



저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

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

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 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](#)

박사학위논문

더러브렛 경주마에서 혈액수치 및
훈련중 실시간 심박수/속도와
운동능력과의 상관관계

제주대학교 대학원

수의학과

이 영 우

2018년 2월



더러브렛 경주마에서 혈액수치 및 훈련중 실시간 심박수/속도와 운동 능력과의 상관관계


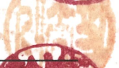



지도교수 이 경 갑

이 영 우

이 논문을 수의학 박사학위 논문으로 제출함

2017年 12月

이영우의 수의학 박사학위 논문을 인준함

심사위원장	윤영민	
위원	서종필	
위원	최귀천	
위원	김병선	
위원	이경갑	

제주대학교 대학원

2017年 12月

목 차

영문초록	i
List of Tables	1
List of Figures	2
총 론	3
제 1 장. 더러브렛 경주마에서 경주전 혈액수치와 운동능력과의 상관 관계 연구	5
서 론	6
재료 및 방법	8
결 과	10
고 찰	16
결 론	20
제 2 장. 더러브렛 경주마에서 무선기반 측정시스템을 이용한 실시간 심 박수 및 속도 측정	21
서 론	22
재료 및 방법	24
결 과	29
고 찰	33
결 론	36
제 3 장. 더러브렛 경주마에서 운동능력 평가를 위한 훈련중 심박수 및 속도측정 수치 활용방안 연구	37
서 론	38
재료 및 방법	41
결 과	46
고 찰	51
결 론	55
총 결 론	56
참고문헌	57

Abstract

The Correlation of Racing Performance with Blood Values, Real Time Heart Rate and Velocity during Training in Thoroughbred Horses

By

Young-Woo Lee

Supervised by

Professor Kyoung-Kap Lee

Recently, the horse racing industry in Korea has developed rapidly with good betting turnover. However, the study of equine sports medicine in Korea is less popular than other countries. One of the most important elements in enhancing the performance of racehorses is the study of equine exercise physiology. This study is to investigate physiological characteristics of racehorses during training and on raceday, and to find good parameters for detecting athletic fitness for racing in Korea.

The first study was performed to analyze the results of pre-race blood test on raceday and evaluate the correlation of the performance in Thoroughbred racehorses. Twenty one healthy 3- to 6-year-old Thoroughbreds were used to collect blood samples. Hematologic and biochemical measurements were performed. Results were evaluated to the correlation of racing performance. Red blood cell indices, RBC, Hb and PCV were elevated in hematological profile, and AP, AST and GGT were also elevated in biochemical profile in pre-race blood test on raceday. RBC, Hb and PCV of high performance of racehorses were significantly lower than those of low class racehorses. There were significant correlations between rating, placing strike rate, prize money per race, G3F and RBC, Hb, PCV. Also, AST value was significantly correlated to prize money per race.

The Second study was to measure heart rate and velocity of Thoroughbred racehorses during training and evaluate the correlation of performance of racehorses with these parameters. Twelve healthy 2- to 6-year-old Thoroughbreds were used in this study to measure real time heart rate and velocity with GPS and heart monitoring system. The mean heart rate and velocity in trot were 133.8 ± 28.1 beats/min, 12.4 ± 1.1 km/h, respectively. The mean velocity and heart rate in canter were 176.5 ± 23.5 beats/min, 31.9 ± 7.9 km/h, respectively. The differences of mean heart rate and velocity between high and low performance groups were not statistically significant.

Lastly, a study was performed to apply the measurement of heart rate and velocity for assessing racing performance. Eleven healthy 2- to 6-year-old Thoroughbreds were trained by the standard training program with gallop speed using GPS and heart monitoring system. Regression analysis in heart rate and velocity data were performed to calculate V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} . The mean maximal heart rate in gallop was 214 ± 11 bpm. The mean V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} were 13.8 ± 4.3 km/h, 37.5 ± 3.8 km/h, 49.3 ± 4.3 km/h,

57.4 \pm 7.1 km/h respectively. V_{140} of high performance of racehorses was significantly higher than that of low performance of racehorses. There were significant correlations between V_{140} , V_{180} , VHR_{max} and rating, prize money per race. Also, V_{140} was significantly correlated to G1F.

These results revealed that the pre-race blood test results on raceday and the measurement of heart rate and velocity during training could be useful methods to assess fitness for races or performance potential. Especially, V_{140} is a good parameter to evaluate a performance of racehorses in Korea racing industry.

Keywords : Heart rate, Velocity, Performance of Racehorse, V_{140} , Thoroughbred Horse

List of Tables

Table 1. The results of hematologic and biochemical blood analysis before the race in Thoroughbred Horses	11
Table 2. The difference of means in hematologic and biochemical results between Good and Bad Result Groups	12
Table 3. The difference of means in hematologic and biochemical results between High and Low Class Groups	13
Table 4. The Pearson correlation coefficients between hematologic results and race performance parameters	14
Table 5. The Pearson correlation coefficients between biochemical results and race performance parameters	15
Table 6. The mean heart rate and velocity at trot and canter during trackwork	30
Table 7. The difference of means in heart rate/velocity of trot and canter between Good and Bad Result Groups	31
Table 8. The difference of means in heart rate/velocity of trot and canter between High and Low Class Groups	32
Table 9. The mean V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} during trackwork	47
Table 10. The difference of means in V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} between Good and Bad Result Group	48
Table 11. The difference of means in V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} between High and Low Class Groups	49
Table 12. The Pearson correlation coefficients between V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} and race performance parameters	50

List of Figures

Figure 1. The methods of measuring the heart rate and velocity during trackwork	27
Figure 2. The Graph of heart rate and velocity with time record	28
Figure 3. Heart rates during a stepwise incremental treadmill exercise test in a race fit Thoroughbred racehorse	40
Figure 4. The standard training program in “Gallop Day”	44
Figure 5. Example of the regression equation for V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max}	45

총 론

말의 운동생리학 연구는 19세기 후반부터 1930년대 중반까지 역용으로 사용되는 말에 대해 에너지 대사에 초점이 맞추어져 연구가 이루어져 왔다(Zuntz와 Hagemann, 1898; Procter 등, 1934). 이후 1950년대에는 경주마의 운동능력에 대한 관심이 높아지기 시작하였고, 1960년대 스웨덴의 Persson 교수가 최초로 트레이드밀을 이용한 연구를 시작한 이래로 경주마의 운동능력 평가와 연구가 본격적으로 시작되었다. 20세기부터는 경마를 시행하는 나라를 중심으로 경마의 매출이 급격하게 증가하게 되었고, 이로 인해 경마산업에서 경주마 경주능력 향상에 많은 연구들이 이루어지게 되었다(David와 Catherine, 2014).

한국에서는 1922년부터 경마가 시작된 이후 현재까지 약 95년간 경마를 시행하여 왔고, 현재 매출액에 있어서는 세계 7위, 아시아 3위를 기록할만큼 경마산업의 괄목할만한 성장을 이루어왔다(IFHA Annual Report, 2015). 하지만 경마산업의 규모에 비해 경주마의 운동능력향상을 위한 운동생리학 연구는 활발히 이루어지지 않고 있다. 현재까지 국내에서 수행된 경주마 운동능력과 관련된 연구들은 발굽지표와 경주기록과의 관계(엄영호, 1997), 경주마에서 폐출혈 발생이 경주능력에 미치는 영향 연구(김병선, 1998), 트레이드밀을 이용한 경주마의 운동능력평가 연구(김준규, 1999), 심장초음파를 이용한 더러브렛 말의 최고부하 트레이드밀운동 조교효과에 대한 평가(최귀철, 2006), 피부사상균증과 경주마 경주성적에 미치는 영향(박근보, 2009) 등의 연구들이 보고되었다.

경마에 있어 경주마 훈련은 경주능력 향상과 우승에 이르는 가장 중요한 과정이다. 그럼에도 불구하고 현재 국내에서는 경주마 훈련에 대한 연구와 과학적인 데이터 축적이 거의 없고, 현장에서 대부분 조교사의 스톱워치 및 기승자의 느낌만으로 경주마 운동속도 및 훈련강도를 조절하고 있다. 또한 경마산업의 발전을 위해서는 경주마의 능력향상이 중요한 요소이지만 현재 우리나라 경주마의 수준은 Part 2 수준으로 경마선진국의 경주마들과는 경주능력면에서 큰 차이를 보이고 있다. 경마선진국의 훈련방식에 따르면 경주마의 능력향상을 위해서는 경주마 훈련에 대한 모니터링과 과학적 접근이 필요하다고 보고되고 있다(David, 2000).

여러 연구에 따르면 경주마의 운동능력을 평가하고 훈련에 대한 모니터링 방법에는 전통적으로 혈액 및 혈청생화학 수치 등으로 경주마의 질병유무 및 피로도 등을 확인한 연구가 있었고(Carlson, 1987), 경주로에서 훈련하는 경주마에 대해 심박수와 속도를 측정하여 속도지표를 평가하는 방법이 활용되고 있다(Fonseca 등, 2010). 그러나 국내에서는 혈액검사 결과와 운동능력과의 상관관계 분석이나 실제 훈련중인 경주마를 대상으로 경주로에서 심박수와 속도를 측정하고 분석한 연구는 아직까지 이루어지지 않았다. 또한 그간 국내에서 연구된 트레드밀을 이용한 경주마 운동능력 평가는 특수한 장비들과 훈련된 인력들이 필요하고 경주마 훈련현장에서 적용하기가 쉽지 않았기 때문에 실제 경주로에서 훈련하는 경주마의 운동능력을 평가할 수 있는 방안에 대한 연구가 필요하였다.

최근 측정기기의 발달로 경주로에서 훈련하는 경주마의 심박수와 속도를 측정할 수 있게 되었고, 특정 심박수에서의 속도를 산출하여(V_{200} , VHR_{max} 등) 경주마의 훈련정도 및 운동능력을 평가하고 있다(Ohmura 등, 2002).

본 연구에서는 경주마의 훈련정도 및 운동능력을 평가하기 위해 기본적인 검사 방법인 경주전 혈액검사 결과를 통한 혈액 및 혈청생화학 수치를 측정하였고, 그 결과치와 운동능력과의 상관관계를 분석하여 경주능력을 평가할 수 있는 항목을 확인하고자 하였다. 또한 최근 국내에서 개발된 무선기반 심박수 및 속도 측정 장비를 통해 실제 경주로에서 훈련하는 말들의 심박수와 속도를 측정하여 훈련현장에서의 활용가능성과 보법별 심박수와 속도의 차이를 확인하고자 하였다. 최종적으로 경주출전을 대비한 통일화된 훈련방식을 적용하여 훈련한 경주마에서 심박수와 속도를 측정하였고, 이를 이용하여 산출된 특정 심박수상 속도수치들과 운동능력과의 상관관계를 분석, 한국 경주마 능력평가 및 훈련현장에서의 활용방안을 제시하고자 하였다.

제 1 장

더러브렛 경주마에서 경주전 혈액수치와
운동능력과의 상관관계 연구

The Correlation of Racing Performance
with Pre-Race Blood Values in
Thoroughbred Horses

I. 서론

혈액검사는 전통적으로 경주마의 현재 상태 및 질병유무, 훈련정도를 판단하는 가장 기본적인 방법이다. 특히 경주마에 있어 혈액 내 적혈구는 산소를 조직으로 운반하고 이산화탄소를 폐로 운반하는 가장 중요한 역할을 담당하고 있다. 평균적으로 말의 혈액 1 L에는 성숙한 적혈구가 9×10^{12} 개가 있으며 수명은 약 150 일이다(Stockham 과 Scott, 2008).

적혈구의 경우 경주마의 산소운반에 중요한 역할을 담당하고 있기 때문에 적혈구 수치와 훈련정도간 상관관계에 대한 연구와 경주마의 운동능력을 나타내는 지표로 확인하기 위한 연구가 있었다. 말에서는 PCV(packed cell volume)가 말의 나이와 훈련정도, 경주능력이 높아질수록 유의성있게 높아진다고 보고되었고(Persson, 1968), Stewart 와 Steel(1975)은 호주 더러브렛 경주마에서 적혈구 수치가 낮은 말들의 우승확률이 낮아진다고 보고하였다. 그러나 연구가 진행되면서 적혈구 수치는 말의 흥분, 훈련 후 소요시간, 영양상태, 운송 등에 큰 영향을 받을 수 있다는 것이 확인되었고(Snow 등, 1983), 말의 순환기내 적혈구 수치는 비장에 저장되는 정도에 따라 크게 달라질 수 있다는 것이 보고되었다(Persson, 1983). 사람의 경우에는 VO_{2max} 와 Hb(hemoglobin) 농도간에 상관관계를 확인한 연구가 있었고(Ekblom 등, 1972; 1976), Hb 농도가 상승하게 되면 지구력과 스피드가 상승하고 젖산 축적이 적어진다고 보고되었다(Calbet 등, 2006). 또한 지구력 운동을 하는 선수들의 적혈구 관련수치인 RBC(red blood cell), Hb 과 PCV 가 다른 운동을 하는 선수들에 비해 유의성있게 낮다는 보고가 있었고(Schumacher 등, 2002), 육상선수들과 사이클선수들의 RBC, Hb 과 PCV 가 일반인들에 비해 유의성있게 낮다고 보고되었다(Tanbira, 2014).

