

## 닭 백혈구 특이 단트론항체를 이용한 한국 재래닭의 유전 면역학적 특성에 관한 연구

박용호 · 한재용\* · 오봉국\* · 문진산\*\* · 구복경\*\* · 주이석\*\* · 서근석  
Lillehoj Hyun S\*\*\* · William C Davis\*\*\*\*

서울대학교 수의과대학 · 서울대학교 농업생명과학대학\* · 수의과학연구소\*\*  
USDA-ARS\*\*\* · Washington State University\*\*\*\*  
(1997년 12월 26일 접수)

### Immunogenetic characterization of Korean native chickens by monoclonal antibodies to chicken leukocyte differentiation antigens

Yong-ho Park, Jae-yong Hahn\*, Bong-kuk Oh\*\*, Jin-san Moon\*\*, Bok-kyeong Koo\*\*,  
Yi-seok Joo\*\*, Keun-seok Seo, Lillehoj Hyun S\*\*\*, William C Davis\*\*\*\*

*College of Veterinary Medicine, Seoul National University*  
*College of Agricultural Life Science, Seoul National University\**  
*National Veterinary Research Institute\*\**  
*USDA-ARS\*\*\**

*Washington State University USA\*\*\*\**

(Received Dec 26, 1997)

**Abstract** : The immunogenetic analysis was performed to characterize the Korean native chickens (KNC) determined by monoclonal antibodies specific to chicken leukocyte differentiation antigens and flow cytometry. A total of 174 chickens including 58 KNC (black, brown and dark-brown colored), 77 foreign breed (Nagoya, White Leghorn, Rhode Island and Cornish) and 39 mixed breed (19 KNC with Nagoya and 20 KNC with Rhode Island) separately growing at Animal Science and Technology Institute were examined. The proportion of cells expressing MHC class II molecule (B-L in chicken) was significantly high in KNC. Proportion of CD4+ T helper cells was also higher in KNC and two mixed breed than that in foreign breed. However, proportion of CD8+ cells and TCR1 + ( $\gamma\delta$  T cell receptor) cells was the lowest among the breed examined. Otherwise, those proportions were significantly high in White leghorn and two mixed breeds with two exclusive subpopulations. The two subpopulations were also typically shown in MHC class II\* cells in KNC and one mixed breed, black-colored KNC with Nagoya.

Although genotypic analysis was not pursued to characterize the immunogenetic properties of

---

본 연구는 농림부 용역사업인 "재래닭 고품질 육용화 사업"의 일환으로 시행된 결과임.

Address reprint requests to Dr. Yong-ho Park, Department of Microbiology, College of Veterinary Medicine, Seoul National University, Suwon, Gyonggi 441-744, Republic of Korea.

KNC, difference of phenotypic expression based on leukocyte differentiation molecules could be elucidated in KNC in this study.

**Key words** : flow cytometry, MHC class II, TCR 1, CD4+ T cell, CD8+ T cell.

## 서 론

면역시스템은 질병저항성에 영향을 주는 가장 중요한 요소로서 면역세포의 수나 기능은 생체 전체의 생리적 또는 병리적 상태에 의해 영향을 받는다. 따라서 백혈구 아집단 분포율 조사는 숙주의 면역기능의 정도를 이해하는데 있어서 매우 중요하므로 숙주 면역세포를 분리하고 이들 세포의 기능을 조사하는 연구가 많이 수행되고 있다<sup>1-4</sup>. 그리하여 선진 외국에서는 각종 동물에서 조직 적합체 및 백혈구 감별항원에 대한 특이 단클론항체를 이용하여 정상동물의 전신 면역체계와 질병의 발병기전에 관한 많은 연구가 진행되고 있다<sup>4-6</sup>.

한편 국내에서는 우리나라 고유품종인 재래닭에 대한 유전학적 특징에 대한 체계적인 연구가 아직까지 부족한 실정이다. 또한 최근 UR에 의한 수입축산물 개방에 따라 국제경쟁력 높은 국내 특유 우수가축 선발 및 이의 활성화가 요구되고 있으며, 한국 재래닭의 고유특성을 첨단 유전면역기법을 이용하여 구명하고, 질병내성 유전인자 보유여부를 타품종과 비교 분석할 필요성이 대두되고 있다.

따라서 본 연구에서는 재래닭의 정상 면역세포들의 분포율을 조사하기 위하여 닭 백혈구 림프구 특이 단클론항체와 flow cytometry를 이용하여 농촌진흥청 축산기술연구소에서 계통 육성중인 한국 재래닭을 비롯하여 4종의 외래닭과 2종의 교잡종에 대해서 림프구 아집단 분포율을 조사한 결과를 보고하는 바이다.

## 재료 및 방법

**실험동물** : 농촌진흥청 축산기술연구소에서 일반적인 사양관리에 의해서 사육중에 있는 재래닭 2세대 3종(담갈색, 흑색, 갈색)과 외래닭 4종(나고야, 코니쉬, 로드 아일랜드, 화이트레그혼)과 재래닭(흑색)과 외래닭의 로드

아일랜드와 나고야의 교잡종 2종 등 총 174수를 실험에 사용하였다.

