

碩士學位論文

濟州馬 主要 體型形質에 대한
遺傳母數 推定에 관한 研究



濟州大學校 大學院

動物資源科學科

趙 德 俊

2005年 12月

碩士學位論文

濟州馬 主要 體型形質에 대한
遺傳母數 推定에 관한 研究



濟州大學校 大學院

動物資源科學科

趙 德 俊

2005年 12月

濟州馬 主要 體型形質에 대한 遺傳母數 推定에 관한 研究

指導教授 康 珉 秀

趙 德 俊

이 論文을 農學碩士 學位論文으로 提出함



趙德俊의 農學碩士 學位論文을 認准함

審査委員長 _____ (印)

委 員 _____ (印)

委 員 _____ (印)

濟州大學校 大學院

2005年 12月

Estimation of Genetic Parameters for Major Conformation Traits in Jeju Horse

Duk - Jun Cho
(Supervised by Professor Min - Soo Kang)



A THESIS SUBMITTED ON PARTIAL
FULFILLMENT OF THE REQUIREMENTS FOR THE
DEGREE OF
MASTER OF AGRICULTURE

2005. 12

DEPARTMENT OF ANIMAL BIOTECHNOLOGY
GRADUATE SCHOOL
CHEJU NATIONAL UNIVERSITY

목 차

SUMMARY	iii
I. 서 론	1
II. 연 구 사	2
1. 제주마의 신체적 특성	2
2. 유전모수	3
III. 재료 및 방법	5
1. 분석재료	5
2. 통계분석방법	6
1) 환경요인 효과 추정	6
2) 유전모수 추정	7
IV. 결과 및 고찰	10
1. 환경요인 효과	11
1) 성의 효과	13
2) 나이의 효과	13
3) 등록단계의 효과	14
2. 유전모수	16
1) 유전력	19
2) 유전상관	20
V. 적 요	23
VI. 참 고 문 헌	24

TABLE & FIG. LIST

Table 1. Age and sex distribution of Jeju horses included in this study	6
Table 2. Descriptive statistics of 12 body measurements	10
Table 3. Least squares means and standard errors of 4 body measurements	11
Table 4. Least squares means and standard errors of 4 body measurements	12
Table 5. Least squares means and standard errors of 4 body measurements	12
Table 6. Least squares analysis of variance for 6 body measurements	15
Table 7. Least squares analysis of variance for 7 body measurements	15
Table 8. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model I	16
Table 9. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model II	17
Table 10. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model III	18
Table 11. Estimates of genetic correlations(below diagonal) and heritability(diagonal) and their standard errors for 12 body measurements in registered group using model I	22
Fig 1. Photographical representations of body measurements.	9

SUMMARY

This study was conducted to estimate the genetic parameters for 12 conformation traits in the Jeju horse for the first time. Data were collected from 2001 through 2005 by the evaluations of Jeju horse commission for head length, withers height, back height, croup height, body length, chest depth, chest width, hip width, croup width, croup length, chest girth, cannon circumference as conformation traits of a horse. Preliminary analysis was performed to obtain information about fixed factors such as sex, age, registration status which may influence conformation traits in a horse. Estimates of heritability and genetic correlations of these traits were obtained with derivative - free REML. Environmental effects of age and registration status from the least squares analysis of variance were highly significant($p < .001$) for all traits. For the sex effect there were few quantifiable differences between mares and stallions. Non - registered horses were more higher and lengthier than those of registered horses. Similar results were also obtained from horses born in earlier years. The heritability estimates for 12 body measures were moderate to high when based on model I. The estimates obtained for the height traits(withers height, back height, croup height) were moderate(0.45~0.55). The lowest estimates was found for the hip width(0.08) while highest values were chest width and body length(0.72 ~ 0.62). The genetic correlations ranged between -0.80(cannon bone circumference - head length) and 0.98(withers height - back height)

I. 서 론

옛부터 말은 소와 더불어 민족의 역사와 문화생활에 지대한 영향을 끼쳐왔고, 특히 제주마는 우리 민족과 더불어 동고동락해온 귀중한 문화재이다.

제주마의 사육역사는 매우 오래며 전성기에는 도내에서 사육되던 말의 두수가 수만두에 달했었다. 고려 이조시대의 제주축산업의 주축은 마산이었고 제주도민의 1/3이 마산에 종사하였던 기록으로 미뤄 그 중요성을 쉽게 짐작해 볼 수 있다(강, 1985, 1986a). 그러나 주산업이었던 마산은 말의 경제적 사육가치 하락과 기계문명에 밀려 사육두수는 점차 감소를 보여 '86년 말에는 불과 1,500여두로 급격히 감소하게 되어 정부에서는 제주마를 천연기념물로 지정 멸종방지를 위한 보호조치를 취하기에 이르렀다(강 1986b).

제주마는 체구가 작으면서도 고산지대에서 활동이 민첩하고 성질이 온순하여 역용은 물론 승용, 교통수단 등으로 중요한 위치를 차지하여 왔다. 또 제주마는 우리나라의 입지적인 환경 속에서 오랫동안 적응 순치되어져 체질이 강건하고 사육이 용이한 재래마로서 그 보존 및 이용은 한국축산과 천연기념물의 보호적 측면에서 지극히 중요한 과제로 대두되고 있다.

일본에 있어서도 소실되어가는 일본 재래마에 대한 자원보존노력을 계속하고 있으며 보호대상 지역집단에는 北海道和種, 木曾馬, 御崎馬, 對州馬, Tokara馬, 宮古馬 및 與那國馬 등 7종의 재래마 품종이 보존되고 있다. 이들 재래마는 현재 역축으로서의 이용 여지가 남아 있고, 장차 육용으로서 수요가 늘어날 가능성이 있으며 향토문화의 유산인 이들 재래마계통의 멸종을 방지하기 위하여 계통보존에 대한 강력한 대책수립과 이에 대한 보존노력이 꾸준히 지속되고 있다. 더욱이 재래마의 학술적 가치는 가축계통사, 가축문화사의 연구자료로서 가축과 가축사양문화의 기원 및 계통의 해명에 중요한 재료로 활용되고 있는 실정이다(강, 1986.).

본 연구는 제주마 주요 체형형질에 영향을 미치는 몇 가지 중요한 환경 변이원들의 효과를 추정하고 유전적인 진단을 실시하여 금후 등록 제주마의 능력개발을 위한 효율적인 육종계획 수립의 기초자료를 마련코자 하는데 주 목적을 두고 실시하였다.

II. 연 구 사

1. 제주마의 신체적 특성

제주마에 대한 연구는 제주마의 체형에 대하여는 강(1986), 이(1961), 강(1965), 권(1966), 제주도농회(1966), 정 (1981), 植村(1937), 高嶺(1948), 野澤(1970) 등이 보고가 있다.

강 등(1986)은 제주마 210두의 체위를 측정하고 체고 110cm 이하, 111-115cm, 116-120cm 및 121cm 이상으로 나누어 그 분포를 조사한 결과 110cm 이하는 4.3%, 111-115cm 27.2%, 116-120cm 50.5%, 121cm 이상은 18.0% 였다고 보고했다. 체위는 모두 12개 부위에 대해 측정하여 빈마(168두)는 체고가 117.0cm, 흉위 141.4cm, 전관위가 16.1cm 였다고 보고했다.

이(1961)는 제주마의 체격의 특징을 前低後高, 低方型, 中軀長大, 胸圍率 및 管位率이 커서 대표적인 轉用體型馬임을 지적한바 있다.

강(1965)은 제주마의 유래를 본래의 제주마와 고려 때 원나라에서 도입해 온 몽골마가 교잡되고, 그 후 이조시대에 본토 또는 북방으로부터 수입된 말에 의해서 혈액이 혼혈되어 오랜 시일에 걸쳐 여러 요인들에 의해 체격이 왜소화 하였다고 보는 것이 타당할 것이라고 주장하였다.

