



Original Article

Comparative Analysis of Maximal Aerobic Capacity and Sprint-Related Physical Fitness in Keirin Cyclists

Ji-Young Lee and Tae-Beom Seo*

Jeju National University

Article Info

Received 2023. 07. 31.

Revised 2023. 08. 09.

Accepted 2023. 08. 23.

Correspondence*

Tae-Beom Seo

seotb@jejunu.ac.kr

Key Words

Keirin cyclists, VO₂max, Maximum muscle strength, Performance, blood lactate

이 논문은 2023학년도 제주대학교 교원 성과지원사업에 의하여 연구되었음

PURPOSE This study aimed to compare body composition, physical fitness, maximum muscle strength, and blood lactate concentration according to the level of aerobic capacity in Keirin cyclists. **METHODS** Forty-four Keirin cyclists participated in this study and were divided into three groups: the top 20% VO₂max group (TG, n=9), the middle 20% VO₂max group (MG, n=9), and the low 20% VO₂max group (LG, n=9). The study measured body composition, physical fitness, maximum muscle strength, and blood lactate concentration in Keirin cyclists. Differences between groups were determined using one-way ANOVA analysis. **RESULTS** Body weight, percentage of body fat, and body mass index were significantly higher in the LG than in the TG and MG. The vertical jump and maximum muscle strength were significantly higher in the TG and MG than in the LG. Additionally, blood lactate concentrations immediately after exhaustive exercise and during the 5-minute recovery periods were higher in the LG than in the TG and MG. Moreover, the time to exhaustion, HRmax and maximum power were the highest in the TG. **CONCLUSIONS** Our findings suggest new information that levels of aerobic capacity in male Keirin cyclists might be a crucial predictor of cycling performance and recovery ability.

서론

경륜(Keirin cycling)은 7명의 선수가 벨로드롬(약 길이 333.33m, 폭 9.8m, 경사로 4~34°)을 선두 유도원과 함께 4바퀴(1,691m)를 주행한 후 타종과 함께 2바퀴를 경주하여 순위를 결정짓는 경쟁 스포츠이다(Choi et al., 2008).

공정한 경주를 위해 경륜은 선수 개개인의 기량에 따라 슈퍼 특선(SS급), 특선(S급), 우수(A급), 선발(B급) 총 4개의 등급으로 구분되며, 경주 성적에 따라 승급 또는 강급이 결정된다(Lee et al., 2022).

경륜 선수의 등급 및 경기 승패는 선수의 체격적 특성, 주행 전략 및 경기력 관련 체력요인에 영향을 받는 것으로 보고되고 있다. 특히, 외부의 저항을 최소화하여 단시간 내 빠르게 결승점을 통과하는 경륜의 경기 특성상 낮은 체지방, 높은 무산소성 능력은 경기의 승패를 결정짓는 중요한 요인이다(Craig & Norton, 2001; da

Rocha Penteadó et al., 2010; Driller & Halson, 2013; Malizia & Blocken, 2021).

최근 연구에 따르면, 높은 수준의 상·하지 등속성 근기능 및 무산소성 페달링 파워는 경륜 선수의 경기 승패 및 등급 유지와 밀접한 관련이 있는 것으로 보고되었다(Park & Seo, 2020; Sakong et al., 2021).

경륜 경기의 주행거리는 약 2km이며, 경기 중 추정된 유산소성 에너지 시스템 기여도는 1,000m까지 50%, 3,000m까지 70%인 것으로, 경륜 선수의 경기력 향상 및 등급 유지를 위해서는 높은 수준의 최대산소섭취량(VO₂max)이 요구된다(Fujii et al., 2019).

최대산소섭취량은 운동 강도가 최대일 때 단위 시간 및 체중 당 섭취하는 산소량을 의미하고, 최대산소섭취량의 증가는 근육의 산소 가용성(Oxygen Availability) 향상과 근육 내 모세혈관 밀도(Capillary density) 및 미토콘드리아 수 증가로 엘리트 선수의 경기력 향상과 밀접한 관련이 있다(Bassett & Howley, 2000; Mujika & Padilla, 2001a). 또한, 탈진까지의 총 운동시간, 최대 파워 및 안정 시 혈중젖산 농도는 경륜 선수의 스프린트 성능과 높은 상관성이 있는 것으로 알려져 있다(Rosenblat et al., 2022; Støren et al.,

© This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

2013; Sung et al., 2021).