**말초혈액으로 부터 백혈구 분리** : 닭의 말초혈액 백혈구(peripheral blood leukocyte ; PBL)의 분리는 Chan *et al*<sup>7</sup>의 방법으로 실시하였다. 즉, 익하정맥으로 부터 채혈한 5~7ml의 혈액을 항응고제 Heparin이 첨가된 시험관에 혼합하여 잘 섞은 다음, 600rpm에서 10분간 원심분리하였다. 원심후 Buffy coat층을 채취한 후 Ficoll(Histo-paque 1.083, Sigma)에 중층한 후 1500rpm에서 20분간 원심분리한 후 Ficoll과 혈장과의 경계면에서 백혈구를 채취하여 PBS로 3회 세척하여 PBS에 부유시킨 다음 try-phan blue exclusion technique에 의해 생존 세포수를 측정 한 후 최종농도가  $1 \times 10^7$ /ml 정도로 조절하여 이용하였다.

**백혈구 아집단 검사용 단클론 항체** : 재래닭의 유전면역학적 특징을 조사하기 위하여 백혈구 세포 표면항원(cell surface molecules)에 특이적인 단클론항체 즉, anti-Major Histocompatibility Complex(MHC) class II 및 anti- $\gamma\delta$  T cell receptor(TCR2), anti-CD4, anti-CD8 및 anti-macrophage and thrombocyte 등에 대한 단클론항체, 총 5종(Table 1)을 실험에 사용하였다.

**형광세포 유출장치 분석(flow cytometry analysis)** : 백혈구 아집단 분포율 분석은 Davis *et al*<sup>5</sup>의 방법에 준해서 flow cytometry를 이용하여 실시하였다. 즉, conical v-bottom microplate의 한 well당 단클론항체 50 $\mu$ l(15 $\mu$ g/ml)와 혈액에서 분리한  $1 \times 10^7$ /ml의 백혈구를 첨가한 후 4 $^{\circ}$ C에서 30분간 감작시킨 다음 4 $^{\circ}$ C의 first washing buffer(PBS 450 ml, ACD 50ml, 20% NaN<sub>3</sub>, 5ml, gamma globulin free horse serum 10ml, 250mM EDTA 20ml, 0.5% phenol red 1ml)로 3회 원심(2,000rpm, 3분, 4 $^{\circ}$ C) 세척한 후 상층액을 버리고 밑부분에 모인 백혈구의 pellet을 pipette 또는 vortex mixer를 이용하여 부유시켰다. 부유된 백혈구는 secondary antibody로 단일 염색을 하기 위하여 fluorescein isothiocyanate (FITC)-conjugated goat anti-mouse IgG + IgM antibody(Caltag, Lab, Inc, south San Francisco,

U.S.A.)를 200배 희석한 후 각 well에 100 $\mu$ l씩 첨가하였다. 이를 다시 4 $^{\circ}$ C에서 30분간 감작시킨 다음 4 $^{\circ}$ C의 secondary washing buffer(first washing buffer 성분중 horse serum만 제거한 것)로 3회 원심세척한 다음 2% PBS-formaldehyde(38% formaldehyde 20ml, PBS 980ml) 용액을 200 $\mu$ l/well 되게 가하여 고정시킨 후 염색이 끝난 세포들은 검사때까지 모두 냉암소(4 $^{\circ}$ C)에 보관하였다.

염색이 완료된 재료는 flow cytometry를 이용하여 총 1,000개 이상의 세포를 검사하여 양성반응 세포수를 측정하였다. 측정과 자료분석은 Becton Dickinson사의 Consort 32 컴퓨터 및 Lysys program을 이용하여 실시하였다.

## 결과 및 고찰

닭 백혈구 및 림프구 특이 단클론항체 5종을 이용하여 농촌진흥청 축산기술연구소에서 계통 육성중인 한국 재

래닭 3종(흑색, 황갈색, 담갈색)과 코니쉬를 비롯한 로드 아일랜드, 나고야 및 화이트 레그혼 등 외래닭 4종과 재래닭(흑색)과 나고야 교잡종, 재래닭(흑색)과 로드 아일랜드 교잡종에 대하여 면역세포 분포율을 조사하였다.

항원전달세포(antigen presenting cell), B 림프구 및 활성화된 일부 T 림프구 표면에 발현되는 MHC class II에 대한 양성 분포율이 재래닭 담갈색, 흑색, 갈색이 각각 9.0, 6.0, 4.7%로서 외래닭에 비하여 높게 나타났으며 특히 재래닭 흑색과 갈색계 및 재래닭 흑색과 로드 교잡종에서는 2가지 아집단의 특징적인 발현양상을 보였다 (Fig 1).

