

제주마 경주능력에 영향을 주는 주로상태와 계절의 고정효과

양 영 훈

제주대학교 생명자원과학대학 동물자원과학과

Fixed Effects of the Condition of Race Track and Season on Racing Performance in Cheju horse

Young-Hoon, Yang

Department of Animal Biotechnology, College of Applied Life Sciences,
Cheju National University

ABSTRACT : The data used in the present study were recorded for 448 racing performance of 44 Cheju horses at the Jeju Race Track of Korean Racing Association from 2002 to 2004. The considered trait was racing speed for 800m of racing distance. The statistical model used in analysis included conditions of race track, seasons, and individuals as fixed effects, and a regression term on handicapped weight.

The analysis of variance of the statistical model showed that the fixed factors for the condition of race track($p<0.01$), season($p<0.05$) and individual($p<0.01$) were significant, but not for the handicapped weight($p=0.08$).

The least squares common mean of racing speed for 800m racing distance was 72.41 seconds. The estimates of fixed effects of Good, Humid, Saturated and Poor on racing performance for the condition of race track were -0.30, -0.49, 0.39 and 0.40 seconds, respectively. The estimates of seasonal effects of spring, summer, autumn and winter were -0.40(Mar~May), -0.18(Jun~Aug), 0.33

(Sep~Nov), and 0.25(Dec~Feb) seconds, respectively. The parameter estimate of repeatability was 0.68.

Key words : estimate, fixed effect, repeatability, Cheju horse

서 론

공식적으로 등록관리가 되고 있는 제주마가 제주경마장에서 경주마로 이용되기 시작한지 3년이 되고 있다. 축산진흥원에서 등록관리가 되고 있는 제주마는 제주도 내에 잡종화된 제주산마와 구분하여 경마에 이용되고 있는데 일반적으로 제주마는 체구가 큰 개량마와 교잡 생산된 제주산마에 비하여 체격이 다소 적을 뿐만 아니라 경주능력도 뒤떨어지는 것으로 평가되고 있다. 하지만 제주마는 혈통관리사업을 바탕으로 앞으로 제주도가 자원화 해야 할 기념물적 존재이기 때문에 경주마로서 이용가치를 높이기 위하여 경주능력에 대한 체계적인 유전적 개량(genetic improvement)을 적극 검토해야 할 때가 왔다고 생각된다.

경제동물의 개량에 있어서 개체의 유전적 능력에 대

한 평가자료는 선발과 교배에 의한 차기세대의 유전적 개량량(genetic gain)을 추정하고 계획교배를 수행함에 있어서 중요한 기초 자료가 된다. 개체에 대한 평가는 우선 그 개체의 능력에 대하여 유전적인 요인과 환경적인 요인으로 분할하고 환경적 요인을 고려한 상태에서 개체의 능력을 평가해야 한다. 따라서 정확한 유전적 능력 평가는 그 개체들이 받고 있는 환경효과를 얼마나 정확하게 고려하여 배제할 수 있는지에 달려있다고도 할 수 있다.

일반적으로 경주마의 경주능력에 영향을 미치는 환경효과로 고려될 수 있는 요인은 연도, 경주상태, 계절, 경주회수, 성별, 나이, 산지, 부담중량, 경주거리, 착순 등이 고려되고 있다(Sobczynska et al., 2004; Villela et al., 2002; Arnason T., 1999). 경주속도에 영향을 미치는 이런 일련의 환경효과들은 품종과 집단에 따라서 서로 다를 수 있다. 따라서 유전적 능력을 평가하고자 하는 집단에 내재하고 있는 환경요인에 대한 우선적 검토는 유전적 개량의 효과를 얻는데 중요한 관심사로 취급되고 있다.

본 연구는 제주마의 경주능력 평가에 기초 자료를 얻고자 경주속도에 영향을 미치는 주로상태와 계절의 환경효과에 대한 분석을 수행하였다.