한편 권(1966)은 제주마와 몽골마와의 체격 비교에서 체고가 제주마 빈마 112.7cm, 모마 108.6cm 에 비해 몽골마는 빈마 128.9cm, 모마 132.3cm로 몽골마가 제주마보다 훨씬 크며, 흉위의 경우도 제주마가 빈마 132.8cm, 모마 127.1cm 에 비해 몽골마 빈마 149.5cm, 모마 153.6cm 로 제주마보다 몽골마가 현저히 크다는 것을 인정한 바 있다.

강(1969)은 제주도마와 본토마와의 체격 비교에서 제주도마 113.2cm, 본토마 116.5cm 로 본토마가 컸으며, 그 외의 부위에서도 본토마가 컸다고 하였다.

강(1965)은 서울경마장과 서울우마차조합 소속 제주마 71두의 체위를 측정하고, 高嶺(1948), 이(1961)의 성적과 비교하여 서울에 도입된 제주마가 더 컸다고 하였다, 그 이유로는 제주도에서 우량한 양마만을 선발해 온 결과라고 하였다.

이들 보고들을 종합해 보면 植村(1937), 高嶺(1948)의 결과를 제외하고는 체격의 대소를 나타내는 체고에 한해 살펴보는 한 별 차이가 없는 것으로 나타났다.

또 제주마와 동남아재래마와의 비교 연구는 강 등(1986), 林田(1956), 高嶺

(1948), 三村(1953) 등이 있다.

제주마와 동남아재래마와의 체격 비교 연구결과에서는 먼저 牝馬에서 제주마의 체고의 경우 117.0cm 인데 비해 Tokara馬 114.5cm, 八中山馬 117.6cm, 海南馬 111.8cm, 宮古馬 116.2cm 로 이들은 체고가 110-120cm 소형마들이며, 몽골마 128.8cm, 御崎馬 130.9cm, 北海道馬 132.1cm, 木曾馬 133.6cm 등은 체고 130-140cm 범주에 속하는 중형마군인 것으로 나타났다. 흉위에 있어서는 소형마군에 속하는 제주마(牡)가 137.4cm, Tokara마 128.4cm, 八中山馬 135.1cm, 海南馬 129.5cm, 四川馬 128.3cm, 중형마계통인 몽골마 155.9cm, 御崎馬 142.2cm, 木曾馬는 155.8cm 였다(강, 1988.).

林田(1958)는 한국재래마가 중국의 四川馬와 유사점이 많아 한국재래마의 남래설을 주장하고 있으나 高嶺(1948), 植村(1937) 등은 제주마가 몽골마계통이라고 추론하여 林田 등의 설과 반대의 입장을 취하고 있다.

2. 유전모수

유전력은 전체분산중 유전분산이 차지하는 비율 혹은 선발차에 대한 유전적 개량량으로 정의할 수 있으며 육종계획을 수립하고 그 결과를 예측하는데 중요한 모수 역할을 한다. 그러나 이와 같은 유전력은 동일한 형질이라 하더라도 측정품종, 측정시기, 분석방법 등에 따라 그 값이 현저히 달라질 수 있기 때문에 절대적인 값이라고 할 수 없다. 유전상관은 두 형질의 육종기간 상관정도를 나타내는 모수로 한 형질의 선발을 통해 상관관계가 높은 다른 형의 개량효과를 예측할 수 있다. 타 축종과 비교했을 때 말에 대한 유전능력 평가는 상대적으로 적은 편이며 특히 제주마인 경우는 경주속도에 대한 유전력 추정결과를 제외하고는 체형특징에 대한 평가결과를 찾아볼 수 없다.

P. Zechner 등(2001)은 Lippizzan 종에서 체고, 배고, 고고, 체장의 유전력이 각각 0.52, 0.39, 0.15, 0.29였다고 보고했으며 Molina 등(1999)은 Andalusian 종의 체고와 흉심, 체장, 흉폭, 흉위, 전관위의 유전력을 각각 0.58, 0.49, 0.72, 0.56, 0.48, 0.35fk 했으며, 체고의 유전력 0.58은 Costa 등(1998)이 브라질 포니종에서 보고한 0.52, 아라비안 종과 Lippizian 종에서 Marcu(1978)가 보고한 0.61, 0.65, Bavarian 중형종에서 Von Bulter(1987)가 보고한 0.55와 비슷한 수준이었으나 Arnason(1979), Van Bergan과 Van Arendonk(1993), Miglior 등(1998) 그리고 Saatamoinen 등(1993)이 보고한 0.75보다는 낮았고 Varo(1965), Georgescu 등(1979),

Silvestrelli 등(1989)과 Koenen 등(1995) 이 보고한 0.37 보다는 높은 값이었다. 흥위의 유전력도 Orlov종에서 Kalmykov(1973)가 보고한 0.46~0.60과 Velea 등(1978)이 Lippizzan 종에서 보고한 0.61보다 비슷하거나 다소 낮았다고 보고했다. 흥족은 Saastamoinen 등(1998a)의 Finnhorse Trotter종에서 추정된 결과와 비슷했다고 보고했다. Cesar-Zamborlini 등(1996)은 Mangarlaga 종에서 흥심, 체장의 유전력을 각각 0.40, 0.80로 보고하고 있으며 Pikula 등(1998)은 냉혈종 말에서 체고와 흥위, 전관위의 유전력이 각각 0.16, 0.09, 0.23으로 보고했다.

Molina 등(1999)은 Andalusian 종의 체형형질과 구조적인 형질 그리고 전체적인 외모형질들 간의 표현형 및 유전상관을 추정된 결과, 모든 형질 간에 중등 이상의 정의상관을 나타냈다고 했으며 특히, 높이형질과 체장형질 간에 고도로 높은 정의상관을 보였다고 했다(흥심과 흥위 간에는 0.94, 흥심과 체장 0.82, 체장과 흥위간 0.77). Saastamoinen 등(1998b)도 Finnhorse Trotter종에서 이와 유사한 결과를 보고하고 있다.



Ⅲ. 재료 및 방법

1. 분석재료

본 연구는 제주마 혈통정립을 위해 2001년부터 2005년까지 제주마등록심사위원회가 실시한 체형심사에서 등록판정을 받은 순수 재래마 488두와 등록에서 제외된 교잡마 1,289두의 체형기록을 분석하였다. 공시마(Table 1)의 성 및 연령별 분포를 보면 등록마는 수말이 136두, 암말이 359두 였고, 교잡마는 수말이 101두, 암말이 1,188두 였다. 나이는 크게 4개의 군으로 분류하여 처리하였으며, 각각의 군에 해당하는 개체수는 등록마에서 2세 미만이 250두, 3~5세가 45두, 6~9세 104두, 10세 이상이 488두 였으며, 교잡마는 2세 미만이 72두, 3~5세 424두, 6~9세가 346두 였고 10세 이상이 477두의 분포를 보였다.

체형심사에서 기록된 자료를 이용하여 분석한 체형형질은 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요각폭, 고폭, 고장, 흉위, 전관위 등 모두 12개 였으며, 측정자료의 신뢰성 제고를 위하여 심사자 1인이 계속해서 측정함으로써 심사자에 의한 주관적 오류를 최소화 하였다.

각각의 체형형질에 대한 조사방법은 다음과 같다.

- HL(두장) : 머리갈기 부위에서 비경 끝 부위까지의 거리(cm)
- WH(체고) : 기갑의 정점으로부터 지면까지의 수직거리(cm)
- BH(배고) : 등의 가장 함몰되어 있는 곳으로부터 지면까지 수직거리(cm)
- CH(고고) : 엉덩이 최고부로부터 지면까지의 수직거리(cm)
- BL(체장) : 앞가슴 최전단으로부터 둔단까지 수평거리(cm)
- CD(흉심) : 흉곽의 깊이. 기갑의 최고점으로부터 흉곽 하면까지의 수직거리(cm)
- CW(흉폭) : 좌우 견단사이의 폭(cm)
- HW(요폭) : 요각 사이의 폭(cm)
- CR(고폭) : 고관절 중심 사이의 폭(cm)
- CL(고장) : 장골의 요폭 측정점으로부터 둔단까지의 길이(cm)
- CG(흉위) : 견갑골의 직후를 통하는 가슴둘레(cm)
- CC(전관위) : 전관부의 중간부 또는 가장 가는 부위의 둘레(cm)

Table 1. Age and sex distribution of Jeju horses included in this study

	Registered			Non-registered		
	Male	Female	Total	Male	Female	Total
2yr.≤	123	127	250	26	46	72
3 ~ 5yr.	7	38	45	42	382	424
6 ~ 9yr.	4	83	87	22	324	346
10yr.≥	2	104	106	11	436	447
Total	136	352	488	101	1,188	1,289

2yr. : 2 year old

2. 통계분석방법



1) 환경요인 효과 추정

체형에 미치는 환경요인의 효과를 분석하기 위해 공시마의 성, 나이, 등록단계를 고정효과로 처리하였다. 각 요인의 수준과 내용은 다음과 같으며 선형 모형(Linear model)으로 Harvey(1975)의 최소자승법을 이용하여 요인별 효과가 추정되었다.

