

# 개의 행동유전: 고등동물 행동특질 유전의 연구 전략

이인아, 이춘길

서울대학교 심리학과

신경과학과 분자유전학의 연구 기법의 발달로 인하여 이제 사람의 성격을 포함한 행동특질의 원인을 유전자 수준까지 추적하고 있다. 특히 1996년은 인간의 성격과 관련한 유전자를 최초로 규명하기 시작한 해였다. 본 논문은 행동의 기술을 토대로 행동의 다양성에 관한 유전적 배경을 정량적으로 분석하고자 했던 일련의 동물 행동유전에 관한 연구의 성과를 정리하였다. 개의 행동유전 연구가 인간을 포함한 고등 동물의 행동특질의 유전적 바탕과 이의 생리적 표현 과정에 관한 연구의 전형이 될 수 있을 것으로 우리는 믿는 바, 개의 행동유전에 관한 연구에 중점을 두었다. 동시에 행동유전 연구의 결과를 해석하는데 제기될 수 있었던 다음과 같은 문제점들을 논의하였다: 1) 동물의 지각 체계에 관한 불충분한 이해와 이에 따른 결과 해석의 타당성 결여, 2) 동물행동 측정 절차의 주관성과 비정밀성, 3) 행동의 측정에 영향을 미치는 동물과 실험자 간의 상호작용. 이러한 문제의 해결을 통하여, 고등동물의 행동유전학 모델로서의 개-행동유전학이 보다 과학적으로 진행되기 위해서는 1) 유전적 영향이 큰 행동특질과 그에 맞는 행동지표의 선정, 2) 행동측정의 정밀성 확보, 3) 개의 개념에 대한 지식 축적 등이 필요함을 강조하였다.

— 목 차 —

1. 서 론 .....	2
2. 동물의 행동유전 .....	3
2.1. 초파리(Drosophila) .....	4
2.2. 생쥐(Mouse) .....	6
2.3. 개(Dog) .....	9
2.3.1. 개-행동유전학의 역사 .....	10
2.3.2. 개-행동유전 연구의 문제점 .....	13
2.3.3. 개-행동유전학의 연구전략 .....	19
3. 결 론 .....	22

“진화상에서 ‘개인간 차이’가 담당하는 역할을 밝히는 것이 다음 단계에서의 큰 난관이 될 것이며, 그에 대한 해결책으로서의 ‘인간 성격에 대한 행동유전학’은 이제 記述的 분야가 아닌 說明的 분야가 될 것이다.” (Bouchard, 1994)

## 1. 서 론

개를 기르는 일반인들과 전문 사육사들의 경험에 의하면 개들의 행동은 사람만큼 혹은 그 이상으로 다양하다. 삽살개의 모성행동을 예로 보면, 새끼를 극진히 보살피는 개가 있는가 하면 새끼를 전혀 돌보지 않는 개가 있기도 하며, 심지어 언제나 새끼가 태어나면 바로 물어 죽이는 개도 있다. 또는 암개를 수시로 물어 공격하는 수개가 있는가 하면 다른 개와의 사회적 접촉을 꺼리는 개, 장난을 좋아하는 개 등 동일한 품종의 개들도 다양한 행동을 표현한다. 행동의 다양성은 이미 다윈에 의해서 그 진화적 중요성이 인식되었다. 그리하여 생물학에서는 행동의 다양성을 행동유전의 주제로서 연구해 왔으며, 심리학에서는 행동특질, 혹은 성격에 대하여 연구하여 왔다.

행동은 동물의 ‘내적 상태’를 반영하는 중요한 지표이다. 생물체의 행동을 분석하는 과학은 동물의 행동을 정량화하여 분석함으로써 생물학적 기제와 행동간의 관계 법칙을 기술하고 행동에 대한 정확한 예측을 하는 것을 주된 목표로 하고 있다. 행동의 다양성에 대한 성공적인 설명은 특정 행동을 결정하는 인자가 표현되는 과정을 포함해야 하며, 이 과정의 실험적인 변화가 특정 행동의 변화를 낳는지를 보여야 할 것이다.

초파리(*Drosophila*), 바다달팽이(*Aplysia*) 등의 하등동물 행동의 표현 과정에 관한 선도적인 연구와는 달리 인간 행동의 다양성에 관한 생물학적, 심리학적 시도는 여러 가지 이유로 인하여 부진하였다. 사람의 행동은 다른 동물에 비해 다양하고 복잡한 정서와 동기 등의 내적 변인에 의하여 결정되며 여러 수준에서 조절되므로 이를 분석하는 일이 쉽지 않다. 따라서, 인간의 행동을

설명할 수 있는 주요한 생물학적 요소를 확인하려는 노력은 대부분 유치한 수준에 머물러 있다. 또한 인간 행동의 다양성에 관한 심리학적 설명에 쓰인 개념들은 불명확하며 대체로 기술적인 수준에 머물러 행동의 다양성을 기술해 놓은 것과 크게 다를 바 없다. 행동의 다양성에 대한 심리학적 설명은 대체로 실패하였다. 그럼에도 불구하고 신경과학, 생화학, 세포생물학, 분자유전학의 지속적이고 빠른 발전으로 인하여 행동특질을 보다 구체적인 수준으로 설명할 수 있다는 신념은 계속 증대되고 있다(Billings, Beckwith, & Alper, 1992).