하지만, 현재까지 보고된 경륜 선수의 경기력 향상을 위한 체력 관련 연구는 경기 시간이 짧다는 이유로 무산소성 파워 및 상·하지 등속성 근 기능에 국한되어 왔다. 이러한 이유로 경륜 선수의 경기력에 영향을 미치는 최대산소섭취량의 중요성이 간과되어 관련 연구가 매우 부족한 실정이며, 최대산소섭취량 수준과 다른 경기력 관련 체력요인 간의 비교 연구는 전무한 실정이다.

따라서 본 연구의 목적은 남자 경륜 선수의 최대산소섭취량 수준에 따른 신체 구성, 기초체력, 최대근력 및 혈중젖산 농도를 비교 분석하는 것이다.

연구방법

연구대상

본 연구는 대한민국 남자 경륜 후보 선수 44명을 대상으로 하였으며, 모집된 경륜 후보 선수의 최대산소섭취량을 기준으로 상위 20% (Top 20% VO₂max group, TG) 9명, 중위 20%(Middle 20% VO₂max group, MG) 9명, 하위 20%(Low 20% VO₂max group, LG) 9명 총 3그룹으로 구분하였다. 최대산소섭취량 상위, 중위, 하위 20%에 포함되지 않은 17명은 분석에서 제외되었습니다. 연구 참여에 앞서 선수들에게 연구의 목적과 방법에 대해 상세하게 설명한 후 본 연구의 참여 의사를 밝힌 선수만 본 연구에 참여하도록 하였다. 본 연구는 생명윤리위원회의 승인(JJNU-IRB-2023-049)을 받은 후 실시하였으며, 대상자 특성은 (Table 1)과 같다.

측정 항목 및 방법

1. 신체 구성

자동신장-체중 측정기(DS-103M, DonSahn Henix, Korea)를 이용하여 신장과 체중을 측정 후 신체 구성은 체성분분석기(Inbody 770, Inbody, Seoul, Korea)를 이용하여 체지방률, 체지방량을 측정하였다. 모든 대상자는 최소 8시간 공복을 유지하고, 오전 9시 측정실에 방문하여 가벼운 복장으로 측정에 참여하였다.

2. 기초체력

1) 최대근력

최대근력은 악력과 배근력 및 벤치프레스, 레그컬, 레그익스텐션, 시티드로우, 팻플다운, 레그프레스를 측정하였다. 악력은 디지털 악력 측정기(TKK 5401, Takei, Japan)를 사용하여 좌·우 2회씩 교대로 측정한 후 우세측의 기록을 kg 단위로 제시하였으며, 배근력은 디지털 배근력 측정기(TKK5102, Takei, Japan)를 이용하여 2회 측정 후 최댓값(kg)을 제시하였다. 벤치프레스는 스미스 프레스 장비(16120 Smith press, Cybex, Ma, USA)를 이용하였으며, 레그컬, 레그프레스, 레그익스텐션, 시티드로우, 팻플다운은 훈련 장비를 사용하여 측정하였다. 선수의 부상 방지를 위해 예비 운동을 5회 실시 후 3분간 휴식을 취하고 1RM(One-repetition maximum) 직접 측정법을 이용하여 측정한 후 절댓값(kg)과 들어 올린 중량을 체중으로 나눈 상댓값(kg/BW)으로 구분하여 제시하였다.

Table 1. The characteristic subjects

(Mean ± SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ |
|---------------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|
| Age (year) | 22.00±0.55 | 23.11±0.45 | 23.56±0.38 |
| Height (cm) | 175.56±6.06 | 177.33±1.80 | 177.22±4.29 |
| Weight (kg) | 79.07±6.94 | 82.80±5.13 | 90.60±10.47 |
| VO ₂ max (ml/kg/min) | 64.56±2.45 | 57.92±0.60 | 49.41±3.27 |
| BMR (kcal) | 1830.89±162.08 | 1907.56±60.68 | 1928.11±144.57 |

BMR, Basal metabolic rate; TG¹, Top 20% VO₂max; MG², Middle 20% VO₂max; LG³, Low 20% VO₂max

2) 순발력 및 스피드

순발력은 서전트 점프를, 스피드는 25m 스프린트를 측정하였으며, 서전트 점프는 디지털 수직 점프대(DW 771A, SKARO, Korea)를 이용하여 도움닫기 없이 수직으로 2회 높이 뿔 최댓값(cm)을 제시하였다. 25m 스프린트는 1회 연습 후 충분한 휴식 시간을 부여하였으며, 출발선에서 출발 소리와 함께 25m 지점까지 전력 질주하여 가슴이 통과한 시점을 기준으로 초(sec) 단위로 제시하였다.