(1) 요인의 수준

① 공시마의 성(Sex)

공시마의 성은 암, 수의 2개의 수준으로 구분되었으나 기록 수는 등록마와 교잡마 모두 수말보다 암말이 많은 구조를 보이고 있다.

② 공시마의 나이(Age)

공시마의 나이 효과를 분석하기 위해 십사년월일을 기준으로 추정된 나이를 가지고 2세≤, 3~5세, 6~9세, 10세≥ 의 4개 수준으로 구분 처리하였다.

③ 공시마의 등록단계(Registration status)

공시마의 등록단계는 미등록(Non-registered), 기초등록(Elementary registration), 혈통등록(Advanced registration)의 3개 수준으로 구분 처리하였다.

(2) 분석 Model

$$Y_{ijkl} = \mu + S_i + G_j + R_k + e_{ijkl}$$

여기서,

Y_{ijkl} : i번째 성, j번째 나이, k번째 등록단계, l번째 개체의 측정치

μ : 전체평균

S_i : i번째 성의 고정효과($i = 1, 2$)

G_j : j번째 나이의 고정효과($j = 1, 2, 3, 4$)

R_k : k번째 등록단계의 고정효과($k = 1, 2, 3$)

e_{ijkl} : 측정치에 대한 무작위 효과의 오차항, $NID(0, \sigma^2)$

본 연구에서 설정한 Linear model을 SAS@9.1 Package/PC를 이용하여 분석하였으며 SAS/GLM 분석결과에서 불균형된 자료에 적합한 TYPE III 제곱합을 이용하여 분산분석을 실시하였다.

2) 유전모수 추정

혈통을 지닌 등록마의 체형형질들에 대한 유전모수 추정을 위하여 다변량 제한 최대가능함수 프로그램(MTDFREML Package : Boldman 등, 1995)을 이용하여 (공)분산 성분 및 유전모수를 추정하였다. 유전모수(Genetic parameter) 추정을 위하여 설정한 3가지의 혼합모형을 살펴보면, 분석모형 1(Model I)은 성, 나이, 등록단계 요인들을 포함하여 고정효과로 처리하였으며, 분석모형 2(Model II)는 성, 나이 요인들을 고정효과로 처리하였고 분석모형 3(Model III)은 나이, 등록단계 요인들을 고정효과로 처리하였다.

(1) 분석 Model

$$Y_{ijklm} = \mu + S_i + G_j + R_k + A_l + e_{ijklm}$$

여기서,

Y_{ijklm} : i번째 성, j번째 나이, k번째 등록단계, l번째 개체의 측정치

μ : 전체평균

S_i : i번째 성의 고정효과($i = 1, 2$)

G_j : j번째 나이의 고정효과($j = 1, 2, 3, 4$)

R_k : k번째 등록단계의 고정효과($k = 1, 2, 3$)

A_l : l번째 개체의 임의효과($l = 1, \dots, 1,777$)

e_{ijklm} : 측정치에 대한 무작위효과의 오차항, $NID(0, \sigma^2)$

(2) 유전력(h^2), 유전상관(r_g) 추정

$$h^2 = \sigma_a^2 / \sigma_p^2, \quad r_g = \sigma_{a(i,j)} / \sqrt{\sigma_{a(i)}^2 \times \sigma_{a(j)}^2}$$

여기서,

σ_a^2 = 상가적 유전분산

σ_p^2 = 총 분산성분

$\sigma_{a(i,j)}^2$ = 유전 공분산





<Withers height>



<Chest girth>



<Head length>



<Cannon circumference>

Fig 1. Photographical representations of body measurements.

IV. 결과 및 고찰

본 연구에 공시된 등록 제주마와 등록에서 제외된 교잡마의 12개 체형형질에 대한 평균능력은 Table 2에 제시된 바와 같다.

Table 2. Descriptive statistics of 12 body measurements

	Registered				Non-registered			
	Mean	S.D.	Min.	Max.	Mean	S.D.	Min.	Max.
HL	44.08	4.58	28.0	51.0	48.18	3.61	36.0	66.60
WH	116.69	8.40	83.0	134.0	125.31	7.06	71.20	145.00
BH	112.73	7.73	81.0	131.0	120.20	6.59	91.80	140.00
CH	118.54	7.94	85.0	134.0	126.40	6.76	94.40	146.00
BL	119.87	11.95	80.0	141.0	129.57	8.77	62.80	154.00
CD	54.56	7.31	23.0	67.0	59.39	4.71	24.00	97.50
CW	29.96	5.74	14.0	58.4	31.11	4.28	16.20	58.50
HW	39.12	5.46	13.0	47.2	42.64	3.72	24.40	56.30
CR	37.42	5.24	20.0	48.8	40.69	3.95	25.40	59.80
CL	39.49	4.42	22.0	48.0	42.69	4.61	22.00	59.00
CG	141.40	16.89	78.0	165.0	150.37	120.00	17.70	178.50
CC	15.54	1.24	10.0	19.0	16.65	1.11	12.80	21.00

HL : head length, WH : withers height, BH : back height, CH : croup height, BL : body length, CD : chest depth, CW : chest width, HW : hip width, CR : croup width, CL : croup length, CG : chest girth, CC : cannon circumference, S.D. : standard deviation, Max. : maximum, Min. : minimum

등록 제주마의 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고폍, 고장, 흉위 그리고 전관위의 길이는 각각 44.08cm, 116.69cm, 112.73cm, 118.54cm, 119.87cm, 54.56cm, 29.96cm, 39.12cm, 37.42cm, 39.49cm, 141.40cm, 15.54cm 로 교잡마에 비해 적게는 0.2% 에서 많게는 8.3% 까지 왜소했다. 특히 체고, 배고, 고고 등 키와 관련된 형질에서 능력 차가 크게 벌어지고 있었다. 이와 같은 결과는 제주마가 오랜 세월동안 교잡화 되는 과정에서 Thoroughbred 등 다리가 길고 상대적으로 체장이 짧은 품종의 특이적인 유전형질에 영향을 받는데 기인하고 있는 것으로 사료된다.

1. 환경요인 효과

등록 제주마와 교잡마의 체척치에 미치는 각 환경요인에 대한 최소자승평균치 (Table 3~Table 5)와 분산분석 결과(Table 6~Table 7)를 보면 다음과 같다.

Table 3. Least squares means and standard errors of 4 body measurements

	Body measurements			
	HL	WH	BH	CH
Sex				
Male	44.56±0.31	118.54±0.58	114.13±0.55	119.88±0.56
Female	44.65±0.31	117.82±0.29	113.85±0.28	119.67±0.29
Age				
2yr.≤	40.92±0.32	108.22±0.61	105.47±0.58	110.64±0.59
3 ~ 5yr.	45.38±0.24	120.50±0.46	116.18±0.44	122.12±0.44
6 ~ 9yr.	46.03±0.24	122.78±0.46	118.04±0.44	123.83±0.46
10yr.≥	46.07±0.24	121.23±0.45	116.27±0.43	122.52±0.43
Reg. status				
Non-reg.	47.21±0.16	123.11±0.30	118.19±0.29	124.19±0.30
Ele-reg.	45.25±0.31	116.51±0.59	112.19±0.56	117.97±0.57
Adv-reg.	41.35±0.33	114.92±0.64	111.59±0.61	117.18±0.62

Non-reg. : Non-registered, Ele-reg. : Elementary registration,
Adv-reg. : Advanced registration.

