

제주도 재래종말에서 혈액 단백질의
유전적 변이에 관한 연구

오문유*, 고미희*, 김기옥*, 김세재*, 정창조**, 김규일**
(제주대학교 생물학과*, 축산학과**)

GENETIC VARIATIONS OF THE
BLOOD PROTEINS IN CHEJU NATIVE HORSES

MOON YOU OH[§], MI HEE KO, GI OK KIM, SE JAE KIM,
CHANG CHO CHUNG*, AND KYU IL KIM*

Department of Biology, *Department of Animal Science, Cheju National University,
Cheju 690-756, Korea

(Received January 31, 1992)

ABSTRACT

In order to clarify the genetic composition and to find possible genetic markers of Cheju native horses, the genetic variations of the nine proteins (Al, Pi, Es, Hp, Hb, PGD, PGM, MDH, ME) were investigated by the gel electrophoretic techniques. Al: There were two alleles, Al^A and Al^B . The allele frequencies of Al^A and Al^B were 0.398 and 0.602, respectively ($X^2 = 0.02$, d.f. = 2, $P > 0.9$). Pi: Seven Pi alleles (Pi^F , Pi^G , Pi^I , Pi^L , Pi^N , Pi^S and Pi^U) were detected. The gene frequencies of Pi were Pi^G 0.136, Pi^L 0.496, Pi^N 0.260, and others (Pi^F , Pi^I , Pi^U , Pi^S) 0.108, respectively ($X^2 = 62.48$, d.f. = 12, $P < 0.005$). Es: There were three alleles, Es^F , Es^I and Es^S . The gene frequencies of Es were Es^F 0.266, Es^I 0.712, and Es^S 0.022, respectively ($X^2 = 21.28$, d.f. = 3, $P < 0.005$). Hb: Three alleles (Hb^A , Hb^{BI} and Hb^{BII}) were found. The gene frequencies of Hb were Hb^A 0.120, Hb^{BI} 0.620 and Hb^{BII} 0.260, respectively ($X^2 = 2.63$, d.f. = 3, $P > 0.25$). PGM: There were two alleles, Pgm^F and Pgm^S . The gene frequencies of PGM were Pgm^F 0.434 and Pgm^S 0.566, respectively ($X^2 = 0.22$, d.f. = 2, $P > 0.75$). PGD: There were two alleles, Pgd^F and Pgd^S . The gene frequencies of PGD were Pgd^F 0.823 and Pgd^S 0.177, respectively ($X^2 = 7.53$, d.f. = 2, $P < 0.05$). Three proteins (Hp, MDH, ME) showed the monomorphic traits in this population. The mean heterozygosity of nine protein loci were calculated as 0.329 ± 0.012 .

Key words: Cheju Native Horses, Genetic variations, Gene frequency

§ To whom correspondence should be addressed. * 이 논문은 1990년도 교육부지원 한국학술진흥재단의 지방대육성 학술연구조성비에 의하여 연구되었음.

서 론

동물집단에서 단백질의 다형현상에 관한 연구는 전분 젤 전기영동법(Smithies, 1955)이 도입된 이래 많은 종에서 진행되어 왔다. 특히, 인류집단에서 보고된 다형현상은 집단의 유용한 유전적 징표(genetic marker)로서 이용되고 있다(Oh 등, 1988, 1989). 따라서, 한 집단에서 단백질의 유전자 조성을 밝히는 것은 집단 유전학적, 진화학적 측면에서 중요하다.

말은 화석 기록에 의한 진화과정이 밝혀졌기 때문에 진화학적 중요성을 갖고 있다. 말에 대한 집단 유전학적인 연구는 미국, 이탈리아, 오스트랄리아, 폴란드, 노르웨이, 스웨덴 등 여러 나라에서 혈액형 인자, 단백질 및 효소의 유전자 구성과 유전자 빈도의 분포에 관해서 보고된 바 있다(Bowling 과 Clark, 1985; Cothran 등, 1987; Lubas 등, 1989a).

