

개체식별 및 친자판정을 위한 말의 적혈구항원형에 관한 연구

조길재* · 조병욱¹

한국마사회 유전자검사실, ¹밀양대학교 동물자원학과

Received July 9, 2004 / Accepted August 16, 2004

Genetic Studies of Redcell Types for Individual Identification and Parentage Verification in Horse Breeds. Gil-jae Cho* and Byung-wook Cho¹. Laboratory of Equine Genetics, Korea Racing Association, Gwacheon 427-711, Korea, ¹Department of Animal Science, Miryang National University, Miryang 627-702, Korea – The present study was carried out to investigate the redcell types of horse breeds. A total of 210 horses (73 Korean native horses, 118 crossbreed horses, and 19 Mongolian horses) were tested a redcell types by serological procedure, and their phenotypes and gene frequencies were estimated. The blood groups phenotypes observed with highest frequency were Aa (27.4%, 63.6%, 63.2%), Ca (97.3%, 94.9%, 89.5%), K- (97.3%, 99.2%, 84.2%), Pa (39.7%, 44.9%, 42.1%), and Ua (71.2%, 70.3%, 63.2%) in the Korean native horse, crossbreed horse, and Mongolian horse, respectively. In the D system and Q system, phenotypes observed with highest frequency were Dbcm/dghm (12.3%), Dbcm/cgm (14.4%), Dcgm/dghm (15.8%), and Qc (56.2%), Qabc (36.4%), Qc (31.6%) in the Korean native horse, crossbreed horse, and Mongolian horse, respectively. Alleles observed with highest frequency were A- (0.287), Ca(0.827), Ddghm (0.226), K- (0.985), Pa (0.358), Qc (0.494), U-(0.529) in the Korean native horse, Aa (0.529), Ca (0.776), Dbcm (0.306), K- (0.995), P- (0.531), Q- (0.504), U- (0.548) in crossbreed horse, and Aa (0.421), Ca (0.895), Ddghm (0.421), K- (0.842), Pa (0.447), Qc (0.448), Ua (0.632) in Mongolian horse. Dcfcgk and D- alleles were not detected in these horses. These results present basic information for estimating the genetic relationships between the Korean native horse, and developing a system for parentage verification and individual identification in these horses.

Key words – Allele, blood groups, phenotype, parentage verification

협의를 의미에서 가축의 혈액형은 적혈구항원형에 국한하고 있으나, 광의의 의미로서는 혈액단백질형도 포함하고 있다[4-7,17,18]. 혈액형은 주로 수혈시 부작용의 예방, 프리마틴의 조기판정, 집단 유전적 유연관계의 규명 등에 응용되고 있으나 말에서는 주로 혈통등록을 목적으로 친자확인 및 개체식별에 이용되고 있다. 국내에서 더러브렛종 말과 제주말의 등록기관은 축산법에 따라 각각 한국마사회와 제주도로 지정되어 있으며 유전자형을 포함한 혈액형 검사와 모색 유전의 법칙을 토대로 개체식별 및 친자확인 후 국내산 말의 혈통등록을 시행하고 있다[5].

말의 혈액형은 친자관계를 확인하고 개체식별을 위한 가장 과학적인 수단으로 현재 통용되고 있으며 표준항혈청을 이용한 적혈구항원형과 전기영동에 의한 혈액단백질형으로 분류하고 있다. 말의 적혈구항원형은 다른 가축처럼 사람의 ABO식을 토대로 발전되었으며 현재는 7개 시스템 34종의 혈액형인자에 의한 59개의 대립유전자, 즉 A^a, A^{adf}, A^{adg}, A^{abdf}, A^{abdg}, A^b, A^{bc}, A^{bce}, A^c, A^{ce}, A^e, A⁻, C^a, C⁻, D^{adl}, D^{adlrr}, D^{adlr}, D^{bcmq}, D^{cefgmq}, D^{cegimnq}, D^{efgkm}, D^{efmq}, D^{cgm}, D^{cgmp}, D^{cgmq}, D^{cgmr}, D^{cgmr}, D^{deklr}, D^{delop}, D^{delq}, D^{dfklr}, D^{dghmp}, D^{dghmq},