Table 4. Least squares means and standard errors of 4 body measurements

	Body measurements			
	BL	CD	CW	HW
Sex				
Male	119.24±0.68	54.27±0.39	29.56±0.38	38.08±0.29
Female	120.54±0.35	54.82±0.19	29.42±0.19	39.28±0.15
Age				
2yr. ≤	105.85±0.71	46.90±0.40	24.36±0.39	32.33±0.30
3 ~ 5yr.	121.66±0.52	55.17±0.30	30.14±0.29	39.60±0.22
6 ~ 9yr.	126.01±0.53	58.12±0.30	31.67±0.29	41.49±0.22
10yr. ≥	126.03±0.52	57.98±0.30	31.80±0.29	41.29±0.22
Reg. status				
Non-reg.	125.45±0.35	57.22±0.20	29.85±0.20	40.53±0.15
Ele-reg.	119.48±0.68	53.61±0.39	29.29±0.38	38.31±0.29
Adv-reg.	114.73±0.73	52.80±0.42	29.33±0.41	37.19±0.31



Table 5. Least squares means and standard errors of 4 body measurements

	Body measurements			
	CR	CL	CG	CC
Sex				
Male	36.75±0.31	39.61±0.38	139.25±0.92	16.01±0.09
Female	37.46±0.15	39.64±0.19	140.94±0.47	15.59±0.04
Age				
2yr. ≤	30.93±0.32	34.46±0.39	119.44±0.96	14.32±0.09
3 ~ 5yr.	37.82±0.24	40.53±0.29	141.91±0.71	15.92±0.07
6 ~ 9yr.	39.84±0.24	41.82±0.30	149.47±0.72	16.46±0.07
10yr. ≥	39.83±0.24	41.69±0.29	149.56±0.71	16.50±0.07
Reg. status				
Non-reg.	38.82±0.16	41.36±0.20	144.46±0.48	16.45±0.04
Ele-reg.	36.65±0.31	39.23±0.38	137.84±0.93	15.54±0.09
Adv-reg.	35.85±0.33	38.29±0.41	137.99±1.00	15.40±0.09

1) 성의 효과

성별에 따른 공시축의 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고평, 고장, 흉위, 전관위의 크기를 보면 수말이 각각 $44.56 \pm 0.31\text{cm}$, $118.54 \pm 0.58\text{cm}$, $114.13 \pm 0.55\text{cm}$, $119.88 \pm 0.56\text{cm}$, $119.24 \pm 0.68\text{cm}$, $54.27 \pm 0.39\text{cm}$, $29.56 \pm 0.38\text{cm}$, $38.08 \pm 0.29\text{cm}$, $36.75 \pm 0.31\text{cm}$, $39.61 \pm 0.38\text{cm}$, $139.25 \pm 0.92\text{cm}$, $16.01 \pm 0.09\text{cm}$, 암말이 각각 $44.65 \pm 0.31\text{cm}$, $117.82 \pm 0.29\text{cm}$, $113.85 \pm 0.28\text{cm}$, $119.67 \pm 0.29\text{cm}$, $120.54 \pm 0.35\text{cm}$, $54.82 \pm 0.19\text{cm}$, $29.42 \pm 0.19\text{cm}$, $39.28 \pm 0.15\text{cm}$, $37.46 \pm 0.15\text{cm}$, $39.64 \pm 0.19\text{cm}$, $140.94 \pm 0.47\text{cm}$, $15.59 \pm 0.04\text{cm}$ 로 나타나 두장을 제외한 모든 체척치에서 수말이 다소 큰 경향을 보였다. 그러나 이와 같은 차이는 고평($p < .05$)을 제외한 모든 형질들에서 통계적인 유의성이 없는 것으로 분석되었다. Hintz 등(1979)은 Thoroughbred 종에서 수 망아지가 암망아지에 비해 무겁고($p < .05$) 컷다고 했으며($p < .05$) 이와 같은 경향은 육성기를 거쳐 성마에 이르러서도 그대로 유지($p < .01$)되었다고 보고했다. Osamu Yamamoto 등(1992)도 Thoroughbred 종의 성장률 추정연구에서 수 망아지가 암 망아지에 비해 체중, 체고, 흉위, 전관위 등의 크기가 유의적으로 컷고 특히 전관위와 체고에 있어서 큰 차이를 보였다고 하였다. 한편 양 등(1996)은 제주재래마 성장능력 추정연구에서 암수의 발육형태는 만 3세까지는 서로 비슷한 경향을 보이다가 만 5세로 갈수록 고평을 제외한 모든 형질에서 수말이 암말보다 커지고 있다고 보고하고 있다. 본 연구결과가 이상의 기존 연구결과와 다소 상이한 차이를 보인데 대해서는 단정할 순 없으나 암말과 2세 이하의 말에 기록이 편중된 공시재료에도 어느 정도 기인하고 있을 것으로 사료된다.

2) 나이의 효과

나이에 따른 공시축의 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고평, 고장, 흉위, 전관위의 크기를 보면 2세 이하 말이 각각 $40.92 \pm 0.32\text{cm}$, $108.22 \pm 0.61\text{cm}$, $105.47 \pm 0.58\text{cm}$, $110.64 \pm 0.59\text{cm}$, $105.85 \pm 0.71\text{cm}$, $46.90 \pm 0.40\text{cm}$, $24.36 \pm 0.39\text{cm}$, $32.33 \pm 0.30\text{cm}$, $30.93 \pm 0.32\text{cm}$, $34.46 \pm 0.39\text{cm}$, $119.44 \pm 0.96\text{cm}$, $14.32 \pm 0.09\text{cm}$, 3~5세 말이 $45.38 \pm 0.24\text{cm}$, $120.50 \pm 0.46\text{cm}$, $116.18 \pm 0.44\text{cm}$, $122.12 \pm 0.44\text{cm}$, $121.66 \pm 0.52\text{cm}$, $55.17 \pm 0.30\text{cm}$, $30.14 \pm 0.29\text{cm}$, $39.60 \pm 0.22\text{cm}$, $37.82 \pm 0.24\text{cm}$, $40.53 \pm 0.29\text{cm}$, $141.91 \pm 0.7\text{cm}$, $15.92 \pm 0.07\text{cm}$, 6~9세 말이 46.03 ± 0.24 , $122.78 \pm 0.46\text{cm}$, $118.04 \pm 0.44\text{cm}$, $123.83 \pm 0.46\text{cm}$, $126.01 \pm 0.53\text{cm}$, $58.12 \pm 0.30\text{cm}$, $31.67 \pm 0.29\text{cm}$, 41.49 ± 0.22 , $39.84 \pm 0.24\text{cm}$, $41.82 \pm 0.30\text{cm}$, $149.47 \pm 0.72\text{cm}$, $16.46 \pm 0.07\text{cm}$ 그리고 10세 이상 말이 $46.07 \pm 0.24\text{cm}$, $121.23 \pm 0.45\text{cm}$, $116.27 \pm 0.43\text{cm}$, $122.52 \pm 0.43\text{cm}$, $126.03 \pm 0.52\text{cm}$, $57.98 \pm 0.30\text{cm}$, $31.80 \pm 0.29\text{cm}$, 41.29 ± 0.22 , $39.83 \pm 0.24\text{cm}$, $41.69 \pm 0.29\text{cm}$,

149.56±0.7cm¹, 16.50±0.07cm 로 나타나 제주마 12개 부위 체척치 대부분이 적어도 6세까지는 완전히 커지는 경향을 보였고, 이후 연령에서는 증가내지는 성장이 정체되는 특징을 보이고 있다. 이와 같은 연령간의 차이는 통계적으로 고도의 유의성(p<.001)을 보이고 있으며, 특히 분산의 크기로 보았을 때 체척치에 미치는 3가지 환경요인 중 두장을 제외한 11개 형질에 대해 나이의 효과가 가장 크게 작용하고 있음을 알 수 있다. Fumiro Kashiwamur 등(2001)은 일본 Banei 경주에 출주하고 있는 중형종마의 연령별 체형분석 연구에서 암, 수 모두 체중과 11개 체형 측정치들이 5세 이상까지 성장하고 있다고 보고하고 있으며 Green, D.A.(1961)도 만 4~5세까지 Thoroughbred 종의 골격성장이 유지된다고 하여 본 연구결과와 부합되는 내용을 보고하고 있다. 양 등(1996)은 제주재래마 성장능력 추정연구에서 만 3세까지는 모든 체형형질들이 빠른 성장속도를 보이다가 만 4~5세에 가서 완성되는 경향을 보인다고 했으며 이는 정 등(1991)이 제주마(교잡마)를 1~10세까지 구분하여 분석한 결과와도 일치하는 경향을 보인다고 보고하고 있다.