국내에서도 경주마로 사용되는 말에서 Han 등(1986a, 1986b, 1986c, 1989, 1990a, 1990b)이 단백질의 유전적 다형현상을 보고하였고, 제주도 재래종말에 대한 연구는 Chung(1985)이 보고 한 바 있다.

본 연구는 제주도 재래종말 집단의 유전자 조성을 규명하기 위해 혈장 단백질인 albumin (Al), protease inhibitor(Pi), esterase(Es; EC 3.1.1.2), 및 haptoglobin(Hp)과 적혈구 단백질인 haemoglobin(Hb), 6-phosphogluconate dehydrogenase(PGD; EC 1.1.1.44), phosphoglucomutase(PGM; EC 2.7.5.1), malate dehydrogenase(MDH; EC 1.1.1.37), malic enzyme(ME; EC 1.1.1.40) 등의 표현형 분포와 유전자 빈도를 산출하였고, 그 결과를 다른 지역 말 집단의 결과와 비교분석하였다.

재료 및 방법

혈액채취 및 시료준비

제주도에서 사육되고 있는 말의 혈액을 채취한 후 혈액응고를 방지하기 위해 EDTA-Bottle에 넣고, 1,500×g에서 5분간 원심분리하여 혈장과 혈구로 분리하였다. 분리된 혈장은 사용할 때까지 -70℃에 보관하였고 적혈구는 생리식염수(0.9% NaCl)로 1,500×g에서 5분간 원심분리하여 3회 세척하였다. 세척과정용 거친 적혈구는 70℃에 보관하였다가 전기영동 직전에 0.02 M phosphate buffer(pH 6.8)를 동량 넣어 냉동·해동시키는 방법으로 hemolysates를 얻어 시료로 사용하였다.

전기영동 및 염색

Al과 Pi의 전기영동 및 염색은 Pollitt와 Bell(1980)의 thin layer acid gradient PAGE 방법을 변형하여 사용했으며, Es의 표현형 분석은 Anderson과 Braend(1989)의 IEF-PAGE 방법, 그리고 Hp의 전기영동은 Habib(1983)의 방법을 사용하였다. Hb의 분석은 Bowling등(1988)의 IEF-PAGE(pH 5.5-8.5)의 방법을 변형하여 실시하였고, PGM의 표현형 분석은 Tipler등(1982)의 방법을 약간 변형한 IEF-PAGE(pH 5.8-8.0)로 실시하였다. 그리고 PGD, MDH, ME의 표현형 분석은 Harris와 Hopkinson(1976) 방법에 의한 10% 전분 젤 전기영동을 실시한 후 각각 선별염색으로 실시하였다.

결과 및 고찰

Al의 표현형을 Acid gradient polyacrylamide gel 전기영동법으로 분석한 결과 이동도에 따라 AA, AB, BB 세 가지 표현형이 검출되었고(Fig. 1), 두 대립인자의 유전자 빈도는 $Al^A=0.398$, $Al^B=0.602$ 로서 Al^B 의 빈도가 훨씬 높았다(Table 1).

Pi의 표현형은 Fig. 1에서 보여주는 바와 같이 전기영동상의 이동도에 따라 차례대로 II, GS, GI, GL, GN, FN, FI, FL, FG, LL, LU, NU, NS, NL, NN, IS, IU, IN, IL 등이 관찰되었다. Pi좌위에서 7개의 공우성 대립인자가 검출되었으며, 검출된 대립인자 중에서 $Pi^G=0.136$, $Pi^N=0.260$, $Pi^L=0.496$ 의 빈도를 보였고, 그리고 그 외로 검출된 기타 대립인자(Pi^S , Pi^V , Pi^F , Pi^I)의 빈도는 0.108이었다(Table 1).