D^{dghmqr}, D^{dkl}, D^{dlnq}, D^{dlnqr}, D^{dlnr}, D^q, (D), K^a, K⁻, P^a, P^{ac}, P^{acd}, P^{ad}, P^b, P^{bd}, P^d, P⁻, Q^{abc}, Q^{bc}, Q^{ac}, Q^a, Q^b, Q^c, Q⁻, U^a, U⁻이 알려져 있으며 더러브렛종에서는 적혈구항원형 7개 시스템 21종을 최소검사항목으로 국제동물유전학회 및 국제혈통서위원회에서 지정하고 있다[5,9].

적혈구항원형의 검사는 적혈구 표면에 존재하는 항원을 혈청학적으로 검사하는 방법을 이용하고 있으며 이를 위해서는 하나의 항원에만 반응하는 항체를 지닌 항혈청이 필요하다. 항혈청은 동종 및 이종면역에 의해 생산된 항혈청을 흡착 시험을 통해 단일항체로 정제하여 주로 사용하고 있으나 최근에는 단클론 항체도 이용되고 있다[1,11].

국내에서 말의 사육은 주로 제주도가 옛부터 말의 고장이었으나 농경산업의 쇠퇴로 인해 말의 사육두수가 감소하다가 근년에 와서 국내의 경마 및 승마의 대중화로 인해 제주도를 포함하여 내륙에서도 더러브렛종 및 제주재래종과 관련된 말산업의 괄목할 만한 성장을 보이고 있다. 특히 제주도는 순수 제주조랑말인 제주마와 개량마인 더러브렛종의 교배로 인한 교잡마의 생산두수가 늘어날 가능성이 높으므로 제주마의 혈통관리 및 보호육성이 무엇보다도 중요시 되고 있다. 특히, 제주마는 1985년 천연기념물 제347호로 지정된 이래 현재는 제주도 차원에서 특별히 관리되고 있는 실정이다[5].

제주마의 개체식별과 관련된 많은 연구가 여러 학자들에 의해 진행되었으나 주로 혈액단백질형에 대한 연구로서 적

***Corresponding author**

Tel : +82-2-509-1933, Fax : +82-2-509-2672
E-mail : chogj@kra.co.kr

결 과

적혈구항원형에 관한 연구는 미비한 상태이며 특히 제주마의 기원을 파악하기 위해서는 주변 국가에서 사육되고 있는 재래종 말의 연구도 병행해야 할 것이다. 몽고마는 몽골지방의 초원에 반 야생적으로 사육되고 있는 재래종이다. 제주말과 비슷한 특징으로 체질이 강건하고 근육질이 단단하며 머리는 큰 편이고 꼬리털에 술이 많으며 추위와 거친 먹이에 잘 견디고 지구력이 강한 것으로 알려져 있다[8]. 한국이나 일본, 중국 등지에서 사육되고 있는 재래종 말은 몽고마와 가깝고 그 혈통이 섞여 있는 것으로 추정하고 있다[8]. 이와 같은 배경하에서 본 연구는 한국의 재래말인 제주마의 기원을 규명함과 동시에 제주마의 혈통보존을 위한 기초자료를 마련할 목적으로 국내에서 사육되고 있는 제주마와 교잡마, 그리고 몽고마를 대상으로 적혈구항원형에 대한 연구를 실시하였다.

재료 및 방법

공시재료

국내에서 사육중인 말 210두(제주마 73두, 제주경마장에서 사육중인 교잡마 118두, 몽고마 19두)를 대상으로 하였다. 재료는 말의 경정맥으로부터 Heparin 튜브(Becton Dickinson, USA)로 채혈한 혈액을 이용하였다. 채취된 혈액은 0.9% NaCl 용액으로 3회 세척하여 적혈구항원형 검사에 이용하였다.