3) 유산소성 능력 및 혈중젖산 농도

Watt bike(Wattbike Pro, Wattbike Ltd, Nottingham, UK), 휴대용 호흡 가스분석기(Metamax 3b, Cortex, Leipzig, Germany) 및 무선 심박수 측정기(Polar H10, Polar Electro Oy, Kempele, Finland)를 사용하여 경륜 선수의 유산소성 능력을 확인하였다. 대상자는 Watt bike의 안장과 핸들의 높이를 조정 후 안장에 앉아 20분간 90rpm을 유지하는 준비운동을 수행한 후 동일 rpm에서 220watt의 부하로 본 측정을 시작하여 1분마다 20watt씩 증가시키는 형태로 탈진까지의 운동시간과 최대파워 및 젖산역치파워(Functional threshold power, FTP)를 확인하였다. 또한, 호흡 가스분석기 및 심박수 모니터를 통해 최대산소섭취량과 심박수를 확인하였다. 혈중젖산은 탈진 운동이 끝난 직후와 안정 시(3분, 5분)에 검지 손가락 끝의 모세혈관에서 채혈하여 젖산분석기(Biosen C-line, EKF, Germany)를 사용하여 확인하였다.

통계 처리

본 연구의 자료처리는 IBM SPSS 22.0(IBM Co, Armonk, NY, USA) 통계 프로그램을 이용하여 평균과 표준편차를 제시하였다. 최대산소섭취량 수준에 따른 신체 구성, 기초체력, 최대근력, 유산소성 능력 및 혈중젖산 농도의 차이 검증을 위해 일원배치분산분석(One-way ANOVA)을 실시하였으며, 사후검정은 Tukey를 이용하였다. 통계적 유의 수준은 $\alpha=.05$ 로 설정하였다.

연구 결과

신체 구성

최대산소섭취량 수준에 따른 신체 구성 차이는 <Table 2>와 같다. 체중($p<.014$), 체지방률($p<.011$) 및 체질량 지수($p<.015$)는 집단 간 유의한 차이가 나타났으며, 체중과 체질량지수는 TG보다 LG가 높았고, 체지방률은 TG, MG보다 LG가 유의하게 높은 것으로 나타났다. 하지만 체지방률은 집단 간 차이가 없는 것으로 나타났다($p<.272$).

기초체력

최대산소섭취량 수준에 따른 기초체력 차이는 <Table 3>과 같다. 약력($p<.830$), 배근력($p<.233$), 25m 스프린트($p<.403$)는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았으나, 수직높이뛰기는 통계적으로 유의한 차이를 보였다($p<.003$). 사후검정 결과 수직높이뛰기 능력이 TG, MG가 LG보다 높은 것으로 나타났다.

혈중젖산

최대산소섭취량 수준에 따른 운동 직후에서 안정 시까지의 혈중젖산 농도 차이는 <Table 4>와 같다. 탈진 운동 직후($p<.001$), 안정 시 3분($p<.001$), 5분($p<.001$)의 모든 시점에서 집단 간 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다. 사후검정 결과, 탈진 운동 직후, 안정 시 3분, 5분의 젖산 농도는 TG, MG가 LG보다 높은 것으로 나타났다.

유산소성 능력

최대산소섭취량 수준에 따른 유산소성 능력 차이는 <Table 5>와 같다. 운동부하검사를 통해 확인된 탈진까지의 총 운동시간($p<.001$), 최대심박수($p<.047$), 최대파워($p<.005$)는 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났으나, 젖산역치파워($p<.086$)와 %젖산역치파워($p<.165$)는 유의한 차이가 없는 것으로 확인되었다. 사후검정 결과, 탈진까지의 총 운동시간과 최대산소섭취량은 TG, MG, LG 순으로 TG가 가장 높은 것으로 나타났으며, 최대심박수와 최대파워는 TG가 LG보다 높은 것으로 나타났다.

최대근력

최대산소섭취량 수준에 따른 최대근력 차이는 <Table 6>과 같다. 벤치프레스($p<.001$), 레그익스텐션($p<.001$), 시트드로우($p<.005$), 랫풀다운($p<.009$), 레그프레스($p<.001$) 1RM 상댓값과 랫풀다운($p<.009$), 레그프레스($p<.001$) 1RM 절댓값은 집단 간 통계적으로 유의한 차이를 보였다. 그러나 벤치프레스($p<.749$), 레그컬($p<.098$), 레그익스텐션($p<.062$), 시트드로우($p<.092$) 1RM 절댓값과 레그컬($p<.262$) 1RM 상댓값은 집단 간 차이가 나타나지 않았다. 사후검정 결과, 벤치프레스 1RM 상댓값은 TG가 LG보다 높은 것으로 나타났으며, 레그익스텐션 상댓값은 TG, MG, LG순으로 나타났다. 랫풀다운 1RM 절댓값은 MG가 TG보다 높은 것으로 나타났으며, 상댓값에서는 MG가 LG보다 높은 것으로 확인되었다. 레그프레스 1RM 상댓값과 절댓값은 TG, MG가 LG보다 높은 것으로 나타났다.

