

제주마의 혈액형에 관한 연구

II. 혈액 단백질형

조길재 · 김봉환* · 이두식** · 이경갑**

한국마사회 · 경북대학교 수의과대학*

제주대학교 수의학과**

(2000년 5월 3일 게재승인)

Genetic studies of blood markers in Cheju horses

II. Blood protein types

Gil-jae Cho, Bong-hwan Kim*, Du-sik Lee**, Kyoung-kap Lee**

Korea Racing Association

*College of Veterinary Medicine, Kyungpook National University**

*Department of Veterinary Medicine, Cheju National University***

(Accepted by May 3, 2000)

Abstract : The present study was carried out to investigate the blood markers of Cheju horses. The blood protein types (biochemical polymorphism) were tested from 73 Cheju native horses (CNH) and 118 Cheju racehorses (CRH) by horizontal polyacrylamide gel electrophoresis (HPAGE), isoelectric focusing (IEF) and starch gel electrophoresis (SGE). At the same time, their phenotypes and gene frequencies were studied.

The biochemical polymorphism phenotypes observed with high frequency were A1B-KK(97.3%), ALB-AB(49.3%), AP-SS(100%), ES-II(30.1%), GC-FF(87.7%), HB-BIBI(49.3%), TF-F2R(41.1%), TF-EF2(8.2%), PGD-FF(97.3%), PGM-SS(50.7%), GPI-II(74.0%) in CNH, While A1B-KK(99.2%), ALB-BB(50.8%), AP-SS(99.2%), ES-II(42.4%), ES-IS(14.4%), GC-FF(95.8%), HB-BIB II (39.8%), TF-F2R(21.2%), PGD-FF(77.1%), PGD-SS(4.3%), PGM-SS(72.9%), GPI-II(90.7%) in CRH.

Alleles observed with high frequency were A1B^K(0.986), ALB^B(0.616), AP^S(1.000), ES^I(0.479), ES^F(0.274), GC^F(0.938), GPI^I(0.856), HB^{BI}(0.685), PGD^F(0.993), PGM^S(0.753), TF^{F2}(0.404), TF^R(0.397) in CNH and A1B^K(0.996), ALB^B(0.720), AP^S(0.996), ES^I(0.661), ES^F(0.203), GC^F(0.979), GPI^I(0.936), HB^{BI}(0.534), PGD^F(0.864), PGM^S(0.852), TF^{F2}(0.428), TF^R(0.272) in CRH. TF^E(0.041) allele and silent gene (ES^{I'} : 0.014) were observed in CNH.

The mean heterozygosity in CNH and CRH was observed 0.2974 and 0.2864, respectively.

Key words : biochemical polymorphism, allele, phenotype, heterozygosity.

서 론

말의 혈액형은 표준 항혈청을 이용한 적혈구항원형과 전기영동법에 의한 혈액단백질형으로 분류하여 친자관계를 확인하고 개체를 식별함으로써 말에서는 주로 혈통등록 및 번식등록에 응용되고 있다. 말의 혈액단백질형은 모든 말의 품종을 대상으로 연구한 결과 16개 좌위 (A1B glycoprotein : A1B, Albumin : ALB, Acid phosphatase : AP, Carbonic anhydrase : CA, Catalase : CAT, NADH-diphosphorase : DIA, Carboxylesterase : ES, Vitamin D binding protein : GC, Glucose phosphate isomerase : GPI, Hemoglobin-a : HB, Peptidase A : PEPA, 6-phosphogluconate dehydrogenase : PGD, Phosphoglucomutase : PGM, Protease inhibitor : PI, Plasminogen : PLG, Transferrin : TF) 8개의 대립유전자 즉, A1B^{F,K,S}, ALB^{A,B,I}, AP^{F,S}, CA^{E,F,I,L,O,S}, CAT^{F,S}, DIA^{F,S}, PLG^{1,2}, GC^{F,S}, ES^{F,G,H,I,L(M),O,R,S}, HB^{A,A2,B1,B2(C),N,V}, PEPA^{F,S}, PGD^{D,F,S}, PGM^{F,S,V}, GPI^{F,I,L,S}, TF^{D,D2,E,F1,F2,F3,G,H1,H2,I,M,O,R}, PI^{F,G,H,I,K,L,L2,N,O,P,Q,R,S,T,U,V,W,Z}이 분류되어 있으나 더러브렛종에서는 8개 좌위(A1B, ALB, GC, ES, HB, PGD, TF, PI)를 국제최소검사항목으로 지정하여 국제간 검사 표준화를 도모하고 있다¹⁻³.