보체의 제조

용혈반응에 필요한 보체는 토끼로부터 얻은 신선한 혈청을 0.9% NaCl용액으로 3회 세척한 말의 적혈구와 동량으로 혼합하여 4℃에서 2시간 흡착하여 토끼의 자연 용혈소 및 응집소를 제거한 후 실험에 이용하였다.

적혈구항원형 검사

호주 퀸스랜드 대학 말 유전학 연구소(Brisban, Queensland)로부터 구입한 표준항혈청 23종(Aa,Ab,Ac,Af,Ca,Da,Db,Dc,De,Df,Dg,Dh,Dk,Dm,Dn,Ka,Pa,Pb,Qa,Qb,Qc,Ua)에 대해서 96 well microplate (녹십자)를 이용하여 응집반응 및 용혈반응으로 적혈구항원형 검사를 실시하였다. 응집반응은 0.9% NaCl용액으로 3회 세척한 2% 적혈구 부유액 20 µl와 동량의 항혈청을 가하여 혼합한 다음 37℃에서 반응시킨 후 30분과 60분에 응집유무를 판독하였으며, 용혈반응은 상기의 용량에 20 µl의 보체(흡착 토끼혈청)를 혼합한 후 60분과 120분에 용혈상태를 판독하였다[5].

유전자 빈도의 추정

적혈구항원형의 각 좌위에 대한 유전자 빈도의 산출은 Pirchner의 simple gene counting 및 Andersson의 방법에 따라서 추정하였다[2,14].

적혈구항원형 분석

제주마를 포함하여 교잡마와 몽고마를 대상으로 표준항혈청 23종에 대해서 적혈구항원형을 검사한 결과는 Table 1과 2에서 보는 바와 같다.

Table 1에서 나타낸 바와 같이 적혈구항원형 A 시스템에서 제주마 및 교잡마의 표현형은 Aa, Aab, Aac, Ab, Abc, Ac, Aabc, A- 등 8종류로서 교잡마는 Aa가 75두(63.6%)로서 제주마 20두(27.4%)보다 높은 빈도인 반면 다른 표현형에서는 모두 제주마가 높은 빈도로 관찰되었고 몽고마는 Aa, Aab, Ab, A- 4종류로서 Aa가 12두(63.2%)로 가장 높은 빈도를 보였다.

C 시스템에서 제주마는 71두(97.3%), 교잡마는 112두(94.9%), 몽고마는 17두(89.5%)에서 Ca표현형이 검출되었고 C-표현형은 각각 2두(2.7%), 6두(5.1%), 2두(10.5%)를 나타냈다.

K 시스템의 K-표현형이 제주마 및 교잡마에서 각각 71두(97.3%), 117두(99.2%), 몽고마에서 16두(84.2%)를 보였고, P 시스템은 제주마 및 교잡마, 몽고마 모두에서 Pa, Pab, Pb, P- 4종류가 관찰되었으며 제주마는 Pa, Pb표현형이 많이 검출된 반면 교잡마와 몽고마는 Pa, P-표현형이 높게 관찰되었다. Q 시스템에서 제주마는 Qa, Qac, Qb, Qbc, Qc, Qabc, Q-표현형이 검출되었으나 교잡마에서는 Qab, Qb, Qbc, Qc, Qabc, Q-, 그리고 몽고마는 Qabc, Qbc, Qb, Qc, Q-표현형 등 5종류가 확인되었다. 제주마는 Qc, Qb표현형이 각각 41두(56.2%), 11두(15.1%)로 높게 보인 반면 교잡마는 Qabc 43두(36.4%), Q- 30두(25.5%), Qc 22두(18.6%), 그리고 몽고마는 Qc 6두(31.6%), Q- 6두(31.6%)표현형 순으로 높게 나타났다. 또한 U 시스템에서는 제주마 및 교잡마, 몽고마 각각에서 Ua표현형이 52두(71.2%), 83두(70.3%), 12두(63.2%), U-표현형이 각각 21두(28.8%), 35두(29.7%), 7두(36.8%)로 나타났다.