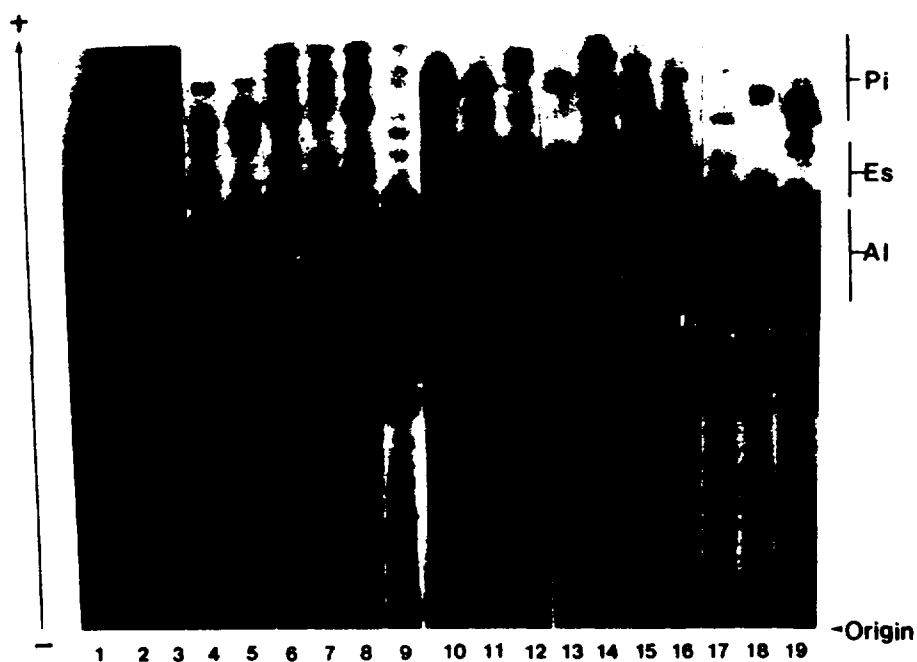


Figure 1. The phenotypes of protease inhibitor and albumin separated on the acid (pH 4.6) gradient polyacrylamide gel in Cheju native horses. The gradient gel was composed of the separating gel (10% and 8%), sample gel(4%). The proteins were analysed by Coomassie Brilliant Blue R250 staining. The phenotypes of Pi and Al in each lane are as follows;

- Pi : 1-II; 2-GS; 3-GI; 4-GL; 5-GN; 6-FN; 7-FI; 8-FL; 9-FG; 10-LL; 11-LU; 12-NU; 13-NS; 14-NL; 15-NN; 16-IS; 17-IU; 18-IN; 19-IL.
- Al : 3, 12, 13, -AA; 1, 5, 8, 7, 9, 11, 14, 15, 16, 17, 18 -AB; 2, 4, 6, 10, 19-BB.

Es는 IEF gel 상에서 주 밴드의 이동도가 빠른 순서에 따라 표현형이 구분되었는데(Fig. 2), 세 개의 공우성 대립인자($Es^F=0.266$, $Es^I=0.712$, $Es^S=0.022$)가 검출되었다. Es 좌위에서 검출된 대립인자 중에서 Es^I 의 빈도가 가장 높았다(Table 1).

Hb는 IEF상에서 양(+) 극 쪽의 band는 α_2 gene의 산물에 의해, 음(-) 극쪽의 band α_1 gene의 산물에 의해 생성되기때문에(Bowling 등, 1988) Hb의 표현형은 양극 쪽의 band와 음극 쪽의 band의 강도에 따라 A/A(100 : 0), A/BI(80 : 20), A/BII(30 : 50 : 20), BI/BI(60 : 40), BI/BII(30 : 30 : 20 : 20), BII/BII(60 : 40)로 판정하였다(Fig. 3). Hb의 유전자 빈도는 $Hb^A=0.120$, $Hb^{BI}=0.620$, $Hb^{BII}=0.260$ 으로서 Hb^{BI} 이 가장 높게 산출되었다(Table 2).

PGD는 세 가지 표현형이 검출되었고, 그유전자 빈도는 $Pgd^F=0.823$, $Pgd^S=0.177$ 로서 Pgd^F 인자의 빈도가 높게 나타났다(Fig. 4과 Table 2).