또한 사이토카인 등을 분비하여 세포성 면역반응의 중추적 역할을 함으로써 숙주 면역체계에서 매우 중요한 역할을 하고 있는 CD4 항원(T helper cell)을 발현하는 세포 분포양상은 개체별, 품종별 약간의 차이는 있었으나 재래닭의 담갈색이 55.7%로서 가장 높은 것으로 나

Table 1. Proportion of leukocyte subpopulations in peripheral blood from Korean native chickens

Specificity of Monoclonal antibodies	Monoclonal antibodies	Positive(mean $\pm$ S.D)		
		DAM-GAL(n=10)	BLACK(n=10)	GAL(n=8)
MHC class II	AV64A	9.0 $\pm$ 4.9	6.0 $\pm$ 3.6	4.7 $\pm$ 3.1
CD4	1-13B	55.7 $\pm$ 5.1	49.4 $\pm$ 5.6	40.8 $\pm$ 4.1
CD8	FNY18	48.7 $\pm$ 10.2	40.1 $\pm$ 9.6	44.3 $\pm$ 11.4
TCR1	TCR1	8.2 $\pm$ 2.9	18.2 $\pm$ 6.8	13.7 $\pm$ 7.2
Macrophage/Thrombocyte	K1	11.9 $\pm$ 1.9	10.9 $\pm$ 4.3	16.4 $\pm$ 5.4

DAM-GAL : dark-brown-colored Korean native chicken

BLACK : black-colored Korean native chicken

GAL : brown-colored Korean native chicken

Table 2. Proportion of leukocyte subpopulations in peripheral blood from foreign chicken breeds

Specificity of Monoclonal antibodies	Monoclonal antibodies	Positive(% mean $\pm$ S.D)			
		CORNISH(n=9)	RHODE ISLAND(n=10)	NAGOYA(n=10)	WHITE LEGHORN(n=8)
MHC class II	AV64A	3.1 $\pm$ 1.3	4.2 $\pm$ 1.9	10.7 $\pm$ 3.8	2.9 $\pm$ 1.1
CD4	1-13B	49.3 $\pm$ 11.5	33.5 $\pm$ 9.5	39.2 $\pm$ 9.8	45.7 $\pm$ 6.8
CD8	FNY18	47.7 $\pm$ 9.3	35.6 $\pm$ 8.1	54.5 $\pm$ 11.1	58.9 $\pm$ 7.8
TCR1	TCR1	23.8 $\pm$ 8.3	9.3 $\pm$ 6.0	44.3 $\pm$ 7.6	49.7 $\pm$ 6.0
Macrophage/	K1	14.6 $\pm$ 8.0	13.3 $\pm$ 8.6	12.0 $\pm$ 3.2	13.6 $\pm$ 7.0

