

한국 야생 랫드의 형태 유전학적 특성

성제경 · 윤영민 · 박지영 · 오승현 · 도선길* · 진희경* · 현병화** · 서준교* · 오양석*

연세대학교 의과대학 임상의학연구소 실험동물부
한림대학교 의과대학 실험동물부* · 생명공학연구소 유전자원센터**
(1999년 9월 30일 접수)

Morphogenetical characteristics of Korean wild rat (*Rattus norvegicus*)

Je-Kyung Seong, Young-min Yun, Ji-young Park, Seung-hyun Oh, Seon-gil Do*,
Hee-kyung Jin*, Byung-hwa Hyun**, Jun-gyo Suh*, Yang-seok Oh*

Department of Laboratory Animal Medicine, Medical Research Center,
Yonsei University College of Medicine
Experimental Animal Center, College of Medicine, Hallym University*
Bioresource Program, KRIBB, KIST**

(Received Sep 30, 1999)

Abstract : The morphometrical characteristics such as external measurements and mandible size assessment in mice and rats have to be highly heritable and sufficiently variable between strains in order to calculate a strain specific profiles. The coat color of Korean wild rats were observed and morphometric analysis of external measurements were carried out on Korean wild rats compared to laboratory strains in order to clarify the genetic characteristics of Korean wild rats and to establish background data as a domestication of Korean wild rats for new laboratory strain. Korean wild rats were captured from Chunchon and Hoengsong. 4 inbred and 1 outbred strains of rats were used in this study for the comparison of genetic characteristics of Korean wild rats. Total body length, head length, tail length, hind foot length and ear length were measured and then statistical analysis were carried out by discriminant analysis. The coat color of Korean wild rat showed golden white in ventral portion and dark agouti in dorsal portion. Korean wild rats could be distinguished from the other laboratory strains distinctly by morphogenetical analysis. There was significant variations among Korean wild rat compared to those of the other laboratory strains of rat. This study may provide that Korean wild rats have a unique genetic characterization compared to those of other inbred strains of rats based on morphogenetical characteristics by external measurements.

Key words : morphogenetics, Korean wild rat, *Rattus norvegicus*, discriminant analysis.

서 론

랫드는 동물분류학상 *Mammalia* 강(class), *Rodentia* 목(order), *Muridae* 과(family), *Rattus* 속(genus)에 속한다. *Rattus* 속에는 137종(species)이 있는 것으로 알려져 있으며 *Rattus norvegicus* 와 *Rattus rattus* 두가지 대표적인 종이 있다¹. 현재 실험동물로 사용되는 랫드는 Norway rat, brown rat 혹은 시궁쥐로도 불리는 야생의 *Rattus norvegicus* 를 포획하여 길들인 것에서 유래하였다¹. 오늘날 전세계적으로 널리 사용되는 랫드의 대부분은 1900년대 이후에 확립된 몇몇 계통에서 유래되어 계통간의 유전적 변이가 적은 단점이 있다^{2,3}. 그러므로 최근 생명과학의 발달로 실험동물의 응용의 폭이 크게 늘어나면서 현재 사용되는 랫드와 다른 유전적인 변이를 갖는 실험동물 계통의 필요성이 대두되었다.

실험용 랫드에서 계통확인과 새로운 돌연변이 계통의 검색을 위하여 다양한 유전적인 검색법이 제안되어 왔다^{4,5}. 형태유전학적인 방법으로는 골격계 및 외부 몸통 길이를 판별분석하는 형태계측법 등이 있고 다양한 분염법을 통한 염색체의 특징을 조사하는 세포유전학적인 방법이 있다. 생화학적 유전자 검색방법으로는 효소의 다형을 이용하여 실험동물의 계통을 식별하는 표지로 이용하는 방법이 있으며⁶⁻¹² 랫드의 조직적합유전자(major histocompatibility; MHC)인 RT1, 혈액형을 결정하는 RT2, RT3 좌위를 이용하여 계통을 판별하는 면역유전학적 방법이 있다¹³.

이중 형태유전학적인 연구방법은 동물의 유전적인 변이 및 생물학적인 분류에 매우 중요한 지표가 된다. 장골 및 두개골의 길이, 하악골의 크기와 모양 등 골격계의 크기와 모양을 이용한 계통확인 방법은 inbred 뿐 아니라 F1 hybrid, congenic strain에서도 유용하다. 또한 분자생물학적인 RFLP(restriction fragment of length polymorphism) 방법이나 혹은 생화학적 표지유전자의 조합으로도 손쉽게 계통특성을 밝히기 어려운 outbred colony 경우에도 형태유전학적 방법이 매우 유용하게 이용될 수 있다^{14,15}.

국내에서도 생물자원보호 및 보존차원에서 한국 야생 설치류의 생물학적 특성에 관한 기초연구가 이루어졌다. 김 등(1972)은 한국산 생쥐(*Mus musculus*)의 염색체에 관하여 연구한 바 있고, 강과 고(1976)는 한국산 야생

설치류 중 등줄쥐(*Apodemus agrarius coreae*, Thomas), 갈밭쥐(*Microtus fortis pelliceus*, Thomas)와 비단털쥐(*Cricetulus riton nestor*, Thomas)의 염색체 핵형에 관하여 연구하였으며, 고(1982)는 한국산 등줄쥐(*Apodemus agrarius coreae*)와 곶쥐(*Rattus rattus*)의 염색체 수와 특징에 관하여 보고하였다¹⁶⁻¹⁸. 최근에 김과 이(1992)는 한국 야생마우스의 핵형분석에 관하여 조사하였다¹⁹. 김 등(1993)은 Southern blot 방법에 의하여 한국 야생마우스의 18s rDNA를 분석하였으며, 최 등(1994)은 한국 야생마우스에서 X-Y 염색체의 조기분리에 관하여 연구한 바가 있다^{20,21}.