Table 2는 D 시스템의 유전자형을 나타낸 것으로서 제주마는 28개의 대립유전자형중 Dbcm/dghm (12.3%), Dde/dghm (9.6%), Dad/bcm (6.8%), Dcgm/de (6.8%)의 유전자형이 높은 빈도로 확인된 반면, 교잡마는 30개의 유전자형중 Dbcm/cgm (14.4%), Dbcm/bcm (10.2%), Dbcm/de (7.6%), Dbcm/dghm (5.1%), Dde/dk (5.1%), 그리고 몽고마는 13개의 대립유전자형중 Dcgm/dghm (15.8%), Ddghm/dghm (15.8%), Dad/dghm (10.5%), Dadn/dghm (10.5%)순으로 높은 빈도의 유전자형이 관찰되었다.

적혈구항원형의 유전자 빈도

적혈구항원형의 유전자 빈도는 Table 3에서 나타낸 바와 같다.

Table 3에서 보는 바와 같이 적혈구항원형의 유전자 빈도를 조사한 결과, A 시스템의 Aa대립유전자에서 교잡마(0.529)

Table 1. Analysis of blood groups in the Korean native horse, crossbreed horse, and Mongolian horse

System	Phenotype	KNH	CBH	MGH*
		No.(%) of horse	No.(%) of horse	No.(%) of horse
A	a	20 (27.4)	75 (63.6)	12 (63.2)
	ab	12 (16.4)	12 (10.2)	3 (15.8)
	ac	10 (13.7)	8 (6.8)	0 (0.0)
	b	8 (11.0)	1 (0.8)	2 (10.5)
	bc	3 (4.1)	3 (2.5)	0 (0.0)
	c	8 (11.0)	6 (5.1)	0 (0.0)
	abc	6 (8.2)	4 (3.4)	0 (0.0)
	-	6 (8.2)	9 (7.6)	2 (10.5)
C	a	71 (97.3)	112 (94.9)	17 (89.5)
	-	2 (2.7)	6 (5.1)	2 (10.5)
K	a	2 (2.7)	1 (0.8)	3 (15.8)
	-	71 (97.3)	117 (99.2)	16 (84.2)
P	a	29 (39.7)	53 (44.9)	8 (42.1)
	ab	13 (17.8)	12 (10.2)	1 (5.3)
	b	25 (34.3)	19 (16.1)	2 (10.5)
	-	6 (8.2)	34 (28.8)	8 (42.1)
Q	a	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)
	ab	0 (0.0)	1 (0.8)	0 (0.0)
	ac	2 (2.7)	0 (0.0)	0 (0.0)
	b	11 (15.1)	18 (15.3)	2 (10.5)
	bc	5 (6.8)	4 (3.4)	2 (10.5)
	c	41 (56.2)	22 (18.6)	6 (31.6)
	abc	5 (6.8)	43 (36.4)	3 (15.8)
	-	8 (11.0)	30 (25.5)	6 (31.6)
U	a	52 (71.2)	83 (70.3)	12 (63.2)
	-	21 (28.8)	35 (29.7)	7 (36.8)

*KNH: Korean native horse, CBH: crossbreed horse, MGH: Mongolian horse.