3) 등록단계의 효과

등록단계에 따른 공시축의 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고평, 고장, 흉위, 전관위의 크기를 보면 미등록마가 각각 47.21±0.16cm, 123.11±0.30cm, 118.19±0.29cm, 124.19±0.30cm, 125.45±0.35cm, 57.22±0.20cm, 29.85±0.20cm, 40.53±0.15cm, 38.82±0.16cm, 41.36±0.20cm, 144.46±0.48cm, 16.45±0.04cm, 기초등록 말이 45.25±0.31cm, 116.51±0.59cm, 112.19±0.56cm, 117.97±0.57cm, 119.48±0.68cm, 53.61±0.39cm, 29.29±0.38cm, 38.31±0.29cm, 36.65±0.31cm, 39.23±0.38cm, 137.84±0.93cm, 15.54±0.09cm, 혈통등록 말이 41.35±0.33cm, 114.92±0.64cm, 111.59±0.61cm, 117.18±0.62cm, 114.73±0.73cm, 52.80±0.42cm, 29.33±0.41cm, 37.19±0.31cm, 35.85±0.33cm, 38.29±0.41cm, 137.99±1.00cm, 15.40±0.09cm 로 나타나 등록단계내 수준별 평균능력 차가 크게 벌어지는 것으로 분석되었다. 특히 미등록마와 혈통등록마 간에는 2~14% 정도 범위에서 체격 차이가 나고 있으며 통계적으로도 유의성(p<.001)이 인정되었다. 등록마 간에 있어서도 기초등록마 사이에서 태어난 혈통등록마가 선대 기초등록마에 비해 흉폭과 흉위, 전관위를 제외한 나머지 8개 부위에서 0.6~8.7% 정도로 왜소하게 나타났다. 혈통등록마 생산을 위해 종마선발이나 인위적인 개량작업이 이루어진 것은 아니지만 세대가 진행되면서 능력이 퇴보된 부분에 대해서는 추가 조사가 필요할 것으로 사료된다. 최 등(1988)은 한우의 경제형질에 대한 유전모수 추정연구에서 체중과 체위가 1세대에 비해 2세대가 우수했다고 보고하고 있다.

Table 6. Least squares analysis of variance for 6 body measurements

Source of variation	df	Mean squares					
		HL	WH	BH	CH	BL	CD
Sex	1	0.90 ^N	54.83 ^N	8.23 ^N	4.59 ^N	182.08 ^N	32.64 ^N
Age	3	752.98	5572.22	4115.07	4604.55	12189.24	3875.85
Reg.	2	1693.20	5488.75	4054.34	4445.55	7008.23	1626.81
Error	1,524	11.38	40.33	36.92	37.96	54.55	17.91

Figures do not have superscript show statistically significant difference (***) p<0.001)

N : not significant, * : p<0.05, Reg : Registration status

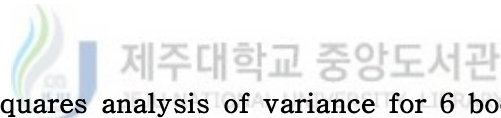


Table 7. Least squares analysis of variance for 6 body measurements

Source of variation	df	Mean squares					
		CW	HW	CR	CL	CG	CC
Sex	1	1.93 ^N	154.83	54.48*	0.12 ^N	309.91 ^N	18.58
Age	3	1635.10	2423.77	2393.45	1544.12	27972.81	145.65
Reg.	2	31.42	765.63	656.62	675.27	4436.34	97.42
Error	1,524	17.15	9.95	11.50	17.19	100.28	0.97

Figures do not have superscript show statistically significant difference (***) p<0.001)

N : not significant, * : p<0.05, Reg : Registration status

2. 유전모수

혈통을 지닌 등록 제주마의 12개 체형형질에 대한 모델별 유전력 추정치(Table 8 ~ Table 10)와 유전상관 추정치(Table 11)를 보면 다음과 같다.

Table 8. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model I

	Variance components			h^2
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	
HL	1.9336	4.4986	6.4321	0.30±0.14
WH	13.1449	15.8436	28.9885	0.45±0.17
BH	15.4981	12.8137	28.3118	0.55±0.17
CH	14.7898	15.5106	31.3004	0.47±0.17
BL	21.3356	21.0542	42.3897	0.50±0.15
CD	17.2807	9.7796	27.0603	0.64±0.15
CW	16.7886	6.4299	23.2186	0.72±0.14
HW	0.8793	10.3449	11.2243	0.08±0.11
CR	6.2487	3.9829	10.2316	0.61±0.15
CL	3.3077	4.2007	7.5084	0.44±0.17
CG	34.0182	65.4176	99.4358	0.34±0.16
CC	0.2972	0.5581	0.8553	0.35±0.20

Model I: sex, age, registration status(Fixed effect)

Table 9. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model II

	Variance components			h^2
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	
HL	3.8269	3.7093	7.5362	0.51±0.16
WH	12.8421	15.9770	28.8191	0.45±0.16
BH	15.3112	13.0038	28.3150	0.54±0.16
CH	14.3953	16.7606	31.1559	0.46±0.17
BL	23.8232	19.2974	43.1206	0.55±0.14
CD	16.6873	10.2376	26.9249	0.62±0.15
CW	16.2890	6.8641	23.1531	0.70±0.14
HW	0.9212	10.2354	11.1567	0.08±0.11
CR	6.1356	4.0215	10.1580	0.60±0.15
CL	3.2463	4.2320	7.4783	0.43±0.16
CG	36.1303	63.9335	100.0638	0.36±0.16
CC	0.2817	0.5674	0.8491	0.33±0.20

Model II: sex, age(Fixed effect)

Table 10. Estimates of heritability(h^2) and standard errors for 12 body measurements in registered group using model III

	Variance components			h^2
	σ_a^2	σ_e^2	σ_p^2	
HL	1.9438	4.4528	6.3966	0.30±0.13
WH	1.9438	4.4527	6.3965	0.30±0.14
BH	15.6519	12.5783	28.2302	0.55±0.16
CH	14.9769	16.2218	31.1988	0.48±0.17
BL	21.5176	20.7182	42.2358	0.51±0.15
CD	16.9884	9.8771	26.8656	0.63±0.15
CW	16.4062	6.6507	23.0569	0.71±0.13
HW	0.8808	10.3859	11.2667	0.08±0.12
CR	6.1514	4.0864	10.2374	0.60±0.15
CL	3.3847	4.1089	7.4936	0.45±0.17
CG	33.6868	65.4639	99.1507	0.34±0.16
CC	0.3166	0.5580	0.8746	0.36±0.20

Model III : age, registration status(Fixed effect)

1) 유전력

해당 형질의 유전능력의 발현정도를 나타내는 유전력은 가축의 육종계획을 수립하고 그 결과를 예측하는데 중요한 모수역할을 한다. 본 연구에서는 앞서 환경요인 분석에서 유의성이 검정된 3가지 고정효과들의 특성을 비교 분석하기 위하여 고정효과들의 수를 달리한 3가지 모델을 가지고 분산성분과 유전력을 추정하였다. 즉 본 연구에서 설정한 공시마의 성(sex)과 나이(age) 그리고 등록단계(registration status)를 전부 포함시킨 Model I 과 모델 Model I 에서 등록단계의 효과를 제외시킨 Model II 대부분의 체척치에 대해 유의적인 영향을 끼치고 있지 않는 것으로 분석된 성의 효과를 Model I 에서 제거한 Model III이 그것이다.