또한 혈청생화학검사 결과와 경주마 훈련정도, 운동능력과의 상관관계에 대한 연구도 진행되어 왔다. 특히 근육에서 유래되는 혈청효소인 AST(aspartate amino transferase), CK(creatine kinase), LDH(lactate dehydrogenase)는 근육이

손상됨에 따라 증가한다고 알려져 있고 경주 후 유의성있게 증가한다는 보고도 있었다(Poso 등, 1983; Snow 등, 1983). 또한 경주마에서는 근육관련 효소인 CK의 활성도가 근육부상에 대해 특이적으로 증가할 수 있지만 CK의 반감기가 짧아 운동 후 6시간 이내에 혈액검사를 실시해야만 의미가 있는 반면, AST 활성도의 경우 근육손상 이후 몇일간 혈액내에 상승되어 있어 훈련에 따른 근육손상을 확인할 수 있는 효소로 보고되어 있다(Stockham 과 Scott, 2008). 그리고 Tyler-McGowan 등(1999)은 경주마의 훈련이 장기적으로 시행됨에 따라 혈청 GGT(γ -glutamyl transferase)의 활성도가 증가하는 반면 AP(alkaline phosphatase)의 활성도는 감소한다고 보고하였다.

경주마의 훈련정도 및 운동에 따라 피로도 축적의 지표인 젖산(lactate)에 대한 연구도 있어 왔는데, Snow 등(1983)은 1,200 m에서 2,400 m 경주에서 경주 후 혈액검사 결과 젖산 수치가 25 mmol/L에서 30 mmol/L 사이로 측정되었음을 보고하였고, 마차경주에서는 경주 후 23.14 mmol/L에서 24.37 mmol/L로 측정되어 그 수치가 더 낮았던 것이 보고되었다(Krzywanek, 1975). 또한 트레드밀을 이용한 연구에서는 혈중 젖산 농도가 4 mmol/L 일때의 속도인 V_{LA4} 가 경주마 운동능력 평가에 유용하다고 보고되었다(Evans 등, 1993).

그간 많은 연구들이 있었지만 경주마가 임상적으로 정상인 상태에서 임상병리화학적 기준으로 확인된 혈액 및 혈청생화학검사 결과와 경주마의 운동능력과 상관성이 있는지에 대해서는 현재까지 많은 연구가 이루어지지 않고 있다(Catherine 과 David, 2014).

본 연구에서는 한국 경주마들의 경주전 혈액검사를 통해 정상적인 훈련 후 경주에 참여하는 경주마들의 경주당일 혈액 및 혈청생화학검사 결과를 분석하고, 운동능력과 연관성이 있다고 알려진 항목들에 대해 경주마의 운동능력을 나타내는 수치들과 상관관계를 분석하여 경주마의 훈련정도 및 운동능력을 평가할 수 있는 혈액 및 혈청생화학 수치들을 확인하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

렛츠런파크 서울에 소속된 3세에서 6세 사이의 더러브렛 경주마 21두(수말 11두, 암말 3두, 거세말 7두)에 대해 경주전 혈액검사를 진행하였다. 실험에 참여한 경주마는 최대한 같은 사양조건과 환경에서 관리되는 경주마들을 대상으로 하기 위해 모두 한명의 조교사가 관리하는 경주마로 하였으며, 실제 경주에 출전한 경주마를 대상으로 하였다. 이들은 경주전 한국마사회 수의사가 실시한 경주전 검사에서 파행 등 특이사항이 없음을 확인하였다.

2. 실험방법

1) 혈액채취 및 검사

실험기간 중 경주에 출전하는 21두에 대해 실험을 진행하였다. 혈액은 경주당 일 3시간 전에 의무적으로 시행되는 약물검사를 위한 혈액 중 일부를 사용하였으며 EDTA Tube와 SST Tube 두개로 나누어 혈액검사와 혈청생화학검사를 시행하였다. 분석기기로는 혈액검사는 XN-V(SYSMEX, Japan), 혈청생화학검사는 DRI-CHEM3500i(FUJIFILM, Japan)를 이용하여 분석하였다.

2) 운동능력과의 상관관계 분석을 위한 혈액 및 혈청생화학치 항목

혈액 및 혈청생화학 수치 중 혈액수치로는 RBC, Hb, PCV, 혈청생화학수치로는 AP, AST, GGT, CK, LDH를 선정하고 이 항목들과 운동능력과의 상관관계를 분석하였다.

3) 경주마 운동능력 관련 군 분류 및 항목 설정

경주마의 운동능력을 객관화하기 위해 경주결과 이전 경주보다 경주기록이 단축된 말들(Good Result Group)과 그렇지 못한 말들(Bad Result Group)로 군을 나누었고, 경주능력에 따른 등급에 따라 4등급 이상인 말들(High Class Group)과 5등급 이하인 말들(Low Class Group)로 군을 나누어 경주능력에 따른 측정치 및 활성도를 비교하였다. 또한 경주결과 확인된 각 경주마의 레이팅(한국마사회 공식 경주마능력지수), 연승률(총 전적 중 3위내로 도착한 확률), 경주당 수득상금, 구간기록(S1F : 출발 후 200m까지 기록, G3F : 결승선 전방 600m부터 결승선까지 기록, G1F : 결승선 전방 200m부터 결승선까지 기록)을 운동능력을 평가할 수 있는 항목으로 설정하였다. 여기서 경주마별 등급과 레이팅, 경주성적 및 기록은 한국마사회 홈페이지(<http://race.kra.co.kr>)에서 공표된 자료를 활용하였다.

3. 통계분석

두 군간 측정치의 평균차이에 대한 검정은 독립된 두 집단을 정규분포로 가정한 비모수 통계분석 방법 중 하나인 윌콕슨 순위합 검정(Wilcoxon' s rank sum test) 방법을 적용하였고, 경주마 운동능력을 평가하기 위해 레이팅, 연승률, 경주당 수득상금, 구간기록에 대한 통계분석방법은 피어슨 상관계수를 활용한 상관분석(Pearson Correlation Analysis) 방법을 적용하였다. 모든 검정의 유의수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

III. 결 과

더러브렛 경주마의 경주당일 경주전 혈액에 대한 혈액 및 혈청생화학검사 결과 WBC는 $8.1 \pm 1.1 \times 10^3/\mu\text{l}$, RBC는 $11.0 \pm 1.0 \times 10^6/\mu\text{l}$, Hb는 $17.1 \pm 1.5 \text{ g/dl}$, PCV는 $47.8 \pm 4.0 \%$, Glucose는 $100.0 \pm 21.5 \text{ mg/dl}$, Creatinine은 $1.2 \pm 0.1 \text{ mg/dl}$, Uric-acid는 $0.4 \pm 0.1 \text{ mg/dl}$, T-protein은 $5.8 \pm 0.3 \text{ g/dl}$, Albumin은 $2.9 \pm 0.1 \text{ g/dl}$, A/G ratio는 1.0 ± 0.1 , T-bilirubin은 $2.2 \pm 0.5 \text{ mg/dl}$, AP는 $432.0 \pm 55.6 \text{ IU/L}$, AST는 $423.7 \pm 258.1 \text{ IU/L}$, GGT는 $34.0 \pm 16.8 \text{ IU/L}$, CK는 $117.5 \pm 32.7 \text{ IU/L}$, BUN은 $15.9 \pm 2.2 \text{ mg/dl}$, LDH는 $282.6 \pm 53.6 \text{ IU/L}$ 이었다. 대부분의 측정치들이 정상범위에 있었지만 RBC, PCV가 정상범위내(RBC : $6.0 \sim 11.0 \times 10^6/\mu\text{l}$, PCV : $32.0 \sim 48.0 \%$)에서 높은 수치를 나타냈고, Hb, AP, AST, GGT가 정상범위(Hb : $11.0 \sim 17.0 \text{ g/dl}$, AP : $143 \sim 395 \text{ IU/L}$, AST : $226 \sim 366 \text{ IU/L}$, GGT : $15 \sim 31 \text{ IU/L}$)보다 높게 나타났다(Table 1).

혈액 및 혈청생화학검사 결과에서 운동능력에 따른 군간 평균치를 분석한 결과 경주결과에 따른 군간에는 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만(Table 2), 등급에 따른 군간에는 높은 등급의 군에서 RBC, Hb, PCV 각각 $10.2 \pm 1.1 \times 10^6/\mu\text{l}$, $15.8 \pm 1.4 \text{ g/dl}$, $44.3 \pm 3.7 \%$ 이었고, 낮은 등급의 군에서는 $11.5 \pm 0.6 \times 10^6/\mu\text{l}$, $17.8 \pm 0.9 \text{ g/dl}$, $50.0 \pm 2.3 \%$ 으로 두 군간에 통계적으로 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다($P < 0.01$, Table 3).

혈액검사 결과와 운동능력관련 항목간의 상관관계를 분석한 결과 레이팅, 연승률, 경주당 수득상금과 RBC, Hb, PCV는 음의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며($P < 0.01$), G3F와 PCV는 양의 상관관계가 확인되었다($P < 0.05$, Table 4).

혈청생화학검사 결과와 운동능력관련 항목간의 상관관계를 분석한 결과 경주당 수득상금과 AST는 양의 상관관계를 확인할 수 있었으나($P < 0.05$) 나머지 항목에서는 통계적으로 상관관계를 확인할 수 없었다(Table 5).

Table 1. The results of hematologic and biochemical blood analysis before the race in Thoroughbred Horses

	Unit	Mean \pm SD	Reference
WBC	$10^3/\mu\ell$	8.1 \pm 1.1	7.0~11.0
RBC	$10^6/\mu\ell$	11.0 \pm 1.0	6.0~11.0
Hb	g/dl	17.1 \pm 1.5	11.0~17.0
PCV	%	47.8 \pm 4.0	32.0~48.0
Glucose	mg/dl	100.0 \pm 21.5	75~115
Creatinine	mg/dl	1.2 \pm 0.1	1.2~1.9
Uric-acid	mg/dl	0.4 \pm 0.1	0~1.0
T-protein	g/dl	5.8 \pm 0.3	5.2~7.9
Albumin	g/dl	2.9 \pm 0.1	2.6~3.7
A/G ratio	-	1.0 \pm 0.1	0.9~1.3
T-Bilirubin	mg/dl	2.2 \pm 0.5	1.7~3.1
AP	IU/L	432.0 \pm 55.6	143~395
AST	IU/L	423.7 \pm 258.1	226~366
GGT	IU/L	34.0 \pm 16.8	15~31
CK	IU/L	117.5 \pm 32.7	28~134
BUN	mg/dl	15.9 \pm 2.2	10~21
LDH	IU/L	282.6 \pm 53.6	162~412

Data from reference intervals established at the Equine Hospital of Korea Racing Authority (Nicholas *et al*, 2000)

Table 2. The difference of means in hematologic and biochemical results between Good and Bad Result Groups

(Mean \pm SD)

	Unit	Good Result Group (n=10)	Bad Result Group (n=11)	P value
RBC	$10^6/\mu\ell$	10.7 \pm 1.3	11.4 \pm 0.6	0.1486
Hb	g/dl	16.5 \pm 1.5	17.6 \pm 1.3	0.1294
PCV	%	46.3 \pm 4.3	49.2 \pm 3.3	0.1485
AP	IU/L	422.6 \pm 67.0	440.6 \pm 44.4	0.4173
AST	IU/L	495.5 \pm 355.9	410.8 \pm 201.0	0.9159
GGT	IU/L	36.0 \pm 15.2	32.3 \pm 18.6	0.4375
CK	IU/L	118.9 \pm 34.0	116.2 \pm 33.1	0.9438
LDH	IU/L	273.9 \pm 62.6	290.5 \pm 45.6	0.4597

Table 3. The difference of means in hematologic and biochemical results between High and Low Class Groups

(Mean \pm SD)

	Unit	High Class Group (n=8)	Low class Group (n=13)	P value
RBC	$10^6/\mu\text{l}$	10.2 \pm 1.1	11.5 \pm 0.6 **	0.0073
Hb	g/dl	15.8 \pm 1.4	17.8 \pm 0.9 **	0.0037
PCV	%	44.3 \pm 3.7	50.0 \pm 2.3 **	0.0030
AP	IU/L	414.9 \pm 57.0	442.6 \pm 54.2	0.2458
AST	IU/L	536.5 \pm 389.3	398.6 \pm 188.6	0.7999
GGT	IU/L	29.9 \pm 11.9	36.6 \pm 19.2	0.4460
CK	IU/L	114.5 \pm 38.8	119.3 \pm 29.9	0.2613
LDH	IU/L	276.5 \pm 66.3	286.3 \pm 46.8	0.5870

** indicates significance ($P < 0.01$)

Table 4. The Pearson correlation coefficients between hematologic results and race performance parameters

	Rating	Placing Rate	Prize Money per a race	S1F	G3F	G1F
RBC	- 0.78 **	- 0.42 **	- 0.75 **	0.09	0.35	0.22
Hb	- 0.73 **	- 0.56 **	- 0.75 **	0.18	0.38	0.27
PCV	- 0.78 **	- 0.58 **	- 0.79 **	0.13	0.44 *	0.32

* indicates significance ($P < 0.05$)

** indicates significance ($P < 0.01$)

Table 5. The Pearson correlation coefficients between biochemical results and race performance parameters

	Rating	Placing Rate	Prize Money per a race	S1F	G3F	G1F
AP	- 0.32	- 0.12	- 0.27	0.24	- 0.03	- 0.11
AST	0.40	0.05	0.46 *	- 0.34	- 0.07	0.25
GGT	- 0.21	- 0.27	- 0.28	0.20	0.07	- 0.01
CPK	0.00	0.02	0.05	- 0.20	- 0.07	- 0.12
LDH	- 0.20	- 0.02	0.00	- 0.07	0.30	0.32

* indicates significance ($P < 0.05$)

IV. 고 찰

경주마의 경주능력과 상관관계를 확인하는 외국의 연구들에서는 같은 조교사에게 훈련받은 경주마로 한정하는 실험조건으로 결과를 도출하고 있으며, 실제 경주에 참여하는 경주마들의 경주능력을 판단하는 방법으로 경주당 수득상금, 레이팅 등이 지표로 활용되고 있다(Evans 등, 1993; Gramkow와 Evan, 2006; Leleu 등, 2005). 본 연구에서는 실제 경주를 출전하기 위해 훈련을 마친 경주마들의 경주당일 경주전 혈액을 채취하여 혈액 및 혈청생화학검사를 실시하여 측정치들과 경주능력과의 상관관계를 분석하고자 하였다. 이에 따라 경주마들의 실험조건을 최대한 통일시키기 위해 동일한 경마장에서 훈련하는 경주마들 중 한 조교사에게 관리되는 경주마들로 실험대상으로 하여 사양조건, 훈련방법 등을 통일화시켰다. 또한 개체별로 성별과 연령, 경주일이 다르더라도 경마의 특성상 최대한 같은 조건에서 경쟁하여 얻은 경주결과이기 때문에 레이팅 및 경주당 수득상금 등의 지표들로 각 경주마들의 운동능력을 객관화하여 평가하였다.