오래전부터 연구자들은 인간을 포함한 생물체가 보이는 행동의 근원적인 원인을 찾고자 노력하여 왔으며, 유전자에 관한 직접적인 연구가 가능해지자 행동의 근원적인 원인을 유전자의 수준까지 환원하여 분석하기 위한 정밀한 노력을 하여 왔다. 연구자들은 이를 위하여 분자생물학의 방법론을 이용하기 시작하였고, 행동의 유전적인 배경을 탐구하려는 이러한 정밀한 노력은 행동유전학이라는 분야로 자리 잡았다. 유전적 기법과 행동관찰법이 결합되어 진행중인 행동유전학의 분야는 행동을 정량적으로 기술한 뒤 이 자료와 유전자 정보와의 상관에 의하여 행동과 유전과의 관계에 대한 새로운 발견들을 계속하여 보고하고 있다. 최근에는 인간의 성격 중에서 특정 유전자에 의해 설명될 수 있는 부분을 정량적으로 기술한 연구들(Benjamin, Patterson, Greenberg, Murphy, & Hamer, 1996; Ebstein, Novick, Umansky, Priel, Osher, Blaine, Bennett, Nemanov, Katz, & Belmaker, 1996; Lesch, Bengel, Heils, Sabol, Greenberg, Petri, Benjamin, Clemens, Hamer, & Murphy, 1996)까지 등장함으로써 유전자와 행동의 관계에 대한 연구는 더이상 하등동물에 국한된 것이 아님을 보였다. Lesch와 동료들(1996)은, 신경전달물질인 세로토닌(serotonin)의 transporter에 대한 부호화(encoding)를 담당하는 유전자의 두가지 대립인자(allele)에 의해서 신경증(neuroticism)이 나

타나는 정도가 영향을 받는다고 보고하였다. 한 가지 대립인자는 더욱 많은 단백질을 만들어내며 이는 더욱 많은 신경증을 야기시키고, 다른 대립인자는 더 적은 단백질을 만들며 그만큼 적은 신경증을 나타낸다는 것이다. 이 연구는, 16-아미노산 반복체(16-amino acid repeat)를 가지고 있는 도파민 수용체(DRD4 receptor)의 대립인자(allele)가 '새로움의 추구'(novelty seeking)와 연관되어 있다는 보고(Benjamin, et al., 1996; Ebstein, et al., 1996)와 더불어 인간의 성격과 유전자와의 직접적인 상관에 대한 역사상 최초의 보고들이다. 이처럼 행동유전학은 분자생물학적 기법을 토대로 보다 고등한 동물의 행동까지 연구하고자 시도하고 있으나 방법론상의 객관성 및 타당성 면에서 문제점이 없지 않다. 위에 인용한 두 연구들은 표본의 선정 및 설문지법에 의한 행동측정, 그리고 지표로서의 대립인자의 기능성을 무시한 채 특정 대립인자의 존재유무에만 기초한 임의적인 유전형 분류 등으로 인하여 비판을 받기도 하였다(Goldman, 1996).

행동유전학의 주된 실험 대상은 초파리와 쥐이지만 이들 실험 대상은 생리적 바탕에서의 차이 등으로 인하여 고등 포유류의 행동에 대한 시사점을 제공하기에는 부족한 점이 있다. 원숭이의 행동을 유전적으로 연구할 수 있다면 이는 인간의 행동 연구에도 직접적인 시사점을 줄 수 있겠지만, 원숭이의 경우 세대가 길고 행동의 표현 과정이 복잡하여 인간의 행동을 유전적으로 연구하는데 겪어야 하는 어려움이 그대로 재현된다. 우리는 개가 하등동물과 인간 행동의 다양성의 설명 수준의 틈을 메울 수 있을 것으로 생각한다. 개는 세대가 짧고 행동이 다양하며 유전형이 표현 행동까지 이르는 과정에 인지적 요인이 영향하는 정도가 원숭이에 비해 상대적으로 작은 이유로 행동의 유전과 관련하여 생쥐를 제외하고는 가장 많이 연구되어 온 포유류이기 때문이다.

인간 성격의 유전자에 관한 연구가 보고되기 시작한 것을 계기로, 본 논문은 분자생물학적 기법을 토대로 이루어진 초파리와 생쥐의 행동유전

연구에 관한 연구를 개관하고 고등한 포유류의 행동유전학이 이와 같은 방향으로 나아가기 위해 선결되어야 할 문제점들과 그에 대한 해결책을 개의 행동유전에 관한 연구를 통해서 제시하고자 하였다.

## 2. 동물의 행동유전

생물체가 보이는 행동의 유전적인 바탕을 확인하려는 노력은 1920년대에 생물학 분야에서 처음 시작되었으며 '행동유전학(behavioral genetics)'이라는 분야로 새롭게 자리잡았다. 사람의 행동유전학 연구에서 주로 사용되는 쌍둥이 연구와 같이 간접적인 방법으로 유전의 영향을 확인하는 것이 아니라, 직접적으로 생물체의 유전적 배경을 조작한 뒤에 나타나는 행동변화를 측정함으로써 동물의 행동유전학은 생물학적 방법론의 가장 급진적인 모습을 대표한다(Plomin, Chipuer, & Loehlin, 1990).