는 몽고마(0.421), 제주마(0.285)보다 높게 나타났으나 Ab, Ac 대립유전자에서는 제주마(0.128, 0.169)가 교잡마(0.023, 0.088)보다 높은 빈도로 관찰되었다. 그러나 Aab, Abc, Ac대립유전자는 몽고마에서 관찰되지 않았다. D 시스템에서는 Dad, Dadn, Ddghm대립유전자가 교잡마(0.008, 0.047, 0.093)보다 제주마(0.103, 0.075, 0.226)가 높은 빈도를 보였으며, Dd대립유전자는 제주마가 0.021인 반면 교잡마, 몽고마는 0.000이었고 Dcfm대립유전자는 제주마가 0.000인 반면 교잡마는 0.008, 몽고마는 0.026이었다. Dcefgm, Dceginm, Dd, Ddek, Ddn대립유전자는 몽고마에서 관찰되지 않았다. 또한 Dcfgk와 D-의 대립유전자는 모든 말에서 관찰되지 않았다. P 시스템은 Pb대립유전자가 교잡마(0.141)와 몽고마(0.132)보다 제주마(0.316)에서 높은 빈도로 관찰되었고, 모든 말에서 Pad, Pbd, Pd대립유전자는 관찰되지 않았다. Q 시스템은 Qabc대립유전자가 제주마(0.037), 교잡마(0.197)인 반면 몽고마는 0.000이었고 Qc대립유전자는 제주마(0.494), 몽고마(0.448)로 관찰되었다. C, K, U 시스템의 대립유전자 빈도는 제주마와 교잡마, 몽고마 상호간 큰 차이가 없었다.

고 찰

한국의 재래마인 제주마에 관해서는 혈청학적, 면역학적, 분자생물학적 방법 및 형태학적 특성으로 많은 연구가 수행되었으나[3-5,8,13] 혈통이나 기원과 관련하여 정확한 답을 제시하지 못하고 있는 실정이다.

일본의 Nozawa[12]는 제주마와 일본의 재래마 4종(Hokkaido, Kiso, Tokara, Ryukyu native horse)을 대상으로 혈액인자 U₁(Aa), U₂(Ac), Pf₂(Da), Pf₃(Ca)에 대한 표현형의 빈도를 조사한 결과 제주마는 Aa표현형 빈도가 47.3%, Ac표현형 0%, Da표현형 41.2%, Ca표현형 88.8%인 반면 Hokkaido native horse는 각각 36.3%, 6.3%, 5.4%, 80.0%, Kiso native horse (65.0%, 27.9%, 11.6%, 85.5%), Tokara native horse (0.0%, 0.0%, 26.5%, 71.4%), 그리고 Ryukyu native horse (2.1%, 2.1%, 0.0%, 95.7%)로 보고한 바 있으며, Miura 등[10]은 일본재래마 7종(Hokkaido, Kiso, Tsushima, Misaki, Tokara, Yonaguni, Noma native horse)을 대상으로 15개 혈액인자(Aa, Ab, Ac, Ca, Da, Db, Dc, Df, Dg, Dk, Dl, Pa, J/R2, Qa,

Table 2. Analysis of D blood groups in the Korean native horse, crossbreed horse, and Mongolian horse