Rose와 Allen(1985)은 말에서 Hb 농도가 훈련강도를 증가시킴에 따라 일정하게 증가되었다고 하였다. 또한 Snow 등(1983)은 말이 운동하는 중에 catecholamine이 분비되고 비장이 수축하여 PCV가 20 %에서 25 %까지 증가한다고 보고하였다. 말의 경우에 비장에서 50 % 이상의 적혈구가 저장되어 있기 때문에 비장에서 나오는 적혈구가 관련 수치들에 큰 변화를 줄 수 있어 경주마의 능력을 평가하는 지표로 활용되기에는 한계가 있다고 알려져 있다(Persson과 Lyndin, 1973). 물론 Hb의 농도로서 운동능력이 향상된 것을 확인할 수도 있지만 비장의 수축 및 훈련에 의한 피로도 누적에 따른 탈수 등 여러 요인에 의해 변화될 수 있기 때문에 수치해석에 유의해야 한다. 본 실험에서 경주전 혈액검사결과 RBC와 PCV는 각각 $11.0 \pm 1.0 \times 10^6/\mu\text{l}$, $47.8 \pm 4.0 \%$ 로 정상범위(RBC : $6.0 \sim 11.0 \times 10^6/\mu\text{l}$, PCV : $32.0 \sim 48.0 \%$)에서 높은 값으로 나타났고, Hb의 경우에도 $17.1 \pm 1.5 \text{ g/dl}$ 로 정상범위($11.0 \sim 17.0 \text{ g/dl}$)보다 높게 나타났다. 본 실험에서 높게 나타난 RBC, PCV와 Hb는 경주전 훈련에 따른 피로도 및 탈수로 인해 전체적으

로 적혈구 수치가 증가하였으며, 채혈시 말의 흥분으로 인한 비장의 수축현상도 일부 영향을 줄 수 있다고 생각된다.

AST, CK는 근육유래하는 효소로 훈련으로 인해 근육이 손상되었을 때 활성도가 증가된다(Snow 등, 1983). 본 연구에서는 경주전 혈청생화학검사 결과 평균 AST 활성도가 427.3 ± 258.1 IU/L로 정상범위인 226 ~ 366 IU/L 보다 높은 수치로 나타났다. 이전 연구에 따르면 말에서 1500 m 구보 운동 후 AST 활성도가 35 % 증가한 것이 보고되었고(Codazza 등, 1974), 습보이상의 강한 운동 후에는 AST 활성도가 50 %까지 증가된 것이 보고되었다(Milne, 1974). 또한 Tyler-McGowan 등(1999)은 과도하게 훈련된 말에서 AST 활성도가 유의성있게 증가하였다고 보고하였다. 본 연구에서는 경주전 혈청생화학검사의 경우 대부분 경주출전을 위해 약 2주간의 훈련을 시행한 경주마들이기 때문에 어느 정도의 훈련에 따른 근육관련 효소들의 활성도가 높아진 것으로 사료된다.

AP와 GGT는 간과 담관에서 유래하는 효소로 특히 AP 활성도의 증가는 만성적인 간손상을 의미한다(Divers, 1993). 또한 GGT 활성도의 경우 경주마에서 훈련에 따라 지속적으로 증가하는 수치로 확인되어 있고(Snow, 1988), 훈련이 지속됨에 따라 과도하게 훈련된 경주마에서 GGT 활성도가 상승되어 있음을 보고한 연구도 있었다(Tyler-McGowan 등, 1999). 경주마 운동능력과의 상관관계를 확인한 연구에서는 GGT 활성도가 크게 상승한 경주마들의 운동능력이 저조하게 나타났고, 일부 경주마는 측정치가 100 IU/L 이상인 경우 경주능력이 크게 저조하게 나타났다(Snow 등, 1987). 본 연구에서는 경주전 혈청생화학검사 결과 평균 AP와 GGT의 활성도는 각각 432.0 ± 55.6 IU/L, 43.0 ± 16.8 IU/L로 정상범위 (AP : 143 ~ 359 IU/L, GGT : 15 ~ 31 IU/L)보다 높은 수치로 나타났다. 평균적으로 AP 및 GGT 활성도가 높게 나타난 결과는 경주를 준비하면서 훈련을 시행한 결과 AP 및 GGT 활성도가 정상에 비해 전체적으로 상승한 결과로 생각되고, 대상마 중 GGT 활성도가 100 IU/L 이상인 경주마는 없었으며(최대 GGT : 84 IU/L, 경주결과 : 5위/9두), 분석결과 AP 및 GGT 활성도와 운동능력과의 상관관계는 확인할 수 없었다.

혈액검사 결과와 경주능력에 따른 군간 평균치를 분석한 결과 경주결과에 따른 군간에는 모든 항목에서 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났지만 등

급에 따른 군간에는 낮은 등급의 군(5등급~6등급)과 높은 등급의 군(1등급~4등급)간에 적혈구 관련 수치인 RBC, Hb과 PCV가 높은 등급의 군에서 유의하게 낮은 것으로 나타났다($P < 0.01$). 또한 혈액검사 결과와 운동능력관련 항목간의 상관관계를 분석한 결과 레이팅, 연승률, 경주당 수득상금과 RBC, Hb 및 PCV는 음의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며($P < 0.01$), G3F와 PCV는 양의 상관관계가 확인되었다($P < 0.05$). 다시 말해서 경주능력이 좋은 높은 등급의 군에서 적혈구 관련 수치가 낮게 나타났으며, 레이팅, 연승률, 경주당 수득상금이 높을수록, G3F 구간기록이 빠를수록 적혈구 수치가 낮게 나왔다. Rose와 Allen(1985)은 말에서 운동강도를 증가시키기에 따라 Hb의 농도가 일정하게 증가했다고 보고하였고, Sahka(2007)는 운동 후 PCV와 RBC가 유의적으로 증가한다고 보고하였다. 따라서 동일 개체에서는 훈련이나 운동이 지속될수록 적혈구 관련수치는 증가할 수 있지만, 본 연구에서 경주마간의 경주능력을 비교하거나 경주능력을 나타낼 수 있는 지표들과 상관관계를 확인한 결과 경주능력이 높을수록 경주당일 출발 시각 3시간 전 혈액검사 결과 적혈구 관련수치인 RBC, Hb과 PCV가 유의성있게 낮았다. 사람에서는 지구력 운동을 하는 군이 일반인들에 비해 평균 적혈구 관련 수치들이 유의성있게 낮게 보고되어 있으며(Schumacher 등, 2002), 육상선수와 사이클선수들의 평균 RBC, Hb과 PCV가 일반인들에 비해 유의성있게 낮게 보고되었다(Tanbira, 2014). Mairburl(2013)은 운동선수들이 일반인들에 비해 적혈구 수치가 낮아지는 “운동성 빈혈” (“Sport Anemia”)은 운동에 따라 혈장 용적이 증가하기 때문이며, 적혈구가 근육수축에 따라 모세혈관을 이동할 때 기계적으로 파열되기 때문에 노쇠한 적혈구가 혈관내에서 쉽게 용혈되기 때문이라고 보고하였다. 따라서 경주마에서 높은 등급의 말들의 적혈구 수치가 낮은 등급의 말들의 적혈구 수치에 비해 유의성있게 낮게 나온 결과는 사람의 연구에서의 결과와 일치하였다. 이는 높은 등급의 경주마들이 훈련을 통해 혈장 용적이 증가하였고, 훈련에 따라 근육수축에 따른 모세혈관 내 적혈구의 용혈이 높은 등급의 말들에게서 더 많이 발생하여 적혈구 수치가 낮아진 것으로 사료된다. 또한 적혈구 수치가 높은 말들이 경주일 직전까지 실시한 훈련에 따른 피로도가 어느 정도 누적되었고, 탈수 등의 요인들로 인해 경주능력을 발휘하는데 좋지 않은 영향을 미쳤다고도 볼 수 있다. 이는 경주전 혈액검사에서 전체적으로 적혈구 수치인

RBC, Hb 및 PCV와 함께 간 및 근육유래 효소인 AP, AST와 GGT 활성도가 정상범위보다 상승한 것으로 보아 경주전 전반적인 경주마들의 피로도를 확인할 수 있었으며, 훈련에 따른 피로도가 경주마의 경주능력을 발휘하는데 영향을 줄 수 있다고 판단된다. 하지만 말의 경우 비장에서 적혈구가 많이 저장되기 때문에 말의 운동능력과 적혈구 관련수치에 대해서는 추가적인 연구가 필요하다.

경주마에서는 근육관련 효소인 CK, AST는 근육부상에 대해 활성도가 특이적으로 증가할 수 있지만 CK의 반감기가 짧아 운동 후 6시간 이내에 혈액검사를 실시해야만 의미가 있는 반면, AST의 경우 근육손상 이후 수일간 혈액내에 상승되어 있어 훈련에 따른 근육손상을 확인할 수 있는 효소이다(Stockham과 Scott, 2008). 본 실험에서는 근육에서 유래되는 효소인 AST의 활성도가 높을수록 경주당 소득상금이 높아지는 것이 확인되었다. 이는 훈련에 따른 피로도를 즉각적으로 반영하는 다른 효소들과 달리, AST의 경우 피로가 회복되어도 축적된 훈련량에 따라 증가된 수치가 일정기간 유지될 수 있기 때문인 것으로 판단된다. 따라서 경주당일 AST 활성도가 높게 나타난 말들의 소득상금이 높게 나타난 결과는 경주 출전을 위해 충분한 훈련을 하고 적절한 휴식을 취하거나 훈련 후 충분한 쿨링다운을 한 것과 관련이 있는 것으로 사료된다. 또한, 경주성적에 따른 그룹간 훈련량을 비교한 결과 경주기록이 이전보다 단축된 경주마 그룹의 평균 훈련시간이 121.4 분으로 그렇지 못한 그룹의 평균 훈련시간인 118.0 분보다 다소 긴 것으로 볼 때, 경주마가 출전을 위해 충분한 훈련을 하면서 어느 정도의 근육손상에 따른 AST의 활성도 상승이 있었고, 이러한 경주마들의 경주당 소득상금이 훈련이 부족한 다른 경주마들의 경주당 소득상금보다 높게 나타난 것으로 보인다.

V. 결 론

더러브렛 경주마에서 경주당일 경주전 혈액검사 및 혈청생화학 검사결과에서 운동능력과 연관성이 있는 항목들과 경주마 운동능력을 객관화한 항목들과의 상관관계를 분석하기 위해 렛츠런파크 서울에서 경주마 21 두를 대상으로 혈액검사와 혈청생화학검사를 실시하였고, RBC, Hb, PCV, AP, AST, GGT, CK, LDH 와 운동능력과의 상관관계를 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 더러브렛 경주마의 경주전 혈액검사 및 혈청생화학검사 결과 평균적으로 적혈구 관련 수치인 RBC, Hb 및 PCV 와 간 및 근육유래 효소인 AP, AST 와 GGT 활성도가 정상범위보다 다소 높았다.

2. 경주마 운동능력과의 상관관계를 확인한 결과 등급이 높은 경주마들이 낮은 등급의 경주마들에 비해 RBC, Hb 과 PCV 의 평균치가 유의성있게 낮았고, 레이팅과 연승률이 높을수록, 경주당 수득상금이 클수록 RBC, Hb 과 PCV 가 유의성있게 낮았으며, G3F 구간기록이 빠를수록 PCV 가 유의성있게 낮았다. 또한 경주당 수득상금이 높을수록 AST 활성도가 유의성있게 높았다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 경주마의 경주당일 경주전 혈액검사 및 혈청생화학검사 결과 적혈구 관련 수치와 간 및 근육유래 효소들이 정상범위보다 다소 높은 값을 나타내어 전반적으로 한국 경주마의 훈련에 따른 경주당일 피로도를 확인할 수 있었다. 또한 RBC, Hb, PCV 및 AST 활성도가 경주마 운동능력과 상관관계를 보인 항목들로 확인되어 향후 경주당일 경주전 혈액검사 및 혈청생화학검사를 통한 RBC, Hb, PCV 와 AST 활성도가 경주마의 피로도 및 경주능력을 판단하는 중요한 지표들로 활용될 수 있을 것이다.

제 2 장

더러브렛 경주마에서 무선기반 측정시스템을 이용한 실시간 심박수 및 속도 측정

The Measurement of Real Time Heart Rate and Velocity by Mobile Monitoring System in Thoroughbred Horses

I. 서론

경주마 운동생리학 연구에서는 이전부터 트레드밀을 이용한 연구가 활발히 진행되었고, 트레드밀상에서 심박수와 속도 측정, 젖산 등의 혈액검사, 호흡가스 분석, 내시경을 통한 상부호흡기계 운동검사 등이 있어왔다(Evans 과 Rose, 1988). 트레드밀을 이용한 연구는 실험실내에서 일정한 환경에서 여러 항목들에 대해 정확한 측정이 가능하지만 특수한 시설과 장비, 숙련된 인력이 필요하고 실험마가 트레드밀에 적응기간이 필요하며 실제 경주로에서의 환경과 많이 다르다는 한계를 가지고 있다(Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan 과 Clayton, 1999).