행동의 배후에 숨어있는 생물학적인 바탕중에서 가장 기초적인 것은 유전적인 바탕이라고 볼 수 있으며, 현단계의 방법론적 한계와 윤리적인 제약으로 인하여 행동유전학은 사람이 아니라 주로 동물을 대상으로 하고 있다. 인지적 변인이 작용하게 되는 사람의 행동은 동물의 그것에 비하여 객관적으로 정량화되기 어려우며 사회적, 문화적 환경의 영향에 의하여 수정되기 때문에, 동물에 비해 유전적 바탕을 확인하기가 상대적으로 어렵다. 사람은 인지적 사고에 의하여 자신의 특성을 변화시키고 동시에 반응단계에서 여러가지 조절 요인들의 간섭을 받기 때문에 발달초기의 생물학적, 유전적 바탕의 흔적을 확인하는 일이 쉽지 않다. 그에 비하여 동물의 경우에는 행동표출의 기전이 사람보다 단순하고 생리적 원리에 비교적 충실하게 이루어지므로 행동의 유전적, 생물학적 바탕을 확인하는 일이 사람에 비해 용이하며, 특정 차원에 관련된 구체적인 생리구조에 대해 집중된 연구가 가능하다.

단순한 행동과 그 행동의 배후에 있는 유전적 바탕을 확인하는 동물 연구의 결과를 가지고 인

간의 복잡한 행동을 당장 설명하는 것은 불가능하다. 그러나, 동물의 다양한 행동특질을 특정 유전자가 조절하고 있다는 결과는 앞으로 고등동물로서의 인간의 행동 설명에 큰 영향을 끼칠 것이다. 공격성을 비롯한 인간 특질의 상당부분은 동물에게서도 관찰되는 것이며 이러한 특질과 인지적인 요소의 총체로서 인간의 성격은 연구되고 있다. 따라서, 동물의 행동 중에서 인간의 총체적인 모습을 규정하는데 기여하는 요소와 유사한 것들의 상당부분이 유전적인 바탕에 의해 결정되고 있다는 행동유전학 분야의 실험 결과들은 지금까지의 인간 행동에 관계된 연구들의 진로에 영향을 미칠 것임에 틀림없다. 또, 행동유전학 분야의 동물실험을 통해 나온 결과들은, 특히 파킨슨 병(Parkinson's disease)과 같은 유전병들과 알콜중독과 같은 사회적 병리현상의 유전적인 배경에 대한 실마리를 제공하고 있다 (Crabbe, Belknap, & Buck, 1994; Menza, Globe, Cody, & Formen, 1993).

현재 동물을 이용한 행동유전학 분야에서 가장 많이 연구되고 있는 대상은 초파리(Drosophila)와 생쥐(mouse)이다. 이들이 보이는 행동특질의 유전적인 바탕을 분자생물학적인 접근법을 사용하여 밝히려는 연구가 생물학의 영역에서 활발히 행해지고 있다. 이러한 동물을 이용한 행동유전학에서 사용하는 단계적 접근법의 한가지를 소개하면 다음과 같다(Klug & Cummings, 1993). 첫째, 돌연변이를 일으켜서 정상적인 행동에 이상을 유발시킴으로써 행동과 유전간의 상관을 확인한다. 둘째, 염색체의 국소화(localization)와 지도작성(mapping)에 의하여 돌연변이가 일어난 유전자를 확인한다. 셋째, 해당 돌연변이 유전자가 표현된 기관(organism)을 확인함으로써 어떤 기관이 해당 유전자와 행동을 매개하는지를 결정한다. 넷째, 특정 유전자에 의해 특정 행동이 어떤 영향을 받고 있는지를 확인한다. 즉, 행동을 측정한다.

행동과 유전과의 관계에 대한 연구가 지속되어 온 다른 동물로는 개를 들 수 있다. 개에 대한 행동유전학은 분자생물학적인 방법을 사용하여

이루어진 것은 아니었다. 주로 개의 행동측정과 가계도의 분석을 병행하거나 특정 행동을 보이는 개체간, 품종간의 선택적 교배(selective breeding)를 통하여 행동의 유전여부를 판단하는 간접적인 접근법을 취해 왔다. 초파리나 생쥐의 연구는 이들의 감각-반응계에 바탕을 둔 행동적 특질에 대한 연구가 중점적으로 이루어진데 반하여, 개에 관한 연구는 개의 외형적 특징과 행동특질에 대해 중점적인 연구가 이루어졌다.

## 2.1. 초파리(Drosophila)

초파리의 포괄적인 행동특질의 유전적인 배경에 대한 연구는 Benzer와 그의 동료들(1967)에 의하여 처음으로 시도되었다. 빛을 향한 이동에 대한 초기의 연구(Benzer, 1973)에서부터 최근의 학습과 기억에 대한 연구(Boynton & Tully, 1992; Dura, Preat, & Tully, 1993; Meller & Davis, 1996)에 이르기까지 초파리를 이용한 행동유전학 연구를 통해 생물체의 다양한 행동은 유전자에 의해 상당부분 영향을 받는 것이 드러나고 있다. 이를 표1에 정리하였다.