고(1986)는 한국산 등줄쥐의 형태학적 변이에 관하여 보고하였고, 오 등(1988)은 한국 야생마우스의 체장과 하악골에 대한 형태유전학적 특징을 기존의 실험동물과 비교하였다^{22,23}. 김 등(1991), 조 등(1992)과 조 등(1993)은 한국에 서식하는 등줄쥐의 생리학적 특성과 염색체 핵형분석, 미생물 동정, 생화학적 좌위에 관한 연구를 수행하였다²⁴⁻²⁶. 그러나 야생랫드의 유전적 특성을 실험동물용 랫드와 비교한 연구는 매우 적은 실정이다. 더욱이 야생랫드(*Rattus norvegicus*)의 형태유전학적 특징을 보고한 연구는 없었다. 최근 일본에서 Japanese wild brown rat를 실험동물화 하여 근교계를 생산했다는 보고가 있는 정도이다³.

본 연구에서는 한국 야생랫드(Korean wild rat; *Rattus norvegicus*)와 실험동물용 랫드의 형태유전학적 특성을 비교하여 한국 야생랫드를 새로운 실험동물로 개발하기 위한 기초연구 자료로 삼고자 강원도 지역에서 포획된 야생랫드에서 모색을 관찰하고, 몸 외부길이를 형태계측학적으로 분석하였다.

재료 및 방법

실험동물 : 강원도 춘천군과 횡성군에서 포획된 체중 150-250g 되는 야생랫드(*Rattus norvegicus*) 수컷 10마리와 암컷 10마리를 실험동물로 사용하였다. 랫드는 철제 쥐덫으로 포획하였으며 포획후 몸통길이와 꼬리길이의 비율을 측정하여 동물의 종을 확인하는 Jones와 Johnson의 방법(1965)을 이용하여 *Rattus norvegicus* 로 확인된 개체를 실험에 사용하였다²⁷(Table 1). 야생랫드의 형태유전학적 특징을 한림대학교 실험동물부에서 사육중인 생후 12주 된 근교계 계통인 Fischer 344 rats(F344), Spontaneously hypertensive rats(SHR), Wistar Bonn/Kobori rat(WBN), Wistar

Table 1. Korean wild rats(*Rattus norvegicus*) used for genetic analysis

Sex	No. of Animals	Date of capture	Area
Male	8	1994. 4. 1.-1994. 11. 7.	Chunchon, Korea
	2	"	Hoensong, Korea
Female	9	"	Chunchon, Korea
	1	"	Hoensong, Korea

Table 2. Inbred and outbred strains of laboratory rats used for genetic analysis

Rat strain	Sources	Introduced year	Generation
Fischer 344	Charles River Co., Japan	1987	27
SHR	Charles River Co., Japan	1988	22
WBN	Shionoki Co, USA	1989	23
WKY	Charles River Co., Japan	1992	8
Sprague Dawley	KRICT, Korea	1988	32

Kyoto rats(WKY), 폐쇄군 계통인 Sprague Dawley rats(SD)와 비교하였다(Table 2).

모색 관찰 : 포획된 랫드는 포획시에 안구의 색과 체표면을 덮고 있는 피모의 상태와 모색을 육안 관찰하였다.

체장의 형태계측학적 관찰 : 포획된 랫드는 Marshall (1981)과 오 등(1988)의 방법을 참조하여 머리길이(length of head), 꼬리길이(length of tail), 몸 전체길이(total length of body), 뒷발길이(length of hind foot), 귀의 길이(length of ear)를 계측하고 체중을 측정하였다^{23,28}(Fig 1). 측정된

값은 다음과 같이 머리길이, 꼬리길이, 몸통길이, 뒷발길이, 귀길이는 몸 전체길이에 대한 비율로 환산하여 이들 수치를 판별분석(discriminant function test)하였다(Table 3).

통계학적 분석 : 체장의 형태계측학적인 측정자료를 IBM 호환기종 컴퓨터에서 Scientific Analysis Software (SAS)를 이용하여 판별 분석(discriminant function analysis) 하였다. 체장의 형태계측학적인 분석은 몸 전체길이에 대한 비율로 환산한 머리길이, 몸통길이, 꼬리길이, 뒷발길이, 귀길이를 체중을 독립변수(independent variable)로 한국 야생랫드와 각각의 동물군을 종속변수(dependent variable, response)로 분석하였다. 자료는 어떤 대상(각각의 동물개체)이 각각의 집단(동물군)에 속하는 확률을 비교하기 위한 분류함수(classification function test) 분석을 실시하여 percent classified group을 알아보았고 실험군간의 유의한 상관성 분석을 위하여 정준함수분석(canonical discriminant function analysis)을 하여 정준변수(canonical value) 1과 2를 각기 X, Y축으로 하는 그래프를 그렸다.

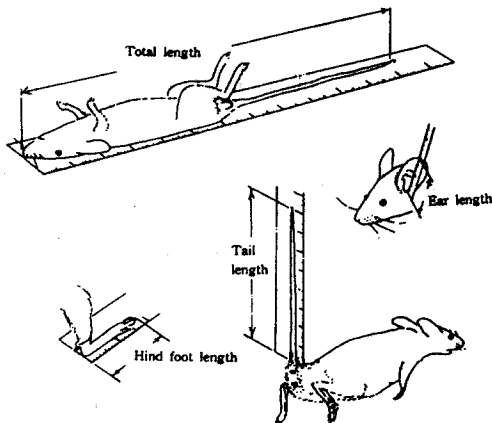


Fig 1. Schematic diagram for measurements of external morphometry of rat.