Table 1
The distributions of phenotypes and gene frequencies in plasma proteins(AI, Pi, Es)
from Cheju native horses

Protein	Phenotype			Gene Frequency
	Phenotypes	Observed	Expected	
Albumin(AI) (n = 269)	AA	42(15.6)	42.57	$AI^A = 0.398$
	AB	130(48.3)	128.88	$AI^B = 0.602$
	BB	97(36.1)	97.25	$X^2 = 0.02, P > 0.9$
Protease inhibitor(Pi) (n=269)	NL	105(39.0)	69.38	
	GL	57(21.2)	36.29	$Pi^G = 0.136$
	LL	45(16.8)	66.18	$Pi^N = 0.260$
	GN	9(3.3)	19.02	$Pi^L = 0.496$
	FL	9(3.3)	8.81	Others = 0.108
	NI	7(2.6)	5.74	$X^2 = 62.48, P < 0.005$
	NU	6(2.6)	2.38	
	NS Others	5(1.8) 26(9.7)	2.38 58.83	
Esterase(Es) (n = 269)	FF	32(11.9)	19.00	$Es^F = 0.266$
	FI	78(29.0)	101.80	$Es^I = 0.712$
	II	147(54.6)	136.33	$Es^S = 0.022$
	IS	11(4.1)	8.54	$X^2 = 21.28, P < 0.005$
	FS	1(0.4)	0.14	
Haptoglobin (Hp) (n = 269)	1-1	269		$Hp^1 = 1.000$

Percentages are in parentheses.

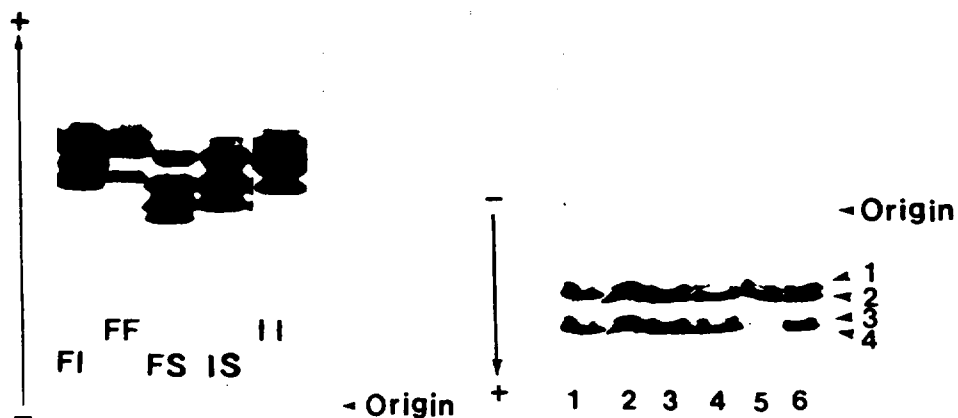


Figure 2. The zymograms of serum esterase separated by isoelectric focusing (pH 3.5–6.0) in Cheju native horses. Five phenotypes were detected as follows (from left to right); FI, FF, FS, IS, II.

Figure 3. The phenotypes of haemoglobin separated by isoelectric focusing (pH 5.5–8.5). The proportions of the fast (band 1, 2) and slow (band 3, 4) haemoglobin-fractions were distinctive as follows; A/BI(80:20), A/BII(30:50:20), BI/BI(60:40), BI/BII(30:30:20:20), BII/BII(60:40). The left to right; 1) BII/BII, 2) A/BII, 3) B/BII, 4) BI/BI, 5) A/A, 6) A/BII.