Table 2. The differences of body composition (Mean±SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ | F | p | Tukey |
|--------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|-------|
| Weight (kg) | 79.07±6.94 | 82.80±5.13 | 90.60±10.47 | 5.078 | .014 | 1<3 |
| FFM (kg) | 67.64±7.53 | 71.18±2.81 | 72.12±6.69 | 1.377 | .272 | |
| %Fat (%) | 14.58±3.65 | 13.86±4.09 | 20.01±5.14 | 5.412 | .011 | 1,2<3 |
| BMI (kg/m ²) | 25.97±1.08 | 26.43±1.75 | 28.89±3.00 | 5.036 | .015 | 1<3 |

FFM, Percent fat mass; Fat free mass; BMI, Body mass index; TG¹, Top 20% VO₂max; MG², Middle 20% VO₂max; LG³, Low 20% VO₂max

Table 3. The differences of basic physical fitness (Mean±SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ | F | p | Tukey |
|--------------------|-----------------|-----------------|-----------------|-------|------|-------|
| Grip strength (kg) | 52.10±10.39 | 51.99±5.90 | 54.01±6.59 | .187 | .830 | |
| Back strength (kg) | 151.50±7.87 | 156.60±11.90 | 149.00±7.59 | 1.551 | .233 | |
| 25m sprint (sec) | 3.92±0.24 | 3.84±0.40 | 4.03±0.17 | .944 | .403 | |
| Vertical jump (cm) | 65.38±7.12 | 66.56±4.61 | 56.88±5.21 | 7.597 | .003 | 3<1,2 |

TG¹, Top 20% VO₂max; MG², Middle 20% VO₂max; LG³, Low 20% VO₂max

Table 4. The differences of blood lactate concentration (Mean ± SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ | F | p | Tukey |
|------------------------|-----------------|-----------------|-----------------|--------|------|-------|
| All out (mmol/L) | 12.88±1.96 | 12.65±1.99 | 9.14±0.93 | 13.693 | .001 | 3<1,2 |
| Resting 3 min (mmol/L) | 14.82±2.02 | 14.26±1.92 | 10.64±2.00 | 11.839 | .001 | 3<1,2 |
| Resting 5 min (mmol/L) | 14.63±1.43 | 12.32±2.30 | 9.57±2.12 | 14.615 | .001 | 3<1,2 |

TG¹, Top 20% VO₂max; MG², Middle 20% VO₂max; LG³, Low 20% VO₂max

논 의

현재까지 경륜 선수의 경기력 향상을 위한 체력요인은 최대근력, 순발력, 페달링 파워 등과 같은 무산소성 능력으로 알려져 왔다. 하지만, 경륜 선수에게 있어 유산소성 능력은 경기력 향상과 등급을 결정짓는 중요한 요인으로 작용할 수 있다. 이에 본 연구에서는 유산소성 능력을 확인하는 최대산소섭취량 수준에 따른 경륜 선수의 신체구성, 체력, 최대근력 및 혈중젖산 농도를 비교 분석하였다.

최대산소섭취량 수준에 따른 경륜 선수의 신체구성 차이를 확인한 결과 체중, 체지방량, 체질량 지수는 TG, MG가 LG보다 낮은 것으로 나타났다. 낮은 체지방량과 체중은 사이클 선수의 경기력을 가장 잘

예측할 수 있는 신체적 특징이며, 가벼운 체중과 낮은 체지방을 보유한 월드클래스 사이클 선수는 유산소성 능력(VO_{2peak})이 우수한 것으로 본 연구의 결과를 지지한다(Haakonssen et al., 2016; Mujika & Padilla, 2001b). 최대산소섭취량의 단위는 $kg/ml/min$ 으로 일반적으로 체중과 비례하며, 따라서 본 연구의 TG, MG가 LG보다 체중과 체지방량이 유의하게 낮은 원인은 체중 대비 우수한 최대산소섭취량을 보유하고 있기 때문인 것으로 생각된다.