결 과

모 색 : 본 연구의 모색조사에 사용된 한국 야생랫드의 안구색은 검정색이었으며 배쪽의 색은 황금빛이 섞

Table 3. Values for measurements of external body size

항 목		표 지
머리길이(Head Length)	HL	(머리길이/몸 전체길이)× 100
몸통길이(Body Length)	BL	[(몸 전체길이 - 머리길이 - 꼬리길이)/몸 전체길이]× 100
꼬리길이(Tai ; Length)	TL	(꼬리길이/몸 전체길이)× 100
뒷발길이(Hind foot Length)	HFL	(뒷발길이/몸 전체길이)× 100
귀길이(Ear Length)	EL	(귀길이/몸 전체길이)× 100

Table 4. Body weight and external morphometry measurements of Korean wild rats(*Rattus norvegicus*)

Rat No.	BW(g)	TBL(cm)	HL(cm)	TL(cm)	HFL(cm)	EL(cm)
WR M1	205.20	39.50	5.00	17.30	3.80	1.60
WR M2	208.00	37.50	4.30	16.50	3.70	1.80
WR M3	215.80	34.50	3.90	16.00	4.20	1.40
WR M4	171.40	38.00	4.60	17.30	3.70	1.60
WR M5	298.60	40.00	4.90	18.50	3.60	1.30
WR M6	254.00	42.00	5.00	18.50	3.80	1.50
WR M7	218.20	36.00	4.10	18.00	4.00	1.40
WR M8	259.00	39.90	4.40	18.60	3.60	1.20
WR M9	194.40	39.50	4.40	17.00	3.80	1.40
WR M10	166.00	35.40	4.10	16.50	3.70	1.20
WR F1	132.50	32.00	3.70	13.50	3.70	0.90
WR F2	115.40	34.10	4.00	15.20	3.40	1.40
WR F3	80.00	31.00	3.80	14.40	3.30	1.20
WR F4	138.70	32.50	3.20	15.30	3.50	1.30
WR F5	210.00	36.40	3.60	16.60	3.70	1.20
WR F6	203.70	38.00	4.20	18.00	3.70	1.20
WR F7	173.20	34.50	4.20	14.50	3.60	1.20
WR F8	137.00	34.00	4.00	16.50	3.50	1.10
WR F9	116.00	32.00	3.90	14.80	3.70	1.20
WR F10	145.00	36.00	3.90	16.40	3.60	1.20

WR: Korean wild rat, M: male rats, F: female rats, BW: body weight, TBL: total body length, HL: head length, TL: tail length, HFL: hindfoot length, EL: ear length.

인 흰색(golden white)이었고 등쪽의 색은 야생의 짙은 갈 SD, SHR, WBN, WKY 랫드의 모색은 몸 전체가 흰색 색(dark agouti)이었다(wb). 기존의 실험동물 랫드인 F344, (albino)이었으며 붉은색 안구를 갖고 있었다.

몸 외부길이의 형태계측 소견 : 포획한 한국 야생랫드의 체중은 수컷이 166~298g, 암컷이 80~210g이었다. 꼬리길이는 수컷이 16~18.6cm, 암컷이 13.5~18cm였고 몸 전체길이는 수컷이 34.5~42cm, 암컷이 31~38cm로 체중에서 많은 차이가 나는 개체 간에도 꼬리길이와 몸 전체 길이는 체중의 차이에 비하여 많은 차이를 보이지 않았다($p < 0.01$). 뒷발길이는 수컷이 3.6~4.2cm, 암컷이 3.3~3.7cm이었고, 귀길이는 수컷이 1.2~1.8cm, 암컷이 0.9~1.4cm로 개체간의 차이가 적었다($p < 0.01$) (Table 4).

한국 야생랫드의 몸 외부길이는 개체에 따라 많은 차이를 보였다($p < 0.01$) (Table 5). 한국 야생랫드와 기존의 실험동물 랫드인 F344, SD, SHR, WBN, WKY 랫드를 비

교한 결과 한국 야생랫드는 꼬리길이는 수컷이 17.1cm, 암컷이 15.5cm로 기존의 실험동물과 비교하여 짧았다($p < 0.01$) (Table 6). 한국 야생랫드는 몸 전체길이에 대한 꼬리길이 비율이 수컷이 46.0, 암컷이 45.6으로 기존의 실험동물에 비하여 작은 반면 머리길이 비율이 수컷이 13.3, 암컷이 12.3, 뒷발길이 비율이 수컷이 11.3, 암컷이 11.6, 귀길이의 비율이 수컷이 4.3, 암컷이 4.5로 머리, 뒷발, 귀길이의 비율은 유의하게 컸다($p < 0.01$) (Table 7). 이번 연구에 조사된 한국 야생랫드에서 머리, 꼬리, 귀길이의 비율 평균은 수컷이 13.3, 46.0, 4.3이고 암컷이 12.3, 45.6, 4.5로 암수 간에 차이를 보였으나 몸 전체길이에 대한 비율은 암수 간에 유의한 차이를 보이지 않았다(p

Table 5. Relative value of body weight and length of external morphometry measurements of Korean wild rats (*Rattus norvegicus*)

Rat No.	BL(%)	HL(%)	TL(%)	HFL(%)	EL(%)
WR M1	43.54	12.65	43.79	9.62	4.05
WR M2	44.53	11.46	44.00	9.86	4.80
WR M3	42.31	11.30	46.37	12.17	4.05
WR M4	42.36	12.10	45.52	9.73	4.21
WR M5	38.29	14.36	47.34	13.82	6.38
WR M6	42.46	12.61	44.92	11.07	3.69
WR M7	34.09	13.63	52.27	13.18	5.00
WR M8	39.50	15.50	45.00	13.50	5.00
WR M9	38.54	15.62	45.83	14.06	5.72
WR M10	40.27	14.35	45.37	12.96	5.55
WR F1	36.99	17.34	45.66	14.45	6.35
WR F2	42.69	13.48	43.82	15.16	4.23
WR F3	44.50	9.89	45.60	10.16	3.29
WR F4	41.14	14.06	44.79	13.54	5.72
WR F5	37.12	14.35	48.51	13.86	5.44
WR F6	41.57	11.05	47.36	9.73	3.15
WR F7	45.79	12.17	42.02	10.43	3.47
WR F8	39.70	11.76	48.52	10.29	3.23
WR F9	41.56	12.18	46.25	11.56	3.75
WR F10	43.61	10.83	45.55	10.00	3.33

WR : Korean wild rats, M : male rats, F : female rats, BL : body length, HL : head length, TL : tail length, HFL : hindfoot length, EL : ear length. The data was shown as % value of total body length.