고정효과의 수를 달리한 3가지 Model 간에 개체 유전분산성분과 오차분산성분, 전체분산성분의 크기는 뚜렷한 차이를 보이지 않았다. 12개 체척치 중에서 체고, 배고, 고고, 체장, 흉위 등은 특별히 개체간 유전분산성분이 컸는데 동시에 전체분산성분도 크게 나타났다. 동일인에 의한 기록측정과 통계적인 방법을 이용한 기록보정 등 가능한 한 동일한 조건하에서 개체간 유전분산성분의 비중을 가늠하였지만 농가 사육환경의 다양한 제 요인 분석에 한계를 보인데 기인하여 전체분산성분의 크기가 커진 것으로 사료된다. 3가지 모델을 이용하여 추정된 12개 체형 측정치 즉 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고장, 흉위, 전관위의 유전력의 크기는 각각 0.30~0.51, 0.30~0.45, 0.54~0.55, 0.46~0.48, 0.50~0.55, 0.62~0.64, 0.70~0.72, 0.08~0.08, 0.60~0.61, 0.43~0.45, 0.34~0.36, 0.33~0.36 범위 었다. 체고의 유전력 0.30~0.51은 Thoroughbred 종에서 Hintz 등(1978)이 보고한 0.33, Bavarian 온혈종에서 Von Butler(1986)이 보고한 0.25, 온혈종 승용마에서 Von Butler 와 Krollikowsky(1986)가 보고한 0.25, Arab종에서 Seiditz 등(1991)이 보고한 0.48, Trakehner 종에서 Kaiser 등(1991)이 보고한 0.25 보다는 높았으나 Icelandic horse에서 Arnason(1979, 1984)이 보고한 0.77, 0.60, 노르웨이 냉혈종에서 Klemetsdal 등(1986)이 보고한 0.73, Shetland 포니종에서 Van Bergen 등(1993)이 보고한 0.89, Finnhorse에서 Saastamoinen 등(1998b)이 보고한 0.78, Andalusian 종에서 A. Molina 등(1999)이 보고한 0.58 보다는 낮았다. 고고에 대한 추정치도 Thoroughbred 종에서 Biedermann 등(1989)이 보고한 0.34 보다는 높았으나 Finnhorse에서 Thuneberg(1995) 등이 보고한 0.70~0.84, Finnhorse 트루터에서 Saastamoinen 등(1998b)이 보고한 0.77 보다는 낮았다. 체장에 대한 추정치 0.50~0.55는 Finnhorse 육성마에서 Saastamoinen (1990)가 보고한 0.13 보다는 높았으나 Finnhorse 트루터에서 Saastamoinen 등(1998b)이 보고한 0.64, Andalusian 종에서 A. Molina 등(1999)이 보고한 0.72

보다는 낮았다. 흥위의 유전력 0.34~0.36도 Von Butler와 Krollikowsky (1986)이 온혈종 승용마에서 보고한 0.24, Norwegian 냉혈종에서 Klemetsdal 등(1986)이 보고한 0.27, Arab종에서 Seidlitz 등(1991)이 보고한 0.31, Trakehner 종에서 Kaiser 등(1991)이 보고한 0.30 보다는 높았으나 Icelandic horse에서 Arnason (1979, 1984)이 보고한 0.71, 0.55, Andalusian 종에서 A. Molina 등(1999)이 보고한 0.48 보다는 낮았다. 전관위의 유전력 추정치도 Thoroughbred 종 육성마에서 Hintz 등(1978)이 보고한 0.12 보다는 높았으나 Trakehner 종에서 Kaiser 등(1991)이 보고한 0.34, Andalusian 종에서 A. Molina 등(1999)이 보고한 0.35와는 비슷했고 Icelandic horse에서 Arnason (1979)이 보고한 0.50, Norwegian 냉혈종에서 Klemetsdal 등(1986)이 보고한 0.53, Finnhorse 트룟터에서 Saastamoinen 등(1998b)이 보고한 0.65 보다는 낮았다.

2) 유전상관

유전상관은 두 형질의 육종기간 상관정도를 나타내는 모수로 한 형질의 선발을 통해 상관관계가 높은 다른 형질의 개량효과를 예측할 수 있기 때문에 다수의 형질을 개량 프로그램에 포함시키지 않고 일부 형질만을 가지고 간편하게 소기의 목적을 이룰 수 있는 잇점을 기대할 수 있다.

본 연구에서는 고정요인 효과로 처리한 3 가지 환경요인, 즉 성과 나이, 등록 단계를 모두 포함한 Model I 을 이용하여 12개 체측치 간의 유전상관을 분석하였다. Table 11에 제시된 바와 같이 일부 형질들 간에는 수렴(Convergency)상의 문제로 인하여 결과도출에 실패하였고 상관추정이 이루어진 일부 형질들 간의 추정치도 금후 누적자료 재분석 등을 통해 계속적인 검토가 필요할 것으로 여겨진다. 제주마 12개 체측치 간의 유전상관 계수는 음의 상관 -0.80에서부터 정의 상관 0.98까지 넓게 추정되었고 체고와 배고, 배고와 고고간의 유전상관 계수가 각각 0.98, 0.97로 제일 높았다. 체고는 배고(0.98), 고고(0.93), 체장(0.93), 전관위(0.49), 두장(0.41) 순으로 높았고, 배고는 체고(0.98), 고고(0.97), 요폭(0.95), 체장(0.82), 고폍(0.82), 흥심(0.72), 전관위(0.49) 순으로 높았으며, 고고는 배고(0.97), 체고(0.93), 체장(0.88), 고장(0.73) 순으로 높았고, 체장은 체고, 두장, 고장, 전관위 등의 순으로 높았으며, 흥심은 요폭(0.96)과 전관위(0.91) 순으로 높았다. 흥폭은 두장과 음의 상관관계를 보였고 체장(0.53)과 고폍(0.41) 순으로 정의 상관관계를 보였다. 요폭은 체장(0.95), 고폍(0.91), 고장(0.91) 순으로 높았고, 고폍은 흥위(0.96), 고장(0.93) 순으로 높았으며, 고장은 요폭(0.91), 체장(0.87) 순으로 높았다.

Table 11. Estimates of genetic correlations(below diagonal) and heritability (diagonal) and their standard errors for 12body measurements in registered group using model I

	HL	WH	BH	CH	BL	CD	CW	HW	CR	CL	CG	CC
HL	0.30±0.14											
WH	0.41±0.00	0.45±0.17										
BH	0.47±0.00	0.98±0.02	0.55±0.17									
CH	0.41±0.00	0.93±0.04	0.97±0.03	0.47±0.17								
BL	0.88±0.00	0.93±0.11	0.82±0.11	0.88±0.10	0.50±0.15							
CD	0.10±0.00	n.c.	0.72±0.22	n.c.	0.51±0.23	0.64±0.15						
CW	-0.04±0.00	n.c.	0.31±0.22	n.c.	0.53±0.19	n.c.	0.72±0.14					
HW	0.77±0.00	n.c.	0.95±0.14	n.c.	n.c.	0.96±0.26	0.27±1.17	0.08±0.11				
CR	0.53±0.00	n.c.	0.82±0.16	^{0.66} ±0.15	0.76±0.12	n.c.	0.41±0.22	0.91±0.11	0.61±0.15			
CL	-0.04±0.00	n.c.	n.c.	0.73±0.15	0.87±0.09	0.82±0.23	n.c.	0.91±0.17	0.93±0.11	0.44±0.17		
CG	0.15±0.00	n.c.	n.c.	n.c.	0.81±0.00	0.77±0.00	n.c.	0.34±0.00	0.96±0.00	n.c.	0.34±0.16	
CC	-0.80±0.00	0.42±0.00	0.49±0.00	n.c.	0.82±0.00	0.91±0.00	n.c.	n.c.	0.77±0.00	n.c.	n.c.	0.35±0.20

n.c. : Convergency was not attained, Model I : sex, age, registration status(Fixed effect)