따라서 최근에는 측정기기들의 발달에 따라 주로상에서 실제 훈련하는 말을 대상으로 하는 연구가 활발하기 진행되고 있다. 특히 GPS(Global Positioning System)기기와 무선기반 심박수 모니터링(Mobile Heart Rate Monitoring) 장비의 발달로 동 기기를 활용한 연구가 진행되고 있다. Kingston 등(2006)은 어린 더러브렛 경주마의 훈련강도를 GPS 와 심박수 모니터링 장비로 측정하였고, GPS 장비를 활용하면 기존 시계를 활용하여 속도를 측정했던 조교사에게 보다 정확한 정보를 제공할 수 있다고 보고하였다. 하지만 국내에서는 실제 주로에서 훈련하는 경주마를 대상으로 심박수와 속도를 측정하고 분석한 연구는 아직까지 보고되지 않았다.

2015년에는 한국마사회 말산업연구소 지정과제로 말운동능력검사를 위한 무선기반 말심전도 모니터링 시스템이 서울대학교 산학협력단에 의해 개발되었지만(Lee 등, 2015), 동 시스템 개발 후 임상현장에서의 적용은 이루어지지 않고 있었다.

본 실험에서는 국내에서 개발된 장비인 Vetwave-EQ(The PowerBrains, Korea)를 사용하여 실제 경주로에서 훈련하는 한국 경주마들의 심박수와 속도를 측정하여 국내 경주마 훈련 현장에서의 활용가능성을 확인하고자 하였다. 또한 훈련중인 경주마의 보법별 평균 심박수와 속도를 측정하여 한국 경주마의

운동능력 평가를 위한 기초자료를 축적하고자 하였으며, 보법별 평균 심박수 및 속도와 경주마의 운동능력과의 상관관계를 확인하여 경주마 운동능력 평가를 위한 지표로서의 활용도를 판단하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

렛츠런파크 서울에 소속된 2세에서 6세 사이의 더러브렛 경주마 12두(수말 8두, 암말 1두, 거세말 3두)에 대해 훈련중 심박수와 속도를 측정하였다. 실험에 참여한 경주마는 최대한 같은 사양조건과 환경에서 관리되는 경주마들을 대상으로 하기 위해 모두 한명의 조교사가 관리하는 경주마로 하였으며, 경주에 출전하기 위해 새벽훈련에 참여하는 경주마를 대상으로 하였다. 새벽훈련전 조교사 및 실험자가 임상검사를 통해 파행 등 특이사항이 없음을 확인하고 실험을 진행하였다.

2. 실험방법

1) 경주출전을 위한 훈련방법

훈련시간은 오전 05:30부터 09:30 사이였고, 훈련장소는 렛츠런파크 서울 경주로에서 이루어졌다. 경주로는 모래주로였고 내주로와 외주로 2개의 주로에서 훈련이 시행되었다. 훈련은 보통 경주출전일 기준으로 2주전부터 시행되었고, 훈련방법은 조교사와 기승자의 판단하에 훈련초기에는 대부분 속보와 구보로 시행되었으며 경주출전에 임박한 시기에는 습보까지 시행되었다.

2) 심박수 및 GPS기반 속도측정 기기

심박수 측정기기는 Vetwave-EQ(The PowerBrains, Korea) 장비를 이용하여 측정하였다. GPS를 기반으로 하여 위치를 추적, 실시간 속도를 측정하기 위한

장비는 GPS 장비(GlobalSat, Taiwan)을 이용하여 측정하였다(Figure 1).

3) 심박수 및 GPS기반 속도측정 방법

실험당일 훈련이 예정된 경주마에게 마방에서 심박수 측정기기를 안장과 연결된 복대에 특수제작된 파우치를 이용하여 좌측 가슴부위에 장착하였다. 이때 심박수 측정기기와 말의 피부 사이에는 의료용 전극(Monitoring Electrode, 3M)을 부착하였고 원활한 측정을 위해 의료용 Gel를 전극부위에 충분히 도포하였다.

말의 몸체에 부착된 심박수 측정기기는 핸드폰과 WIFI를 통해 연결하였고, 기승자가 소지한 GPS기반 속도 측정기기는 bluetooth를 통해 핸드폰과 연결되었다. 심박수와 속도 측정시 핸드폰 어플리케이션에 수집된 데이터는 LTE 통신망을 통해 서버로 전송되어 분석되었다.

마방에서 나올때부터 심박수 및 속도 측정을 시작하였으며 경주로에서 훈련 후 마방에 복귀할때까지 측정을 계속하였다(Figure 2).

4) 보법별 평균 심박수와 속도 산출방법

훈련중 측정된 심박수와 속도 데이터 중 30초간 안정적으로 속보와 구보가 유지되는 데이터를 이용하여 훈련시 보법별 평균 심박수와 속도를 산출하였다.

5) 경주마 운동능력 관련 군 분류 및 항목 설정

경주마의 운동능력을 객관화하기 위해 경주결과 이전 경주보다 경주기록이 단축된 말들(Good Result Group)과 그렇지 못한 말들(Bad Result Group)로 군을 나누었고, 경주능력에 따른 등급에 따라 4등급 이상인 말들(High Class Group)과 5등급 이하인 말들(Low Class Group)로 군을 나누어 경주능력에 따른 측정치를 비교하였다. 여기서 경주기록 및 등급은 한국마사회 홈페이지(<http://race.kra.co.kr>)에서 공표된 자료를 활용하였다.

3. 통계분석

두 군간 평균치를 분석하기 위한 통계방법은 반복측정 분산분석(Repeated Measures Analysis of Variance) 방법이 이용되었다. 모든 검정의 유의수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

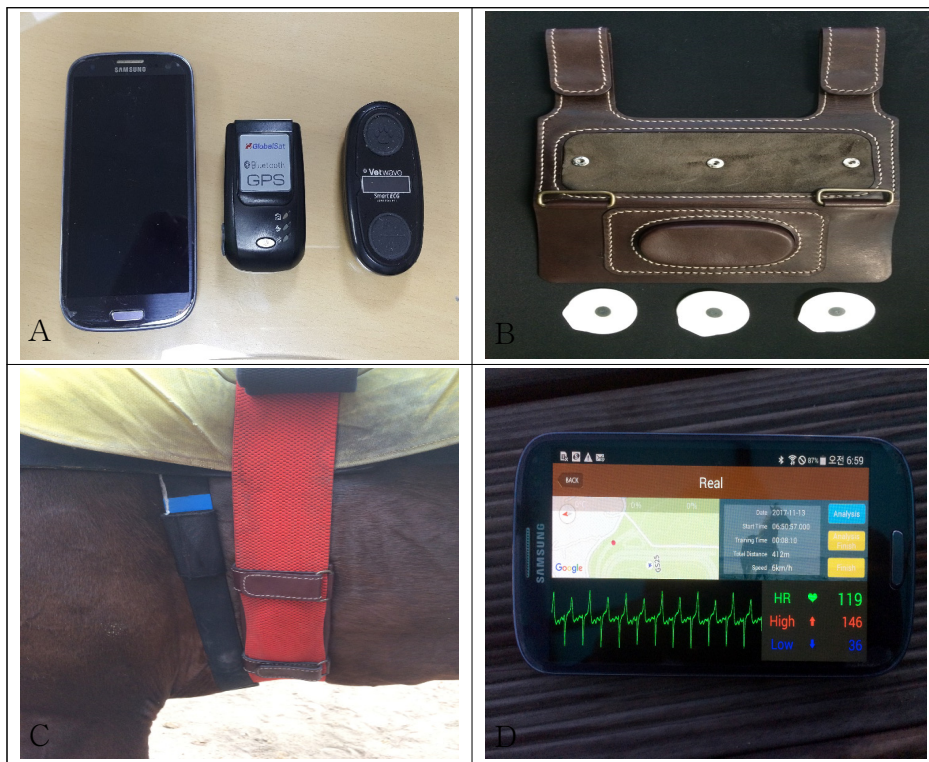


Figure 1. The methods of measuring the heart rate and velocity during trackwork. (A) Mobile phone, GPS device, Vetwave-EQ. (B) Pouch bag and electrodes for Vetwave-EQ. (C) Attachment of pouch bag with Vetwave-EQ at the left chest region of olecranon level. (D) The measurement of heart rate and velocity on a mobile phone application in real time.

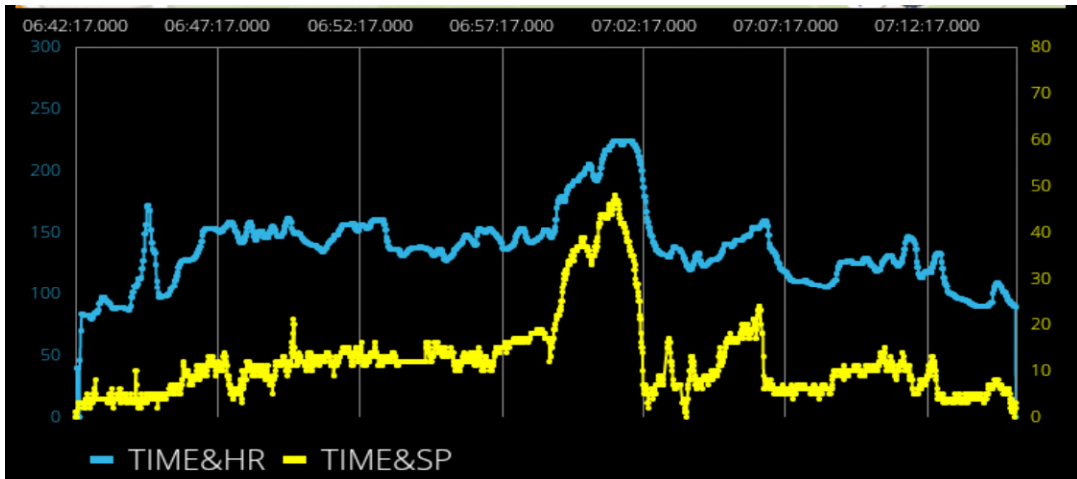


Figure 2. The Graph of heart rate and velocity with time record.

Ⅲ. 결 과

경주로에서 훈련하는 경주마가 속보로 운동할 때 평균 심박수는 133.8 ± 28.1 회/분으로 나타났고, 평균 속도는 12.4 ± 1.1 km/h로 나타났다. 또한 구보로 운동할 때 평균 심박수는 176.5 ± 23.5 회/분으로 나타났고 평균 속도는 31.9 ± 7.9 km/h로 나타났다(Table 6).

보법별 평균 심박수와 속도를 군간 확인한 결과 경주결과가 좋았던 군의 속보에서 평균 심박수와 속도는 각각 131.4 ± 25.7 회/분, 12.2 ± 1.0 km/h 이었고, 구보에서 평균 심박수와 속도는 각각 181.7 ± 19.2 회/분, 31.8 ± 11.3 km/h 였다. 또한 경주결과가 좋지 않았던 군에서의 속보에서 평균 심박수와 속도는 각각 136.1 ± 32.6 회/분, 12.7 ± 1.1 km/h 이었고, 구보에서 평균 심박수와 속도는 각각 171.3 ± 28.0 회/분, 31.9 ± 2.9 km/h 였다. 두 군간의 평균치를 분석한 결과 유의성이 인정되지 않았다(Table 7).

경주등급에 따른 군간 보법별 평균 심박수와 속도를 확인한 결과 높은 등급 군의 속보에서 평균 심박수와 속도는 각각 157.5 ± 10.1 회/분, 11.4 ± 0.8 km/h 이었고, 구보에서 평균 심박수와 속도는 각각 194.9 ± 6.6 회/분, 33.2 ± 4.4 km/h 였다. 또한 낮은 등급 군의 속보에서 평균 심박수와 속도는 각각 125.9 ± 27.9 회/분, 12.8 ± 0.9 km/h 이었고, 구보에서 평균 심박수와 속도는 각각 170.4 ± 24.1 회/분, 31.4 ± 8.9 km/h 였다. 두 군간의 평균치를 분석한 결과 유의성이 인정되지 않았다(Table 8).

Table 6. The mean heart rate and velocity at trot and canter during trackwork

(Mean \pm SD)

	Trot		Canter	
	Heart rate (bpm)	Velocity (km/h)	Heart rate (bpm)	Velocity (km/h)
Measurement	133.8 \pm 28.1	12.4 \pm 1.1	176.5 \pm 23.5	31.9 \pm 7.9

Table 7. The difference of means in heart rate/velocity of trot and canter between Good and Bad Result Groups

(Mean \pm SD)

	Good Result Group (n=6)	Bad Result Group (n=6)	P Value
Trot HR (bpm)	131.4 \pm 25.7	136.1 \pm 32.6	0.7877
Trot V (km/h)	12.2 \pm 1.0	12.7 \pm 1.1	0.4338
Canter HR (bpm)	181.7 \pm 19.2	171.3 \pm 28.0	0.4691
Canter V (km/h)	31.8 \pm 11.3	31.9 \pm 2.9	0.9945

Table 8. The difference of means in heart rate/velocity of trot and canter between High and Low Class Groups

(Mean \pm SD)

	High Class Group (n=3)	Low Class Group (n=9)	P value
Trot HR (bpm)	157.5 \pm 10.1	125.9 \pm 27.9	0.0911
Trot V (km/h)	11.4 \pm 0.8	12.8 \pm 0.9	0.0508
Canter HR (bpm)	194.9 \pm 6.6	170.4 \pm 24.1	0.1215
Canter V (km/h)	33.2 \pm 4.4	31.4 \pm 8.9	0.7541

IV. 고찰

경주마 운동생리학 연구에서 트레드밀을 이용한 연구들이 진행되어 왔지만 특수한 시설을 갖추어야만 경주마의 운동능력을 평가할 수 있어 현장에서 시설이 갖춰지지 않은 상황에서는 그 적용이 쉽지 않았다(Vermeulen과 Evans, 2006). 국내에서도 2000년도 초반까지는 트레드밀을 활용한 경주마 운동생리 연구가 한국마사회에서 진행되었으나 현재는 그 연구가 지속되지 못하고 있다. 사람에서는 운동능력이나 훈련강도를 평가하는 방법으로 GPS를 이용한 속도측정방법이 사용되어 왔으며 다른 속도측정방법에 비해 상당히 정확하다고 보고되었다(Schutz과 Herren, 2000). 또한 외국에서는 말에게도 GPS를 이용하여 훈련을 모니터링하거나 속도에서 나오는 지표들로 운동능력 및 훈련강도를 측정하는 연구들이 있었다(Kingston 등, 2006). 또한 측정기기의 발달로 인해 트레드밀이 아닌 실제 훈련을 하는 경주마의 심박수와 속도를 모니터링하여 경주마의 수득상금과의 상관관계를 확인하는 연구도 있었다(Gramkow와 Evans, 2006). 본 연구는 국내에서는 최초로 실제 경주마에서 훈련하는 경주마를 대상으로 심박수와 속도를 측정하는 연구이다.