< 0.01)(Tables 6 및 7).

몸 의부길이의 5가지 측정수치를 이용하여 각 군의 특

징을 통계학적으로 처리한 뒤 어떤 개체가 원래의 군에

속하는지를 알아보기 위한 판별분석의 결과 한국 야생

Table 6. Mean body weight and length of external morphometry measurements of 6 strains

Strain		BW(g)	TBL(cm)	HL(cm)	TL(cm)	HFL(cm)	EL(cm)
WR	M	206.6±45.5	37.6±2.6	4.7±1.1	17.1±1.1	3.8±0.2	1.4±0.2
	F	145.1±38.3	34.0±2.1	3.9±0.3	15.5±1.3	3.6±0.1	1.2±0.1
F344	M	270.9±49.6	40.9±2.8	4.5±0.2	20.2±1.7	4.1±0.2	1.1±0.1
	F	199.4±22.9	38.1±1.9	4.2±0.2	19.6±1.7	3.8±0.2	1.1±0.1
SD	M	406.6±53.3	47.8±3.1	5.0±0.3	24.0±1.7	4.5±0.1	1.1±0.1
	F	270.7±53.3	42.0±3.0	4.6±0.3	21.3±1.7	4.0±0.1	1.1±0.1
SHR	M	347.7±37.6	41.5±1.6	4.5±0.3	19.7±0.8	4.0±0.2	1.1±0.1
	F	224.1±12.0	38.2±0.7	4.2±0.2	18.6±0.4	3.8±0.1	1.1±0.1
WBN	M	331.6±32.9	43.6±1.2	4.7±0.4	21.4±0.6	4.0±0.2	1.1±0.1
	F	240.0±21.2	39.9±1.3	4.5±0.2	20.0±0.8	3.7±0.1	1.0±0.1
WKY	M	280.7±54.1	40.9±2.1	4.5±0.3	19.9±0.9	3.9±0.1	1.1±0.1
	F	126.1±16.6	38.2±0.2	4.3±0.1	18.4±0.4	3.6±0.1	1.1±0.1

WR: Korean wild rats, M: male rats, F: female rats, BW: body weight, TBL: total body length, HL: head length, TL: tail length, HFL: hindfoot length, EL: ear length.

Table 7. Relative value of mean body weight and length of external morphometry measurements of 6 strains

Strain		BW(g)	HL(cm)	TL(cm)	HFL(cm)	EL(cm)
WR	M	40.6±3.6	13.3±2.8	46.0±2.2	11.3±1.9	4.3±1.0
	F	42.0±2.8	12.3±2.0	45.6±2.0	11.6±1.9	4.5±2.2
F344	M	41.4±2.0	11.2±0.9	47.4±3.0	10.0±1.9	2.6±0.4
	F	37.4±3.1	11.1±0.3	51.5±3.0	11.0±0.4	2.9±0.1
SD	M	39.4±0.7	10.5±0.4	50.2±0.5	9.4±0.4	2.4±0.1
	F	39.4±0.6	10.8±0.6	50.7±0.5	9.6±0.8	2.6±0.2
SHR	M	41.7±1.0	10.9±0.5	47.3±0.9	9.6±0.3	2.6±0.1
	F	40.2±1.2	11.0±0.5	48.2±0.9	9.8±0.2	2.8±0.1
WBN	M	40.2±1.2	10.7±0.9	49.1±0.7	9.2±0.4	2.5±0.1
	F	38.5±0.8	11.2±0.4	50.2±0.9	9.2±0.2	2.5±0.1
WKY	M	40.3±1.4	11.0±0.4	48.7±1.5	9.6±0.2	2.7±0.1
	F	40.5±1.4	11.3±0.3	48.1±1.4	9.4±0.1	2.9±0.1

WR: Korean wild rats, M: male rats, F: female rats, BW: body weight, HL: head length, TL: tail length, HFL: hindfoot length, EL: ear length. The data was shown as % value of total body length.

Table 8. Percent of classified group by "unknown male rat" of 6 strains derived from external morphometry

Original group	Percent of classified group						Total
	WR	F344	SD	SHR	WBN	WKY	
WR	100	0	0	0	0	0	100
F344	0	100	0	0	0	0	100
SD	0	0	100	0	0	0	100
SHR	0	0	0	100	0	0	100
WBN	0	0	0	0	100	0	100
WKY	0	0	0	0	0	100	100

The data are shown as a percent.

Table 9. Percent of classified group by "unknown female rat" of 6 strains derived from external morphometry

Original group	Percent of classified group						Total
	WR	F344	SD	SHR	WBN	WKY	
WR	100	0	0	0	0	0	100
F344	0	100	0	0	0	0	100
SD	0	0	90	0	0	0	100
SHR	0	0	0	100	0	0	100
WBN	0	0	0	0	100	0	100
WKY	0	0	0	0	0	100	100

The data are shown as a percent.

랫드는 다른 실험동물 랫드와 다르게 분류되었다. 실험동물화된 랫드는 각 계통간의 특징별로 대다수의 개체가 구분이 가능했으나 F344 랫드의 일부는 SD 랫드로 잘못 판단되었다(Tables 8 및 9).

몸 외부길이의 5가지 측정수치를 이용한 정준함수계수 1과 2를 각각 X축과 Y축으로 구성하여 각군의 판별 정도를 알아본 결과 근교계와 폐쇄군 랫드의 각 계통은 각기 다른 영역에 분포하며 한국 야생랫드와는 명확하게 구분되었다. 한국 야생랫드는 근교계와 폐쇄군 랫드에 비하여 개체의 분포가 그래프상에 더 넓게 분포하였으나 대조군으로 사용한 실험동물과는 구분되었다. 한국 야생랫드는 암수 모두에서 같은 결과를 나타내었다(Figs 2 및 3).