말의 혈액단백질형은 전분(starch)이나 폴리아크릴아마이드(polyacrylamide) 겔 지지체를 이용한 전기영동법에 의해서 혈액내의 특정 단백질 및 효소를 지배하는 유전자 좌위에 존재하는 대립유전자를 단백질 및 효소의 분자량에 의한 전하차이에 의해서 분리하고 전기적 이

동거리의 순서에 따라 약정된 국제적 명명법에 준하여 분류한 것으로서 말에서는 친자감정 및 개체식별에 이용하고 있다.

한국의 재래마인 제주마는 질병에 강하고 체구가 작은 말로서 천연기념물 제347호로 지정되어 특별히 관리되고 있으며 일부는 일반농가에 분양되어 제주경마장내 경주마로도 활용되고 있다. 현재 제주도내에서 사육되고 있는 말의 품종중 개량종인 더러브렛종과 재래종인 제주마의 교잡에 의한 잡종화가 우려되고 있어 제주마의 순수혈통 보존을 위한 유전자원의 확보차원에서 제주마에 대한 연구의 중요성이 증대되고 있다. 국내에서 제주마의 혈액단백질형에 대한 연구는 몇몇 학자들에 의해 보고된 바 있으나 대상마의 구별이 곤란하여 순수 제주마에 대한 결과는 미흡한 실정이다⁴⁻⁶.

본 연구는 제주마의 혈통보존 및 제주경주마의 혈통등록을 시행함에 있어서 기초자료를 마련할 목적으로 제주도에서 사육되고 있는 제주마 및 제주경주마를 대상으로 혈액단백질형의 표현형 분포와 유전자 빈도에 대한 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료 : 제주도 축산진흥원에서 사육중인 제주마 73두와 제주경마장에서 사육중인 경주마 118두를 대상으로 하였다. 재료는 말의 경정맥으로부터 Plain 튜브 (Becton Dickinson, USA)로 채혈한 혈액을 원심분리하여 혈청 및 혈구를 이용하였다.

Table 1. Lists of staining reagents for protein polymorphisms

Protein polymorphism	Staining reagents
ALB	Amido black 1g make up to 1,000ml with destain sol. (Acetic acid : Methanol : DW = 1 : 5 : 5)
PGD	0.2g agar, NADP 4mg, PMS 6mg, MTT 8mg and 6-PG 10ml make up to 0.1M Tris buffer 40ml
A1B, GC, TF	Coomassie brilliant blue G 1g and 60% Perchloric acid 60ml make up to 1,000ml with DW
ES	0.19M Trisaminomethane 200ml, Fast blue B salt 30mg, 0.05M Citric acidmonohydrate 150ml and 1% α-Naphthyl acetate 8ml mixed
PGM, GPI	NADP 4mg, MTT 8mg, PMS 6mg with 0.1M Tris buffer 12ml, G6PD 10ul, G1P 50mg(PGM), F6P 30mg(GPI)
AP	0.05M Citrate sol. 20ml(Na citrate sol. 200ml and citric acid 26ml) and Phenophalein diphosphate pentasodium salt 50mg mixed

혈청단백질의 유전적 다형분석 : 혈청단백질인 ALB, GC, A1B의 유전적 다형분석은 Yokohama *et al*⁹의 방법에 준하여 폴리아크릴아마이드 겔(Horizontal polyacrylamide gel electrophoresis : HPAGE)로 전기영동하여 염색 후 건조시켜 결과를 판독하였으며 ES와 TF는 폴리아크릴아마이드 겔 전기영동 및 Yokohama와 Mogi¹⁰의 방법을 응용하여 등전점(Isoelectric electrophoresis : IEF) 전기영동법으로 분석하였다.