이번 연구에서 활용된 Vetwave-EQ 장비는 2015년 한국마사회 말산업연구소에서의 개발과정에서 기존 심박수 측정장비에 비해 심박수 및 속도 데이터가 안정적이었고, Patient Monitor(BM3, USA)와의 비교실험을 통해 장비의 신뢰성을 인정받았다(Lee 등, 2015). 본 연구에서도 Vetwave-EQ 장비와 타 장비(Polar Equine, Finland)와의 비교 결과, Polar Equine의 경우 심박수와 속도 데이터가 1초에 1회씩 기록되고 실시간 모니터링 기능이 없는 반면, Vetwave-EQ는 심박수와 속도 데이터가 1초에 2회씩 수집되고 핸드폰 어플리케이션을 통한 실시간 모니터링이 가능하여 기존 장비에 비해 데이터의 정확도와 신뢰도가 높았으며, 조교사 및 마주들이 현장에서 실시간으로 경주마의 심박수와 속도를 확인할 수 있어 경주마 훈련시 장비 활용도가 Polar Equine에 비해 상당히 높아 현장에서의 활용가능성을 충분히 확인할 수 있었다.

본 연구에서는 국내에서 훈련중인 경주마의 심박수와 속도를 활용하여 운동능력을 평가하기 위한 기본지표가 전혀없는 상황이었기 때문에 우선 경주로에서 훈련하는 경주마를 대상으로 보법에 따른 평균 심박수와 속도를 측정하였다. 수집된 데이터를 분석한 결과 평균 심박수와 속도는 속보일 때 133.8 ± 28.1 회/분, 12.4 ± 1.1 km/h이었고 구보일 때 176.5 ± 23.5 회/분, 31.9 ± 7.9 km/h으로 확인되었다. Gramkow와 Evans(2006)은 잔디주로에서 경주마 훈련시 속보일 때 평균 심박수와 속도를 각각 115.8 회/분, 15.8 km/h로 보고하였다. 이는 잔디주로인 경우 모래주로보다 말의 속도가 빠르게 나와 본 연구에서 나타난 속보에서보다 심박수는 낮고 속도는 높은 것으로 판단된다. 또한 Kingston 등(2006)은 경주로에서 4개월간 훈련한 경주마를 대상으로 측정하여 구보일때의 평균 심박수와 속도는 각각 166 회/분, 30.6 km/h 으로 보고하였다. 이는 트레이닝 기간동안 육성마를 대상으로 측정한 결과로 본 연구에서 실제 경주를 준비하는 경주마보다 경주능력이 낮아 심박수 및 속도 측정치가 다소 낮은 것으로 사료된다. 측정결과와의 차이는 실험개체수, 주로의 상태, 훈련환경, 기승자 등에 따라 다르게 나타날 수 있으나 훈련 중 속보 및 구보일 때의 평균 심박수와 속도는 다른 연구자들의 실험결과와 크게 다르지 않음을 확인할 수 있었다.

심박수 측정결과 같은 보법에서도 개체마다 평균 심박수의 차이가 크게 나타났으며 속보의 경우 최소 97.8 회/분, 최대 173.8 회/분이었다. 이는 주로에서 훈련 중 심박수의 변화가 크다는 것을 의미하고, 말의 심리상태, 환경의 변화, 훈련의 적응도에 따라 다르게 나타날 수 있다는 것을 의미한다(Evans, 2007). 본 연구에서는 측정기기를 이용하여 훈련중에도 심박수와 속도의 변화를 실시간으로 확인할 수 있었고 또한 경주마의 훈련정도 및 강도를 수치화할 수 있었다. 이는 본 측정기기로 실제 경주로 훈련시 경주마에게 적용되는 훈련강도를 심박수와 속도 측정을 통해 확인할 수 있으며, 개체마다 적당한 훈련강도를 훈련 현장에서 조절할 수 있다는 것을 의미한다. 그리고 이 데이터를 활용하면 훈련시 각 개체들의 운동능력 및 현재 상태(긴장정도 등)를 평가하여 향후 경주출전을 준비할 수 있는 중요한 데이터로 활용될 수 있다. 또한 심박수 및 속도를 실시간으로 체크하여 훈련강도를 조절한다면 훈련중 발생할 수 있는 사고를 미연에 방지할 수 있을 것이다.

보법에 따른 평균 심박수 및 속도와 경주결과 및 등급에 따른 구간 평균치는 유의성이 확인되지 않았다. 이는 속보와 구보상 평균 심박수와 속도의 경우 개체마다 차이가 크고, 환경에 따른 변이가 크기 때문에 단순한 보법에 따른 평균 심박수와 속도만으로는 경주마의 운동능력을 평가하거나 훈련정도를 판단하기에는 한계가 있다는 것을 의미한다. 따라서 실제 경주마의 운동능력 및 훈련정도를 평가하고 심박수와 속도 측정값과 경주마 운동능력과의 상관관계 확인을 위해서는 추가적인 지표개발 및 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이번 연구에서는 국내에서 개발된 장비를 활용하여 실제 훈련하는 경주마의 심박수와 속도를 실시간으로 모니터링함으로써 경주로 현장에서 활용도가 높을 것임을 확인하였으며, 경주마의 훈련정도를 판단하고 사고를 예방하는데 유용하다는 것을 확인하였다. 또한 수집된 보법에 따른 평균 심박수 및 속도 측정값은 향후 한국 경주마의 운동능력 향상을 위한 운동생리학 연구에 중요한 기초자료로 활용될 수 있을 것으로 사료된다.

V. 결 론

더러브렛 경주마의 운동능력 및 훈련정도를 평가하고 현장에서의 적용방안을 도출하고자 렛츠런파크 서울에서 실제 경주를 준비하기 위해 훈련하는 경주마 12두를 대상으로 국내에서 개발된 장비를 사용하여 심박수와 속도를 측정하였고, 보법에 따른 평균 심박수와 속도를 산출하였으며, 그 값들과 경주마 운동능력과의 상관관계를 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 경주로에서 훈련하는 경주마가 속보로 운동할 때 평균 심박수는 133.8 회/분으로 나타났고 평균 속도는 12.4 km/h로 나타났다.
2. 경주로에서 훈련하는 경주마가 구보로 운동할 때 평균 심박수는 176.5 회/분으로 나타났고 평균 속도는 31.9 km/h로 나타났다.
3. 보법별 평균 심박수와 속도와 운동능력과의 상관관계를 분석한 결과 경주결과가 좋았던 그룹과 좋지 않았던 그룹간, 높은 등급의 그룹과 낮은 등급의 그룹간 차이는 인정되지 않았다.
4. 국내에서 개발된 무선기반 심박수 및 속도 측정기기로 훈련하는 말의 심박수와 속도를 측정하는 방법은 현장에서 경주마의 훈련정도 및 강도를 조절하는데 효과적으로 활용이 가능하였다.

이상의 결과를 종합해볼 때 동 연구결과는 외국에서 연구된 보법별 평균 심박수 및 속도 측정결과와 같은 유형으로 확인되었고, 국내에서 개발된 장비를 이용하여 실제로 훈련하는 경주마의 심박수와 속도를 측정하는 방법이 현장에서 유용하게 활용될 수 있음을 확인하였으며, 향후 경주마 운동능력을 평가하기 위한 연구에 중요한 기초자료로 활용될 것이다.

제 3 장

더러브렛 경주마에서 운동능력 평가를
위한 훈련중 심박수 및 속도측정 수치
활용방안 연구

The Application of the Measurement of
Heart Rate and Velocity during
Training to Assess Racing Performance
in Thoroughbred Horses

I. 서론

심장은 체내의 혈액순환을 통해 산소와 이산화탄소, 전해질, 대사물질 등을 운반하는 역할을 담당하고 있으며, 특히 말의 심장은 다른 동물들에 비해 심혈관계를 통한 산소운반능력이 탁월하다. 잘 훈련된 말의 경우 1회 심박출량은 약 1 L 정도이고, 운동시 1분당 최대 400 L의 심박출량을 가지고 있다(David, 2014).

이전 국내에서 훈련중인 경주마를 대상으로 측정한 보법별 평균 심박수와 속도는 개체마다 차이가 크고 환경 등에 영향을 크게 받아 훈련정도나 운동능력을 평가하는데는 무리가 있었다. 하지만 트레드밀상 경주마의 속도가 증가함에 따라 일정 구간에서 심박수가 선형관계로 증가한다는 것이 이전 연구들에서 확인되었으며(Figure 3), 심박수가 120 회/분에서 210 회/분 사이 구간에서 그 선형관계가 아주 정확하고 반복적으로 확인된다고 보고되었다(Courouce 등, 2002). 또한, 경주마에서 실제로 훈련하는 말을 대상으로 구보 이상의 속도에서는 심박수와 속도가 선형관계로 일정하게 증가하며, GPS 및 심박수 측정기기를 활용하여 일정한 선형관계를 확인할 수 있다고 보고되었다(Evans, 2007).

훈련중인 경주마에게 심박수와 속도를 측정하는 방법은 경주마의 훈련정도 및 운동능력을 평가하는데 유용한 방법이고 최근에는 GPS 등의 장비가 개발됨에 따라 그 활용이 가능하게 되었다. Vermerulen과 Evans(2006)는 경주마에서 훈련하는 말을 대상으로 심박수와 속도를 측정하여 최대심박수(HR_{max}), 최대심박수에서의 속도(VHR_{max}), 심박수가 200 회/분일 때의 속도(V_{200}) 등을 보고하였다. Kobayashi 등(1999)은 2세마를 대상으로 V_{200} 을 연구한 결과 심박수가 200 회/분일 때의 평균속도를 38.6 km/h로 보고하였고 경주마가 훈련이 됨에 따라 V_{200} 이 증가함을 보고하였다. 또한 Gramkow와 Evans(2006)은 경주마의 VHR_{max} 는 평균 53.6 km/h로 보고하였고, 연구결과 VHR_{max} 가 경주마 운동능력 지표 중 하나인 상금수득액과 양의 상관관계가 있다고 보고하였다.

현재 한국 경주마들의 훈련방법은 국내 경주마 환경 등에 따라 외국 경주마들의 훈련방법과 다르며, 높은 스피드의 무산소 운동보다는 유산소 운동 위주로 훈

련을 한다고 알려져 있다. 특히 한국의 경주마들은 경주를 준비하는 훈련단계에서 모래주로의 특성 및 경주마의 건강상태 차이로 인해 외국 경주마들과 달리 습보이상의 강한 훈련보다는 대부분 구보 및 약한 습보정도의 훈련을 하고 있다. 이로 인해 외국 경주마와 국내 경주마의 경주능력이 차이가 크다. 예를 들어 홍콩에서의 3등급 1200 m 경주 평균기록은 1:09.3 인 반면, 우리나라는 1:13.9 로 우리나라 경주마들이 약 4.6 초 정도 느린 기록을 가지고 있다 (http://www.hkjc.com/english/racinginfo/racing_course_time.htm, <http://race.kra.co.kr/raceScore/RecordKinds.do?Act=04&Sub=6&meet=1>). 따라서 외국에서 경주마 운동능력을 평가하기 위해 활용하는 V_{200} , VHR_{max} 지표를 국내 경주마에게 단순히 적용하기에는 한계가 있다는 가정하에, 훈련 중 심박수가 분당 180 회/분 이하에서의 속도지수와 경주마의 운동능력(레이팅, 수득상금 등)과의 상관관계를 분석해 본다면 유산소 운동 위주의 훈련방식이 적용되는 한국 경주마의 경주능력을 평가할 수 있는 효과적인 방법이 될 수 있을 것이다.

본 연구에서는 경주를 위한 훈련기간 중 빠른 속도(습보)의 훈련을 포함시킨 일정한 훈련방식을 적용, 심박수와 속도를 측정하여 수집된 데이터로부터 관련 수치를 산출하여 운동능력과의 상관관계를 확인하고 동 결과를 바탕으로 한국 경주마들의 운동능력을 평가하기 위한 새로운 지표를 개발하고자 하였다.