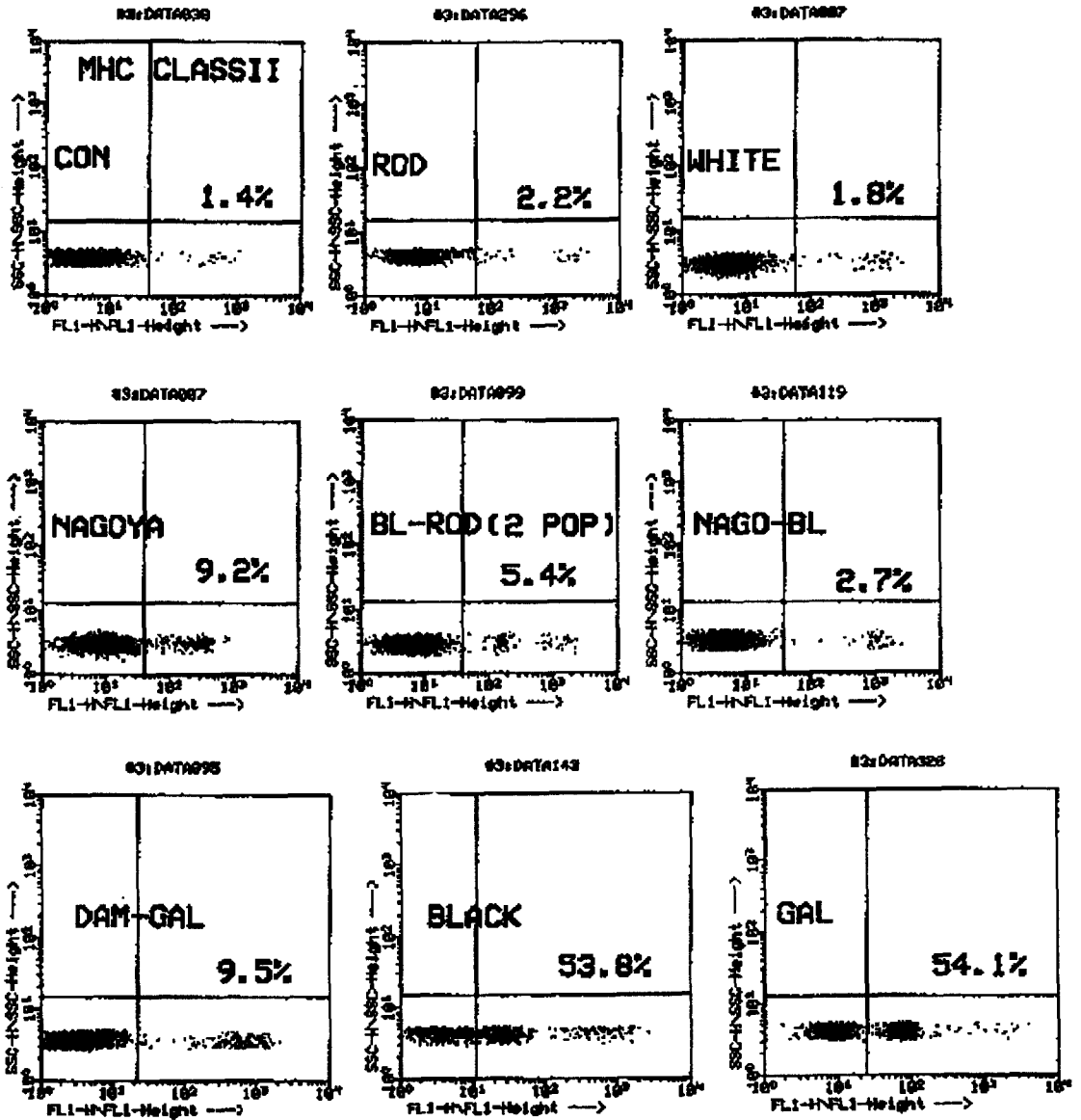


Fig 1. Representative dot plot profiles of chicken leukocytes labeled with monoclonal antibodies specifically reactive with chicken MHC-class II molecule. Each percentage indicates the proportion of reactive leukocyte subpopulations in foreign breed(CON, ROD, NAGOYA), Cross breed(BL-ROD, NAGO-BL) and Korean native chicken(DAM, GAL, Black), respectively.

Con ; Cornish, ROD ; Rhode Island, WHITE ; White Reghorn, NAGOYA ; Nagoya, BL-ROD ; Black-colored Korean native chicken(KNC) mixed with Rhode Island, NAGO-BL ; Black-colored KNC mixed with Nagoya, DAM-GAL ; Dark-brown colored, KNC, BLACK ; Black-colored KNC, GAL ; Brown-colored KNC.

타났다(Table 1). 이러한 양상은 외래닭 코니쉬, 로드 아일랜드, 나고야, 화이트레그혼이 각각 49.3, 33.5, 39.2, 45.7%로 나타난 결과(Table 2)에 비교해 보면 재래닭이

매우 특이적으로 높은 것으로 나타났다(Fig 2). 한편 교잡종의 경우는 재래닭과 외래닭의 중간정도의 수치인 50.6%와 53.6%의 양성율을 나타내었다(Table 3). 이러한

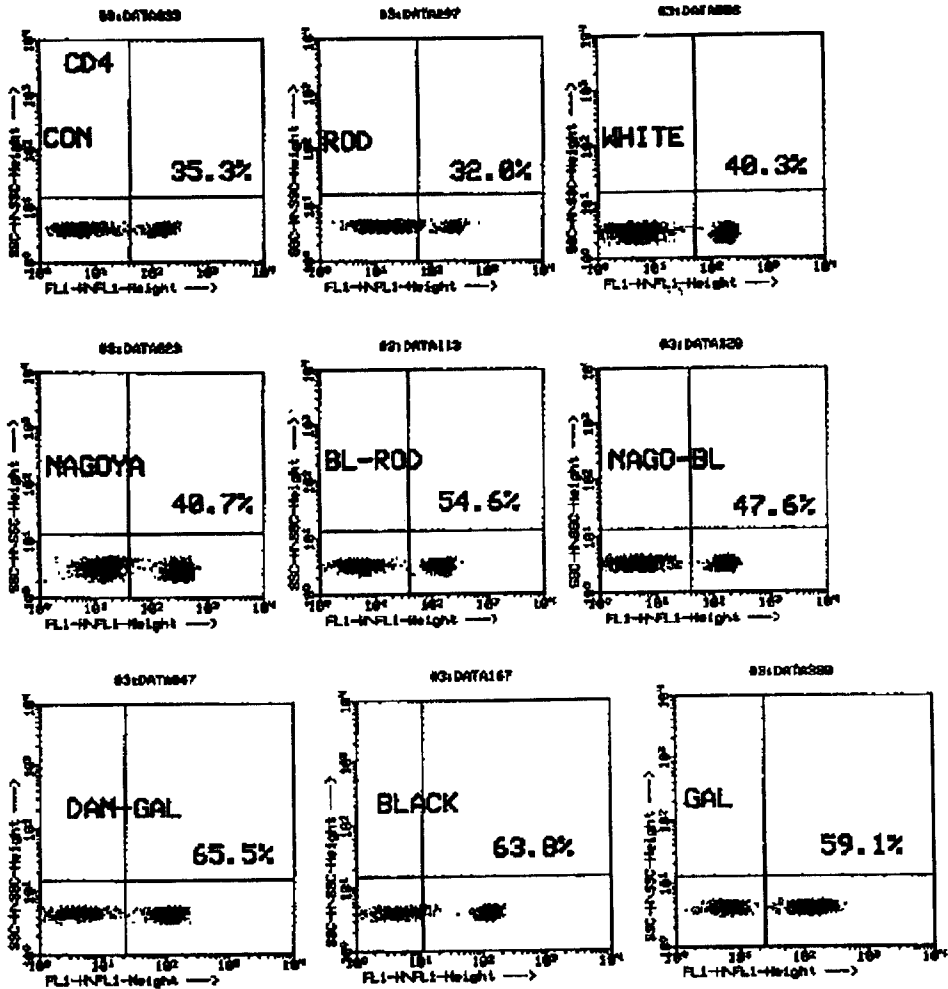


Fig 2. Representative dot plot profiles of chicken leukocytes labeled with monoclonal antibodies specifically reactive with chicken CD4 molecule. Each percentage indicates the proportion of reactive leukocyte subpopulations in foreign breed(CON, ROD, NAGOYA), Cross breed(BL-ROD, NAGO-BL) and Korean native chicken(DAM, GAL, Black), respectively.