혈구단백질의 유전적 다형분석 : HB 좌위는 Yokoha-

ma와 Mogi¹¹의 방법에 따라 등전점 전기영동후 염색치 않은 상태로 결과를 판독하였고 혈구효소형 PGM, GPI, PGD, ALB, AP의 유전적 다형분석은 Sandberg¹²의 방법을 응용하여 전분 겔로 전기영동한 후 염색하여 결과를 판독하였다. 각각의 다형검출에 사용한 염색액의 조성은 Table 1에서 보는 바와 같다.

유전자 빈도의 추정 : 혈액단백질형의 각 유전자 좌위에 대한 유전자 빈도의 산출은 Pirchner¹³의 simple gene counting 및 Andersson¹⁴의 방법에 따라서 추정하였다.

Table 2. Frequencies of serum protein polymorphisms in Cheju native horse and Cheju racehorse

Locus	Phenotype	No.(%) of horse		Locus	Phenotype	No.(%) of horse	
		CNH	CRH			CNH ¹	CRH ²
A1B	FK	0(0.0)	1(0.8)	ES	FF	9(12.3)	8(6.8)
	KK	71(97.3)	117(99.2)		FI	16(21.9)	28(23.7)
	KS	2(2.7)	0(0.0)		FG	5(6.8)	3(2.6)
ALB	AA	10(13.7)	8(6.8)	FH	FH	1(1.4)	0(0.0)
	AB	36(49.3)	50(42.4)		FS	0(0.0)	1(0.8)
	BB	27(40.0)	60(50.8)		HI	1(1.4)	0(0.0)
GC	FF	64(87.7)	113(95.8)	HH	1(1.4)	0(0.0)	
	FS	9(12.3)	5(4.2)	II	22(30.1)	50(42.4)	
TF	DF1	0(0.0)	1(0.8)	GI	9(12.3)	11(9.3)	
	DF2	0(0.0)	14(11.9)	GG	7(9.6)	0(0.0)	
	DF3	0(0.0)	1(0.8)	MM	1(1.4)	0(0.0)	
	DH2	0(0.0)	2(1.7)	IS	0(0.0)	17(14.4)	
	DD	0(0.0)	3(2.6)	I ⁰ T ⁰	1(1.4)	0(0.0)	
	DR	2(2.7)	18(15.3)	TF	F2H1	0(0.0)	1(0.8)
	FIH2	0(0.0)	1(0.8)	F2O	6(8.2)	8(6.8)	
	H2R	0(0.0)	4(3.4)	RR	8(11.0)	8(6.8)	
	H2O	1(1.4)	0(0.0)	F2H2	1(1.4)	1(0.8)	
	OR	10(13.7)	0(0.0)	F1F2	0(0.0)	4(3.4)	
	F1R	0(0.0)	1(0.8)	F2R	30(41.1)	25(21.2)	
	OO	1(1.4)	1(0.8)	F1O	0(0.0)	1(0.8)	
	F2F2	8(10.9)	24(20.3)	EF2	6(8.2)	0(0.0)	

¹⁾ Cheju native horse, ²⁾ Cheju racehorse.

결 과

혈청단백질의 유전적 다형분석 : 공시재료 191두에 대한 혈청단백질의 유전적 다형을 분석한 결과는 Table 2에서 보는 바와 같다. 혈청단백질형 A1B 좌위의 KK 표현형은 제주마 및 제주경주마에서 각각 71두(97.3%), 117두(99.2%)로 높게 나타난 반면 KS는 제주마에서 2두(2.7%), FK는 제주경주마에서 1두(0.8%)만이 검출되어 낮은 빈도를 나타내었다. ALB 좌위는 제주마에서 AB 표현형이 36두(49.3%), 제주경주마에서 BB가 60두(50.8%)로 높은 빈도를 나타냈다. ES 좌위는 제주마 및 제주경주마 모두에서 각각 II 표현형이 22두(30.1%), 50두(42.4%), FI 표현형이 16두(21.9%), 28두(23.7%)로 높게 나타났으며 제주경주마에서 IS 표현형이 17두(14.4%)인 반면 제주마에서는 한 두도 관찰되지 않았다.