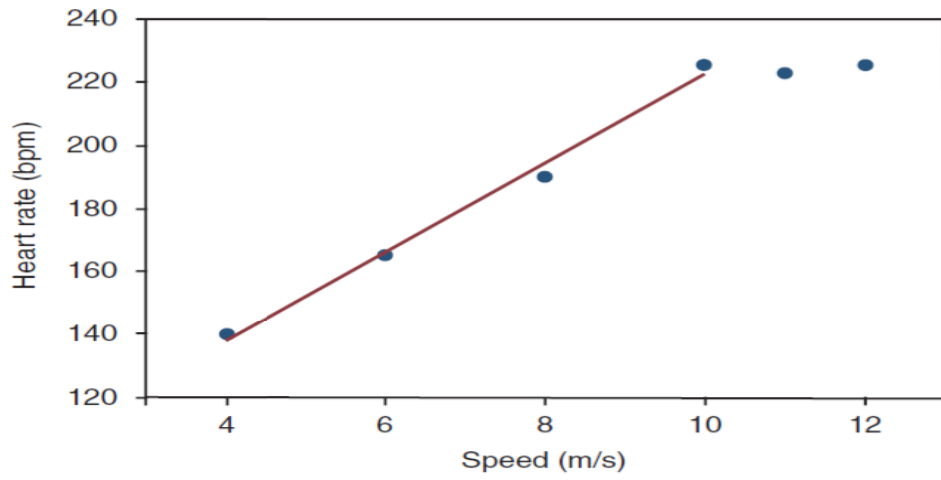


Figure 3. Heart rates during a stepwise incremental treadmill exercise test in a race fit Thoroughbred racehorse.

II. 재료 및 방법

1. 실험동물

렛츠런파크 서울에 소속된 2세에서 6세 사이의 더러브렛 경주마 11두(수말 5두, 암말 3두, 거세말 3두)에 대해 훈련중 심박수와 속도를 측정하였다. 실험에 참여한 경주마는 최대한 같은 사양조건과 환경에서 관리되는 경주마들을 대상으로 하기 위해 모두 한명의 조교사가 관리하는 경주마로 하였으며, 경주에 출전하기 위해 새벽훈련에 참여하는 경주마를 대상으로 하였다. 새벽훈련전 조교사 및 실험자가 임상검사를 통해 파행 등 특이사항이 없음을 확인하고 실험을 진행하였다.

2. 실험방법

1) 통일화된 훈련방식 적용

훈련시간은 오전 05:30부터 09:30 사이였고, 훈련장소는 렛츠런파크 서울 경주로에서 이루어졌다. 경주로는 모래주로였고 내주로와 외주로 2개의 주로에서 훈련이 시행되었다. 훈련방식은 일정한 훈련방식 적용으로 신뢰성있는 데이터 확보를 위해 습보훈련시 훈련전 준비운동(warm up), 주로에서의 구간별 보법 및 운동거리 통일, 훈련후 마무리운동(cool down)을 통일화하여 다음과 같이 수행하였다.

1) 마방으로부터 주로입구까지 100 m를 평보로 이동한다. 2) 주로입구에 있는 원형마장에서 조마삭 줄을 사용하여 10 분간 속보로 준비운동을 실시한다. 3) 준비운동을 마치고 기승자가 기승을 한 뒤 a) 1000 m 출발지점으로 주로에 입장한 뒤 결승선까지 1000 m를 속보로 운동한다. b) 결승선에서 3코너 지점까지 900

m를 구보로 운동한다. c) 3코너 지점부터 결승선까지 950 m를 습보로 운동한다. d) 이후 속도를 줄이고 주로입구까지 900 m를 속보로 이동한다. 4) 주로에서 나와 마방까지 100 m를 평보로 이동한다(Figure 4).

2) 심박수 및 GPS기반 속도측정 기기 및 측정방법

심박수 측정기기는 Vetwave-EQ(The PowerBrains, Korea) 장비를 이용하여 측정하였다. 훈련속도를 실시간으로 측정하기 위해서는 핸드폰 기반의 GPS를 활용하였다.

실험당일 훈련이 예정된 경주마에게 마방에서 심박수 측정기기를 안장과 연결된 복대에 특수제작된 파우치를 이용하여 좌측 가슴부위에 장착하였다. 이때 심박수 측정기기와 말의 피부 사이에는 의료용 전극(Monitoring Electrode, 3M)을 부착하였고 원활한 측정을 위해 의료용 Gel를 전극부위에 충분히 도포하였다.

말의 몸체에 부착된 심박수 측정기기는 핸드폰에 WIFI를 통해 연결하였고, 핸드폰 기반의 GPS를 활용하여 측정된 속도를 수집하였다. 핸드폰 어플리케이션에 수집된 심박수와 속도 데이터는 LTE 통신망을 통해 서버로 전송되어 분석되었다.

마방에서 나올때부터 심박수 및 속도 측정을 시작하였으며 경주로에서 훈련 후 마방에 복귀할때까지 측정을 계속하였다.

3) V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} , HR_{max} 산출방법

데이터상 속도가 계속 증가하더라도 심박수가 최고로 도달한 후 더 이상 높아지지 않는 심박수를 최고심박수(HR_{max})로 정하였다. 정확한 수치산출을 위해 훈련중 측정된 심박수와 속도 데이터 중에서 속도가 10 km/h 이하인 데이터와 그에 상응하는 심박수 데이터는 삭제하였다. 그리고 심박수는 15 초 이상, 속도는 10 초 이상 변화가 없을 경우 해당되는 데이터를 삭제하였다. 또한 습보운동에서 40 km/h이하의 속도로 운동을 한 말의 데이터는 분석에 포함시키지 않았다. 보정된 심박수와 속도 데이터로 회귀분석을 진행하여 회귀방정식과 추세선을 도출하였다. 이 중 추세선으로부터 심박수가 분당 12 회 이상 높은 데이터를 삭제하고 다시 회귀방정식과 추세선을 구하였다(Figure 5). 이 회귀방정식에 심박수

140, 180, 200 및 HR_{max} 를 대입해 각각의 속도지수(V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max})를 산출하였다(Gramkow와 Evans, 2006; Vermeulen과 Evans, 2006).

4) 경주마 운동능력 관련 군 분류 및 항목 설정

경주마의 운동능력을 객관화하기 위해 경주결과 이전 경주보다 경주기록이 단축된 말들(Good Result Group)과 그렇지 못한 말들(Bad Result Group)로 군을 나누었고, 경주능력에 따른 등급에 따라 4등급 이상인 말들(High Class Group)과 5등급 이하인 말들(Low Class Group)로 군을 나누어 경주능력에 따른 측정치를 비교하였다. 또한 경주결과 확인된 각 경주마의 레이팅(한국마사회 공식 경주마능력지수), 연승률(총 전적 중 3위내로 도착한 확률), 경주당 수득상금, 구간기록(S1F : 출발 후 200m까지 기록, G3F : 결승선 전방 600m부터 결승선까지 기록, G1F : 결승선 전방 200m부터 결승선까지 기록)을 운동능력을 평가할 수 있는 항목으로 설정하였다. 여기서 경주마별 등급과 레이팅, 경주성적 및 기록은 한국마사회 홈페이지(<http://race.kra.co.kr>)에서 공표된 자료를 활용하였다.

3. 통계분석

두 군간 측정치의 평균차이에 대한 검정은 독립된 두 집단을 정규분포로 가정 한 비모수 통계분석 방법 중 하나인 윌콕슨 순위합 검정(Wilcoxon' s rank sum test) 방법을 적용하였고, 경주마 운동능력을 평가하기 위해 레이팅, 연승률, 경주당 수득상금, 구간기록에 대한 통계분석방법은 피어슨 상관계수를 활용한 상관분석(Pearson Correlation Analysis) 방법을 적용하였다. 모든 검정의 유의수준은 $P < 0.05$ 로 하였다.

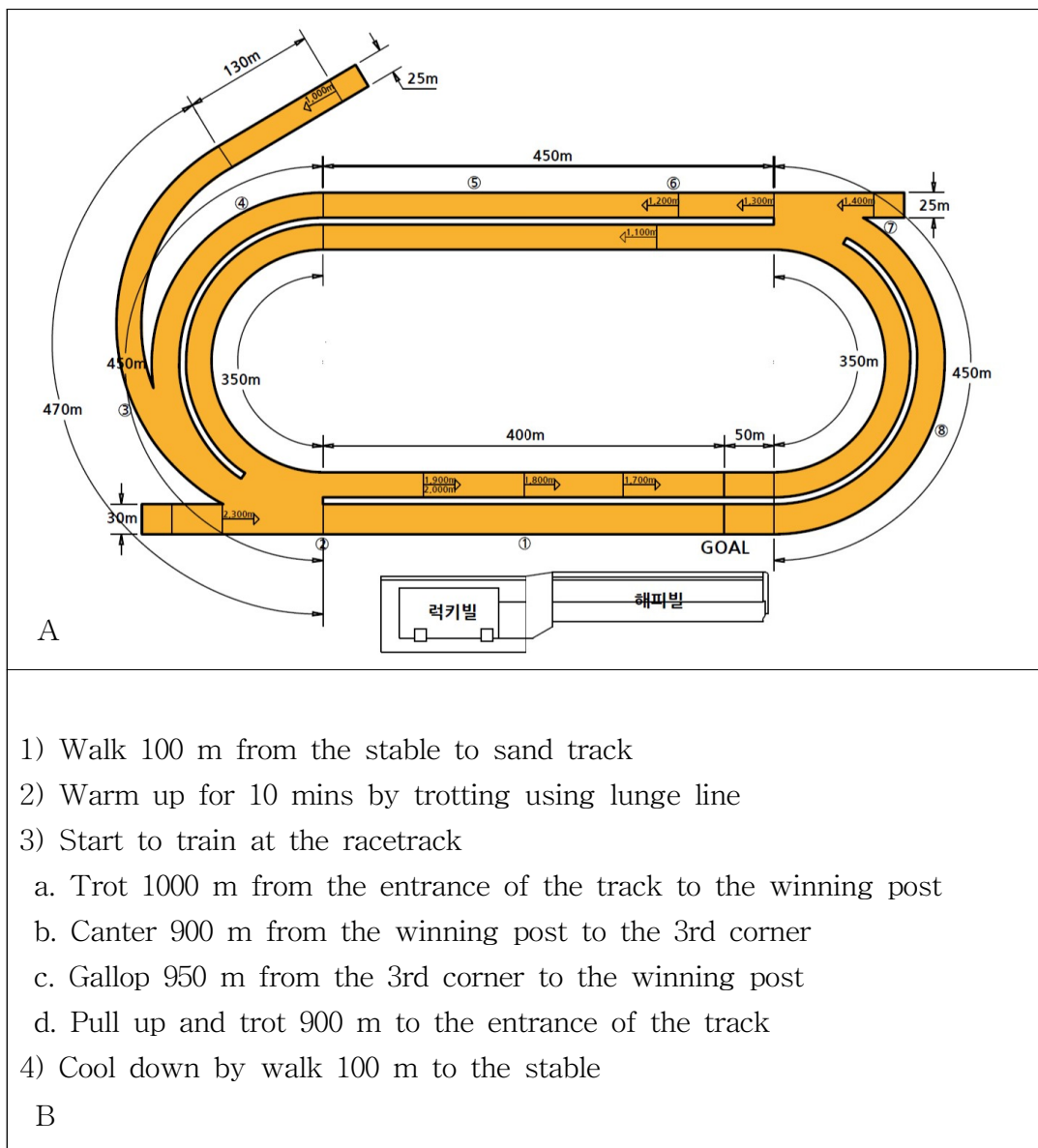


Figure 4. The standard training program in “Galloping Day” . (A) The structure of sand track in Seoul Racecourse. (B) The procedure of training at “Galloping Day”

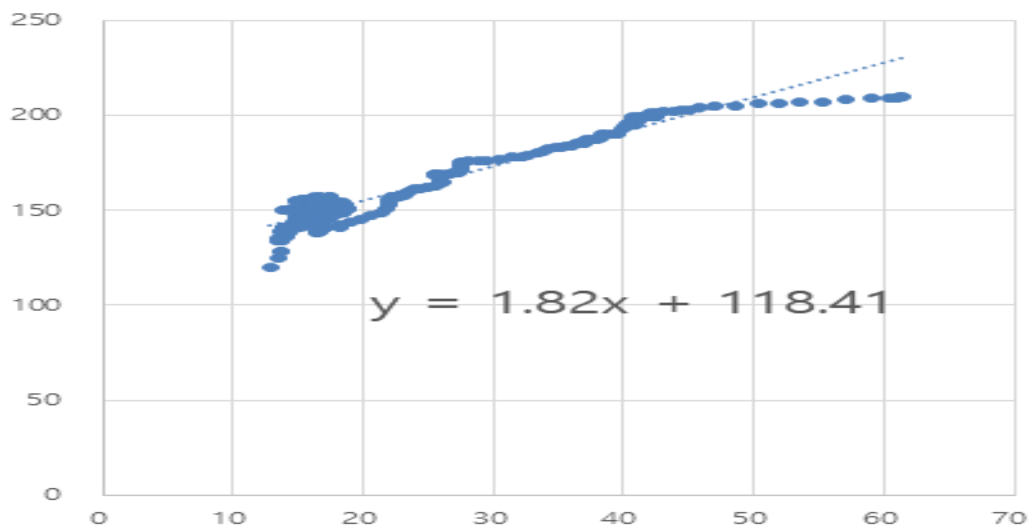


Figure 5. Example of the regression equation for V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} . X axis is velocity(km/h). Y axis is heart rate(beats per minute). V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} were calculated by putting 140, 180, 200, HRmax values in Y value.

III. 결 과

습보이상 훈련을 한 경주마 11두를 대상으로 확인한 평균 최대심박수(HR_{max})는 214 ± 11 회/분으로 확인되었다.

통일화한 훈련프로그램을 소화한 11두의 심박수와 속도 데이터로 산출된 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 는 각각 13.8 ± 4.3 km/h, 37.5 ± 3.8 km/h, 49.3 ± 4.3 km/h, 57.4 ± 7.1 km/h로 확인되었다(Table 9).