Con ; Cornish, ROD ; Rhode Island, WHITE ; White Reghorn, NAGOYA ; Nagoya, BL-ROD ; Black-colored Korean native chicken(KNC) mixed with Rhode Island, NAGO-BL ; Black-colored KNC mixed with Nagoya, DAM-GAL ; Dark-brown colored, KNC, BLACK ; Black-colored KNC, GAL ; Brown-colored KNC.

결과는 Chan *et al*<sup>7</sup>의 35~45%, Vainio와 Lassila<sup>8</sup>의 42%의 성적과는 비슷한 결과를 나타내었으나 Lillechoj *et al*<sup>8</sup>의 22% 보다는 높게 나타났다. 이러한 차이는 숙주동물의 연령, 건강상태, 유전적인 요인, 실험에 사용한 단크론항체의 차이 등으로 사료된다. 한편 본 실험에서 CD4 양성 세포분포율에 있어서 재래닭이 가장 높은 결과를 나타낸 것은 추후로 면역장기 또는 조직별 분포율을 비교 분석을 해야겠지만 외부로부터 침입하는 병원체에 대하여

우수한 면역체계를 보유하고 있는 것으로 사료된다<sup>10-12</sup>.

또한 숙주 면역저하와 관련이 높은 CD8 항원(T cytotoxic/suppressor cell) 발현세포 양상은 교잡종에서 각각 70.2%와 73.8%로서 가장 높았으며, 화이트레그혼(58.9%), 나고야(54.5%), 코니쉬(47.7%), 로드 아일랜드(36.6%) 순으로 나타났다. 이때 화이트레그혼 및 교잡종 2종 모두에서 2개의 특이적인 림프구 아집단이 형성되어 발현하는 특징적인 소견이 관찰되었다(2 pop, Fig 3). 이에