또한 GC 좌위는 제주마 및 제주경주마 각각에서 표현형 FF가 64두(87.7%), 113두(95.8%)로 높게 나타났다. 혈액단백질형 16개 좌위중 다양한 표현형을 나타내고 있는 TF 좌위는 제주마에서 F2R 표현형이 30두(41.1%), OR 10두(13.7%), RR 8두(11.0%)순으로 관찰되었으며 제주경주마는 F2R 25두(21.2%), F2F2 24두(20.3%), DR 18두(15.3%) 순으로 나타났다. 또한 제주마에서 EF2 표현형이 6두(8.2%)로 나타났으나 제주경주마에서는 한 두도 관찰되지 않았다.

혈구효소형의 유전적 다형분석 : 공시재료 191두에 대한 혈구효소형의 유전적 다형을 분석한 결과는 Table 3에서 보는 바와 같다.

HB 좌위는 제주마의 경우 B I B I 표현형이 36두(49.3%), B I B II가 28두(38.4%)인 반면 제주경주마는 B I B II가 47두(39.8%), B I B I 이 37두(31.4%)로 나타나 B I B I의 경우 제주경주마가 제주마에 비해 낮은 빈도를 보였다. PGD 좌위는 제주마 및 제주경주마 모두에서 FF 표현형이 72두(97.3%), 91두(77.1%)로 높게 나타났으며 SS 표현형은 제주마에서 한 두도 없는 반면 제주경주마에서는 5두(4.3%)로 나타났다. PGM 좌위는 제주마 및 제주경주마에서 SS 표현형이 37두(50.7%), 86두(72.9%)로서 비슷한 반면 FS 표현형은 제주마에서 36두(49.3%)로서 제주경주마 7두(5.9%)보다 높은 빈도를 보였고 제주경주마의 SV 표현형이 22두(18.6%)로 높은 빈도를 보인 반면 제주마에서는 한 두도 관찰되지 않았다.

Table 3. Frequencies of redcell protein polymorphisms in Cheju native horse and Cheju racehorse

Locus	Phenotype	No.(%) of horse	
		CNH ¹	CRH ²
HB	AA	0(0.0)	2(1.7)
	AB I	0(0.0)	5(4.2)
	AB II	4(5.5)	13(11.0)
	B I B I	36(49.3)	37(31.4)
	B I B II	28(38.4)	47(39.8)
	B II B II	5(6.8)	14(11.9)
PGD	FF	72(97.3)	91(77.1)
	FS	1(2.7)	22(18.6)
	SS	0(0.0)	5(4.3)
PGM	FF	0(0.0)	3(2.6)
	FS	36(49.3)	7(5.9)
	SS	37(50.7)	86(72.9)
GPI	SV	0(0.0)	22(18.6)
	FF	0(0.0)	4(3.4)
	FI	17(23.3)	7(5.9)
AP	II	54(74.0)	107(90.7)
	SS	2(2.7)	0(0.0)
AP	FS	0(0.0)	1(0.8)
	SS	73(100)	117(99.2)

¹⁾Cheju native horse, ²⁾Cheju racehorse.

GPI 좌위는 제주마 및 제주경주마에서 각각 II 표현형은 54두(74.0%), 107두(90.7%)로 높게 나타났으며 AP 좌위에서는 SS 표현형이 73두(100%), 117두(99.2%)로 높은 빈도를 보였다.

혈액단백질형의 유전자 빈도 : 혈액단백질형의 유전자 빈도는 Table 4에서 나타낸 바와 같다.