경주결과가 좋았던 군에서의 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 은 각각 13.6 ± 4.6 km/h, 37.0 ± 4.2 km/h, 48.7 ± 4.6 km/h, 60.8 ± 7.0 km/h로 나타났고, 경주결과가 좋지 않았던 군의 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 은 각각 14.1 ± 4.4 km/h, 37.9 ± 3.9 km/h, 49.8 ± 4.4 km/h, 54.5 ± 6.3 km/h로 나타났으며 두 군간의 평균치는 유의성이 확인되지 않았다(Table 10).

높은 등급 군에서의 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 은 각각 16.7 ± 3.1 km/h, 39.3 ± 4.52 km/h, 50.6 ± 5.3 km/h, 59.5 ± 8.9 km/h로 나타났고, 낮은 등급 군의 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 은 각각 10.4 ± 2.7 km/h, 35.3 ± 1.0 km/h, 47.8 ± 2.3 km/h, 54.8 ± 3.0 km/h로 나타났으며 두 군간의 평균 속도 측정치 비교에서는 V_{140} 에서 유의성있게($P < 0.05$) 차이가 나는 것이 확인되었다(Table 11).

산출된 값들과 운동능력 항목간의 상관관계를 분석한 결과 레이팅과 V_{140} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났고($P < 0.05$), 경주당 수득상금과 V_{180} , VHR_{max} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며($P < 0.05$), GIF와 V_{140} 는 음의 상관관계가 확인되었다($P < 0.05$) (Table 12).

Table 9. The mean V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} during trackwork

(Mean \pm SD)

	V_{140}	V_{180}	V_{200}	VHR_{max}
km/h	13.8 \pm 4.3	37.5 \pm 3.8	49.3 \pm 4.3	57.4 \pm 7.1

Table 10. The difference of means in V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} between Good and Bad Result Group

(Mean \pm SD, km/h)

	Good Result Group (n=5)	Bad Result Group (n=6)	P value
V_{140}	13.6 \pm 4.6	14.1 \pm 4.4	0.7842
V_{180}	37.0 \pm 4.2	37.9 \pm 3.9	0.6473
V_{200}	48.7 \pm 4.6	49.8 \pm 4.4	0.5228
VHR_{max}	60.8 \pm 7.0	54.5 \pm 6.3	0.1709

Table 11. The difference of means in V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} between High and Low Class Groups

(Mean \pm SD, km/h)

	High class Group (n=6)	Low Class Group (n=5)	P value
V_{140}	16.7 \pm 3.1 *	10.4 \pm 2.7	0.0225
V_{180}	39.3 \pm 4.5	35.3 \pm 1.0	0.0996
V_{200}	50.6 \pm 5.3	47.8 \pm 2.3	0.5228
VHR_{max}	59.5 \pm 8.9	54.8 \pm 3.0	0.1709

* indicates significance (P < 0.05)

Table 12. The Pearson correlation coefficients between V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} and race performance parameters

	Rating	Placing Rate	Prize Money per a race	S1F	G3F	G1F
V_{140}	0.68 *	0.33	0.64	0.23	-0.54	-0.70 *
V_{180}	0.29	0.17	0.67 *	0.03	-0.62	-0.55
V_{200}	0.03	0.06	0.59	-0.09	-0.57	-0.38
VHR_{max}	0.14	0.29	0.79 *	0.11	-0.31	-0.18

* indicates significance ($P < 0.05$)

IV. 고찰

경주마에 대한 운동능력검사는 개체별 건강상태 및 운동능력을 평가할 수 있을 뿐 아니라 운동능력이 저조한 경주마의 능력을 향상시키는 방법으로도 활용될 수 있다. 또한 운동능력검사를 통해 경주마가 일정 수준의 훈련 및 경주를 수행할 수 있는지에 대해서도 평가할 수 있으며, 특히 훈련정도를 평가하여 과훈련된 경주마의 상태를 확인하는 좋은 방법이 될 수 있다(Ane과 Emmanuelle, 2014).

최근에는 GPS 및 심박수 모니터링 기기 등의 기술발달로 외국에서는 실제 경주로에서 훈련하는 경주마로부터 심박수와 속도를 측정하고, 그 측정값들이 운동능력 평가에 활발히 활용되고 있다. 하지만 국내에서는 아직까지 이러한 연구가 없었고, 경주로 현장에서 심박수 및 속도 측정기기의 활용이 거의 이루어지지 않고 있다. 본 연구에서는 이전 연구에서 확인된 훈련중인 경주마의 심박수와 속도 측정방법을 적용하여 운동능력 및 훈련정도를 확인하기 위한 데이터를 산출하기 위해 통일된 훈련방식을 적용하여 심박수별 속도지수와 운동능력과의 상관관계를 분석하였다.

Vermeulen과 Evans(2006)는 더러브렛 경주마의 운동능력을 평가하기 위해 심박수와 속도를 측정하여 그 유의성을 확인하였는데 측정을 위한 훈련방식을 통일화하여 그 측정의 신뢰도를 높였다. 하지만 습보이상 빠른 속도의 훈련방식은 경주로의 구조, 조성상태(잔디, 모래 등), 환경 등에 따라 달라질 수 있기 때문에 현재 서울경마장에 적합한 훈련방식을 현장에 있는 조교사와 협의하였고, 이번 연구에서는 국내 경마환경에 적합한 훈련방식을 적용하였다.

본 연구에서 습보운동시 속도가 증가해도 심박수가 일정하게 유지된 최대심박수(HR_{max})는 최소 189 회/분부터 최대 227 회/분까지 다양하였고, 평균 214 ± 11 회/분이었다. Evans(2007)은 19 마리의 더러브렛 경주마를 대상으로 측정된 최대심박수는 평균 223 회/분이었고 그 범위는 최소 204 회/분에서 최대 241 회/분이었다고 보고하였다. 또한 25 마리의 Standardbred 중에서 측정되었던 최대심박수는 평균 221 회/분으로 그 범위는 최소 210 회/분에서 최대 238 회/분이었

다고 보고되었다(Asheim 등, 1970). 또한 이전 연구에 따르면 일부 경주마에서는 최대 심박수가 200 회/분 이하로 측정될 수 있으며 경주마의 나이가 들수록 최대 심박수는 감소한다고 보고되었다(Vermeulen과 Evans, 2006). 본 연구에서도 한마리의 최대 심박수가 200 회/분 이하(189 회/분)로 측정되었다.

Kobayashi 등(1999)은 2세마를 대상으로 V_{200} 을 연구한 결과 V_{200} 은 38.6 km/h로 보고하였고 경주마가 훈련이 됨에 따라 V_{200} 이 증가함을 보고하였다. 또한 Gramkow와 Evans(2006)는 VHR_{max} 는 평균 53.6 km/h로 보고하였고, 경주마 운동능력 지표 중 하나인 상금수득액이 높아질수록 VHR_{max} 가 유의성있게 증가한다고 보고하였다. 이번 연구에서는 통일화된 훈련방법으로 습보운동시 심박수와 속도 데이터를 이용하여 도출된 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 값은 각각 13.8 ± 4.3 km/h, 37.5 ± 3.8 km/h, 49.3 ± 4.3 km/h, 57.4 ± 7.1 km/h로 확인되었다.

측정된 심박수와 속도 측정값으로 산출된 수치들과 경주마 운동능력과의 상관관계를 확인한 결과 우선 경주결과로 나눈 두 구간 평균치는 유의성이 확인되지 않았지만, 등급으로 나눈 두 구간 평균치는 V_{140} 에서 유의성있게 차이가 나는 것으로 확인되었다($P < 0.05$). 경주결과의 경우 경주마의 경주능력이 중요한 요소이긴 하지만 기수의 능력, 당일 경주조건, 상대마 등 수많은 요소들이 작용해 그 결과가 도출되기 때문에 경주결과에 따른 구간 비교에서는 심박수별 속도지수에서 유의성이 나타나지 않는 것으로 사료된다. 하지만 등급에 따른 구간 비교에서는 등급이 높은 군의 V_{140} 평균값이 낮은 군의 V_{140} 평균값보다 유의성 있게 높게 나타나 V_{140} 이 한국 경주마의 운동능력을 평가하는 지표로 활용될 수 있음을 확인하였다. Courouce 등(2002)은 V_{140} 이 정상보다 낮아지게 되면 심혈관계나 호흡기계에 질병, 과행, 과훈련 등을 확인할 수 있다고 보고하였다. 본 연구에서 확인한 V_{140} 과 경주마 운동능력과의 상관성은 한국 경마의 경주가 다른 나라에 비해 단거리 위주로 편성이 되어있고, 초반 스피드가 빠른 경주마들이 좋은 성적을 거둘 가능성이 큰 환경이기 때문에 심박수가 140 회/분일때의 속도가 빠른 말들이 좋은 성적을 거두는 것으로 사료된다.

측정된 심박수와 속도 측정값으로 산출된 수치들과 운동능력 항목간의 상관관계를 분석한 결과 레이팅과 V_{140} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났고($P < 0.05$), 경주당 수득상금과 V_{180} , VHR_{max} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나

타났으며($P < 0.05$), G1F와 V_{140} 는 음의 상관관계가 확인되었다($P < 0.05$). 다시 말해 경주당 수득상금이 높을수록 V_{180} , VHR_{max} 수치가 높았으며, G1F 구간기록이 빠를수록(결승선 전방 200m부터 결승선까지 통과시간이 짧을수록) V_{140} 수치가 높았다.

V_{200} 은 이전 연구에서 훈련중인 2세마의 지속적인 모니터링을 통해 V_{200} 이 증가함을 확인하였고(Ohmura 등, 2002), 경주마의 운동능력과의 상관성 연구도 있어왔다(Evans, 2007). 하지만 V_{200} 의 경우 경주마간의 능력비교시 그 수치해석에 유의해야 하는데, 이유는 심박수가 200 회/분인 상태는 최대 심박수가 얼마냐에 따라 그 해석이 달라질 수 있기 때문이다. 예를 들어 최대 심박수가 215 회/분과 245 회/분인 두 경주마의 V_{200} 를 비교한다면 V_{200} 은 두 경주마가 각각 최대 심박수의 93 %, 82 % 인 상태를 나타낸다는 의미이다(Evans, 2007). 본 연구에서도 경주마간 운동능력을 판단하는데에는 V_{200} 보다는 낮은 심박수에서 산출된 V_{140} 과 V_{180} 와 최대심박수에서 산출된 VHR_{max} 수치가 운동능력과의 상관관계를 확인할 수 있었다. 따라서 국내 경주마의 운동능력 평가에 있어서도 V_{200} 의 활용보다는 오히려 V_{140} , V_{180} , VHR_{max} 수치가 더 활용도가 높을 것으로 사료된다.

특히 V_{140} 수치는 경주능력을 반영한 등급에 따른 구간 평균차이 분석에서 유의성있는 수치로 확인되었고($P < 0.05$), 경주능력을 객관화한 항목들과의 상관관계 분석에서도 레이팅과 구간기록(G1F)과 유의성있게 상관관계가 있는 것으로 재차 확인되어($P < 0.05$), V_{140} 이 한국 경주마의 경주능력을 평가하는데 가장 유용한 지표로 확인되었다. 이는 한국 경주마가 외국과 달리 습보위주의 무산소 훈련을 거의 하지 않고 중간정도의 유산소 훈련 위주로 경주를 준비하기 때문에 V_{200} , VHR_{max} 보다는 낮은 심박수에서의 속도인 V_{140} 수치가 한국경마 환경에서 경주마의 경주능력을 판단하는데 유용한 지표라고 판단된다.

따라서 본 연구에서 제시된 V_{140} , V_{180} , VHR_{max} 수치를 활용한다면 훈련중인 한국 경주마 훈련정도를 평가하고 경주능력을 수치화하여 향후 훈련계획이나 해당 경주마의 운동능력 등에 대한 평가지표로 활용될 수 있을 것이다. 또한 경주를 준비하는 육성마 단계에서 V_{140} , V_{180} , VHR_{max} 수치를 활용하여 훈련강도를 조절하고, 특히 경매마의 200m 주파기록을 공개하는 브리즈업 경매(Breeze-Up Sale)

시 동 지표들을 활용한다면 우수한 육성마 선발에도 그 활용도가 높을 것으로 판단된다.

V. 결 론

더러브렛 경주마의 운동능력을 평가하기 위해 통일화된 훈련방식을 적용하여 렛츠런파크 서울에서 경주마 11두에 대해 훈련중 심박수와 속도를 측정하였다. 측정된 심박수와 속도값으로 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 값을 도출하였고 이 수치들과 경주마의 운동능력과 상관관계를 연구한 결과 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 습보이상 훈련을 한 경주마 11두를 대상으로 확인한 평균 최대심박수(HR_{max})는 214 ± 11 회/분으로 확인되었다.
2. 통일화한 훈련프로그램을 소화한 11두의 심박수와 속도 데이터로 산출된 평균 V_{140} , V_{180} , V_{200} , VHR_{max} 는 각각 13.8 ± 4.3 km/h, 37.5 ± 3.8 km/h, 49.3 ± 4.3 km/h, 57.4 ± 7.1 km/h로 확인되었다.
3. 산출된 값들과 경주마 운동능력과 상관관계를 확인한 결과 우선 경주결과로 나눈 두 군간 평균치는 유의성이 확인되지 않았지만, 등급으로 나눈 두 군간 평균치는 V_{140} 에서 유의성있게 차이가 나는 것으로 확인되었다.
4. 산출된 값들과 운동능력 항목간의 상관관계를 분석한 결과 레이팅과 V_{140} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났고, 경주당 수득상금과 V_{180} , VHR_{max} 는 양의 상관관계를 보이는 것으로 나타났으며, GIF와 V_{140} 는 음의 상관관계가 확인되었다.