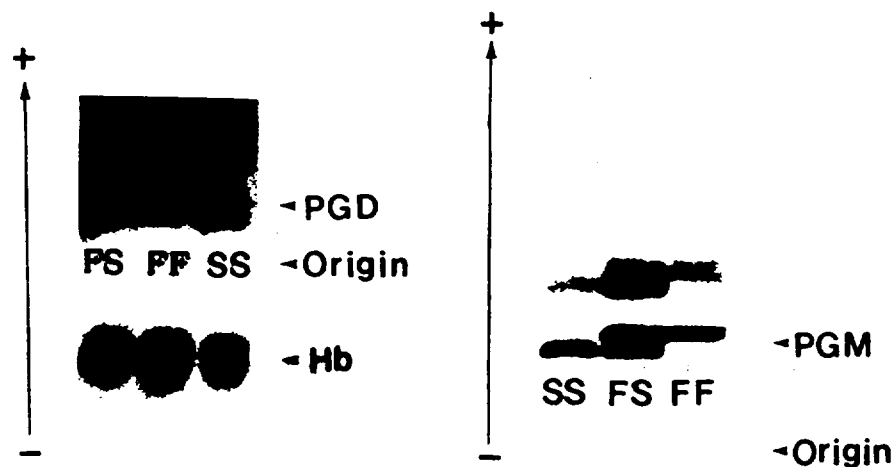


Figure 4. The zymograms of phosphogluconate dehydrogenase separated by starch gel electrophoresis (0.1 M phosphate buffer, pH 7.0) in Cheju native horses. Three phenotypes were detected as follows (from left to right); PS, FF, SS.

Figure 5. The zymograms of phosphoglucomutase separated by isoelectric focusing (pH 5–8) in Cheju native horses. Three phenotypes were detected as follows (from left to right); SS, FS, FF.

Table 2

The distributions of phenotypes and gene frequencies in red cell proteins(Hb, PGD, PGM, ME) from Cheju native horses

Protein	Phenotype			Gene frequency
	Phenotype	Observed	Expected	
Haemoglobin (Hb) (n = 211)	AA	5(2.4)	3.14	$Hb^A = 0.120$
	ABI	32(15.2)	31.40	$Hb^{B1} = 0.620$
	ABII	9(43.0)	13.16	$Hb^{BII} = 0.260$
	BIBI	81(38.4)	81.16	
	BIBII	68(32.2)	68.03	$X^2 = 2.63, P > 0.25$
	BIIBII	16(7.6)	14.16	
Phosphogluco- nate dehydrogenase (PGD)(n=212)	FF	138(65.1)	143.03	$Pgd^F = 0.823$
	FS	73(34.4)	61.74	$Pgd^S = 0.177$
	SS	1(0.5)	6.63	
				$X^2 = 7.53, P < 0.05$
Phosphogluco- mutase(PGM) (n = 183)	FF	33(18.0)	34.53	$Pgm^F = 0.434$
	FS	93(50.8)	89.92	$Pgm^S = 0.566$
	SS	57(31.2)	58.54	$X^2 = 0.22, P > 0.75$
Malate dehydrogenase (MDH)(n=211)	1-1	211		$Mdh^1 = 1,000$
Malic enzyme (ME)(n=211)	FF	211		$Me^F = 1.000$

Percentages are in parentheses.

Table 3

Mean heterozygosity of plasma and red cell proteins in Cheju native horse population

Tissue	Mean Heterozygosity (H)
Plasma	0.399 ± 0.064
Red Cell	0.274 ± 0.077
Total	0.329 ± 0.012

Table 5
Gene frequencies of proteins(Hb, Pgd, Pgm, ME) in red cells
from various horse populations