본 연구의 최대산소섭취량에 수준에 따른 유산소성 능력인 탈진까지의 총 운동시간은 TG, MG, LG순으로 나타났으며, 최대심박수와 최대파워는 TG가 LG보다 높게 나타났다. Karsten et al.(2021)과 Vikmoen et al.(2016)은 최대산소섭취량의 증가는 고강도 사이클

Table 5. The differences of aerobic capacity

(Mean \pm SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ | F | p | Tukey |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|------|-------|
| All out time (sec) | 653.33 \pm 41.59 | 560.89 \pm 43.03 | 471.11 \pm 67.29 | 27.641 | .000 | 3<2<1 |
| HR Max (bpm) | 189.67 \pm 6.95 | 185.67 \pm 10.78 | 175.00 \pm 16.82 | 3.470 | .047 | 3<1 |
| Max power (watt) | 408.89 \pm 31.80 | 386.67 \pm 14.14 | 357.78 \pm 38.01 | 6.678 | .005 | 3<1 |
| %FTP | 81.99 \pm 1.76 | 83.39 \pm 3.15 | 84.44 \pm 2.84 | 1.946 | .165 | |
| FTP (watt) | 335.28 \pm 28.02 | 322.39 \pm 15.92 | 302.88 \pm 39.92 | 2.729 | .086 | |

HR, Heart rate; %FTP, Percent functional threshold power; FTP, functional threshold power percent; TG¹, Top 20% VO_{2max} ; MG², Middle 20% VO_{2max} ; LG³, Low 20% VO_{2max}

Table 6. The differences of maximum muscle strength

(Mean \pm SD)

| Variables | TG ¹ | MG ² | LG ³ | F | p | Tukey |
|---------------------------|--------------------|--------------------|--------------------|--------|------|-------|
| Bench press 1RM (kg) | 102.33 \pm 3.21 | 102.00 \pm 11.50 | 104.33 \pm 2.02 | .293 | .749 | |
| Bench press 1RM (kg/BW) | 1.33 \pm 0.06 | 1.22 \pm 0.14 | 1.13 \pm 0.08 | 9.802 | .001 | 3<1 |
| Leg curl 1RM (kg) | 60.00 \pm 9.54 | 66.80 \pm 8.11 | 66.67 \pm 1.44 | 2.569 | .098 | |
| Leg curl 1RM (kg/BW) | 0.73 \pm 0.10 | 0.78 \pm 0.06 | 0.73 \pm 0.03 | 1.418 | .262 | |
| Leg extension 1RM (kg) | 148.67 \pm 24.87 | 142.20 \pm 7.90 | 129.67 \pm 11.15 | 3.129 | .062 | |
| Leg extension 1RM (kg/BW) | 1.93 \pm 0.28 | 1.68 \pm 0.14 | 1.40 \pm 0.09 | 17.840 | .000 | 3<2<1 |
| Seated row 1RM (kg) | 67.67 \pm 6.51 | 74.60 \pm 8.55 | 71.67 \pm 2.89 | 2.640 | .092 | |
| Seated row 1RM (kg/BW) | 0.83 \pm 0.03 | 0.90 \pm 0.09 | 0.80 \pm 0.05 | 6.526 | .005 | |
| Lat pull down 1RM (kg) | 66.33 \pm 5.48 | 77.60 \pm 10.38 | 72.33 \pm 3.33 | 5.768 | .009 | 1<2 |
| Lat pull down 1RM (kg/BW) | 0.87 \pm 0.06 | 0.92 \pm 0.10 | 0.80 \pm 0.05 | 5.816 | .009 | 3<2 |
| Leg press 1RM (kg) | 326.67 \pm 25.62 | 346.80 \pm 40.42 | 272.67 \pm 3.18 | 17.244 | .001 | 3<1,2 |
| Leg press 1RM (kg/BW) | 4.20 \pm 0.22 | 4.10 \pm 0.39 | 2.97 \pm 0.10 | 59.168 | .001 | 3<1,2 |

BW, Body weight; 1RM, One-repetition maximum; TG¹, Top 20% VO_{2max} ; MG², Middle 20% VO_{2max} ; LG³, Low 20% VO_{2max}

링 탈진 시간을 지연시키는 것으로 보고하면서 본 연구의 결과를 지지한다. 선행연구의 결과를 본 연구 결과에 비춰 봤을 때 본 연구의 최대산소섭취량이 높은 집단에 비해 낮은 집단이 최대심박수와 파워가 낮고, 탈진 시까지의 사이클링 시간이 짧은 가장 큰 원인은 최대산소섭취량이 낮기 때문으로 생각된다.