이상의 결과를 종합해 볼 때 경주 출전을 위한 통일화된 훈련프로그램을 적용하여 심박수와 속도를 측정하고 산출된 V_{140} , V_{180} , VHR_{max} 수치를 활용한 경주마의 운동능력 평가는 경주마의 훈련정도 및 운동능력을 평가할 수 있는 유용한 방법이 될 것이며, 특히 V_{140} 수치는 한국 경주마의 운동능력을 평가하는 수치로 유용하게 활용될 수 있을 것이다.

총 결 론

더러브렛 경주마의 경주전 혈액검사를 통해 운동능력과의 상관관계를 분석하였고, 경주 3시간 전 혈액검사 결과 적혈구 관련수치인 RBC, Hb, PCV와 AST가 경주마 운동능력과 상관관계가 있다는 것이 확인되었다. 이를 근거로 위 검사항목들이 경마일 경주직전에 경주마의 피로도 측정 및 경주능력 판단에 활용될 수 있을 것이다.

훈련중인 더러브렛 경주마의 심박수와 속도를 측정해서 속보와 구보시 평균 심박수와 속도를 이용하여 경주마 운동능력과의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 보법별 평균 심박수와 속도만으로는 경주마의 운동능력과의 상관관계를 확인할 수 없었다. 그러나 국내에서 개발된 무선기반 심박수 및 속도측정 기기를 경주마 훈련에 적용한 결과 경주마 운동능력검사용으로 유용하게 활용될 수 있음이 확인되었다.

경주출전을 위해 훈련하는 경주마에 대해 통일화된 운동방식을 적용하여 심박수와 속도를 측정하였고 그 측정값을 활용하여 V_{140} , V_{180} , V_{200} 과 VHR_{max} 를 산출하여 경주마 운동능력과의 상관관계를 분석하였다. 그 결과 V_{140} , V_{180} 과 VHR_{max} 가 경주마 운동능력과 상관관계가 있다는 것을 확인하였으며 V_{140} 이 국내 경마환경에서는 경주마 운동능력 평가에 가장 의미있는 지표로 확인되었다.

따라서 국내 경마환경에서 더러브렛 경주마의 운동능력을 평가하기 위해서는 RBC, Hb, PCV 및 AST와 함께 무선기반 심박수 및 속도 측정기기를 이용하여 훈련중 실시간으로 측정하여 산출한 V_{140} , V_{180} 및 VHR_{max} 가 유용한 지표로 활용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

Anne CM, Emmanuelle EW. Exercise testing in the field. In: Equine Sports Medicine and Surgery, 2nd ed. Elsevier health Sciences. 2014: 25.

Asheim A, Knudsen O, Lindholm A. Heart rates and blood lactate concentrations of standardbred horses during training and racing. J Am Vet Med Assoc. 1970; 157: 304.

Kim BS, Kim JH, Ryu SH, Yang YJ. The effect of exercise induced pulmonary hemorrhage(EIPH) on performance of Thoroughbred racehorses in Seoul Racecourse. J. Vet Clin Med. 1998; 15(2): 427-431.

Calbet JA, Lundby C, Koskolou M. Importance of hemoglobin concentration to exercise: acute manipulations. Respir Physiol Neurobiol. 2006; 151: 132.

Carlson GP. Haematology and body fluids in the equine athlete. In: Equine exercise physiology, 2nd ed. Davis. CA: ICEEP Publications. 1987: 393.

Catherine M, David R. Hematology and Biochemistry. In: The Athletic Horses. Principles and Practice of Equine Sports Medicine, 2nd ed. Elsevier health Sciences. 2014: 56.

Codazza D, Maffeo G, Redaelli G. Serum enzyme changes and haemato-chemical levels in thoroughbred after transport and exercise. J S Afr Vet Assoc. 1974; 54: 331.

Courouce A, Chretien M, Valette JP. Physiological variables measured under

field conditions according to age and state of training in French Trotters. Equine Vet J. 2002; 34: 91.

David L. Training and Fitness in Athletic Horses: Rural industries research & development corporation. 2000; 20-41.

David R. The Cardiovascular System; Anatomy, Physiology, and Adaptions to Exercise and Training. In: The Athletic Horses. Principles and Practice of Equine Sports Medicine, 2nd ed. Elsevier health Sciences. 2014: 162.

David R, Catherine M. An Overview of Performance and Sports Medicine. In: The Athletic Horses. Principles and Practice of Equine Sports Medicine, 2nd ed. Elsevier health Sciences. 2014; 1.

Divers T. Biochemical diagnosis of hepatic disease and dysfunction in the horse. Vet Clin North Am Equine Pract. 1993; 15: 15.

Ekblom B, Goldbarg AN, Gullbring B. Response to exercise after blood loss and reinfusion. J Appl Physiol. 1972; 33: 175.

Ekblom B, Wilson G, Astrand PO. Central circulation during exercise after venesection and reinfusion of red blood cells. J Appl Physiol. 1976; 40: 379.

Evans DL, Harris RC, Snow DH. Correlation of racing performance with blood lactate and heart rate after exercise in thoroughbred horses. Equine Vet J. 1993; 25: 441-5.

Evans DL, Rose RJ. Cardiovascular and respiratory responses in Thoroughbred horses during treadmill exercise. J Exp Biol. 1988; 134: 397-

408.

Evans DL. Physiology of equine performance and associated tests of function. *Equine vet J.* 2007; 39: 373-383.

Fonseca RG, Kenny DA, Hill EW, Katz LM. The association of various speed indices to training responses in Thoroughbred flat racehorses measured with a global positioning and heart rate monitoring system. *Equine vet J.* 2010; 42: 51-57.

Gramkow HL, Evans DL. Correlation of race earnings with velocity at maximal heart rate during a field exercise test in Thoroughbred racehorses. *Equine vet J.* 2006; 36: 118-122.

Hong Kong Jockey Club Web site. Course Standard Times. Available at : http://www.hkjc.com/english/racinginfo/racing_course_time.htm. Accessed Nov 15, 2017.

International Federation of Horseracing Authorities Web site. Annual Reports. Available at : <http://www.ifhaonline.org/default.asp?section=Resources&area=2>. Accessed Nov 10, 2017.

Kingston JK, Soppet GM, Rogers CW, Firth EC. Use of global positioning and heart rate monitoring system to assess training load in a group of Thoroughbred racehorses. *Equine vet J.* 2006; 36: 106-109.

Kobayashi M, Kuribara K, Amada A. Application of V200 values for evaluation of training effects in the young Thoroughbred under field conditions. *Equine vet. J.* 1999; 30: 159-162.

Korea Racing Authority Web site. 등급/거리별기록. Available at : <http://race.kra.co.kr/raceScore/RecordKinds.do?Act=04&Sub=6&meet=1>. Accessed Nov 15, 2017.

Krzywanek H. Lactic acid concentration and pH values in trotters after racing. *J S Afr Vet Assoc.* 1975; 45: 355.

LEE YH, Jung TS, Hwang HS, Kim HS. Research regarding development of a wireless electrocardiography monitoring system for horse exercise ability testing and application to training. Research Center of Equine Industry. 2015.

Leleu C, Cotrel C, Couroucé-Malblanc A. Relationships between physiological variables and race performance in French standardbred trotters. *The Veterinary Record.* 2005; 156: 339-342.

Mairburl H. Red blood cells in sports: effects of exercise and training on oxygen supply by red blood cells. *Front Physiol.* 2013; 12(4): 332.

Milne D. Blood gases, acid-base balance and electrolyte exzyme changes in exercising horses. *J S Afr Vet Assoc.* 1974; 45: 345.

Nicholas Malikides, Jennifer L. Hodgson, Allan E. Kessel. Practical Clinical Pathology. In: *Manual of Equine Practice*, 2nd ed. Saunders. 2000: 594-595.

Ohmura H, Hiraga A, Matsui A, Aida H, Inoue Y, Sakamoto K, Tomita M, Asai Y. Changes in running velocity at heart rate 200 beatsmin(V200) in young Thoroughbred horses undergoing conventional endurance training. *Equine Vet J.* 2002; 34: 634-635.

Persson SGB, Lydin G. Circulatory effects of splenectomy in the horse: III Effect on pulse-work relationship. Zentralbl Vet Med. 1973; A20: 521.

Persson SGB. Blood volume, state of training and working capacity of racehorses. Equine Vet J. 1968; 1: 52.

Persson SGB. The significance of haematological data in the evaluation of soundness and fitness in the horse. In: Equine exercise physiology, Granta ed. Cambridge. UK. 1983: 324.

Poso AR, Soveri T, Oksanen HE. The effect of exercise on blood parameters in standardbred and Finnish-bred horses. Acta Vet Scand. 1983; 24: 170.

Procter RC, Brody S, Jones MM, *et al*. Growth and development with special reference to domestic animals. XXXIII. Efficiency of work in horses of different ages and body weights. Univ Missouri Agr Exp Stat Res Bull. 1934; 209: 1.

Rose RJ, Allen JR. Haematological responses to exercise and training. Vet Clin North Am Equine Prac. 1985; 1: 461.

Sakha M, Rezakhani A, Rahmani H. Cardiovascular response to exercise in Iranian Athletic horses. The internet J of Vet Med. 2007; 5(1): 1-7.

Schumacher YO, Schmid A, Grathowhl D, Bultermann D, Berg A. Hematological indices and iron status in athletes of various sports and performances. Med Sci Sports Exerc. 2002; 34(5): 869-875.

Schutz Y, Herren R. Assessment of speed of human locomotion using a differential satellite global positioning system. *Med Sci. sport Exerc.* 2000; 32: 642-646.

Sloet van Oldruitenborgh-Oosterbaan MM, Clayton HM. Advantages and disadvantages of track vs. treadmill tests. *Equine Vet J.* 1999; 30: 645-647.

Snow DH, Gash SP, Rice D. Field observations on selenium status, whole blood glutathione peroxidase and plasma gamma-glutamyl transferase activities in Thoroughbred racehorses. In: *Equine exercise physiology*, 2nd ed. Davis, CA, ICEEP Publications. 1987: 494.

Snow DH, Harris P. Enzymes as markers of physical fitness and training of racing horses. *Adv Clin Enzymol.* 1988; 6: 251.

Snow DH, Ricketts SW, Douglas TA. Post-race blood biochemistry in thoroughbreds. In: *Equine exercise physiology*, Granta ed. Cambridge, UK. 1983: 389.

Snow DH, Ricketts SW, Mason DK. Haematological response to racing and training exercise in Thoroughbred horses, with particular reference to the leucocyte response. *Equine Vet J.* 1983; 15: 149.

Stewart GA, Steel JD. Hematology of the fit racehorse. *J S Afr Vet Assoc.* 1975; 45: 287.

Stockham SL, Scott MA. *Fundamentals of Veterinary Clinical Pathology*. 2nd ed. Ames. IA. Blackwell Publishing. 2008: 248-249

Tanbira Alam. Effect of Physical Exercise on Some Hematological Parameters in Female Athletes in Bangladesh. J Nepal Med Assoc. 2014; 52(195): 892-896.

Tyler-McGowan CM, Golland LC, Evans DL. Haematological and biochemical responses to training and overtraining. Equine Vet J. 1999; 31: 621-625.

Vermeulen AD, Evans DL. Measurements of fitness in Thoroughbred racehorses using field studies of heart rate and velocity with a global positioning system. Equine vet. J. 2006; 36: 113-117.

Zuntz N, Hagemann O. Untersuchungen uben den Stoffwechsel des pferdes bei ruhe und arbeit. Landw Jahrd. 1898; 27: 1-495.

감사의 글

우선 저에게 박사과정을 시작할 수 있었던 기회와 용기를 주신 이경갑 교수님께 진심으로 감사드립니다. 현실에 안주하지 않고 계속 고민하고 노력하며 사는 것이 중요하다는 말씀을 가슴깊이 간직하며 살겠습니다. 그리고 부족한 제 논문을 심사해주시고 많은 조언을 아끼지 않으셨던 윤영민 교수님, 최귀철 박사님, 김병선 교수님, 서종필 교수님께도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다.

실험을 진행하면서 경주마 훈련에 바쁜 와중에도 새벽마다 기꺼히 도와줬던 심승태 조교사와 37조 마방 식구들, 실험을 위한 측정기기를 제공해주신 더과워브 레인스 정태성 대표님과 논문 준비부터 장비적용 등에서 정말 큰 역할을 해주신 황혜신 선생님께 진심으로 감사드립니다. 또한 제 논문준비에 물심양면으로 도와주신 한국마사회 말보건원 송대영 원장님, 박경원 부장님을 비롯한 한국마사회 선후배 수의사님들에게도 진심으로 감사의 말씀을 드립니다. 특히 새벽마다 실험 진행에 함께해 준 송희은 선생님, 혈액검사를 도와주셨던 양선주 선생님, 데이터에 대한 통계처리를 담당해주신 말산업연구소 홍성준 박사님께도 정말 감사드립니다. 그리고 회사생활을 하면서 논문준비를 하는 저를 이해해주시고 응원해주신 배영필 처장님, 박장열 부장님 이하 한국마사회 심판처 선후배님들께도 진심으로 감사드립니다.

논문준비로 새벽마다 일찍 나가고 휴일에도 가족과 함께 해주지 못했던 저를 이해해주고 힘들 때마다 옆에서 따뜻하게 감싸주던 부인 동화와 아빠에게 너무나 큰 힘이 되어 준 상원, 상윤 두 아들, 그리고 공부하는 사위에게 많은 용기를 주신 장인어른, 장모님께도 고마움을 전하고 싶습니다.

마지막으로 현재의 저를 있게 해 준 사랑하는 아버지님, 어머니께 이 영광을 돌립니다. 감사합니다.