혈액단백질형의 유전자 빈도를 조사한 결과, 제주마 및 제주경주마에서 각각 A1B^K(0.986, 0.996), ALB^B(0.616, 0.720), AP^S(1.000, 0.996), ES^I(0.479, 0.661), ES^F(0.274, 0.203), GC^F(0.938, 0.979), GPI^I(0.856, 0.936), HB^{BI}(0.685, 0.534), PGD^F(0.993, 0.864), PGM^S(0.753, 0.852), TF^{F2}(0.404,

Table 4. Gene frequencies of protein polymorphisms in Cheju native horse and Cheju racehorse

Locus	Allele	Gene frequency		Locus	Allele	Gene frequency		
		CNH	CRH			CNH ¹	CRH ²	
A1B	F	0.000	0.004	GPI	F	0.117	0.064	
	K	0.986	0.996		I	0.856	0.936	
	S	0.014	0.000		S	0.027	0.000	
PGM	F	0.247	0.055	HB	A	0.027	0.093	
	S	0.753	0.852		B I	0.685	0.534	
	V	0.000	0.093		B II	0.288	0.373	
AP	F	0.000	0.004	PGD	F	0.993	0.864	
	S	1.000	0.996		S	0.007	0.136	
TF	D	0.014	0.177	ES	F	0.274	0.203	
	E	0.041	0.000		G	0.192	0.060	
	F1	0.000	0.034		H	0.027	0.000	
	F2	0.404	0.428		I	0.479	0.661	
	F3	0.000	0.004		I ⁰	0.014	0.000	
	H1	0.000	0.004		M	0.014	0.000	
	H2	0.014	0.034		S	0.000	0.076	
	O	0.130	0.047		GC	F	0.938	0.979
	R	0.397	0.272			S	0.062	0.021
ALB	A	0.384	0.280					
	B	0.616	0.720					

¹⁾ Cheju native horse, ²⁾ Cheju racehorse.

0.428), TF^R(0.397, 0.272) 대립유전자에서 높은 유전자 빈도를 보였다. 반면 제주마에서 A1B^F, PGM^V, AP^F, TF^{F1, F3, H1}, ES^S 대립유전자에서 유전자 빈도가 0.000으로 나타났으며 제주경주마에서는 A1B^S, GPI^S, ES^{H1, I, M} 대립유전자가 0.000을 나타냈다. 또한 제주마에서 TF^E(0.041) 대립유전자와 ES^I 대립유전자의 silent 대립유전자인 ES^{I'}(0.014) 대립유전자가 관찰되었다.

혈액단백질형의 heterozygosity : 혈액단백질형에 대한 heterozygosity는 Table 5에서 보는 바와 같다. 제주마의 heterozygosity는 AP 좌위에서의 0.0000에서 ES 좌위의 0.6441로서 평균 0.2974를 보였으며 제주경주마는 AP와 A1B 좌위의 0.0080에서 TF 좌위의 0.7071로서 평

균 0.2864을 보여 제주마가 다소 높게 나타났다.

고 찰

가축의 혈액단백질 다형에 관한 연구는 1955년 Smithies가 전분 겔 전기영동법을 개발한 이래 혈청 및 혈구의 단백질과 효소의 유전적 다형에 대한 유전변이에 집중되고 있으며 그 연구결과는 집단의 유용한 genetic marker로서 이용되고 있다. 말에서의 혈액단백질형은 번식등록과 혈통등록시 주로 개체식별 및 친자확인을 목적으로 이용되고 있다²⁻³.

제주마의 혈액단백질형에 관해서는 국내·외에서 몇

Table 5. Heterozygosity of blood proteins in Cheju native horse and Cheju racehorse

Locus	Heterozygosity	
	CNH ¹	CRH ²
A1B	0.0276	0.0080
ALB	0.4731	0.4032
AP	0.0000	0.0080
ES	0.6441	0.5125
GC	0.1163	0.0411
GPI	0.2528	0.1198
HB	0.4471	0.5671
PGD	0.0139	0.2350
PGM	0.3720	0.2624
TF	0.6271	0.7071
Mean	0.2974	0.2864

¹⁾ Cheju native horse, ²⁾ Cheju racehorse.