FTP는 라이더가 약 60분 동안 지치지 않고 사이클링을 유지할 수 있는 가장 높은 파워를 의미하며, FTP는 $VO_2\max$ 와 높은 상관관계를 보이는 것으로 알려져 있다(Denham et al., 2020). 이와 대조적으로 $VO_2\max$ 와 FTP는 상관성이 없다는 연구 또한 보고되면서 여전히 $VO_2\max$ 와 FTP는 논쟁의 여지가 있다(Bentley et al., 2001). 본 연구에서 최대산소섭취량 수준에 따라 FTP와 %FTP의 집단 간 차이가 나타나지 않았으며, 그 원인은 본 연구의 대상자가 정상급 경륜 선수로 FTP에 영향을 주지 않을 정도의 우수한 최대산소섭취량을 보유한 선수이기 때문으로 생각된다.

체력은 경륜뿐만 아니라 모든 스포츠 종목의 경기력을 예측하는 가장 신뢰성 높은 지표로 활용되며, 파워 종목으로 알려진 경륜 선수에 관한 유산소성 능력 연구는 매우 부족하다. 이에 본 연구에서는 최대산소섭취량 수준에 따른 기초체력(약력, 배근력, 25m 스프린트, 수직 높이뛰기) 및 최대근력(벤치프레스, 레그컬, 레그 익스텐션, 시티드로우, 랫풀다운, 레그프레스 1RM)의 차이를 비교 분석하였다. 그 결과, 기초체력의 약력, 배근력, 25m 스프린트는 집단 간 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았으며, 수직 높이뛰기는 TG, MG가 LG보다 유의하게 높은 것으로 나타났다. 최대근력(벤치프레스, 레그익스텐션, 시티드로우, 랫풀다운, 레그컬 1RM)상댓값과 절댓값은 주로 TG, MG가 LG보다 높은 것으로 나타났다. 엘리트 파워종목 선수를 대상으로 유산소성 능력과 순발력, 최대근력 간의 상관성을 확인한 선행연구는 최대근력과 유산소성 능력은 양의 상관성 갖는 것으로 본 연구의 결과를 지지한다(Pickett et al., 2018). 경륜 선수는 유·무산소성 능력 향상을 위한 고강도 훈련이 일반화 되어 있고, 훈련을 통한 최대산소섭취량의 증가는 속근섬유(Type II)의 동원율을 증가시키고 동시에 근신경계(Neuromuscular) 발달에 도움을 준다. 이는 근수축을 자극하는 신경전달물질인 아세틸콜린(acetylcholine) 분비량 및 수용체(acetylcholine receptor)와의 결합(binding)을 빠르게 유도하며 최대근력 향상에 긍정적인 영향을 미친다. 이러한 기전적(mechanical) 이유로 인해 높은 최대산소 섭취량 집단이 낮은 집단에 비해 최대근력이 높은 것으로 생각된다.

빠른 경주를 위해 반복적인 스프린트를 연습하는 경륜 선수에게 근육 내 피로물질로 알려진 혈중젖산을 확인하는 것은 중요하다. 최대산소섭취량 수준에 따른 혈중젖산 농도를 확인한 본 연구의 결과 혈중젖산 농도는 운동 직후에서 안정 시 5분까지 TG, MG가 LG보다 유의하게 높게 나타났다. 젖산은 고강도 운동 중 그리고 이후 휴식기까지 지속해서 증가하며, 해당작용이 빠른 속근 섬유에서 축적된 젖산은 산화 능력이 높은 지근섬유로 전달되어 산화된다. 또한 젖산수송단백질MCTs(monocarboxylate transport proteins)에 의해 혈액으로 유리되어 간에서 당신생과정(gluconeogenesis)을 통해 에너지원으로 재사용된다(Brooks, 1985). 이러한 젖산 축적 및 분해 메커니즘은 최대산소섭취량과 양의 상관관계를 보이는 것으로 선행연구는 보고하고 있으나 그럼에도 불구하고 본 연구는 우수한 최대산소섭취량 집단이 낮은 집단에 비해 높은 혈중 젖산 농도를 보였다(Demarie et al., 2000). 이러한 원인은 최대산소섭취량이 높은 집

단이 낮은 집단에 비해 탈진까지의 운동시간, 최대심박수 및 최대파워가 유의하게 높았던 것으로 높은 운동강도에 기인한 결과로 생각된다. 따라서 동일한 운동 강도와 시간을 적용하여 젖산 축적과 분해를 확인하는 연구가 필요할 것으로 보인다.

결론 및 제언

본 연구에서는 유산소성 능력을 확인하는 최대산소섭취량 수준에 따른 경륜 선수의 신체 구성, 체력, 최대근력 및 혈중젖산 농도를 비교 분석하였다.