고 찰

한국 야생랫드와 기존의 실험동물을 비교하여 한국 야생랫드의 형태유전학적인 특징을 조사한 결과 한국 야생랫드는 모색, 몸 외부길이를 이용한 형태계측학적인 판별분석에서 기존의 실험동물과 다른 특징을 갖고 있는 것으로 밝혀졌다.

모색조사는 별도의 장비없이도 쉽게 육안으로 대상동물의 특징을 파악할 수 있는 유용한 방법이다. 본 연구에서 관찰한 한국 야생랫드의 모색은 배쪽은 황금빛이 섞인 흰색이었고 등쪽은 야생의 짙은 갈색으로 유전자형은 wb(white belly)이었다. 랫드의 모색에 관련된 것으로 알려진 유전자는 15개 정도로 이중 7개의 유전자 즉, a(agouti), b(brown), c(albino), d(dilution), h(hooded), p(pink-eyed yellow), r(red-eyed yellow)의 조합으로 랫드의 모색이 결정된다고 알려져 있다^{29,5}. 또한 sd, wb 유전자는 야생의 *Rattus norvegicus* 만 가지고 있는 것으로 알려져 있다. A 유전자는 1개의 피모에서 흑색 혹은 갈색을 띠게

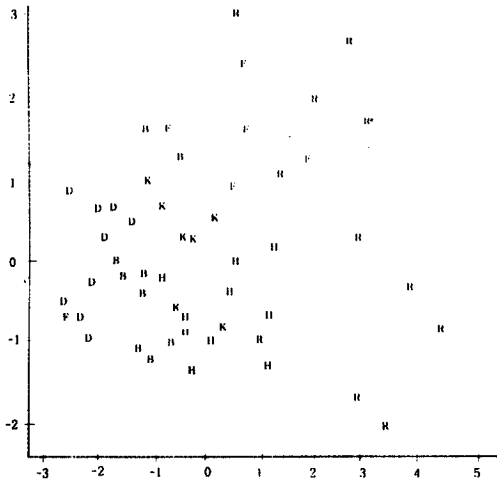


Fig 2. Graph of first versus second canonical variable for 6 strains of male rats derived from external morphometry. W: Korean wild rats(*Rattus norvegicus*), F: First 344 rats. D: Sprague Dawley rats, H: Spontaneously hypertensive rats. B: Wistar Bonn/kobori rats, K: Wistar kyoto rats.

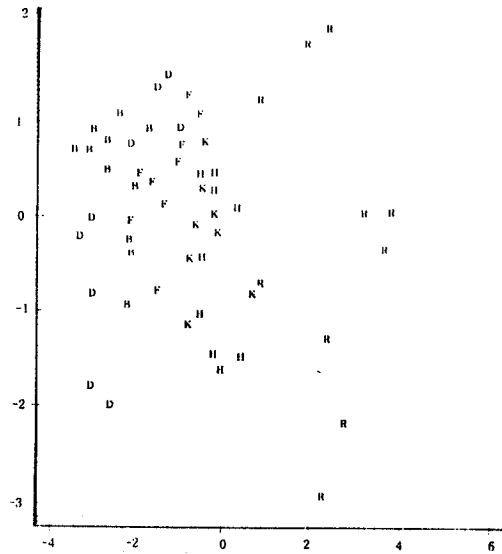


Fig 3. Graph of first versus second canonical variable for 6 strains of female rats derived from external morphometry. W: Korean wild rats(*Rattus norvegicus*), F: First 344 rats. D: Sprague Dawley rats, H: Spontaneously hypertensive rats. B: Wistar Bonn/kobori rats, K: Wistar kyoto rats.

하는 eumelanin과 노란색을 띠는 phaeomelanin 색소의 국소적인 분포를 지배하는 유전자로 linkage group IV에 존

재하는 것으로 보고된 바 있다. 야생랫드는 A^{mb} 로 등쪽은 짙은 갈색, 배쪽은 흰색을 나타내는 것으로 알려져 있다^{30,5}. B 유전자는 5번 염색체에 존재하는데 linkage group II에 위치하고 있으며 brown locus로 melanin 색소의 합성에 관여하고 모든 모색 유전자의 우성 유전자로 알려져 있다⁵. A 유전자와 B 유전자는 두 유전자의 조합으로 모색을 나타낸다. AABB 형일 경우에는 흑색조의 불규칙한 분포로 야생의 쥐색을, AAbb 일 경우에는 불규칙한 분포로 갈색(cinnamon)을 띤다⁵. C 유전자는 1번 염색체에 존재하며 linkage group I에 위치하고 tyrosinase의 생산을 지배한다. C는 우성의 야생형 유전자로 dilution factor와 같은 다른 유전자의 간섭이 없을 경우 phaeomelanin과 eumelanin의 완전한 발현을 가능케 하는 것으로 알려져 있다^{5,31}. D 유전자는 열성 유전자로 dd 형일 경우 색소과립의 응집으로 모색을 열게 하는 것으로 알려져 있다^{5,31}. H 유전자는 14번 염색체에 존재하며 linkage group VI에 위치하는 유전자로 피모의 색소분포에 관계하고 H형의 경우에는 색소가 전신에 동일하게 분포하며 hⁿ, h, h' 형의 경우에는 각기 특이한 spot 형을 나타낸다³². P와 R 유전자는 1번 염색체에 존재하며 linkage group I에 존재하는 열성 유전자이다. pp형은 모색의 심한 퇴색과 안구색이 분홍빛(pink)을 나타내게 하며 r형은 정상적인 흑색의 안구색을 짙은 붉은 색(dark red)으로, 짙은 갈색의 모색을 주황색(orange-yellow)으로 변화시키는 것으로 알려져 있다⁵. 본 연구에서 관찰한 야생랫드의 모색에 관한 유전자형은 흑색의 안구와 몸통의 등쪽이 야생의 짙은 갈색이고 배쪽은 황금빛이 섞인 흰색 혹은 옅은 회색을 보이는 것으로 보아 $A^{mb}A^{mb}/BB/CC/DD$ 형으로 추측되며 linkage group I에 존재하며 pink-eyed yellow와 red-eyed yellow를 각각 지배하는 p와 r 유전자는 PPRR인 것으로 사료된다. 모색의 몸전체 분포를 지배하여 hooded형을 나타내게 하는 H 유전자는 SHR, WKY와 F 344 같은 대부분의 albino 랫드에서는 h형으로 알려져 있는데⁵ 본 연구의 한국산 야생랫드의 경우에는 HH형으로 예상되나 이미 유전자형이 알려진 albino 랫드와의 교배실험으로 확인이 필요할 것으로 사료된다. 이들 한국 야생랫드의 예상되는 유전자형인 $A^{mb}A^{mb}BCCDDHPPRR$ 의 유전자 외에도 교배실험 등의 연구로 미확인된 모색 지배유전자를 발견할 수 있을 것으로 믿어진다.