Genotype	KNH			Genotype	CBH			MGH*
	No.(%) of horse	No.(%) of horse	No.(%) of horse		No.(%) of horse	No.(%) of horse	No.(%) of horse	
ad/bcm	5 (6.8)	2 (1.7)	0 (0.0)	ad/cgm	4 (5.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	
ad/de	3 (4.1)	0 (0.0)	0 (0.0)	ad/dghm	2 (2.7)	0 (0.0)	2 (10.5)	
ad/dk	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	adn/adn	4 (5.5)	0 (0.0)	0 (0.0)	
adn/bcm	2 (2.7)	0 (0.0)	0 (0.0)	adn/cfm	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.3)	
adn/cgm	0 (0.0)	1 (0.8)	1 (5.3)	adn/de	2 (2.7)	5 (4.2)	1 (5.3)	
adn/dk	0 (0.0)	3 (2.5)	0 (0.0)	adn/dghm	3 (4.1)	2 (1.7)	1 (10.5)	
bcm/bcm	1 (1.4)	12 (10.2)	0 (0.0)	bcm/cgm	3 (4.1)	17 (14.4)	0 (0.0)	
bcm/dghm	9 (12.3)	6 (5.1)	1 (5.3)	bcm/cegimn	0 (0.0)	5 (4.2)	0 (0.0)	
bcm/cefgm	0 (0.0)	3 (2.5)	0 (0.0)	bcm/de	2 (2.7)	9 (7.6)	0 (0.0)	
bcm/dn	0 (0.0)	4 (3.4)	0 (0.0)	bcm/dk	0 (0.0)	1 (0.8)	0 (0.0)	
bcm/dek	0 (0.0)	1 (0.8)	0 (0.0)	cgm/cef	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.3)	
cgm/cgm	1 (1.4)	2 (1.7)	0 (0.0)	cgm/cfm	0 (0.0)	2 (1.7)	0 (0.0)	
cgm/dk	0 (0.0)	3 (2.5)	0 (0.0)	cgm/de	5 (6.8)	4 (3.4)	0 (0.0)	
cgm/dghm	3 (4.1)	1 (0.8)	3 (15.8)	cgm/dfk	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	
cgm/d	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	cgm/dn	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	
cegimn	0 (0.0)	4 (3.4)	0 (0.0)	cegimn/dk	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	
cefgm/cefgm	0 (0.0)	3 (2.5)	0 (0.0)	cefgm/dghm	0 (0.0)	3 (2.5)	0 (0.0)	
cefgm/dn	0 (0.0)	1 (0.8)	0 (0.0)	cefgm/de	1 (1.4)	5 (4.2)	0 (0.0)	
d/d	1 (1.4)	0 (0.0)	0 (0.0)	de/de	3 (4.1)	4 (3.4)	1 (5.3)	
de/dfk	1 (1.4)	2 (1.7)	0 (0.0)	de/dk	1 (1.4)	6 (5.1)	0 (0.0)	
de/dghm	7 (9.6)	3 (2.5)	0 (0.0)	dek/dghm	1 (1.4)	1 (0.8)	0 (0.0)	
dghm/dghm	4 (5.5)	3 (2.5)	3 (15.8)	dghm/dk	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.3)	
dghm/dfk	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.3)	dk/dk	0 (0.0)	0 (0.0)	1 (5.3)	

*KNH: Korean native horse, CBH: crossbreed horse, MGH: Mongolian horse.

Table 3. Gene frequencies of blood groups in the Korean native horse, crossbreed horse, and Mongolian horse

System	Allele	Gene frequency			System	Allele	Gene frequency		
		KNH	CBH	MGH			KNH	CBH	MGH*
A	Aa	0.285	0.529	0.421	C	Ca	0.827	0.776	0.895
	Aab	0.091	0.053	0.000		D	C-	0.173	0.223
	Ab	0.128	0.023	0.105	Dad		0.103	0.008	0.053
	Abc	0.041	0.031	0.000	Dadn		0.075	0.047	0.132
	Ac	0.169	0.088	0.000	Dbcm	0.158	0.306	0.026	
P	A-	0.287	0.276	0.105	Dcefgm	0.007	0.076	0.000	
	Pa	0.358	0.329	0.447	Dcegimn	0.007	0.065	0.000	
	Pb	0.316	0.141	0.132	Dcfm	0.000	0.008	0.026	
Q	P-	0.326	0.531	0.421	Dcgm	0.137	0.136	0.132	
	Qab	0.000	0.000	0.079	Dd	0.021	0.000	0.000	
	Qabc	0.037	0.197	0.000	Ddek	0.007	0.008	0.000	
	Qac	0.030	0.010	0.000	Dde	0.192	0.179	0.079	
	Qb	0.108	0.126	0.158	Ddfk	0.014	0.008	0.026	
	Qc	0.494	0.162	0.448	Ddghm	0.226	0.093	0.421	
	Q-	0.331	0.504	0.316	Ddk	0.021	0.055	0.079	
K	Ka	0.015	0.005	0.158	U	Ddn	0.007	0.021	0.000
	K-	0.985	0.995	0.842		Ua	0.471	0.452	0.632
U	U-	0.529	0.548	0.368					

*KNH: Korean native horse, CBH: crossbreed horse, MGH: Mongolian horse.