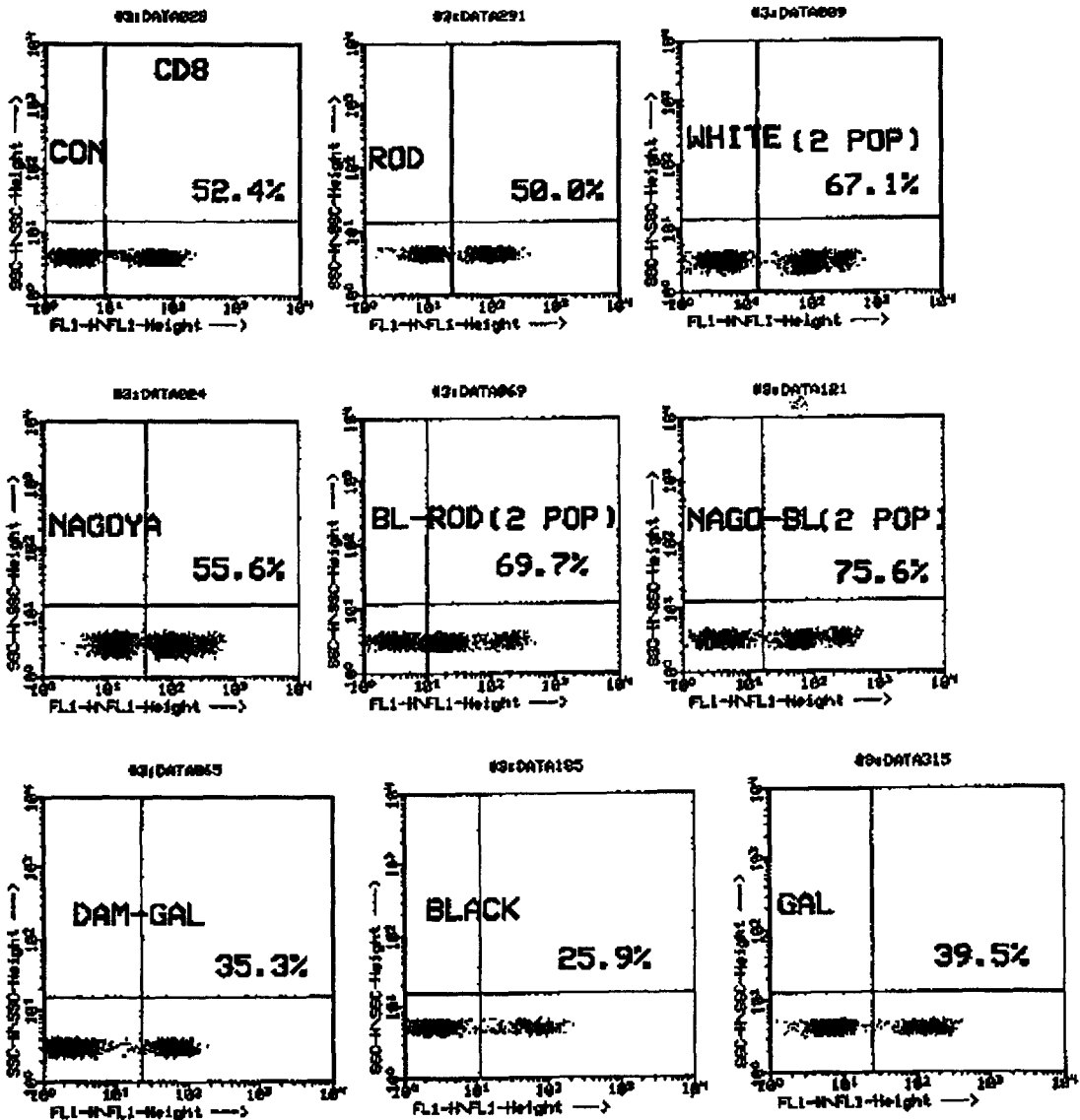


Fig 3. Representative dot plot profiles of chicken leukocytes labeled with monoclonal antibodies specifically reactive with chicken CD8 molecule. Each percentage indicates the proportion of reactive leukocyte subpopulations in foreign breed(CON, ROD, NAGOYA), Cross breed(BL-ROD, NAGO-BL) and Korean native chicken(DAM, GAL, Black), respectively.

Con ; Cornish, ROD ; Rhode Island, WHITE ; White Reghorn, NAGOYA ; Nagoya, BL-ROD ; Black-colored Korean native chicken(KNC) mixed with Rhode Island, NAGO-BL ; Black-colored KNC mixed with Nagoya, DAM-GAL ; Dark-brown colored, KNC, BLACK ; Black-colored KNC, GAL ; Brown-colored KNC.

2 pop ; two separately different populations.

반해 재래닭 담갈색, 흑색, 갈색이 각각 48.7, 40.1, 44.3%로서 다른 그룹에 비하여 전체적으로 매우 낮게 나타나는 특징적 소견을 보였다. 이러한 결과는 단일 림프구

집단을 나타내고 낮은 분포율을 보인 재래닭이 코니쉬, 로드 아일랜드, 나고야와는 크게 구별되는 점이라고 생각된다.