몇 학자에 의해 보고된 바 있다. 국내에서 정 등^{4,5}은 제주마 116두를 대상으로 혈액단백질형을 조사한 결과 ALB 좌위에서 AA 표현형이 18두(15.5%), AB 표현형이 47두(40.5%), BB 표현형이 51두(44.0%)였으며, A1B^A 대립유전자의 빈도는 0.358, ALB^B 대립유전자의 빈도는 0.642로 보고한 바 있다. 또 TF 좌위에서는 FR 표현형이 34두(29.3%), FF 표현형이 33두(28.5%), RR 표현형이 15두(12.9%)로서 높은 빈도를 보였고 대립유전자의 출현빈도는 TF^D, TF^F, TF^H, TF^O, TF^R가 각각 0.065, 0.496, 0.034, 0.060, 0.345로 보고하였다. A1B 좌위는 KK 표현형이 108두(93.1%), FK 표현형이 8두(6.9%)로서 A1B^F 대립유전자의 빈도는 0.034, A1B^K 대립유전자의 빈도는 0.996으로 보고한 바 있다. AP 좌위에서는 FS 표현형이 2두(1.7%), SS 표현형이 114두(98.3%)이며 AP^F 대립유전자의 빈도는 0.009, AP^S 대립유전자의 빈도는 0.991로 보고한 바 있다. 한 등⁶은 제주마 114두를 대상으로 HB 좌위의 유전자 빈도를 조사한 결과 대립유전자 HB^A(0.1097), HB^B(0.6096), HB^{III}(0.2807)의 빈도를 보고한 바 있다.

또 Oh *et al.*⁸이 제주마 269두를 대상으로 유전자 빈도를 조사한 결과 ALB 좌위의 유전자 빈도는 ALB^A(0.

398), ALB^B(0.602), ES 좌위는 ES^F(0.266), ES^I(0.712), ES^S(0.022)를 보고하였으며 211두의 제주마에서 HB 좌위를 분석한 결과 HB^A(0.120), HB^B(0.620), HB^{III}(0.260)로 나타났다. 212두를 대상으로 한 PGD 좌위는 PGD^F(0.823), PGD^S(0.566), 183두를 대상으로 한 PGM 좌위에서는 PGM^F(0.434), PGM^S(0.566)로 보고하였으며 유전자 빈도를 토대로 heterozygosity를 조사한 결과 평균 0.329로 보고한 바 있다.

국외에서 제주마를 대상으로 혈액단백질형을 연구한 결과는 우리와 인접한 일본에서 찾아 볼 수 있다. 일본의 Nozawa *et al.*¹⁵은 제주마 86두를 대상으로 혈액단백질형의 유전자 빈도를 조사한 결과 ALB 좌위는 ALB^A(0.422), ALB^B(0.578), GC 좌위에서는 GC^F(0.764), GC^S(0.236), ES 좌위는 ES^F(0.340), ES^I(0.496), ES^S(0.005), A1B 좌위에서는 A1B^D(0.063), A1B^F(0.994)를 보고한 바 있다. 또 일본의 Yokohama *et al.*¹⁶은 일본 재래마를 대상으로 HB 좌위에서 유전자 빈도를 조사한 결과 Hokkaido native horse에서 HB^B(0.494), HB^{III}(0.333), HB^A(0.173)으로 보고한 바 있고 제주마를 포함한 다양한 재래품종에 대해서 TF 및 ES 좌위의 유전자 빈도를 조사한 결과¹⁷ 제주마에서 TF 좌위의 유전자 빈도는 TF^D(0.039), TF^{F2}(0.461), TF^{H2}(0.026), TF^{III}(0.007), TF^O(0.072), TF^R(0.375)로 보고하였으며 ES 좌위의 유전자 빈도는 ES^F(0.204), ES^G(0.178), ES^H(0.007), ES^I(0.553), ES^O(0.059)로 보고한 바 있다.