Ua)에 대해서 표현형의 빈도를 조사한 결과 Hokkaido native horse는 Aa, Ac, Da, Ca 표현형이 각각 13.0%, 50.0%, 17.0%, 79.0%인 반면 Dk와 Qa 표현형에서 0.0%였으며, Kiso native horse는 Aa (67.0%), Ac (0.0%), Da (6.0%), Ca (78.0%)를 보였고 Tokara native horse는 Dc (10.0%), Dg (90.0%), DI (80.0%), Ua (40.0%)인 반면 다른 혈액인자는 모두 0.0%로 보고한 바 있다.

제주마를 포함하여 교잡마와 몽고마 총 210두를 대상으로 23개의 혈액인자에 대해서 적혈구항원형 및 유전자 빈도를 조사한 본 연구에서는 Aa 유전자 빈도가 제주마와 교잡마, 몽고마에서 각각 28.5%, 52.9%, 42.1%, Ac 유전자 빈도는 16.9%, 8.8%, 0.0%로 나타났으며 Dad 유전자 빈도는 10.3%, 0.8%, 5.3%였고 Ca 유전자 빈도는 82.7%, 77.6%, 89.5%로 나타나 제주마는 Miura 등[10]이 보고한 Hokkaido native horse의 성적과 유사하였고 몽고마는 Kiso native horse와 유사한 성적을 나타내었으나 Nozawa[12]가 보고한 제주마의 성적(47.3%, 0.0%, 41.2%, 88.8%)과는 Ac (0.0%), Da (41.2%)에서 차이가 인정되었다.

이상과 같은 연구결과로 미루어 보아 Nozawa[12]의 성적은 표현형의 빈도를 산출하였고 본 연구는 유전자 빈도를 조사하여 수치상으로는 약간의 차이가 인정되었으나 제주도에 사육되고 있는 제주마는 Nozawa[12], Miura 등[10], Tozaki 등[16]이 보고한 continental type인 Hokkaido 및 Kiso native horse에 가까운 것으로 추정되어지나 제주마의 기원에 관해서 더욱더 정확한 결과를 얻기 위해서는 더 많은 두수와 한반도 주변 국가의 재래종 말과 연관시켜 microsatellite DNA형[3]을 포함한 다양한 좌위 및 계통분류학적 분석 등으로 연관성을 규명하여야 할 것으로 사료된다. 또한 몽고마와 제주마를 구분할 수 있는 유전적 특성에 관해서도 더 많은 연구가 이루어져야 할 것으로 사료되며 본 연구 결과는 몽고마의 친자관계의 확인이나 개체식별 검사에 활용할 수 있음과 동시에 제주마의 혈통보존을 위한 기초자료에 도움이 될 것으로 사료된다.

요 약

제주마의 기원 및 혈통보존을 위한 기초자료를 마련할 목적으로 국내에서 사육중인 210두(제주마 73두, 교잡마 118두, 몽고마 19두)의 말을 대상으로 적혈구항원형의 표현형 분포와 유전자 빈도를 조사한 결과를 요약하면 다음과 같다. 제주마, 교잡마, 그리고 몽고마 적혈구항원형의 표현형은 각각 Aa (27.4%, 63.6%, 63.2%), Ca (97.3%, 94.9%, 89.5%), K- (97.3%, 99.2%, 84.2%), Pa (39.7%, 44.9%, 42.1%), 그리고 Ua (71.2%, 70.3%, 63.2%)에서 가장 높은 빈도를 나타내었고 D 시스템의 유전자형과 Q 시스템의 표현형은 각각 Dbcm/dghm (12.3%), Dbcm/cgm (14.4%), Dcgm/dghm (15.8%)와 Qc (56.2%),

Qabc (36.4%), Qc (31.6%)에서 높은 빈도로 관찰되었다. 적혈구항원형의 유전자 빈도의 경우 제주마는 A- (0.287), Ca (0.827), Ddghm (0.226), K- (0.985), Pa (0.358), Qc (0.494), U- (0.529), 교잡마는 Aa (0.529), Ca (0.776), Dbcm (0.306), K- (0.995), P- (0.531), Q- (0.504), U- (0.548), 몽고마는 Aa (0.421), Ca (0.895), Ddghm (0.421), K- (0.842), Pa (0.447), Qc (0.448), Ua (0.632) 대립유전자가 가장 높은 빈도를 보였으며 대립유전자 Dcfcgk와 D- 는 모든 말에서 관찰되지 않았다.