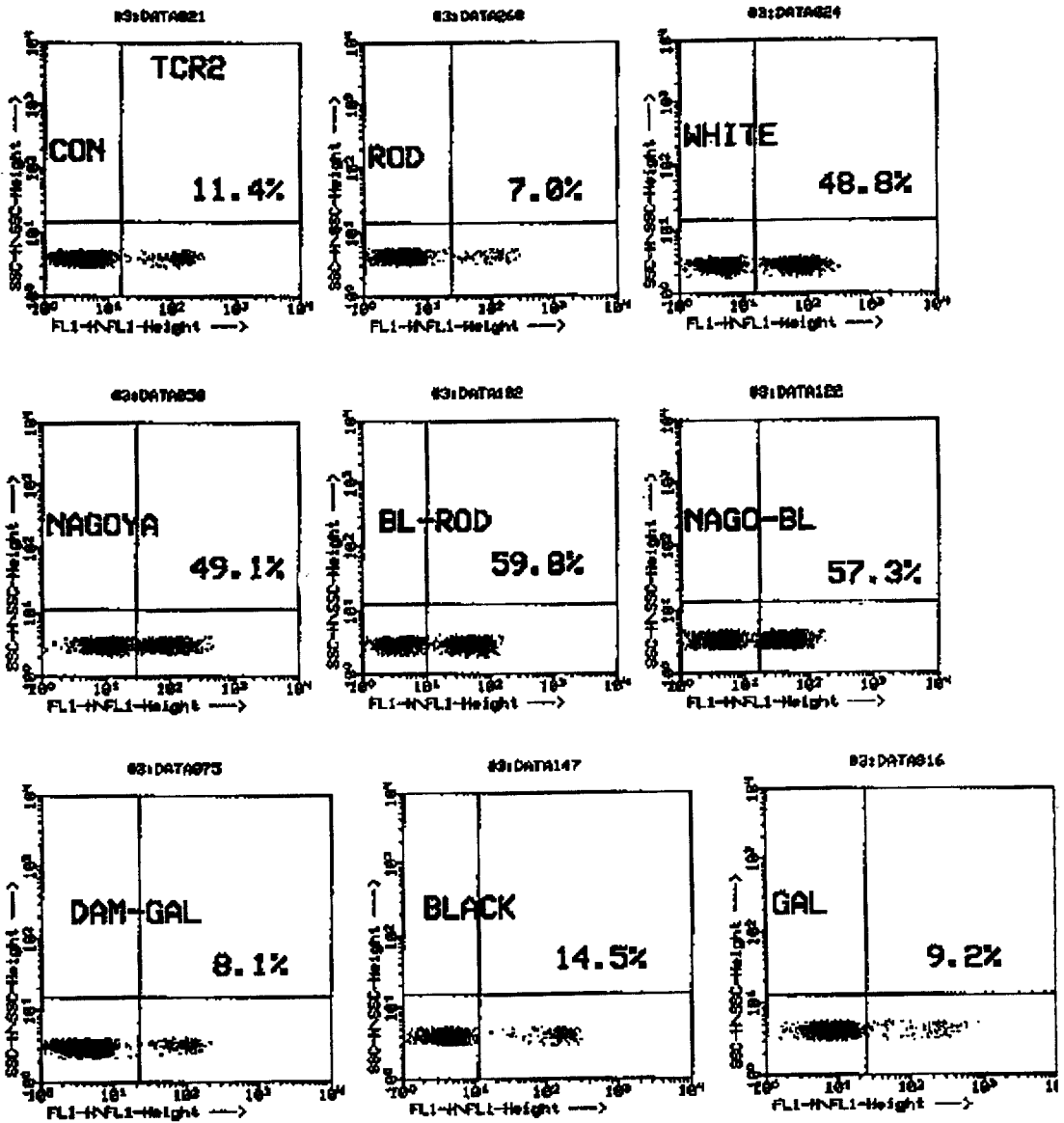


Fig 4. Representative dot plot profiles of chicken leukocytes labeled with monoclonal antibodies specifically reactive with chicken TCR1 molecule. Each percentage indicates the proportion of reactive leukocyte subpopulations in foreign breed(CON, ROD, NAGOYA), Cross breed(BL-ROD, NAGO-BL) and Korean native chicken(DAM, GAL, Black), respectively. Con; Cornish, ROD; Rhode Island, WHITE; White Reghorn, NAGOYA, BL-ROD; Black-colored Korean native chicken(KNC) mixed with Rhode Island, NAGO-BL; Black-colored KNC mixed with Nagoya, DAM-GAL; Dark-brown colored, KNC, BLACK; Black-colored KNC, GAL; Brown-colored KNC.

대부분 N 림프구(NonT/NonB)가 소유하고 있는 T cell receptor(TCR 2) 발현세포 양상에서는 재래닭 담갈색, 흑색, 갈색이 각각 8.2, 18.2, 13.7%로서 외래닭 로드 아일랜드

랜드의 9.3%와 비슷한 수치를 보였으나 다른 외래닭과 교잡종에 비해서는 매우 낮은 분포율을 나타내었다(Fig 4). 이러한 결과는 반추류, 돼지, 닭의 림프계 면역시스

Table 3. Proportion of leukocyte subpopulations in peripheral blood from mixed-chicken breeds

Specificity of Monoclonal antibodies	Monoclonal antibodies	Positive(% mean±S.D)	
		BLACK +NAGOYA (n=9)	BLACK +RHODE (n=10)
MHC class II	AV64A	4.6±1.9	5.4±2.0
CD4	1-13B	50.6±6.1	53.6±9.3
CD8	FNY18	70.2±6.0	73.8±8.9
TCRI	TCRI	53.5±3.9	53.5±6.6
Macrophage/Thrombocyte	K1	12.3±3.4	13.9±3.0

BLACK+NAGOYA : black-colored Korean native chicken mixed with Nagoya breed

BLACK+RHODE : black-colored Korean native chicken mixed with Rhode Island.

템에서 TCR2가 어린 동물에서 보다 높게 나타난다는 보고에 비추어 볼 때 추후로 연령에 따른 분포양상을 비교 분석함으로써 좀더 구체적인 결과를 확인해야 할 것으로 사료된다<sup>12,13</sup>.

이상의 결과를 종합해볼 때 최대한의 사양관리 확립

에 따른 재래닭으로 규정된 계군은 MHC class II 항원발현세포 및 CD4+ T 림프구 분포율이 특이적으로 높게 나타났으며, CD8+ T 림프구 분포율은 교잡종에서 가장 높았으며, 재래닭에서 가장 낮게 나타났다.  $\gamma\delta$  T cell receptor 발현세포 분포는 매우 다양하게 나타났으며 특히 나고야, 교잡종 및 화이트레그혼에서 높았고, 재래닭은 낮게 나타났다. 두가지 아집단의 림프구가 재래닭의 MHC class II, 화이트레그혼, 나고야 및 로드 아일랜드의 CD8+ T 림프구에서 특이적으로 발현되는 것을 알 수 있어 Table 4에서 보는 바와 같이 본 연구를 통하여 재래닭에 대한 유전면역학적 특이성 구명이 일부 확인되었다는 점에서 그 의의가 높다고 할 수 있다. 또한 구체적인 유전형질(genotype)을 확인하기 어려운 과정에서 이루어진 개체별 발현형질(phenotype)에 대한 전문적인 분석으로 다소나마 우리 고유의 재래닭의 유전면역학적 우수성을 입증할 수 있었다고 생각된다. 금후 재래닭에 대한 지속적인 연구가 유전면역학적 차원에서 이루어진다면 더욱 특징적인 면을 도출해낼 수 있으며, 우수한 유전인자를 발굴할 수 있을 것으로 사료된다.