제주마 및 제주경주마 191두를 대상으로 10개 좌위의 혈액단백질형의 유전자 빈도를 조사한 결과 제주마 및 제주경주마에서 각각 A1B^K(0.986, 0.996), ALB^B(0.616, 0.720), AP^S(1.000, 0.996), ES^I(0.479, 0.661), ES^F(0.274, 0.203), GC^F(0.938, 0.979), GPI^I(0.856, 0.936), HB^B(0.685, 0.534), PGD^F(0.993, 0.864), PGM^S(0.753, 0.852), TF^{F2}(0.404, 0.428), TF^R(0.397, 0.272) 대립유전자에서 높은 유전자 빈도로 관찰되어 종전의 연구에 보고되었던^{4-6,8,15-17} 성적과 유사하였다. 또 유전자 빈도를 토대로 heterozygosity를 조사한 결과 제주마는 평균 0.2974, 제주경주마는 평균 0.2864로 나타나 Oh *et al.*⁸이 보고한 0.329 보다는 낮게 나타나 차이가 인정되었는데 이는 본 실험결과 AP 좌위 및 A1B 좌위에서 다양한 대립유전자가 관찰되지 않은 것에 기인된 것으로 생각되며 혈액단백질형의 평균 heterozygosity가 낮은 것은 PI 좌위를 포함시키지 않은 것과도 관련이 있을 것으로 사료된다. 또한 제주마에서 TF^E 대립유전자가 관찰되었는데 TF^E 대립유전자는 폴리머

크릴아마이드 전기영동시 TF^D 대립유전자의 분획위치와 유사하여 판독하기가 매우 어려우나 등전점 전기영동법으로 검사하면 분획의 위치가 명확하게 구별되어 판독이 가능하다는 것을 본 실험을 통해서 알 수 있었다.

이상의 결과를 종합하여 볼 때 제주마의 혈통보존 및 제주경주마의 혈통등록을 시행함에 있어서 기존의 적혈구항원형과 혈액단백질형 중에서 다양한 대립유전자를 가지고 있으며 부권부정율이 높은 좌위를 선택할 수 있는 기초자료로 활용이 가능할 것으로 생각되며 이와 함께 microsatellite에 대한 유전자형 연구도 병행함으로써 더욱 더 정확한 친자확인 및 개체식별이 이루어질 것으로 사료된다.

결 론

제주마의 혈통보존 및 제주경주마의 혈통등록을 시행함에 있어서 기초자료를 마련할 목적으로 제주마 및 제주경주마 191두에 대한 혈액단백질 다형의 표현형 분포와 유전자 빈도를 조사한 결과 다음과 같은 성적을 얻었다.

혈액단백질형 10개 좌위에서 제주마는 A1B-KK 71두(97.3%), ALB-AB 36두(49.3%), AP-SS 73두(100%), ES-II 22두(30.1%), GC-FF 64두(87.7%), HB-B I B I 36두(49.3%), TF-F2R 30두(41.1%), TF-EF2 6두(8.2%), PGD-FF 72두(97.3%), PGM-SS 37두(50.7%), GPI-II 54두(74.0%)로 표현형이 높은 분포를 보인 반면, 제주경주마에서는 A1B-KK 117두(99.2%), ALB-BB 60두(50.8%), AP-SS 117두(99.2%), ES-II 50두(42.4%), ES-IS 17두(14.4%), GC-FF 113두(95.8%), HB-B I B II 47두(39.8%), TF-F2R 25두(21.2%), PGD-FF 91두(77.1%), PGD-SS 5두(4.3%), PGM-SS 86두(72.9%), GPI-II 107두(90.7%)로 높은 표현형이 관찰되었다.

혈액단백질형의 유전자 빈도를 조사한 결과, 제주마는 A1B^K(0.986), ALB^B(0.616), AP^S(1.000), ES^I(0.479), ES^F(0.274), GC^F(0.938), GPI^I(0.856), HB^{BI}(0.685), PGD^F(0.993), PGM^S(0.753), TF^{F2}(0.404), TF^R(0.397) 대립유전자에서 높은 유전자 빈도를 보였고 A1B^F, PGM^V, AP^F, TF^{F1,F3,H1} ES^S 대립유전자에서 유전자 빈도가 0.000으로 나타났으며, 제주경주마에서는 A1B^K(0.996), ALB^B(0.720), AP^S(0.996), ES^I(0.661), ES^F(0.203), GC^F(0.979), GPI^I(0.936), HB^{BI}(0.534), PGD^F(0.864), PGM^S(0.852), TF^{F2}(0.428), TF^R(0.272) 대립유전자에서 높은 유전자 빈도를 보였고 A1B^S, GPI^S, ES^{H1,M}