초파리와 같은 하등한 생물체도 특정한 유전적인 배경을 가지고 있는 경우에 동일한 자극에 저마다 다른 반응수준을 보이는데, 초파리 후각기능의 유전적 특성과 행동과의 관계에 관한 연구를 예로 들 수 있다(Carlson, 1996). 초파리의 후각은 비교적 단순하지만 민감하다. 초파리의 유전자를 조작하여 돌연변이를 일으킨 뒤 후각계에 특정 냄새를 자극으로 제시할 경우에, 후각계의 유전자에 일으킨 돌연변이의 종류에 따라 특징적인 후각 기능의 손상이 일어난다. 그러한 손상은 다양한 행동지표를 통해서 확인되었다. 행동지표의 예로서는 후각자극이 갑자기 풍부해짐에 따라 초파리에게서 유발되는 도약행동, Y자미로에서 유인적인 후각자극쪽으로 이동하는 초파리의 행동, 유인적인 후각자극이 있는 함정으로 들어가는 초파리의 행동(Woodard, Huang, Sun, Helfand, & Carlson, 1989)등을 들 수 있다.

표1. 초파리에서 나타나는 행동상의 돌연변이(Klug & Cummings, 1993)

연구된 행동유형	돌연변이의 명칭	행동상의 특징
운동 (locomotor)	sluggish hyperkinetic wings up flightless uncoordinated nonclimbing	천천히 움직임 산소의 과다소비; 다리의 떨림, 일찍 죽음 몸체에 직각인 날개 날개는 정상이나 잘 날지 못함 협응된(coordinate) 행동의 장애 기어 오르는 행동의 장애
스트레스에 대한 반응	easily shocked stoned shaker freaked out paralyzed parched tko comatose out-cold	물리적 충격에 의해 혼수상태(coma)에 빠짐 물리적 충격에 의해 불안정한 걸음걸이 에테르 마취 동안에 모든 다리를 뻗 에테르의 영향하에 무선적인 선회(gyration) 보임 일정 온도 이상에서 마비됨 습기가 적은 곳에서 급사(急死)함 발작성(epileptic) 반응을 보임 찬 온도에 의해서 마비됨 혼수상태(coma)와 비슷함
Circadian Rhythm	period <sup>o</sup> period <sup>s</sup> period <sup>f</sup>	하루중 아무때나 활동성 보임 19시간의 주기를 보임 28시간의 주기를 보임
성행동	savoir-faire fruity stuck coitus interruptus	짜짓기를 잘 못하는 수컷 수컷끼리 서로 쫓아다님 짜짓기 이후 암컷에서 떨어지지 못하는 수컷 정상 짜짓기 시간의 절반에 짜짓기 끝내는 수컷
시각	nonphototactic negatiely- phototactic	시각이 없음 빛으로부터 멀어지려 함
학습	dunce	조건형성 반응을 학습하지 못함

초파리를 이용한 연구 중에서도 특히 초파리와 같은 하등한 생물체의 학습이 유전에 의해 영향을 받는다는 결과는, 비록 간단한 생물체에 대한 실험을 통해서 얻어진 결과이기도 하지만 심리학 등의 분야에서 학습의 기전을 유전적으로 연구하는데 영향을 끼치게 될 것이다. 예를 들어, Boynton & Trully(1992)는 특정 유전자에 일으킨 돌연변이에 의해서 초파리의 후각적 혐오조건 형성(olfactory avoidance conditioning)이

저하된다는 것을 밝혔다. 이들은 전기충격을 줄 수 있도록 설계된 방에 50마리의 돌연변이(latheoPI)를 넣고서 3-octanol(OCT)과 4-methylcyclohexanol (MCH)의 두가지 냄새를 주었다. 이 두가지 중 한가지의 냄새는 조건자극(Cs+)이었고 다른 한가지는 통제자극(Cs-)이었다. 조건자극으로 쓰인 냄새가 나올 때는 전기충격(US)이 주어졌고, 통제자극으로 쓰인 냄새가 나올 때는 전기충격이 주어지지 않았다. 이

러한 훈련을 받은 후에 초파리는 T자형 미로의 선택지점에 놓여졌다. T자형 미로의 한쪽 통로로부터는 조건자극으로 쓰였던 냄새가 흘러 들어오고 다른 통로로부터는 통제자극으로 쓰였던 냄새가 흘러 들어오므로써 선택지점에 놓인 초파리는 두가지의 냄새를 모두 맡을 수가 있었다. 5%의 초파리를 제외한 대다수의 초파리는 조건자극 냄새를 피하기 위해 통제자극 냄새가 나는 통로쪽으로 갔다. 이처럼 학습이 이루어진 초파리들을 15분에서 360분까지의 다양한 시간동안 어두운 방에 가두어 놓은 후에 다시 T자형 미로의 선택지점에 이들을 놓고 같은 실험을 반복한 결과, 돌연변이는 학습된 뒤에 어두운 방에 오래 갇혀 있을수록 정상 초파리에 비해 학습했던 수행이 떨어지는 것으로 밝혀졌다.

## 2.2. 생쥐(Mouse)

동물들 통해 유전과 행동간의 관계를 보려는 노력은 크게 두가지 방향에 의하여 진행되어 왔다. 첫번째는 동물의 혈통(strain)을 확인한 후 서로 다른 혈통과 같은 혈통 사이에서 나타나는 행동상의 차이에 주목하는 방법이다. 두번째는 동물의 단일 유전자를 교체시킨 뒤 일어나는 이상 행동을 관찰하는 형질전환 동물(transgenic animal) 연구이다. 두번째의 방법이 보다 직접적인 방법에 속한다고 볼 수 있다.