몸 외부길이 및 골계측학적인 연구는 동물분류의 기본적인 도구가 된다는 점에서 동물간의 유전적 차이를

규명하는 가장 기초적인 연구방법으로 사용되어 왔다. 형태학적인 연구방법은 모색조사 혹은 골격계의 수적인 변이를 조사하는 비계측적인 연구와 하악골, 척골, 장골 등의 길이계측과 두개골 지수 등을 조사하는 형태계측학적인 연구로 나뉜다. Green(1953)은 C3H 마우스와 그 아계통(subline)에서 계통에 따른 흉추와 요추 수에 차이가 있음을 보고하였고 McLaren과 Michie(1954, 1955)는 C3H 마우스와 다른 마우스 간의 교배실험에서 흉골과 요골 수의 변화를 확인하고 골격의 수적 변이의 원인이 유전적인 것이라고 주장하였다³³⁻³⁵. 본 연구의 결과에서 머리길이, 몸통길이, 꼬리길이, 뒷발길이 및 귀길이의 계측을 통한 판별분석에서 한국 야생랫드는 기존의 실험동물과 비교하여 체중비율과 꼬리길이의 비율은 적은 반면 머리, 뒷발, 귀 길이의 비율은 유의하게 커서 몸 외부길이의 형태계측학적인 연구가 유용한 분류의 기준이 되며 한국 야생랫드가 실험동물화된 기존의 랫드와 다른 형태유전학적 특징을 가지고 있는 것으로 사료된다. 또한 본 실험에 사용한 실험동물랫드의 기원이 모두 유럽으로서 몸 외부길이의 차이가 한국 야생랫드와 유럽 지역의 랫드 간의 다른 특징으로도 사료된다. 그러나 한국 야생랫드가 실험동물화된 기존의 랫드와 특히 많은 차이를 보인 체중은 한국 야생랫드가 실험실 환경에서 사육된 것이 아니라 야생의 생활환경에서 서식하였을 것으로 추측된다. 포획한 한국 야생랫드의 포획지역의 차이와 시기에 따라 야생랫드의 영양상태가 차이가 생겨 체중이 변화했을 가능성이 있으므로 체중과 몸 전체 길이의 비율은 계통간 판별분석을 위한 유용한 genetic marker로 보기 어려울 것으로 추측된다. 또한 한국 야생랫드가 기존의 실험동물에 비하여 큰 값을 보인 뒷발, 귀 길이의 비율은 운동과 감각 등과 밀접한 기관으로 실험동물이 실험실 사육환경에 적응하면서 비교적 불필요한 기관이 퇴화되거나 변화를 가져온 것으로 사료되며³⁶ 실험실 내에서 여러 세대를 거치면서 사육한 뒤에 비교하여야 할 것으로 사료된다.

근교계화된 실험동물의 몸통길이는 일정한 크기와 길이를 가지며 계통 특이적인 유전적 배경(genetic background)과 환경계(envIRONMENTAL system)를 반영하여 대부분의 근교계 계통의 특성을 파악할 수 있는 유용한 genetic marker로 이용된다. 사람에게 있어서도 하악골의 형태는 체질인류학적인 연구의 대상으로 원시인과 현대인의 유전특성을 연구하는데 이용된다³⁷. 하악골을 이용한

형태유전학적인 분석은 근교계 마우스^{2,38}, 근교계 마우스의 아계³⁹⁻⁴¹ 교잡군 및 recombinant 마우스⁴²⁻⁴⁴, congeneric 마우스⁴⁵ 등에서 계통을 확인할 수 있는 유용한 방법으로 알려져 있다.

본 연구에서 outbred인 SD 랫드가 몸 외부길이의 형태계측학적인 분석을 이용한 형태유전적 분석으로 일정한 특징을 지닌 군으로 구분되며 판별분석이 가능하였는데 이는 SD 랫드가 한림대학교 실험동물부에서 20대 이상 형제자매교배(sister-brother mating)를 통해 유전적 특징이 어느 정도 고정되었기 때문으로 사료된다.

Palm(1975)은 랫드는 마우스와 달리 현재 사용되는 여러 계통의 기원이 매우 단순하며 단백질 다형의 변이가 적고 제한된 면역학적 유전자 좌위를 가져서 골계측적인 판별분석은 유용한 계통확인 수단이라고 주장했으나 본 연구에서 기존의 실험동물 랫드 및 야생랫드는 외부 몸통길이를 이용한 판별분석으로 분류가 가능하였다⁴⁶.

Atchley(1983)는 랫드의 하악골, 상악골과 대퇴골을 형태학적으로 계측한 결과 하악골의 형태학적 계측이 랫드의 유전적 특징을 가장 잘 반영하였다고 주장하였으며 Atchley et al(1985)은 마우스의 하악골에서 14개 부위의 유의성 있는 계측을 실시하여 하악골의 형태형질에 관련되는 요인은 polygenic 유전자와 발생단계 후의 성장과정에 관련된 환경요인이라고 주장하였다^{47,48}. Festing과 Roderick(1984)은 하악골을 포함한 골격계의 형태에 관계하는 유전자 분석을 시도하여 계통간에 대립유전자에 근거한 유전적 거리(genetic distance)을 찾을 수 있다고 주장하여 하악골 및 골격계의 형성에 유전적 요인이 크게 관련되었음을 시사하였다⁴⁹. 본 연구에서 얻은 근교계 및 폐쇄군 간의 판별분석의 결과도 대상동물이 동일한 조건에서 사육된 점을 감안해볼 때 유전적 요인에 기인하였다고 사료된다.