흉위는 고평(0.96), 체장(0.81) 순으로 높았고, 전관위는 두장(-0.80)과 음의 상관
 을 보였고 흉심(0.91)과 체장(0.82) 순으로 정의 상관관계를 보였다. 외국 개량마
 에서 보고되고 있는 체형 측정치간의 유전상관 계수를 보면 대부분 중등 이상의
 정의 상관을 보이고 있는데 체고와 흉위의 유전상관은 Trakehner 종에서 Kaiser
 등(1991)이 0.38, 반혈종 승용마에서 Kapron 등(1994)이 0.30~0.60, Finnhorse 종
 에서 Saastamoinen 등(1998a)이 0.84 라고 보고했으며, 체고와 전관위 간의 유전
 상관은 Bavarian 온혈종에서 Von Butler(1986)가 0.52, Trakehner 종에서 Kaiser
 등(1991) 이 0.54, 반혈종 승용마에서 Kapron 등(1994)이 0.46~0.66, Finnhorse
 종에서 Saastamoinen 등(1998a) 이 0.76이라고 보고했다. 흉위와 전관위 간의 유
 전상관은 Bavarian 온혈종에서 Von Butler(1986)이 0.56, Bavarian 냉혈종에서
 Grosshauser 와 Von Bulter-Wemken(1991)이 0.48, Finnhorse 종에서 Saastamoinen
 등(1998a) 이 0.77이라고 보고했다. 한편 A. Molina 등(1999)은 Andalusian 종에
 서 체고는 흉심(0.80), 체장(0.72), 흉위(0.60), 전관위(0.48) 순으로 정의 상관관계
 를 보였고 흉심은 체장(0.82)과 체장은 흉심과 흉폭은 체장(0.63)과 전관위는 체
 고(0.48)와 높은 정의 상관관계를 보였다고 했다.



V. 적 요

본 연구는 등록 제주마의 체형형질에 대한 유전모수를 추정하여 제주마 개량의 기초자료로 활용할 목적으로 제주마등록심사위원회가 2001년부터 2005년까지 실시한 체형심사 기록을 분석하였다. 분석형질은 두장, 체고, 배고, 고고, 체장, 흉심, 흉폭, 요폭, 고폍, 고장, 흉위, 전관위 등 총 12개 부위였다. 제주마 체형형질의 기록보정을 위해 등록마의 성과 나이, 등록단계를 고정효과로 처리하여 그 영향 정도를 예비분석하였다. 다변량제한 최대가능함수 프로그램을 활용하여 BLUP 개체모형으로 유전력과 유전상관을 추정하였다. 최소자승분산분석결과 성을 제외한 환경요인은 모든형질에서 고도로 기록에 영향을 끼치고 있는 것으로 나타났다. 그러나 성의 효과는 암, 수간에 차이가 있었지만 통계적인 유의성은 인정되지 않았다. 등록마에 비해서 비등록마가 키와 길이형질 모두 큰 경향을 보였고, 나이도 오래된 말일수록 체구가 큰 것으로 나타났다. 3가지 고정효과를 모두 포함한 모델 I을 이용하여 유전력을 추정한 결과 제주마 체형의 유전력은 중~상 수준의 크기를 보였고, 이중 키와 관련된 형질들의 유전력은 0.45~0.55의 범위에서 추정되었다. 요폭의 유전력은 0.08로 가장 낮았고 흉폭은 0.72으로 제일 높게 추정되었다. 체형형질간의 유전상관은 음의 상관 -0.80에서 정의 상관 0.98의 범위를 나타내었다.

VI. 참 고 문 헌

- Arnason, P., 1979. Studies on traits in the icelandic toelter horses, I. estimation of some environmental effects and genetic parameters. J, Agric. Res, ireland II(1/2). 81-93(cited in anim breed abstr., 49(8), no 4414).
- Arnason, P., 1984. Genetic studies on conformation and performance of icelandic toelter horses, III. study on covariance matrices and breeding objectives by principal component analysis Acta Agric. Scand 34, 440~440.
- Biedermann, G., and Schmucker, F., 1989. Korpermasse von Vollblutpferden und deren Beziehung zur Rennleistung. Zuchtungskunde 61, 181~189
- Boldman et al., 1995. A manual for use of MTDFREML. A set of programs to obtain estimates of rariances and covariance. U.S.D.A., A.R.S.
- Cesar-Zamborlini, L., Garcia-Bergmann, J., Silva-Pereira, C., Graca-Fonseca, C., 1996. Quantitative genetic study of body measurements of the Machado variety of the Mangalarga horse breed on Brazil - I, Estimates of genetic and enviromen-tal effects. Revista Brasileira de Ciencia Veterinaria 3(2), 33~37
- Costa, M., Bergmann, J., Pereira, C., fonseca, C., rezende, A., 1998. Estimation of genetic parameters for conformation traits in the brasileira pony breed. proceedings of the 6th world congress on genetics applied to livestock production. armidale australia.
- Fumiro KASHIWAMURA, et al., 2001. Relationships among body size, conformation, and Racing Performance in Banei Draft Racehorses
- Georgescu, G., Curelariu, N., Stoica, A., 1979. Studies on some genetic parameters in the Romanian trotter. Lucrari siintifice institutul agronomic

- N., Balescu D(Zootehnie). 20/21. 139~143(Cited in Anim Breed Abstr., 48(4), NO, 1698).
- Green, D.A., 1961. A review of studies on the growth rate of horses. Brit. Vet. J. 117 : 181~190
- Harvey, W.R., 1975. Least square analysis of data with unequal subclass numbers. ARS H-4 USDA, Washington.
- Hintz, R.L., Hintz, H.F. and Van Vleck, L.D. 1978. Estimation of heritabilities for weight, height and front cannon bone circumference of Thoroughbreds. Journal of Animal Science 47, 1243~1245
- Hintz, H.F., et al., 1979. Growth rate of Thoroughbreds. Effect of age of dam, year and month of birth, and sex of foal. AJAS, vol. 48, No. 3.
- Kaiser, M., Duda, J. and Von Butler-Wemken, I. 1991. Genetische und genetische Einflüsse auf die Körpermasse einer Trakehner Zuchtpferdepopulation. Zuchtungskunde 63, 335~341
- Kalmykov, A.N., 1973. Heritability of some economically important characters in the Orlov trotter breed. genetika 9(8), 50~58.
- Kapron, M., Pieta, M. and Kapron, H. 1994. Genetic relations between conformation traits of half-bred horses. Genetica Polonica 35, 109~114
- Klemetsdal, G., Wallin, L.E. and Dolvik, N.I. 1986. Genetic parameters estimated on subjectively scored conformation traits in Norwegian trotters. 37th Annual Meeting of the European Association of Animal Production. Budapest, Hungary.
- Koenen, E.P., Van Veldhuizen, A.E., Brascamp, E., W., 1995. Genetic parameters of linear scored conformation traits and their relation to dressage and show-jumping performance in the Dutch warmblood riding horse population. livest. prod, sci, 43, 85~94.

- Miglior, F., Pagnacco, G., Samore, A.B., 1998. A total merit index for the Italian haflinger horse using breeding values predicted by a multi-trait animal model. proceedings of the 6th world congress on genetics applied to livestock production. armidale, australia.
- Molina, A., Valera, M., Dos Santos, R., Rodero, A., 1999, Genetic parameters of morphofunctional traits in Andalusian horse . *Livest. Prod. Sci.* 60, 295~303.
- Osamu Yamamoto, et al., 1993. Effects of sex, birth month, parity, weight of dam and farm on the growth of Thoroughbred foals and Yearlings. *Auim. Sci. Tech. (Jpn)* 64(5) : 491~498
- Pikula, R., Grezesiak, W., Stepień, J., 1998. Genetic conditioning of body conformation traits on cold-blooded horses. *Zeszyty Naukowe Akademii Rolniczej w Szczecinie. Zootechnica* 36, 17~22.
- P. Zechner et al., 2001. *Livestock Production Science* 69, 163~177.
- Saastamoinen, M., 1990. Heritabilities for body size and growth rate and phenotypic correlations among measurements in young horses. *Acta Agriculturae Scandinavica* 40, 377~386.
- Saastamoinen, M.T., 1993. Effect of month of birth, month of judging, and sex of the horse on conformation score, size and growth of young horses in Finland. *Horse Breeding and Production in Cold Climatic Regions*. Reykjavik, Iceland, 1993.
- Saastamoinen, M., Suontama, M., Ojala, M., 1998a. Correlation between, and the effects of some environmental factors on the conformation traits in the Finnish trotter. EAAP 49th annual meeting. Warsaw, Poland.
- Saastamoinen, M., Suontama, M., Ojala, M., 1998b., Heritability of conformation traits and their relationships to racing performance in the Finnish trotter.