첫 번째의 방법을 생쥐에게 적용하여 수많은 연구가 행해졌으나 그 중에서도 특히 사회적인 시사점을 남기는 것이 알콜 선호도의 유전적 배경에 대한 연구이다. 이러한 연구들은 주로 서로 다른 동계교배 혈통(inbred strain)의 생쥐들이 에탄올에 대해 보이는 선호 혹은 혐오반응 정도를 살펴 봄으로써 유전에 의해 이러한 반응이 결정된다는 주장을 펴 왔다. 예를 들어, Rogers와 McClearn(1962)은 네가지 혈통(strain)의 동계교배(inbred) 생쥐들이 보이는 알콜 소비량을 3주동안 관찰하였다. 각각의 혈통은 순수한 물을 공급받거나 알콜이 2.5-15.0%까지 다양하게 함유된 물을 공급받았다. 공급되는 물을 얼마나 소

표2. 혈통별 알콜 선호도의 차이 비교(Rogers & McClearn, 1962)

혈통 (Strain)	주 (Week)	소비된 물에 함유된 알콜량	평균알콜 함유량
C57BL	1	0.085	9.4%
	2	0.093	
	3	0.104	
C3H/2	1	0.065	6.9%
	2	0.066	
	3	0.075	
BALB/c	1	0.024	2.0%
	2	0.019	
	3	0.018	
A/3	1	0.021	1.7%
	2	0.016	
	3	0.015	

비하는지 정도가 측정되었다. 표2에서 나타난 바와 같이, 실험 결과 C57BL과 C3H/2 혈통의 생쥐들은 알콜을 선호함에 비하여 BALB/c와 A/3의 생쥐들은 알콜을 회피하였다.

두번째의 직접적인 유전자 조작방법에 의해 단일 유전자가 생쥐의 이상행동에 관여한다는 증거가 보고되어 왔다. 이는 표3과 같이 정리될 수 있다.

이상의 초파리나 생쥐 연구에서와 같이 특정 유전자에 돌연변이를 일으킨 혈통간의 비교에 의하여 유전자와 행동간의 관계를 연구하는 실험은 행동유전학의 주된 실험법 중 하나로 자리 잡았다. 그러나, 이러한 실험들 역시 유전자와 행동간의 완전한 상관을 보장할 수 없는 한계를 가지고 있다. 첫번째 한계로서, 특정한 유전자를 소멸(knock-out)시킨 동물에서 나타나는 표현형의 이상 (phenotypical abnormality)이 과연 소멸시킨 특정 유전자에 귀인될 수 있는가 하는 점에서 문제가 있다. 소멸된 유전자를 가지고 있는 null-mutant 동물의 내부에서는 소멸된 유전자에 대한 보완적 과정(complementary process)이 다른 유전자들에 의해 이루어지기도 하며, 발달과정과 생리적, 행동적 수준에서의 보완이 뒤따르기 때문에, 특정한 유전자로의 귀인은 대단

표3. 돌연변이 생쥐의 표현형 (Klug & Cummings, 1994)

유전자이름	유전자 상징	Linkage Group	생물학적 표현형	행동적 표현형
Albino	c	I	털과 눈에 색소 결핍	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 굶아먹는 행동의 저하</li> <li>2. 지연된 audiogenic 발작</li> <li>3. 물로부터의 탈출 수행 저하</li> <li>4. 능동적인 회피의 감소, 수동적인 회피의 증가</li> <li>5. 감소된 활동량</li> <li>6. 교미상대에 대한 경쟁에서의 잇점</li> <li>7. 알콜 선호도 감소</li> <li>8. 물로부터의 탈출 수행 저하와 트인공간에서의 활동 감소</li> <li>9. 흑백의 구별능력 저하</li> </ol>
Brown	b	VIII	검은 색소대신 갈색털	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 몸손질의 감소</li> </ol>
Dilute	d	II	푸른회색털	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 물어 뜯는 행동의 감소</li> </ol>
Misty	m	VIII	열은 털색과 꼬리, 배에 점	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 물어 뜯는 행동의 감소</li> </ol>
Pink eye dilution	p	I	분홍빛 눈, 얼어지거나 갈색의 색소	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 실험자를 쳐다보는 횟수 줄어듦, 발을 드는 행동 줄어듦, 몸손질과 몸을 떠는 횟수 줄어듦</li> </ol>
Pintail	Pt	VIII	짧은 꼬리	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 회피가 빠르게 소거됨</li> </ol>
Short ear	se	II	연골의 위축	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 소리에 의한 회피학습 불가</li> </ol>
Yellow	Ay	V	노랑 혹은 주황색의 털과 검은눈	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 단기적, 장기적 활동의 감소</li> <li>2. 여러 무리의 암컷과의 교미에서 문제점</li> </ol>