한국 야생랫드에서 관찰된 몸 외부길이 형태유전학적인 특징은 동물 자체의 유전적 요인 뿐 아니라 환경에서 오는 차이도 있을 것으로 추측된다. 고(1986)는 한국산 들쥐(*Apodemus agrarius Pallas*) 3아종에서 두개골의 형태학적 형질이 지리적 변이와 관련이 있다고 보고하였는데 한국 야생랫드의 형태유전학적인 특징도 한국지역내에서 다른 지역, 예를 들면 영동, 남부, 북부 고원지대 혹은 제주지역의 한국 야생랫드와의 비교연구가 필요할 것으로 사료되며 일본 등지의 야생랫드와의 비교

분석도 검토되어야 할 것으로 생각된다²². 오 등(1988)이 한국 야생마우스의 하악골 및 몸 외부길이의 형태유전학적 특징이 근교계 마우스와 크게 다르다고 보고한 것과 같이 한국 야생랫드도 몸 외부길이의 하악골을 이용한 형태유전학적 분석에서 근교계 랫드와 다른 특징을 보였다²³.

한국 야생랫드의 형태유전학적인 특징을 조사한 결과 한국 야생랫드가 실험동물 랫드와 모색, 몸 외부길이가 형태유전학적으로 다른 특징을 갖고 있었으며 앞으로 기존의 실험동물과 다른 유전적 특징을 갖는 새로운 유전자원으로서 개발할 가치가 필요하다고 사료된다.

결 론

한국 야생랫드의 모색은 배쪽은 황금색이 섞인 흰색, 등쪽은 짙은 야생의 갈색을 나타내었다. 한국 야생랫드는 기존의 실험동물 랫드들과 신체의 외부길이의 하악골을 이용한 형태계측학적인 연구에서 통계적으로 유의하게 구분되었다. 외부길이의 하악골을 이용한 형태계측학적인 연구에서 한국 야생랫드간에는 기존의 실험동물 계통간에 비하여 큰 차이를 보였으나 기존의 랫드와는 다르게 판별되었다. 한국 야생랫드는 실험동물용 랫드와 다른 유전적, 계통적 특징을 갖는 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- Lindsey JR. Historical foundations In: ed. by Baker HJ, Lindsey JR, and Weisbroth SH, Laboratory rat Vol. 2., Academic Press, Orlando, pp 2-36, 1980
- Festing MFW. Mouse strain identification. *Nature*, 238:351-352, 1972.
- Ohno K, Niwa Y, Kato S, Kondo K, Oda SI, Inouye M, Yamamura H. Establishment of new inbred strains derived from Japanese wild rats(*Rattus norvegicus*). *Exp Anim*, 43:251-255, 1994.
- Nomura T, Esaki K, Tomita T. ICLAS manual for genetic monitoring of inbred mice. University of Tokyo Press, Tokyo, 1984.
- Hedrich HJ. Morphological and physiological traits. In Genetic monitoring of inbred strains of rats. Ed. by Hedrich HJ, Gustav Fischer Verlag, New York, pp 59-68, 246-258, 289-409, 1990.
- Bender K, Adams M, Baverstock PR, Bieman M, Bissbort S, Brdicka R, Butcher GW, Cramer DV, Deimling O, Festing MFW, G nther E, Guttman RD, Hedrich HJ, Kendall PB, Kluge R, Moutier R, Simon B, Womack JE, Yamada J, Zutphen B. Biochemical markers in inbred strains of the rat(*Rattus norvegicus*). *Immunogenetics*, 19:257-266, 1984.
- Festing MFW, Bender K. Genetic relationships between inbred strains of rats. An analysis based on genetic marker at 28 biochemical loci. *Genet Res Camb*, 44: 271-281, 1984.
- Adams M, Baverstock PR, Watts CHS, Gutman GA. Enzyme markers in inbred rat strains: genetics of new markers and strain profiles. *Biochem Genet*, 22:611-629, 1984.
- Katoh H, Utsu S, Wakana S, and Li QF. Mapping of the Es-4 locus and linear order of esterase genes (linkage group V; LGV) in the rat. *Biochem Genet*, 27:641-646, 1989.
- Adams M, Zutphen BV. Biochemical markers In: Ed. by Hedrich HJ, Genetic monitoring of inbred strains of rats. *Gustav Fischer Verlag*, New York, pp 36-41, 1990.
- 송창우, 한상섭, 정길생. 국내 주요 근교계 마우스에 대한 Biochemical marker의 측정을 이용한 유전적 실태조사에 대한 연구. 한국실험동물학회지, 7(2): 113-121, 1991.
- 현병화, 김용준, 김환목, 오구택, 김원용, 최재운. 실험동물 계통 유지 보존에서의 Biochemical marker를 중심으로 한 유전적 monitoring. 한국실험동물학회지, 7(2):107-111, 1991.
- Wurst W, Wonigeit K, G nther E. A mutant rat major histocompatibility haplotype showing a large deletion of class I sequences. *Immunogenetics*, 30:237-242, 1989.
- Lovell DP, Festing MF. Relationships among colonies of the laboratory rat. *J Hered*, 73:81-82, 1982.
- Ishikawa A, Yamagata T, Namikawa T. Relationships between morphometric and mitochondrial DNA differentiation in laboratory strains of musk shrews(*Suncus murinus*). *Jpn J Genet*, 70:57-74, 1995.
- 김강련, 장남섭, 이석우. 한국산 생쥐의 염색체에 관