재료 및 방법

분석에 이용된 자료는 2002년부터 2004년 11월까지 제주경마장에서 800m 경주에 이용되었던 44두의 제주마들에 대한 총 448개의 기록이 이용되었다. 반복력(repeatability) 추정을 위한 자료는 개체별로 최소 3개 이상의 경주기록을 소유한 개체들만 포함하여 총 42두로부터 수집된 441개의 기록을 분석에 이용하였다. 자료의 분포도는 계절별로 봄 102(Mar-May), 여름 121(Jun-Aug), 가을 111(Sep-Nov), 겨울 114(Dec-Feb)개의 기록으로 균일하게 습득되었으나, 경주상태에 대해서는 양호(good) 210, 다습(humid) 55, 포화(saturated) 64, 불량(poor)이 119개의 기록으로 주로상태가 양호에서 다수의 기록이 누적되어 있었다(Table 1).

Table 1. Summary of data.

Season	Condition of race track				Total
	Humid	Poor	Good	Saturated	
Mar - May	18	27	46	11	102
Jun - Aug	28	46	46	0	121
Sep - Nov	9	83	83	4	111
Dec - Feb	0	30	35	49	114
Total	55	119	210	64	448

* water content in race track: good, 6-10%; humid, 10-15%; saturated, 15-20%; poor, >20%

분석에 앞서 경마기록에서 확인될 수 있는 성별, 연령, 주로상태, 마체중, 부담중량, 기수 등이 경주능력에 영향을 미치는지를 예비 분석하였다. 그 결과 경주로의 상태와 계절의 환경효과만 유의하게 나타나고 있었다. 따라서 본 분석에 이용되는 통계적 모형에는 경주상태와 계절의 효과가 포함되었고, 부담중량은 양(2004)에 의하여 확인된 회귀항으로 분석 모형에 포함시켰다.

경주상태는 경주로의 토양수분(함수율, hydrated rate) 함량에 따라 건조(Dry, 함수율이 6% 미만), 양호(Good, 6-10%), 다습(Humid, 10-15%), 포화(Saturated, 15-20%), 불량(Poor, 20%이상)의 5가지 상태로 분류되었으며, 건조상태(Dry)의 기록은 단 1건 밖에 없어서 분석에서는 제외하였다. 계절은 1년을 봄(3-5월), 여름(6-8), 가을(9-11), 겨울(12-2월)의 4계절로 구분하여 그 효과가 분석되었다.

따라서 최종 경주속도에 대한 통계적 모형은 다음과 같이 설정되었고 SAS의 GLM(SAS, 2003)으로 분석되었다.

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + \beta \cdot (X - \bar{X}) + Ind_k + \epsilon_{ijkl}$$

여기서 Y_{ijkl} 는 경주속도(초), μ 는 전체평균(common mean), A_i 는 i 번째 주로상태의 고정효과(fixed effect)로 $\sum A_i = 0$, B_j 는 j 번째 계절의 고정효과(fixed effect)로 $\sum B_j = 0$, β 는 부담중량(handicapped weight) X 에 대한 회귀계수(covariate), Ind_{ijk} 는 k 번째 개체의 고정효과, ϵ_{ijkl} 는 무작위효과인 오차항($NID \sim 0, V$)으로 설정하였다.

유전력(heritability)에 대한 모수(parameter)를 간접적으로 전적하기 위하여 반복력(repeatability)을 추정하였는데, 경주속도에 대한 반복력은 Becker (1985)의 분산분석방법을 이용하여 개체내 기록수가 서로 다른 경우의 방법(Unbalanced Design, unequal number of measurements per individual)에 따라 추정되었다.

결과 및 고찰

통계적 분석모형에 대한 분산분석결과 설정된 Model은 고도로 유의($p < 0.0001$) 하였다(Table 2). 환경효과인 주요상태($p < 0.01$)와 계절($p < 0.05$)의 고정효과(fixed effect)에서 유의성이 인정되었으며, 양(2004)의 분석에서 유의하였던 부담중량(handicapped weight)에 대한 회귀의 유의성은 인정되지 않았다($p = 0.08$).