히 신중히 이루어져야 할 문제이다. Gerlai (1996)는 이와같은 문제점을 지적하였다. 유전자 연쇄(genetic linkage) 연구의 가장 큰 문제점으로 Gerlai가 꼽은 것은 목표 유전자(target gene)와 그것의 주변에 존재하는 주변 유전자(background gene)의 영향을 구분하기 힘들다는 것이다. 즉, 표현형에 나타난 차이가 목표 유전자의 null mutation 때문인지 아니면, 그것과 위치상 가까이 존재하는 주변 유전자(background gene)의 영향 때문인지 현재로서는 뚜렷이 구별하기 힘들다는 것이다. 이는 특정 혈통의 교배에 의해 만들어지는 잡종(hybrid)들의 주변 유전자(background gene)들의 위치가 저마다 다르기 때문에 문제가 된다. 즉, 잡종들은 특정 목표 유전자(target gene)에 돌연변이를 일으켰다는 점에서는 같지만 그것의 주변에 있는 주변 유전자(background gene)에서 차이가 있

기 때문에 그들간의 행동상의 차이를 돌연변이를 일으킨 목표 유전자의 결과로 해석하는 일이 쉽지 않다. 잡종 생쥐(hybrid mice)를 쓰지 않고 실험을 하는 것이 최상의 방법이지만 이러한 실험을 할 수 있는 경제력과 시간을 가진 실험자들이 극히 드물다는 점이 현재의 문제이다(Gerlai, 1996).

두번째 한계로서, 표현형의 이상을 단일한 유전자에 귀인하기에는 그 유전자의 결핍에 영향을 받는 무수한 발달상, 기능상의 단계들이 존재한다는 것이다. 따라서, 뇌의 어떤 부분이 해당 행동에 관여하는지를 정확히 알지 못하는 상황에서는, 기관(organ)의 작용을 건너뛸 채 행동과 유전자의 관계를 말한다는 것이 성급한 결론일 가능성이 많다. Lathe(1996)는 이와 같은 문제를 중점적으로 언급하였다. 그는 돌연변이에 의한 행동유전학 실험결과를 오역시킬 수 있는 요인들

을 8가지로 정리하였다. 여덟 가지의 오염요인은 다음과 같다: 1. 불완전한 null allele, 2. 보완적인 변화(compensatory changes), 3. 유전적 배경(genetic background)의 영향, 4. 발달적 영향(developmental effects), 5. 연령(age), 性(sex), 6. 생리적 영향(physiological effects), 7. 뇌기능의 통합성(integration of brain function), 8. 환경적 영향(environmental factors). 이와같은 요인들이 개입하여 최종적으로 관찰되는 것이 '행동'이므로 단일한 유전자에 돌연변이를 일으킨 것이 과연 끝까지 그 효과를 잃지 않고 순수하게 표현형에 영향을 끼칠 것인가는 누구도 장담하기 힘들다.

이와 같은 한계를 고려할 때, 유전자 수준에서의 특정한 변화가 관심있는 행동특질의 변화에 직접적으로 영향을 미쳤다고 해석하는데는 상당한 주의가 필요하다. 해당 유전자의 이상으로 인해 발생하는 주변 유전자의 기능 변화 및 유전자 발현의 과정에서 행동을 매개하는 기관이 행하는 조정 등, 행동에 변화가 일어나기까지 여러가지 단계를 거치게 되고 그로 인한 최후의 결과가 행동상의 변화인 것이다. 그러므로, 유전자가 행동에 영향을 미치는 방식은 간접적인 방식이라고 볼 수도 있다. 이러한 해석상의 문제점을 해결하기 위한 유일한 방법은 유전자와 행동을 매개하는 다리 역할을 하는 해당 신경계의 기관에 대해 구체적인 지식을 축적하는 것이다. 즉, 구체적인 행동특질의 발현을 어떤 신경계의 특정 구조가 담당하고 있는지에 대한 지식의 축적이 우선적으로 이루어져야 한다. 그런 뒤에 그러한 구조가 어떤 유전적 발달과정을 거쳐 완성되는지, 그리고 유전자의 변화가 구조의 기능에 미치는 영향은 어느 정도인지에 대한 연구가 진행되어야 한다. 이런 구체적인 지식의 축적에 의해 특정 행동특질을 담당하는 신경계에 대한 참조가 이루어질 때 비로소 유전자와 행동간의 상관은 타당성을 지니게 될 것이다.