Population	Gene frequency			Reference
	Hb ^A	Hb ^{BI}	Hb ^{BII}	
USA				
Arabian(n=4344)	0.004	0.552	0.445	Bowling <i>et al.</i> (1988)
Peruvian paso(n=106)	0.118	0.467	0.415	"
Trotter(n=600)	0.071	0.425	0.504	Cothran <i>et al.</i> (1987)
Italian				
Arabian(n=346)	0.003	0.559	0.398	Lubas <i>et al.</i> (1989b)
Norewegian				
Trotter(n=360)	0.240	0.470	0.290	Braend <i>et al.</i> (1983)
Warmblood Trotter (n=274)	0.060	0.450	0.490	"
Cheju native horse(n=211)	0.120	0.620	0.260	Present study
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <u>Pgd^F</u> <u>Pgd^S</u> </div>				
Polish				
Arabian(n=1290)	0.290	0.710		Tomaszewska-Guszkiewicz(1987)
Thoroughbred(n=1192)	0.576	0.433		"
Angloarabian(n=638)	0.880	0.120		"
Primitive(n=185)	0.880	0.120		"
Italian				
Maremmani(n=248)	0.780	0.220		Lubas <i>et al.</i> (1984)
Sanfratellani(n=108)	0.860	0.140		"
Sardinian Anglo- Arabian(n=303)	0.632	0.368		"
Giara(n=64)	0.949	0.051		"
Arabian(n=346)	0.615	0.385		Lubas <i>et al.</i> (1989b)
Trotter(n=1000)	0.762	0.238		Romagnoli <i>et al.</i> (1984)
French				
Trotter(n=780)	0.788	0.212		Podiachouk <i>et al.</i> (1975)
USA				
Trotter(n=600)	0.795	0.205		Cothran <i>et al.</i> (1987)
Cheju native horse(n=183)	0.823	0.177		Present study
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> <u>Pgm^F</u> <u>Pgm^S</u> </div>				
Polish				
Arabian(n=1290)	0.260	0.740		Tomaszewska-Guszkiewicz(1987)
Thoroughbred(n=1192)	0.002	0.998		"
Angloarabian(n=638)	0.017	0.983		"
Primitive(n=185)	0.130	0.870		"

Table 5 (Continued)

Population	Gene frequency		Reference
	Pgm^F	Pgm^S	
Italian			
Maremmani(n=248)	0.147	0.853	Lubas <i>et al.</i> (1984)
Sanfratellani(n=108)	0.083	0.917	"
Sardinian Anglo-Arabian(n=303)	0.034	0.966	"
Giara(n=64)	0.000	1.000	"
Arabian(n=346)	0.106	0.894	Lubas <i>et al.</i> (1989b)
Trotter(n=1000)	0.131	0.869	Romagnoli <i>et al.</i> (1984)
French			
Trotter(n=780)	0.054	0.946	Podiachouk <i>et al.</i> (1975)
USA			
Trotter(n=600)	0.191	0.809	Cothran <i>et al.</i> (1987)
Cheju native horse(n=183)	0.434	0.566	Present study
	Me^F	Me^S	
USA			
Standardbred(n=667)	0.936	0.064	Guttormsen & Weitkamp(1981)
Thoroughbred(n=85)	0.910	0.090	"
Cheju native horse(n=211)	1.000		Present study

PGM의 표현형은 Fig. 5에서와 같이 FF, FS, SS 세 가지가 검출되었고, 유전자빈도는 $Pgm^F=0.434$, $Pgm^S=0.567$ 로서 Pgm^S 인자의 값이 다소 높게 나타났다(Table 2).

Table 3은 본 연구에서 조사된 제주도 재래종말 집단에서 혈장 단백질 좌위(Al, Pi, Es, Hp)의 평균 이형접합성(0.399 ± 0.064)과 적혈구 단백질 좌위(Hb, PGD, PGM, MDH, ME)의 평균 이형접합성(0.274 ± 0.012)을 나타내었으며, 9개 단백질 좌위의 평균 이형접합성(H)은 0.329 ± 0.012 이었다. 혈장 단백질과 적혈구 단백질을 비교할 때 혈장 단백질 좌위의 평균 이형접합자 빈도가 적혈구 단백질 좌위의 값보다 높았다.

혈장 단백질인 Al, Pi, Es의 유전자빈도를 Table 4에 타 집단과 비교하였다. Al은 스웨덴 말 집단에서는 세 개의 대립인자(Al^A , Al^I , Al^M)가 검출되는 반면에(Sandberg, 1974), 다른 집단에서는 두 개의 대립인자(Al^A , Al^M)만 검출되었다. 그리고 노르웨이의 Warmblood와 오스트리아 말에서는 Al^I 의 빈도가 높음에 비해 재래종말을 비롯한 다른 집단에서는 Al^M 의 빈도가 높다. Pi는 Thoroughbred에서 보고된 7개의 대립인자가 재래종말에서도 검출되었으며, Pi^A 의 빈도가 가장 높게 나타나고 있다(Table 4). Es는 이탈리아의 여러 말 집단과 재래종말에서는 세 개의 대립인자에 의해 지배되고 이 중 Es^M 빈도가 가장 높지만, 노르웨이의 Warmblood에는 네 개의 대립인자가 보고되었고 다른 집단과는 달리 Es^S 빈도가

0.710으로써 가장 높게 나타났다.