최대산소섭취량 수준에 따른 체중, 체지방률, 체질량지수는 LG가 TG, MG보다 높은 것으로 나타났으나, 체질량지수는 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 근력과 스피드(약력, 배근력, 25m 스프린트)는 최대산소섭취량 수준에 따라 차이가 없는 것으로 확인되었으나, 순발력(수직 높이뛰기)은 TG가 MG, LG보다 높은 것으로 나타났다. 젖산역치 파워를 제외한 유산소성 능력변인은 TG, MG, LG 순으로 나타났으며, 탈진 운동 직후에서 안정 시까지의 혈중젖산 농도는 TG, MG보다 LG가 낮은 것으로 나타났다. 또한 최대근력(벤치프레스, 레그익스텐션, 시티드로우, 랫풀다운, 레그컬 1RM) 상댓값과 절댓값은 주로 TG, MG가 LG보다 높은 것으로 나타났다.

결론적으로 본 연구 결과는 높은 수준의 최대산소섭취량은 경륜 선수의 경기력에 영향을 미칠 수 있는 신체 구성, 체력, 최대근력 및 피로회복 능력 수준을 예측하는 중요한 지표가 될 수 있음을 시사한다. 하지만 본 연구의 참여 대상이 남성으로 한정되었고, 경륜 등급에 따른 효과를 분석하지 못하였다. 또한, 경륜 선수에게 중요한 무산소성 페달링 파워를 비교하지 못하였다. 따라서 추후 연구에서는 무산소성 페달링 파워와 경륜 등급별, 성별 및 대상자의 범위를 확대한 연구가 필요할 것으로 생각된다.

CONFLICT OF INTEREST

논문 작성에 있어서 어떠한 조직으로부터 재정을 포함한 일체의 지원을 받지 않았으며 논문에 영향을 미칠 수 있는 어떠한 관계도 없음을 밝힌다.

AUTHOR CONTRIBUTION

Conceptualization: Ji-Young Lee, Tae-Beom Seo, Data curation: Ji-Young Lee, Formal analysis: Ji-Young Lee, Funding acquisition: Ji-Young Lee, Methodology: Ji-Young Lee, Project administration: Ji-Young Lee, Tae-Beom Seo, Visualization: Ji-Young Lee, Writing-original draft: Ji-Young Lee, Tae-Beom Seo, Writing-review&editing: Ji-Young Lee, Tae-Beom Seo