- 한 연구. 한국동물학회지, 15:35-38, 1972.
17. 강영선, 고흥선. 한국산 쥐과 3종의 핵형에 관한 연구. 한국동물학회지, 19:101-112, 1976.
 18. 고흥선. 한국산 설치류의 G 및 C-banding pattern의 분석: I. 등줄쥐(*Apodemus agrarius coreae*)와 곰쥐(*R. rattus rufescens*)의 염색체 banding pattern에 관한 연구. 한국동물학회지, 25(2):81-92, 1982.
 19. 김희수, 이원호. 한국산 야생 Mouse의 핵형분석에 관한 연구. 한국실험동물학회지, 8(2):175-188, 1992.
 20. 김희수, 이수재, 최영현, 김규원, 이원호. Southern blot에 의한 한국산 야생 mouse(*Mus musculus subspecies*)의 18s rDNA의 분석. 한국실험동물학회지, 9(2):133-139, 1993.
 21. 최영현, 권용원, 이원호. 한국산 야생생쥐(*Mus musculus subspecies*)에서 Chiasma, univalent 및 X-Y 염색체 조기분리에 관한 연구. 한국동물학회지, 37:104-112, 1994.
 22. 고흥선. 한국산 등줄쥐, *Apodemus agrarius Pallas* (*Muridae, Rodentia*), 3 아종에 있어서의 형태적 형질들의 지리적 변이. 한국동물학회지, 29(4):272-282, 1986.
 23. 오양석, 박재학, 이영순. 한국 야생마우스에 대한 형태유전학적 조사. 한국실험동물학회지, 4(1):57-63, 1988.
 24. 김정연 외 20인. 한국에 서식하는 야생등줄쥐(*Apodemus agrarius Pallas*)의 실험동물화에 관한 연구 (I). 과학기술처, 1991.
 25. 조정식 외 20인. 한국에 서식하는 야생등줄쥐(*Apodemus agrarius Pallas*)의 실험동물화에 관한 연구 (II). 과학기술처, 1992.
 26. 조정식 외 20인. 한국에 서식하는 야생등줄쥐(*Apodemus agrarius Pallas*)의 실험동물화에 관한 연구 (III). 과학기술처, 1993.
 27. Jones JK, Johnson DH. Synopsis of the lagomorphs and rodents of Korea. Univ. *Kansas Publ Mus Natl Hist*, 16:357-407, 1965.
 28. Marshall JT. Taxonomy In: ed. by Foster HL, Small JD, and Fox JG, The mouse in biomedical research Vol. I. New York, Academic Press, pp 1-16, 1981.
 29. Robinson R, Festing MFW. Coat and eye color genes: rat In: ed. by Altman PL, and Katz DD: Inbred and genetically defined strains of laboratory animals. Part 1 Mouse and rat. *Federation of American Societies for Experimental Biology*, pp 272-273, 1979.
 30. Macy AM, Stanley AJ. Light and dark colour genes in a wild population of Norway rats. *J Hered*, 64:98, 1973.
 31. 이영순. 실험동물학, 서울대학교 출판부, 서울, 1989.
 32. Moutier R, Toyama K, Charrier MF. Linkage of a plasma protein marker(GI-1) and the Hooded locus in the rat, *Rattus norvegicus*. *Biochem Genet*, 10(4):395-398, 1973.
 33. Green EL. A skeletal differences between sublines of the C3H strain of mice. *Science*, 117:81-82, 1953.
 34. McLaren A, Michie D. Factors affecting vertebral variations in mice. 1. Variation within an inbred strain. *J Embryol Exp Morphol*, 2:149-160, 1954.
 35. McLaren A, Michie D. Factors affecting vertebral variations in mice. 2. Further evidence on intra-strain variation. *J Embryol Exp Morphol*, 3:366-375, 1955.
 36. Turton JA. Length and weight of body structures: rat. In: Ed. by Altman PL, and Katz DD, Inbred and genetically defined strains of laboratory animals. Part 1 Mouse and rat. *Federation of American Societies for Experimental Biology*, pp 273-277, 1979.
 37. Nayeem F. The mandible - an analysis. *Acta Anat.(Basel)*, 145:132-137, 1992.
 38. Goto N, Noguchi K, Imamura K. Mouse strain identification by means of discriminant analysis using mandible measurements. *Natl Inst Anim Health Quart*, 19:121-131, 1979.
 39. Festing MFW. A multivariate analysis of subline divergence in the shape of the mandible in C57BL/Gr mice. *Genet Res Comb*, 21:121-132, 1973.
 40. Goto N, Miura K, Imamura K, Komeda K. Genetic relationships between sublines of inbred strains of mice as assessed by mandible analysis. *Natl Inst Anim Health Q (Jpn)*, 21:32-41, 1981.
 41. Moutier R, Martin B. A discontinuous variation in laboratory mandible measurements. *Rat News Letter*, 36:569-571, 1994.
 42. Leamy L. Morphometric studies in inbred and hybrid

- house mice. II. Patterns in the variances. *J Hered*, 73: 267-272, 1982.
43. Bailey DW. Genes that affect morphogenesis of the murine mandible, Recombinant-inbred strain analysis. *J Hered*, 80:17-25, 1986.
44. Goto N, Yamaoka A, Sudo T, Mannen H, Fukuta K, Nishimura M. Morphometric profiles of the mandible of SMXA recombinant inbred strains of mice and strain identification on the basis of mandible measurements. *Exp Anim*, 42(1):41-50, 1993.
45. Bailey DW. Genes that affect the shape of the murine mandible, Congenic strain analysis. *J Hered*, 76:107-114, 1985.
46. Palm JE. The laboratory rat, *Rattus norvegicus* In : Ed. by King RC, Handbook of Genetics Vol. 4., Plenum Press, pp 243-254, 1975.
47. Atchley WR. A genetic analysis of the mandible and maxilla in the rat. *J Cranio Genet Develop Biol*, 3: 409-422, 1983.
48. Atchley WR, Plummer AA, Riska B. Genetics of mandible form in the mouse. *Genetics*, 111:555-577, 1985.
49. Festing MFW, Roderick TH. Correlation between genetic distances based on single loci and on skeletal morphology in inbred mice. *Genet Res*, 53:45-55, 1984.
-