적혈구 단백질인 Hb, PGD, PGM, ME의 유전자빈도를 타 집단과 비교하였다(Table 5). Hb는 보고된 모든 집단에서 모두 세 개의 대립인자(Hb^A , Hb^B , Hb^{BIII})에 의해 지배되고 있으며, 미국의 Trotter와 노르웨이의 Warmblood trotter에서는 Hb^{BIII} 이 높게 나타났다. PGD의 유전자빈도는 폴란드, 이탈리아, 프랑스, 미국, 제주 재래종말에서 전체적으로 두 개의 대립인자에 의해 지배되고 있으며, 대체적으로 Pgd^F 빈도가 높는데 비해 폴란드의 Arabian에서는 Pgd^S 빈도가 높게 나타났다. PGM은 이탈리아의 Giara만이 monomorphic한 반면 다른 타 집단에서는 두 개의 대립인자(Pgm^F , Pgm^S)에 의해 지배되고 있으며, Pgm^S 의 빈도가 높게 나타났다. 그리고 미국의 Standardbred와 Thoroughbred에서는 다형현상을 보이는 ME는 제주도 재래종말 집단에서는 monomorphic 하였다.

본 연구에서 조사된 Al, Hb, PGM은 관찰치와 기대치 간에 χ^2 검정한 결과 유전적 평형상태에 있지만, Pi, Es, PGD는 유의차를 보이고 있어 이는 근친 교배에 따른 결과라고 추측할 수 있다. 그리고 Pi, Hb, PGM, ME 등은 제주도 재래종말의 genetic marker로써 이용될 가능성은 있지만, 정확한 재래종말의 유전적 특징을 파악하려면 개체수를 늘리고, 품종 간, 많은 집단과의 비교가 필요하며, 특히 DNA 수준에서의 연구와 몽고 말 집단과의 비교가 필수적이라 사료된다.

REFERENCES

- Anderson, A.E. and M. Braend, 1989. Polymorphism of Esterases in plasma of foxes, *Hereditas* 110: 109-111.
- Bowling, A.T. and R.S. Clark, 1985. Blood group and protein polymorphism gene frequencies for seven breeds of horses in the United States. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 16: 93-108.
- Bowling, A.T., A.M. Scott, J. Flint and J.B. Clegg, 1988. Novel alpha haemoglobin haplotypes in horse. *Animal Genetics* 19: 87-101.
- Braend, M. and E. Johansen, 1983. Haemoglobin types in Norwegian horses. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 14: 305-307.
- Braend, M. and A. Storset, 1979. Blood polymorphism of trotter horses in Norway. In: *Proceedings of the 16th International Conference on Animal Groups and Biochemical Polymorphism*. Leningrad, vol. 4, pp. 124-129.
- Cothran, E.G., J.W. MacCluer, L.R. Weitkamp and E. Bailey, 1987. Genetic differentiation associated with gait within American Standardbred horses. *Animal Genetics*. 18: 285-296.
- Guttormsen, S.A. and L.R. Weitkamp, 1981. Equine marker genes: polymorphism for soluble erythrocyte malic enzyme. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 12: 53-57.
- Habib, Z. and H. Eiberg, 1983. Determination of common haptoglobin phenotypes in Egyptians and Danes by means of non-carcinogenic stain reagents. *Hereditas* 98: 219-223.

- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1986a. Studies on blood groups in Racing Horses. I. Genetic polymorphism of serum transferrin. *Kor. J. Anim. Sci.* 28: 453-461.
- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1986b. Studies on blood groups in race horses. II. Genetic polymorphism of serum albumin. *Kor. J. Anim. Sci.* 28: 462-467.
- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1986c. Studies on blood groups in race horses. III. Genetic polymorphism of serum prealbumin. *Kor. J. Anim. Sci.* 28: 701-707.
- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1989. Studies on blood groups in race horses. IV. Genetic polymorphism of serum esterase isozyme. *Kor. J. Anim. Sci.* 31: 132-138.
- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1990a. Studies on blood groups in race horses. V. Genetic polymorphism of serum Xk protein. *Kor. J. Anim. Sci.* 32: 61-65.
- Han, S.K., E.Y. Chung and H.I. Kang, 1990b. Studies on blood groups in race horse. VI. Genetic polymorphism of red cell catalase, carbonic anhydrase and phosphatase isozyme systems. *Kor. J. Anim. Sci.* 32: 66-73.
- Harris, H. and D.A. Hopkinson, 1976. Handbook of enzyme electrophoresis in human genetics, North-Holland, Amsterdam.
- Lubas, G., B. Gugliucci, G. Mengozzi and T. De Berardinis, 1984. Genetic markers in the blood of four Italian horse breeds. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 15: 133-13.
- Lubas, G., C. Cristofalo, M. Orlandi, B. Gugliucci and A.J. Delgadillo, 1989a. Characterization of South Tyrol Hafliner and Noriker horse breeds by means of blood Genetic markers. *Animal Genetics sup.* 1 20(sup. 1): 12-13.
- Lubas, G., K. Tomaszewka-Guszkiewicz, B. Gugliucci, A. Delgadillo and S. Gorli-Fagiolini, 1989b. Blood Genetic markers in Italian Arab groups bred in Europe. *Animal Genetics* 20(sup. 1): 13-14.
- Oh, M.Y., S.J. Kim, S.S. Hong and C.C. Lee, 1988. Studies on the Genetic variation of plasma proteins in Cheju population of Korea. *Kor. J. Genet.* 9: 206-214.
- Oh, M.Y., S.J. Kim, S.S. Hong and C.C. Lee, 1989. A study on the genetic variations in erythrocyte lysates by two-dimensional gel electrophoresis. *Kor. J. Genet.* 11: 137-146.
- Podliachouk, L., M. Kaminski, A. nav de Weghe, Y. Bouquet, J. Zwolinski and S. Siudzinski, 1975. Marqueurs genetiques sanguins chez les chevaux de course. *Annales de Senetique et de Selection Animale.* 7: 339-355.
- Pollitt, C.C. and K. Bell, 1980. Protease inhibitor system in horses: classification and detection of a new allele. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 11: 235-244.
- Romagnoli, A., G. Lubas, G. Mengozzi and G. Guidi, 1984. Genetic markers in the blood of the Italian Standardbred Trotter horse. *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 15: 137-141.
- Sandberg, K., 1974. Blood typing of horses current status and application to identification problems. In: *Proceedings of the 1st world congress of Genetics applied to Live stock production*(Madrid, 1974). vol. 1: 253-265.

- Schleger, W. and G. Mayrhofer, 1973. Genetic relationships between horses. Haflinger Noriker and Austrian Trotters. *Anim. Blood groups. Biochem. Genet.* 4: 3-10.
- Scott, A.M., 1977. Prealbumin: the single most useful system in thoroughbred horse blood typing(abstract). *Animal Blood Groups and Biochem. Genet.* 8 (suppl. 1): 19.
- Smithies, O., 1955. Zone electrophoresis in starch gels group variations in the serum protein of normal human adults. *Biochem. J.* 61: 629-641.
- Tipler, T.D., S. Dunn and T. Jenkins, 1982. Phosphoglucomutase first locus polymorphism as revealed by isoelectric focusing in Southern Africa. *Hum. Hered.* 32: 80-93.
- Tomaszewska-Guszkiewicz, K., 1987. Genetic variation of the 6-PGD, PGM and PHI system in four breeds of horses in poland. *Animal Genetics* 18(sup. 1): 70.
- 정안나, 1985. 제주도산 조랑말 혈청중에 haptoglobin과 transferrin phenotype의 분포에 관한 연구. 제주대학교 교육대학원 석사학위 논문.