제주마의 평균능력에 대한 최소자승 평균은 72.41초로 나타나고 있었으며, 이는 양(2004)의 보고인 72.37초와 유사한 결과를 보이고 있었다. 전체적으로 경주로의 상태에 따라서 경주능력에 0.89초의 영향이 미치는 것으로 분석되었다. 경주로 상태는 다습상태(humid)가 평균능력(72.41)에 비해서 -0.49나 유리하게 작용한 71.91초 이었으며, 다음으로는 양호(good) 72.10초, 포화(saturated) 72.80초, 불량(poor)이 72.81초의 순으로 불리하게 작용하고 있었다. 주로 습기가 10 - 15 % 인 다습상태가 습기가 6 ~ 10%인 양호상태보다 경주속도에 다소 좋은 영향을 주고 있다는 것은 경주일의 날씨와도 무관한 것 같지는 않은 것으로 사료되었다.

계절의 효과는 -0.40 ~ 0.33초의 범위로 평균능력에 영향을 주고 있었는데 봄철(-0.40)이 경주속도에 가장 유리하게 작용하고 있었고, 다음은 여름(-0.18), 겨울(0.25), 가을(0.33) 순으로 가을철이 가장 불리하게 작용하고 있었다. 이와 같은 결과는 박 등(1992)의 Thoroughbred 품종 경주에서 봄철 경주능력이 가장 좋았다는 보고와도 일치하고 있었다. 또한 그들의 연구에 의하면 winner에 의한 자료보정이 없는 상태에서

가을철 경주속도가 가장 불리하게 영향을 주는 것으로, 본 연구결과와 유사했다. 그러나 오(1997)의 연구는 여름과 겨울보다 봄과 가을에 시행된 경주에서 기록이 좋게 수립되었다고 보고한 바와는 다소 상이하였다. 아무튼 가을이 경주능력에 가장 불리하게 작용하고 있는 이유는 보다 많은 자료에 의한 분석과 검토가 필요한 것으로 사료되었다.

부담중량은 경주에 출주한 제주마들 사이에 능력의 차이를 감소시키면서 우승의 기회를 균등하게 부여하기 위해 기수의 체중 등 출주마들이 갖고 경주를 해야 되는 말에게 인위적으로 부가되는 부가중량을 말한다. 일반적으로 부담중량이 무거울수록 경주능력은 떨어지는 것으로 생각하고 있으나, 연구보고에 의하면 반드시 그러하지는 않은 것으로 나타나고 있다. 양(2004)은 부담중량의 효과를 고도로 유의($p < 0.01$)하게 보고한 바 있으나, 본 연구에서 부담중량은 유의성이 인정되지 않았다($p = 0.08$). 또한 오(1997)는 부담중량이 무거울수록 경주능력이 좋은 것으로 보고하면서 부담중량은 나이가 어릴수록 부담중량의 영향이 크게 미치고, 나이가 많아질수록 부담중량의 영향은 작아지는 것으로 설명하면서, 분석에 이용되었던 집단에서는 경마의 부담중량의 취지를 충분히 살리지 못하고 언급한 바 있다. 본 연구에서는 유의성($p > 0.05$)은 없었지만 800m 경주거리에서 부담중량 1kg 증가에 따라 경주속도는 0.08 ± 0.04 초가 늦어지는 것으로 나타나고 있는데 이는 앞으로 더 많은 자료에 의해 자세한 검토가 필요할 것으로 사료되었다.

Table 2. Analysis of variance for the fixed model of racing speed.

Source	DF	Mean Square	F Value	p
Model	51	74.09	21.09	<0.0001
track condition	3	15.82	4.50	0.004
season	3	9.77	2.78	0.041
individual	43	70.87	20.18	<0.0001
handicapped weight	1	10.87	3.09	0.0793
Error	397	3.51		

Table 3. Estimates of the fixed effects and the regression coefficient of handicapped weight in the model of racing speed in second.