참 고 문 헌

1. Agar, N. S and P. G. Board. 1983. Red blood cell of domestic mammals. Elsevier Science Publishers B.V, p146-151.
2. Andersson, L. 1985. The estimation of blood group gene frequencies: a note on the allocation method. *Anim. Blood Grps. Biochem. Genet.* **16**: 1-7.
3. Cho, G. J and B. W. Cho. 2004. Microsatellite DNA Typing using 16 markers for parentage verification of the Korean native horse. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* **17**: 750-754.
4. Cho, G. J., B. H. Kim., D. S. Lee and K. K. Lee. 2000. Genetic studies of blood markers in Cheju horses. II. Blood protein types. *Korean J. Vet. Res.* **40**: 283-290.
5. Cho, G. J., T. S. Kim., Y. H. Um., B. H. Kim., D and J. S. You. 1999. Genetic studies of blood markers in Cheju horses. I. Red blood cell types. *Korean J. Vet. Res.* **39**: 1066-1072.
6. Chung, E. Y., S. K. Han and Y. C. Shin. 1990. Studies on the biochemical polymorphism of blood protein and enzyme in Cheju native horses. *Korean J. Anim. Sci.* **32**: 298-308.
7. Chung, E. Y., S. K. Han and Y. C. Shin. 1990. Studies on the biochemical polymorphism of blood protein and enzyme in Cheju native horses. *Korean J. Anim. Sci.* **32**: 573-580.
8. Kang, M. H. 1969. Historical and morphological studies on the Korean native horse. *Korean J. Anim. Sci.* **11**: 351-379.
9. Miura, N. 1994. Blood typing service in light-breed horses. *Jpn J Equine Sci.* **4**: 187-190.
10. Miura, N., I. Mitsu and S. Fujii. 1986. Blood group frequencies for eight breeds of native horses in Japan. *Pros 20th ISAG Conf Anim Blood Grps Biochem Polymorphism.* p184.
11. Nomura, K., T. Amano and K. Tanaka. The production and characterization of monoclonal antibodies to bovine blood group antigens. *Anim Sci Technol (Jpn.)*. **62(4)**: 336-342, 1990.
12. Nozawa, K. 1970. Gene constitution of Cheju native horses and its phylogenetic relationship with Japanese native horses. Report of the research group on the native farm animals in Eastern Asia. **4**: 59-68.
13. Oh, M. U., M. H. Ko and G. O. Kim. 1992. Genetic variations of the blood protein in Cheju native horses. *Korean J. Genetics*, **14**: 39-50.

14. Pirchner, F. 1983. Population genetics in animal breeding. Freeman Company, San Fransisco.
15. Stormont, C., Y. Suzuki and E. A. Rhode. 1964. Serology of horse blood groups. *Cornell Vet.* **54**: 439-452.
16. Tozaki, T, N. Takezaki, T. Hasegawa, N. Ishida, M. Kurosawa, M. Tomita, N. Saitou and H. Mukoyama. 2003. Microsatellite Variation in Japanese and Asian Horses and Their Phylogenetic Relationship Using a European Horse Outgroup. *J. Heredity*, **94(5)**: 374-380.
17. Yokohama, M., Y. Watanabe and H. Gawahara. 1987. Horizontal polyacrylamide gel electrophoresis for equine serum protein types. *J. Anim. Genetics*, **15**: 22-27.
18. Yokohama, M and K. Mogi. 1983. Polymorphism of equine hemoglobin by the isoelectric focusing method. *Jpn. J. Zootech. Sci.* **54**: 794-797.