리 사이클 선수들을 롤러에서 1분간 초최대운동을 실시토록 한 다음, 페달 회전수와 각 국면별 족관절의 운동학적 결과를 분석한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 국면별 페달 회전수는 각 국면이 진행될수록 점차적으로 감소되었으며, 1분간 총 페달 회전수에서는 많은 회전수를 발휘한 상위그룹과 상대적으로 작은 회전수를 발휘한 하위그룹으로 구분되었다. 이런 결과는 국가대표 선발 당시 랭킹순과 유사하다. 상위그룹 선수들은 국면별 페달 회전수의 편차가 작고, 하위그룹 선수들은 국면별 페달 회전수의 편차가 크게 나타났으며, 특히 하위그룹은 제3국면(운동중반)의 회전수가 급격하게 떨어졌다.
2. 최대각은 각 국면이 진행될수록 점차적으로 작아지는 것으로 나타났으나, 상위그룹의 JSJ와 하위그룹의 JHY처럼 오히려 크지는 경우도 있었다. 그러나 상위그룹 선수들은 0° 중심에서 1° 이내의 편차로 커지는 경우와 작아지는 경우가 있었으며, JHY를 제외한 하위그룹 선수들은 최소 1.8°에서 최대 2.4°까지 큰 편차로 작아지는 것으로 나타났다.
3. 최소각은 각 국면이 진행될수록 점차 크게 나타났으나, 상위그룹과 하위그룹 간의 구별이 어려울 정도로 불규칙한 것으로 나타났으며, 개인적으로 하위그룹의 JHY는 1.2° 작게 나타났다.
4. 각변위는 각 국면이 진행될수록 점차적으로 커지는 것으로 나타났으나, 특히 상위그룹 선수들이 하위그룹 선수들보다 큰 각변위를 보였다.

이 연구의 피험자들은 전원 현국가대표선수이지만 사이클 경기와 같은 개인종목에서는 국가대표선수 중에서도 경기력의 차이가 있다고 할 수 있다. 그밖에 본 연구에서 분석한 역학량 이외 페달링 시 힘의 발현 특성과 페달링 구간 힘의 배분, 족관절의 최대각과 최소각의 위치 등에 대한 구명은 사이클 선수들의 경기력 향상을 위하여 반드시 이루어져야 할 내용으로 판

단된다. 또한 기회가 된다면 세계 우수선수들과 우리 선수간의 페달링 시 운동역학적 차이점들을 분석할 필요성을 제기 하고자 한다.

참 고 문 헌

- 김기진, 김영수, 이동규, 김창근, 손낙원 (1992). ATP-PC 및 젖산시스템의 구분에 의한 무산소성 운동능력의 측정방법. 한국체육과학연구원. 체육과학논총. 제4권 2호. pp.1-22
- 이순호 (1997). 사이클의 안장높이에 따른 하지 분절의 역학적 에너지 변화. 박사학위논문. 성균관대학교 대학원.
- 이용우 (1985). 사이벡스II를 이용한 사이클 선수의 각 근력에 관한연구. 석사학위논문. 경남대학교 대학원.
- 류창엽, 최성진, 박종진, 강순용 (2001). 사이클링 선수의 슬관절각에 따른 하지동작의 운동학적 분석. 한국운동역학회지, 제11권 2호, pp. 259-279.
- Carlson, F. D., and D. R. Wilkie. (1975). Muscle Physiology. Prentice Hall, Englewood Cliffs, N. J.
- Daly, D. J., and P. R. Cavanagh. (1976). Asymmetry in Bicycle Ergometer Pedalling. Medicine and Science in Sports, 8, No.3, pp. 204-208
- Gregor, R. J., Cavanagh, P. R., and LaFortune, M. (1985). Knee Flexor Moments during propulsion in cycling-A creative solution to Lombard's Paradox. J. Biome. (Elmsford, -N.Y.):18(5), pp. 307-316 Refe:28.
- Hermansen, L., and J. L. Medbo.(1984). The relative significance of aerobic and anaerobic processes during maximal exercise of short duration. In Marcomment, P., J. Poortmans, and L. Hermansen(eds):Physiological Chemistry of training and Detraining. Medicine and Sport Science. Baser, Karger, Vol.17,

- pp.55-67
- Inbar, O., Dotan, R., Trousil, T., and Dvir, Z. (1983). The Effect of Bicycle Cranklength Variation upon Power Performance. *Ergonomics* (London) 26(12), Dec, pp.1139-1146
- Jorge, M., and Hull, M. L. (1984). Biomechanics of Bicycle Pedalling. In, Terauds, J.(ed) et al., *Sports Biomechanics. Proceedings of ISBS*, Der Mar, Calif., Reserch Center for Sports, c, pp. 223-246. Refs:20
- Redfield, R., and Hull, M. L. (1986). On the relation between joint moments and pedalling rates at constant power in cycling. *J. Biomech.* 19, pp. 845-854
- Shennum, P. L., and Devries, H. A. (1976). The effect of saddle height on oxygen consumption during bicycle ergometetr work. *Medicine and Science in Sports*, 8, No. 2, 119 - 121.
- 투 고 일 : 10월 30일
심 사 일 : 11월 20일
심사완료일 : 12월 07일