Item	Estimates	S.E.	Pr > t
common mean	72.41		
race track condition			
humid	-0.49	±0.29	0.0943
poor	0.40	±0.21	0.0511
good	-0.31	±0.15	0.0434
saturated	0.39	±0.30	0.1970
season			
Mar - May	-0.40	±0.25	0.1095
Jun - Aug	-0.18	±0.22	0.4074
Sep - Nov	0.33	±0.23	0.1497
Dec - Feb	0.25	±0.23	0.2746
HWT	0.08	±0.04	0.0793

*HWT, handicapped weight

제주마의 800m 경주속도는 평균능력(common mean, 72.41)에 비해 -7.33 ± 0.63 초(reliability 0.97)가 빠른 개체부터 7.15 ± 0.63 초(reliability 0.95)가 열등한 개체까지 경주속도에 개체차이가 14.48초나 존재한 것으로 나타났다. 이는 양(2004)이 보고한 최고능력 개체가 68.75초, 최저능력 개체가 77.20초로 그 차이가 8.45초인 것보다 개체간의 차이가 훨씬 컸다. 이는 자료수집 기간이 길어짐에 따라 다양한 능력의 개체들에 대한 경마기록이 누적되고 있는 것이 그 원인으로 생각된다. 본 자료에서 800 m 경주 거리에서 경주능력이 가장 좋은 말은 65.08초 이었고, 가장 열등한 말은 79.48초로 분석되었다(Table 4).

Table 4. Estimates of individual performance of racing speed for the 800m of racing distance in Cheju horse.

Registered code	Sex	Birth year	Estimate ±S.E (seconds)	Reliability
Common mean			72.41 ±1.87	
F03068F4	F	1997	-0.34 ±1.35	0.81
P99009M1	M	1998	0.68 ±0.32	0.99
F03012F4	F	1999	1.38 ±1.35	0.81
P99012M1	M	1998	-7.33 ±0.63	0.97
P02017M1	M	2001	3.77 ±0.60	0.96
F03064F3	F	2000	-2.80 ±0.96	0.89
F03059F3	F	1997	-0.83 ±0.95	0.89
P02038M1	M	2002	1.74 ±0.86	0.91
F02033F3	F	1989	-4.59 ±1.09	0.86
P99008M1	M	1998	-1.53 ±0.43	0.98
P02020M1	M	2002	2.76 ±0.72	0.94
F02038F4	F	1996	-0.01 ±0.95	0.89
P02017M1	M	2002	-0.31 ±1.10	0.86
P00028M1	M	2000	4.37 ±0.72	0.94
P01003M1	M	2001	0.97 ±0.77	0.93
P02005M1	M	2002	2.69 ±0.85	0.91
F03039F4	F	1999	-4.77 ±0.56	0.97
F02035F3	F	1998	-1.66 ±0.55	0.96
P02012M1	M	2002	1.51 ±0.85	0.91
F03028F3	F	1998	-2.45 ±0.57	0.96
F02039M4	M	1994	-3.46 ±0.41	0.98
F04010F3	F	1993	-0.40 ±1.90	0.81
P01012F1	F	2001	1.71 ±0.51	0.97
P02018M1	M	2002	4.09 ±0.64	0.95
F03032F3	F	1997	-2.06 ±0.58	0.96
P00006F1	M	2000	1.63 ±0.41	0.98
P02001M1	M	2002	7.15 ±0.64	0.95
F04031F1	F	2001	-1.41 ±1.34	0.81
F02032F3	F	1993	0.83 ±0.86	0.91
P01042M1	M	2001	2.76 ±0.60	0.96
P00031M1	M	2000	1.97 ±0.60	0.96
P99005M1	M	1996	-3.37 ±0.38	0.98
P00009M1	M	2000	0.03 ±0.55	0.96
P02003M1	M	2002	-1.08 ±0.95	0.89
F02027F4	F	1991	-2.26 ±0.47	0.97
P02011M1	M	2002	3.37 ±0.68	0.94
P02006M1	M	2002	-0.65 ±1.09	0.86
P99007M1	M	1998	-2.80 ±0.34	0.99
P00027F1	M	2000	-2.28 ±0.41	0.98
F03065F3	F	1995	-2.68 ±0.60	0.96
F02026F4	F	1993	-2.23 ±0.85	0.91
P02031M1	M	2002	1.49 ±0.72	0.94
F02025F2	F	1995	1.43 ±0.53	0.97
F03013F4	F	1999	4.95 ±1.10	0.86

Table 5. Analysis of variance and expected variance components for the estimation of repeatability in Cheju horse.