- proceedings of the 6th world congress on genetics applied to livestock production. armidale, australia.
- Seidlitz, G., Willeke, H. and Von Butler-Wemken, I. 1991. Korpermasse und Exterieurbeurteilungen bei Zuchtstuten des Arabischen Vollblutpferdes. Archw fur Tierzucht, Dummerstorf 34, 233~240.
- Silvestrelli, M., Cristofalo, C., Pieramti, C., Miraglia N., Capua, I., 1989. Preliminary selection results and breeding programme of the Maremmano horse: Main Italian breed used for saddle horse production. 40th Annual meeting of the european association for animal production, Dublin.
- Thuneberg, T., 1995. Genetic Parameters for conformation Traits in Finnhorse Foals(in finnish). M. Agr. Sci. thesis, University of Helsinki, Helsinki, Finland
- Van bergen, H., Van Arendonk, J., 1993. Genetic parameters for linear type traits in Shetland ponies. Livest. prod, sei, 36, 273~284.
- Varo, M., 1965. Some coefficients of heritability in horses. ann agric. fenniae 4, 223~237.
- Velea, C., Marcu, N., 1978. Relations phenotypiques et degred heritabilite des principales mesures de masse chez diffrentes races de chevaux. Bull. acad, sci, agric, bucares 7, 139~144.
- Von Butler, I., and Krollikowsky, I., 1986. Genetische Parameter fur Grossenmasse einer Stutbuchpopulation des Deutschen Reitpferdes. Zuchtungskunde 58, 233~238.
- Von butler, I., 1987, Genetic parameters for conformation traits in the bavarian heavy horse suddeutsches kaltblut, proceedings of the 38th annual meting EAAP, Lisbon, Vol 2, pp 1350~1351.

- 高嶺 浩, 1948. 재래마의 체형에 관한 연구. 동경농전학술보고 No.3
- 三村 一, 1953, 御崎馬에 대하여, 일본재래마에 관한 연구, 163-209.
- 植村券太郎, 1937. 조선재래마 연구. 일축회보 10권 : 135~150.
- 植村卷太郎, 1937. 濟州道馬에關한研究. 日畜會報, 10(2).
- 野澤 謙, 1970. 일본과 그의 주변지역의 재래마 가축의 유래. 과학40 : 29~35.
- 林田重幸, 山内忠平, 1956. 九州在來馬の研究 III. Tokara馬와 東亞諸地域馬와의 比較. 日畜會報, 27 : 183~189.
- 林田重幸, 1958. 일본재래마의 계통. 일축회보 28 : 329~334.
- 林田重幸, 1958. 日本在來馬の源流, 日本古代文化の探究[馬] (森浩一編). 社會思想社, 東京.
- 강면희, 1965. 韓國在來馬의 系統에 關한 研究. 韓畜誌 7 : 92~97.
- 강면희, 1969. 한국재래마에 관한 역사적 형태학적 연구. 한축지 11(4) : 351~371.
- 강민수, 1985. 濟州馬의 血統定立 및 保存에 關한 研究 III. 體型과 毛色頻度調査. 濟州大農大 附設 濟州道 畜産問題 研究所 報告書.
- 강민수, 1986a. 濟州畜産의 어제와 오늘. 濟州道誌 第 80號 p.82~91.
- 강민수, 1986b. 畜産業. 南濟州郡誌, p.562.
- 강민수, 1988. 제주조랑말의 한일연구 동향. 제주도연구 5 : 135~146.
- 권응달, 1966. 濟州馬에 關한 小考, 研究와 指導. 農振廳 7(3) : 68~71.

양영훈, 김준, 조덕준, 1996. 제주재래마 성장능력 추정. 제주대학교 농과대학부설 동물과학연구소. 동물과학 논총 vol. 11 : 9~28

이기만, 1961. 濟州道馬 體型에 관한 生物측정學的研究. 韓畜誌, 3 : 63~73.

정창조, 朴英一, 金承浩, 康太淑, 1981. 濟州馬의 保護增殖 및 利用性 擴大方案에 관한 研究. 제주도청 用役報告書.

정창조, 양영훈, 김중계, 강민수, 1991. 제주재래마 혈통정립 및 형통등록을 위한 조사연구 I. 제주마의 지역별, 성별, 연령별 체이측정치. 한국축산학회, 33(6) : 418~422

제주도농회, 1966. 제주마에 관한 소고. 연구와 지도. 농진청 7(3) : 68~71

최호성, 1995. 한우의 경제형질에 대한 유전모수 및 종모우의 육종가 추정에 관한 연구. 전북대학교 박사학위논문.



감 사 의 말 씀

오늘의 제주마 연구 과정을 처음부터 끝까지 지도하고 이끌어 주신 제주대학교 동물자원과학과 강민수 지도교수님께 진심으로 감사드립니다. 그리고 논문의 완성도 제고를 위하여 정성을 다하여 지도하여 주시고 심혈을 기울여 심사하여 주신 제주대학교 수의학과 강태영 교수님과 농촌진흥청 난지농업연구소 오운용 박사님께 고마운 말씀을 드립니다. 특별히 제주마 자료분석을 위하여 수고를 아끼지 않으신 농촌진흥청 축산연구소 동물유전체과 이지웅 박사님께 무한한 감사의 말씀을 드립니다.

그리고 제주대학교 생명자원과학대학 명예교수님으로 계시는 정창조 교수님, 김중계 교수님과 생명공학부에 김규일 교수님, 생명산업학부에 계시는 강태숙 교수님 이현중 교수님, 김문철 교수님, 양영훈 교수님, 정동기 교수님께 그간의 고마운 말씀을 드립니다. 김현숙·우상욱 조교님께도 감사드립니다.

본 연구 업무수행에 적극 협조하여 주신 제주도축산진흥원 전영천 원장님을 비롯한 직원 여러분과 특히, 김창능 계장님, 김준 연구사님, 김재희 주사님, 이남영 연구사님, 김선홍 님, 임춘희 님, 윤지환 님, 강신건 님, 김은수 님께도 감사드립니다.

축산행정을 하면서도 관련 학문에 항상 관심을 가지고 일하도록 지도와 격려를 해주셨던 故 신철주 북제주군수님과 제주도청 전문위원으로 재직하고 계시는 양승주 박사님, 제주도교육청 교육국장으로 재직하고 계시는 김혜우 은사님께도 깊은 감사의 말씀을 드립니다.

오늘의 제가 있기까지 키워주신 하늘에 계시는 부모님의 영정에 이 작은 정성을 바칩니다. 또한, 조용하게 저를 지켜봐 주고 계시는 장인 장모님과 항상 올바르게 자라라고 지도하여주시는 인후 형님과 영준 형님, 상배 형님, 영인 누님께도 감사드립니다.

1986년 당시 멸종위기에 처해있던 제주마를 문화재(천연기념물 제347호)로 지정하는데 참여했던 실무자로서 제주마에 관련한 석사학위 논문을 완성하게 되어서 매우 기쁘고 감회가 새롭습니다.

끝으로 마음고생을 많이 하면서도 내색하지 않고 묵묵히 옆에서 저를 위하여 내조하는데 소홀함이 없는 사랑하는 나의 영원한 동반자 임금란 아내와 사랑하는 규범, 정범과 이 기쁨을 함께 나누고자 합니다.