대립유전자는 0.000을 나타냈다. 또한 제주마에서 TF^S(0.041) 대립유전자와 ES^I 대립유전자의 silent 대립유전자인 ES^{I'}(0.014) 대립유전자가 관찰되었다.

제주마와 제주경주마의 평균 이형접합도는 각각 0.2974, 0.2864로 관찰되었다.

참 고 문 헌

1. Miura N. Blood typing service in light-breed horses. *Jpn J Equine Sci*, 4:187-190, 1994.
2. 조길재, 김택수, 김봉환. 말 혈액형 검사를 위한 표준항혈청 생산. 한국수의공중보건학회지, 21(4):333-338, 1997.
3. Bowling AT. Horse genetics. P82-96, CAB International, 1996.
4. 鄭義龍, 韓相基, 申裕澈 등. 濟州在來馬의 血清, 血球蛋白質 및 酵素의 生化學的 遺傳形質에 關한 研究 I. 血清蛋白質의 遺傳的 多型現象. 韓畜誌, 32(6): 298-308, 1990.
5. 鄭義龍, 韓相基, 申裕澈 등. 濟州在來馬의 血清, 血球蛋白質 및 酵素의 生化學的 遺傳形質에 關한 研究 II. 血球酵素의 遺傳的 多型現象. 韓畜誌, 32(10): 581-587, 1990.
6. 韓相基, 鄭義龍, 申裕澈 등. 等電點電氣泳動法에 의한 濟州在來馬 Hb 蛋白質의 遺傳的 多型現象에 關한 研究. 韓畜誌, 34(6):338-342, 1992.
7. Han SK, Byun HD, Kim DR, et al. Genetic analysis of the Cheju native horses. *Pros 26th ISAG Conf Anim Blood Grps Biochem Polymorphism*, P16, 1998.
8. Oh MU, Ko MH, Kim GO, et al. Genetic variations of the blood proteins in Cheju native horses. *Korean J Genetics*, 14(1):39-50, 1992.
9. Yokohama M, Watanabe Y, Gawahara H, et al. Horizontal polyacrylamide gel electrophoresis for equine serum protein types. *J Anim Genetics*, 15:22-27, 1987.
10. Yokohama M, Mogi K. Detection of the Protease Inhibitor(Pi) Systems of the Light Breed Horses by Isoelectric Focusing. *Jpn J Zootech Sci*, 56(11):883-888, 1985.
11. Yokohama M, Mogi K. Polymorphism of Equine Hemoglobin by the Isoelectric Focusing Method. *Jpn J*

- Zootech Sci*, 54(12):794-797, 1983.
12. Sandberg K. Phosphohexose isomerase polymorphism in horse erythrocytes. *Anim Blood Grps Biochem Genet*, 4:79-82, 1973.
 13. Prichner F. Population genetics in animal breeding. Freeman Company, San Fransisco, 1983.
 14. Andersson L. The estimation of blood group gene frequencies: a note on the allocation methods. *Anim Blood Grps Biochem Genet*, 16:1-7, 1985.
 15. Nozawa K, Shotake T, Ito S, *et al.* Phylogenetic Relationships among Japanese Native and Alien Horses Estimated by Protein Polymorphisms. *J Equine Sci*, 9(2):53-69, 1998.
 16. Yokohama M, Watanabe Y, Mogi K. On the Hemoglobin Types of Japanese Native Horses. *Jpn J Zootech Sci*, 56(8):624-627, 1985.
 17. Yokohama M, Watanabe Y, Kobayashi E, *et al.* Classification for Transferrin and Esterase Types in Horses. *Jpn J Zootech Sci*, 60(2):115-120, 1989.
-