Source	DF	MS	Expected Variance
Between individuals	39	90.09	$\sigma_w^2 + 10.883\sigma_B^2$
Within individual	440	3.72	σ_w^2
Repeatability = $\sigma_B^2 / (\sigma_B^2 + \sigma_w^2) = 0.68$			

유전력의 상한 값으로 취급되고 있는 800m 경주능력에 대한 반복력은 0.68로 매우 높게 나타나고 있었다(Table 5). 이는 양(2004)이 14두의 말에서 209개의 기록으로부터 분석 보고한 제주마 경주속도에 대한 반복력이 0.52로 추정된 것 보다 훨씬 높은 수치였다. Villela 등(2002)은 Quarter horse 품종에서 경주속도의 유전모수를 보고하면서 유력은 0.17이었고 반복력은 0.55로 보고한 바 있다. 한편 Arnason(1999)은 standard-bred trotter의 경주속도를 평가하면서 유전력을 0.30으로 보고한 바 있다. 이들의 보고로 견적해 본다면, 제주마 800m 경주속도의 반복력이 높게 나타나더라도 유전력이 이와 같이 상한선으로 높다고는 생각되지 않는나 제주마의 800m 경주속도에 대한 유전력은 반복력($r=0.68$)의 반 정도까지는 다다를 수 있을 것으로 생각되었다.

요 약

제주마의 경주능력에 영향하는 주로상태와 계절의 환경효과를 알아보고자 제주경마장에서 800m 경주에 이용되었던 44두로부터 수집된 448 기록이 분석에 이용되었다. 주로상태, 계절, 개체의 고정효과(fixed effect)와 부담중량의 공변량(covariate)을 고려한 모형을 설정하고 각 효과들은 SAS의 GLM으로 분석되었다.

통계적 모형에 대한 분산분석결과 환경효과인 주로상태($p<0.01$), 계절($p<0.05$)의 고정효과(fixed effect)에서 유의성이 인정되었으며, 부담중량(handicapped weight)에 대한 회귀의 유의성은 인정되지 않았다($p=0.08$).

제주마의 800m 경주거리의 평균속도에 대한 최소자승 평균은 72.41초로 추정되었다. 경주로상태에서 다습(humid)의 고정효과는 평균능력(72.41)에 -0.49초나 유리하게 작용한 것으로 나타났으며, 다음으로는 양호(-0.30), 포화(0.39), 불량(0.40)의 순으로 불리하게 작용하고 있었다. 계절의 효과는 -0.40 ~ 0.33초의 범위로 봄철(-0.40)이 경주속도에 가장 유리하게 작용하고 있었고, 다음은 여름(-0.18), 겨울(0.25), 가을(0.33) 순으로 나타났다. 제주마의 800m 경주속도에 개체차이는 14.48초나 존재한 것으로 나타났다. 가장 빠른 개체가 65.08초 이었고, 가장 열등한 말은 79.48초로 분석되었다. 800m 경주속도에 대한 제주마의 반복력은 0.68로 추정되었다.

참고문헌

- Arnason, T., 1999. Genetic evaluation of Swedish standard-bred trotters for racing performance traits and racing status. *J. Anim. Breed. Genet.* 116:387-398.
- Becker, W.A., 1985. *Manual of Quantitative Genetics*. 4th ed. Academic Enterprise, Pullman, Washington, USA.
- SAS, 2003. SAS Institute Inc. Release 8.1.
- Sobczynska, M. and Lukaszewicz, M., 2004. Genetic parameters of racing merit of thoroughbred horses in poland. *J. Anim. Breed. Genet.* 121:302-306.
- Villela, L.C.V., Mota, M.D.S. and Oliveira, H.N., 2002. Genetic parameters of racing performance traits of Quarter horses in Brazil. *J. Anim. Breed. Genet.* 119:229-234.
- 박경도, 이광전, 양영목, 최윤석, 김재남, 김연순, 1992. Thoroughbred 제주마의 경주능력에 대한 환경요인의 효과 및 유전분산 추정. *한축지*, 34(1):10-16.

- 양영훈, 2004. 제주마의 경주능력과 반복력 추정. 제주대학교 아열대농업생명과학연구지 20(2):33-37.
- 오운용, 1997. 제주마의 경주속도에 대한 유전모수 추정 및 종모마 평가에 관한 연구. 박사학위논문, 전북대학교 대학원.