이러한 타당성을 추구했던 최근의 행동유전학 연구로는 DeFries와 동료들(1996)의 연구를 꼽을 수 있다. 행동유전학자들 중에는 단일한 유

전자(single gene)에 의하여 구체적인 행동을 직접적으로 설명하겠다는 목표를 가진 학자들이 있다. 행동은 여러 가지 유전자의 복합적인 작용에 의하여 표현된다고 여겨지고 있으므로 이러한 시도에 대해서는 현재 많은 비판이 일고 있지만, 상당한 설득력을 갖는 실험 결과들이 나옴에 따라 여전히 논란이 계속되고 있다. DeFries와 동료들이 생쥐가 트인 공간에서 보이는 행동(open-field behavior)에 대해서 발표한 결과 역시 행동의 배후에 단일 유전자가 개입될 수 있음을 시사한다. 실험 방법을 살펴보면 다음과 같다: '트인 공간에서의 행동'에서 현저한 차이를 보이는 두가지 동계교배 혈통의 생쥐(BALB/cJ 혈통과 C57BL/6J 혈통의 두가지)가 교배되어 F1세대가 만들어졌다. 그런뒤에 무선 교배(random mating)에 의하여 F2와 F3의 세대를 다시 얻었다. F2, F3세대의 생쥐들은 잿빛, 계피색, 검정색, 갈색, 흰색(albino)의 다섯가지의 털색깔로 구분될 수 있다. 각 세대에 있는 생쥐들은 약 1m x 1m의 트인 공간(단, 밝은 조명)에서 자유롭게 움직이도록 허용된다. 동물의 움직임은 벽에 붙어 있는 5개의 광선 빔의 단절에 의해서 측정되고, 실험동안에 동물이 배설하는 배설물의 수도 측정된다. 이러한 실험 패러다임은 생쥐의 정서성(emotionality)를 가장 잘 반영하는 것으로 알려져 왔고 널리 쓰이고 있다. 즉, 활동적이고 외향적인 생쥐들은 제한된 공간 내에서 많은 움직임을 보이며 배설물이 적다. 그러나, 내향적이고 수줍음을 많이 타는 생쥐들은 움직임이 많지 않으며 긴장 및 스트레스 정도를 반영하는 생리적 지표중 하나인 배설물이 많다. BALB/c 혈통의 생쥐들은 선천적으로 활동이 적으며 트인 공간에 놓여졌을 경우에 배설을 많이 한다. 그러나, C57BL/6 혈통의 생쥐들은 선천적으로 활동이 많으며 트인 공간에서의 배설물도 적다. 지금까지의 입증되었던 이러한 결과는 DeFries와 동료들의 이 실험에서도 입증되었다.

이 실험이 중요한 이유는 DeFries가 여기서 더 나아가서, 활동량과 배설량의 차이를 내는 F2, F3, F4 세대의 생쥐들에 대해 추가적인 분석



을 해 보았다는 데에 있다. F2이하의 생쥐들(5가지의 털색깔)을 활동량과 배설량에 따라 묶을 경우 크게 알비노와 유색으로 분류가 가능하다. 이는 시각체계에 따른 구분인데, 알비노의 경우에는 무색의 눈을 가지고 있으며, 나머지 생쥐들의 경우에는 채색된 눈을 가지고 있다. 재미있는 것은, 실험의 결과 알비노들이 적은 활동량과 많은 배설량을 보이는데 비하여 나머지 채색된 눈의 생쥐들은 많은 활동량과 적은 배설량을 보였다는 점이다. DeFries는 이 점을 중시하고, 시각에 관여하는 단일 유전자가 조작된 결과로 행동의 차이가 관찰되었을 가능성을 생각하였다. 그의 가설에 의하면 알비노는 밝은 조명아래에서 채색된 눈을 가진 생쥐들보다 빛을 혐오할 것이고 이것이 정서성에 영향을 미침으로써 행동상의 차이가 유발된다.

이를 검증하기 위하여 그가 행한 후속실험은 다음과 같다: 일반적으로 붉은 빛은 밝은 조명에 비하여 낮은 활동 수준의 동계교배 알비노 혈통(A/Crgl)과 높은 활동 수준의 동계교배 검정색 혈통(C57BL/Crgl)사이의 활동량 차이를 감소시켜 주는 것으로 알려져 있다. DeFries는 자신의 실험 장면에 붉은 조명을 도입하여 과연 시각적인 변인이 행동을 매개하였는지를 살펴보고자 하였다. 그 결과, 밝은 조명과 붉은 조명의 주효과와 채색여부의 주효과, 그리고 이 둘의 상호작용이 유의미하게 나타났다. 실험결과, 알비노들은 채색된 눈의 생쥐들에 비하여 밝은 빛을 싫어하는 것으로 볼 수 있다.

‘트인 공간 활동’에서 나타나는 생쥐의 행동특질에 유전자가 미치는 정량적인 영향을 분석하려는 지금까지의 연구들에 비추어 DeFries의 본 연구는 중요한 의의를 지닌다. 즉, 특정 환경에서 나타나는 특정 행동, 즉 고양된 정서성을 언제나 12%정도 설명해 낼 수 있는 유전자의 위치(c-locus)를 찾아냈다는 점이 바로 그것이다. 이 유전자의 위치는 시각계를 통하여 매개되는 것이 확실하다. 따라서, 특정 유전자와 그것을 매개하는 체계, 그리고 그 체계의 영향을 받는 행동의 연쇄적인 고리가 확실하게 확립되었다는

점에서 행동유전학 분야에 중요한 공헌을 했다고 평가할 수 있다.

### 2.3. 개 (Dog)

동물의 행동유전에 관한 연구 중에서도 특히 개에 대한 연구는 70년 이상의 역사를 가지고 이어져 왔다. 이것은 개가 여러 동물들 중에서도 가장 먼저 인간과 가깝게 지내온 동물이라는 점을 고려한다면 놀랄 만한 일이 아니다. 사람들은 오래전부터 개를 자신이 필요한 목적에 쓰기 위하여 특정한 품종의 행동특질에 대해 관심을 가졌으며 이로부터 개-행동유전학이 발달하였다. 연구가 진행되는 동안, 개와 사람의 특질은 매우 비슷한 차원으로 분류되는 것으로 알려졌으며, 최근에는 사람에게 적용되는 5가지의 성격차원을 개에게서도 발견하려는 노력도 행해졌다 (Draper, 1995). 선 여섯 품종의 개의 행동특질을 분석한 이 연구의 결과, 인간 성격에서 연구된 ‘Big Five’의 5가지 요인들 중에서 3가지의 요인과 비슷한 것들이 표4와 같이 개에게서도 확인되었다. 이는 개가 진화되는 과정에서 인간의 실용적 목적에 맞게 선택적으로 번식되어 왔기 때문이라고 연구자는 설명하고 있다.