참고문헌

- Bassett, D. R., & Howley, E. T. (2000).** Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(1), 70-84.
- Bentley, D. J., McNaughton, L. R., Thompson, D., Vleck, V. E., & Batterham, A. M. (2001).** Peak power output, the lactate threshold, and time trial performance in cyclists. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(12), 2077-2081.
- Brooks, G. A. (1985).** Lactate: Glycolytic end product and oxidative substrate during sustained exercise in mammals—The “lactate shuttle”. In R. Gilles (Ed.), *Circulation, respiration, and metabolism: Current comparative approaches* (pp. 208-218). Berlin, Heidelberg: Springer-Verlag.
- Choi, Y.-J., Kim, J.-T., & Park, S.-H. (2008).** Comparison of cycle racer's body composition and muscular functions of knee joints by the racer's class. *Journal of Sport and Leisure Studies*, 34(2), 1091-1098.
- Craig, N. P., & Norton, K. I. (2001).** Characteristics of track cycling. *Sports Medicine*, 31(7), 457-468.
- da Rocha Penteado, V. S., de Moura Castro, C. H., de Medeiros Pinheiro, M., Santana, M., Bertolino, S., de Mello, M. T., & Szejnfeld, V. L. (2010).** Diet, body composition, and bone mass in well-trained cyclists. *Journal of Clinical Densitometry*, 13(1), 43-50.
- Demarie, S., Koralsztejn, J. P., & Billat, V. (2000).** Time limit and time at VO₂MAX' during a continuous and intermittent run. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 40(2), 96-102.
- Denham, J., Scott-Hamilton, J., Hagstrom, A. D., & Gray, A. J. (2020).** Cycling power outputs predict functional threshold power and maximum oxygen uptake. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 34(12), 3489-3497.
- Driller, M. W., & Halson, S. L. (2013).** The effects of lower-body compression garments on recovery between exercise bouts in highly-trained cyclists. *Journal of Science and Cycling*, 2(1), 45-50.
- Fujii, N., Hara, H., Enomoto, Y., Tanigawa, S., & Nishiyasu, T. (2019).** Effects of work-matched supramaximal intermittent vs. submaximal constant-workload warm-up on all-out effort power output at the end of 2 minutes of maximal cycling. *European Journal of Sport Science*, 19(3), 336-344.
- Haakonssen, E. C., Barras, M., Burke, L. M., Jenkins, D. G., & Martin, D. T. (2016).** Body composition of female road and track endurance cyclists: Normative values and typical changes. *European Journal of Sport Science*, 16(6), 645-653.
- Karsten, B., Petrigna, L., Klose, A., Bianco, A., Townsend, N., & Triska, C. (2021).** Relationship between the critical power test and a 20-min functional threshold power test in cycling. *Frontiers in Physiology*, 11, 613151.
- Lee, J. K., Sung, B. J., & Kim, J. H. (2022).** Periodic measurement of body composition, cross-sectional area of lower extremity and 1RM strength among keirin cyclist candidates. *The Korean Journal of Physical Education*, 61(6), 201-213.
- Malizia, F., & Blocken, B. (2021).** Cyclist aerodynamics through time: Better, faster, stronger. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 214, 104673.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001a).** Muscular characteristics of detraining in humans. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1297-1303.
- Mujika, I., & Padilla, S. (2001b).** Physiological and performance characteristics of male professional road cyclists. *Sports Medicine*, 31(7), 479-487.
- Park, J.-H., & Seo, T.-B. (2020).** Study on physical fitness factors affecting race-class of Korea racing cyclists. *Journal of Exercise Rehabilitation*, 16(1), 96-100.
- Pickett, C. W., Nosaka, K., Zois, J., Hopkins, W. G., & Blazevich, A. J. (2018).** Maximal upper-body strength and oxygen uptake are associated with performance in high-level 200-m sprint kayakers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 32(11), 3186-3192.
- Rosenblat, M. A., Granata, C., & Thomas, S. G. (2022).** Effect of interval training on the factors influencing maximal oxygen consumption: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(6), 1329-1352.
- Sakong, H., Cho, Y.-H., Lee, D.-J., & Seo, T.-B. (2021).** A comparative study of anaerobic pedaling power level on maximum muscle strength and isokinetic knee and trunk functions in elite female cyclists. *Journal of the Korean Society for Wellness*, 16(1), 310-315.
- Støren, Ø., Ulevåg, K., Larsen, M. H., Støa, E. M., & Helgerud, J. (2013).** Physiological determinants of the cycling time trial. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 27(9), 2366-2373.
- Sung, B.-J., Ko, B.-G., Seo, J.-W., Lee, D.-T., & Uh, E.-S. (2021).** Relationship of physique, physical fitness (basic and professional) and sprint records in Korean male keirin candidates. *The Korean Journal of Physical Education*, 60(2), 367-376.
- Vikmoen, O., Ellefsen, S., Trøen, Ø., Hollan, I., Hanestadhaugen, M., Raastad, T., & Rønnestad, B. R. (2016).** Strength training improves cycling performance, fractional utilization of VO₂max and cycling economy in female cyclists. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 26(4), 384-396.

경륜 선수의 최대 유산소 능력과 스프린트 관련 체력 비교 분석

이지영¹, 서태범²

¹제주대학교, 박사과정

²제주대학교, 교수

[목적] 본 연구는 경륜 선수의 최대산소섭취량 수준에 따른 신체구성, 체력, 최대근력 및 혈중젖산농도를 비교 분석하는 것이다.

[방법] 본 연구는 총 44명의 남녀 경륜 선수를 대상으로 최대산소섭취량 수준에 따라 상위 20%(TG, n=9), 중위 20%(MG, n=9) 하위 20%(LG, n=9)로 구분하여, 경륜의 경기력에 영향을 미치는 신체구성, 체력, 최대근력 및 혈중젖산 농도에 대한 집단 간 차이를 일원배치분산분석으로 비교 분석하였다.

[결과] 체중, 체지방률 및 체질량지수는 LG가 TG, MG보다 높은 것으로 나타났고, 수직높이뛰기와 최대근력은 LG보다 TG, MG가 유의하게 높았다. 또한, 탈진운동 직후와 회복기 5분 동안의 혈중젖산농도는 TG와 MG보다 LG가 높은 것으로 나타났다. 탈진 시까지의 시간, 최대심박수, 최대파워는 TG가 가장 높게 나타났다.

[결론] 본 연구의 결과는 남자 경륜 선수의 최대산소섭취량 수준이 사이클링 수행 능력과 회복능력을 예측할 수 있는 중요한 요인이라는 새로운 정보를 제시한다.

주요어

경륜, 최대산소섭취량, 최대근력, 경기력, 혈중젖산