Table 4. Comparison of immunogenic characteristics among Korean native chicken, foreign breed and mixed breed determined by monoclonal antibodies specific to chicken leukocyte differentiation antigens and flow cytometry

BREED	Monoclonal antibodies specific to chicken leukocyte				Remark	
	MCH class II	CD4	CD8	TCRI	No. reactors	No. of examined
Korean Native Chicken					*1	33/58
	*1	*2	*3	*4	*2	47/58
	++++	++++	+	+	*3	49/58
	(2 Subpop.)				*4	43/58
Foreing Breed	CORNISH	±	+	++		
	RHODE	±	+	++		
	WHITE LEGHORN	±	++	++++	++	*5 15/18
						(2 Subpop.)
Mixed Breed	NAGOYA	+	++	++	++	
	*8 (BLACK+NAGOYA)	±	+++	++++	+++	*6 17/19
						(2 Subpop.)
	*9 (BLACK+RHODE)	+	+++	++++	+++	*7 16/20
					(2 Subpop.)	

\* 8 : Korean native chicken(black-colored) mixed with Nagoya

\* 9 : Korean native chicken(black-colored) mixed Rhode Island

Subpop. : Subpopulations.



## 결 론

닭 림프구 표면 특이 단백항체 5종 및 Flow Cytometry를 이용하여 재래닭 2세대 3종(담갈색, 흑색 및 갈색)과 외래닭 4종(나고야, 로드 아일랜드, 코니쉬, 화이트레그혼) 및 교잡종 2종을 대상으로 백혈구 아집단 분포율을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. 항원전달세포(antigen presenting cell), B 림프구 및 활성화된 일부 T 림프구 표면에 발현되는 MHC class II에 대한 양성 분포율이 재래닭이 가장 높게 나타났으며, 재래닭 흑색과 갈색계 및 재래닭 흑색과 로드 아일랜드의 교잡종에는 2가지 아집단의 특징적인 발현양상을 보였다.

2. T helper cell이 소유하고 있는 CD4 양성세포와 T cytotoxic/suppressor cell이 소유하고 있는 CD8 양성세포에 대한 양성분포율은 개체별 품종별 차이는 있었으나 CD4 양성세포는 재래닭이 가장 높은 것으로 나타났다.

3. T cytotoxic/suppressor cell이 소유하고 있는 CD8 항원 발현양상은 재래닭 교잡종에서 가장 높았으며, 화이트레그혼, 코니쉬, 로드 아일랜드 순으로 높았다. 이에 반해 재래닭은 매우 낮게 나타나는 특징적 소견을 보였다.

4. N 림프구(NonT/NonB) 또는 일부 T 림프구에서 발현되는 T cell receptor 분포는 매우 다양하게 나타났으며, 특히 나고야, 교잡종 및 화이트레그혼에서 높았고, 재래닭과 코니쉬, 로드 아일랜드종에서는 매우 낮은 경향을 보였다.

## 참 고 문 헌

1. Kaufman JJ, Salmons BG. We Know what it is, but what does it do? *Immunology Today*, 13, 1992.
2. Pescovitz MD, Lunney JK, Saches DH. Preparation and characterization of monoclonal antibodies reactive with porcine PBL. *J Immunol*, 133:368-375. 1984.

3. Vanio O, BA Imhof. The immunology and developmental biology of the chicken. *Immunology Today*, 16:365. 1995.
4. Lunn DP. A comparative review of human and equine leucocyte differentiation antigens. *Br Vet J*, 149:31-49. 1993
5. Davis WC, YH Park, et al. Ruminant leukocyte differentiation molecules. In : MHC, differentiation antigens, and cytokines in animals and birds. *Monographs in Animal Immunology*, 1:17-70, 1990.
6. Char D, et al. A third sublineage of avian T cella can be identified with a T cell-specific antibody. *J Immunol*, 145:3457, 1990.
7. Chan MM, Chen CH, Ager LL, et al. Identification of the avian homologues of mammalian CD4 and CD8 antigens. *J Immunol*, 140:2133, 1988.
8. Vainio O, Lassila O. Chicken T cell : differentiation antigens and cell-cell interaction, *Crit Rev Poulti Biol*, 2:97, 1989.
9. Lillehoj HS, Lillehoj EP, Weinstock D, et al. Functional and biochemical characterization of avian T lymphocyte antigens identified by monoclonal antibodies. *Eur J Immunol*, 18:2059, 1988.
10. Cihak J, et al. Characterization and functional properties of a novel monoclonal antibody which identifies a T cell receptor in chickens. *Eur J Immunol*, 18:533, 1988.
11. Chan MM, et al. Identification of a T3/T cell receptor complex in chickens. *J Exp Med*, 164:375, 1986.
12. Merkle H, Cihak J, Losch U. The cytotoxic T lymphocyte response in reticuloendotheliosis virus-infected chickens is mediated by  $a\beta$  and not by  $\gamma\delta$  T cells. *Immunobiol*, 186:292-303, 1992.
13. Chen CH, Cihak J, Losch U, et al. Differential expression of two T cell receptors, TCR1 and TCR2 on chicken lymphocytes. *Eur J Immunol*, 18:539, 1988.