행동유전학적인 연구를 위해서는 다양한 행동 특질을 표출하는 동물이 좋으며 그와 동시에 극단적인 행동을 표출하는 개체들이 다른 개체들과 뚜렷이 구별될수록 연구를 위해 유리하다. 여러 동물들 중에서도 개는 개체간에 행동의 다양성을 보이는 대표적인 종으로 인식되어 왔다. 다른 개

표4. 개에게서 확인된 Big Five의 3가지 성격 차원 (Draper, 1995)

개	Big Five의 해당요인
반발성(Reactivity)	방종성(Surgency)
공격성(Aggression)	적대성(Disagreeableness)
훈련성(Trainability)	경험에 대한 개방성 (Openness to experience)

나 사람에 대한 개의 행동은 개체간에 상당한 다양성을 보인다는 것이 확인되었다. Goddard & Beilharz(1985)는 4가지 품종의 개 102마리를 대상으로 사회적 행동의 다양성을 평가하였다. 이들은 개들이 사람이나 다른 개에 대해서 보이는 다양한 행동을 분석하여, 이러한 행동들이 자신감(confidence)과 우위 확인을 위한 공격성(aggression-dominance)의 두가지 주요한 요소에 의해 구분될 수 있음을 밝혔다. 사회적 행동에서 뿐만 아니라 다른 차원에서도 개의 행동의 다양성은 기술되었다: 개체의 발달과정에 따른 행동패턴의 차이(Loughly, 1993), 연령에 따른 행동의 차이(Goddard & Beilharz, 1985), 성행동의 다양성(Ghosh, Choudhuri, & Pal, 1984) 등이 이에 해당한다.

개는 오래전부터 인간을 도와서 많은 일을 해 온 동물이며, 그 과정에서 개의 다양한 행동특질에 대해 사람들은 관심을 가져왔다. 개를 이용하여 일을 시키는 사람들이나 개를 전문적으로 훈련시키는 사람들은 특정한 일의 성격에 알맞는 품종을 만들어내기 위해 노력했으며 그 과정에서 개의 품종간에는 뚜렷한 행동특질 차이가 존재한다는 것이 밝혀졌다. 그리하여 원하는 행동특질의 극단치를 지닌 개들만을 선택적으로 교배시켜 자신들이 원하는 행동특질을 보이는 개를 만들어왔다(Scott & Fuller, 1965). 개의 행동이 다양하다는 것은 이러한 경험적인 경로를 통해서뿐만 아니라 학자들의 연구를 통해서도 입증되어 왔으며 이러한 연구들은 아래에서 소개될 것이다.

행동의 다양성에 덧붙여서 개는 세대가 비교적 짧은 이유로 인해서(생후 10개월부터 번식), 고등 행동특성의 유전 연구에는 적절한 실험동물이다. 사람을 이용하여 행동의 유전을 연구하는 것은 윤리적인 제약도 있지만 세대가 너무 길다는 것이 문제가 된다. 이는 원숭이 등의 동물도 마찬가지이다. 그러나, 개는 개체간에 다양한 행동특질을 나타내며 그러한 행동특질의 극단치를 확인하기 쉽다는 장점이 있음과 동시에 사람이나 원숭이에 비해 세대가 비교적 짧음으로써 가계도

분석이나 유전형질의 발현연구 등을 통해 특질의 유전을 연구하기에 좋은 동물이다.

인간에 가장 가까운 동물을 연구하기 위해서는 원숭이를 가지고 연구를 하는 것이 바람직하지만, 유전적으로 순수한 혈통의 원숭이를 얻는다는 것은 거의 불가능한 일이다. 그러나, 개의 경우에는 거의 순수한 유전적 특성을 가진 개만을 선택적인 교배에 의해 단기간에 얻는 것이 현재로서도 가능하다. 또, 생쥐와 같은 하등동물에 개만 주로 행해진 행동유전학 실험들과는 달리, 보다 고등동물에게서 관찰될 수 있는 정서, 동기 등이 관여한 행동의 유전적 배경에 대해서도 연구할 수 있으므로 사람의 행동유전에 대해 의미 있는 정보를 제공할 수 있다(Mahut, 1958). 그러한 예로써, 신경증적(nervous)인 개와 정상인 개가 사람에 대해 보이는 반응의 차이를 연구했던 것(Newton, Paige, Angel, & Reese, 1988)을 들 수 있다. 이들은 순종의 포인터들이 3,6,9개월이 되었을 때 자극으로서의 인간에 대해 보이는 심장박동률을 기록하였다. 결과, 신경증적인 개들은 인간이나 새로운 물체가 나타났을 때 뒤로 물러서거나 몸을 경직시키는 등의 행동을 보였다. 또 사람이 나타나거나 사람의 손이 닿을 때면 심장박동률이 언제나 저하되었다. 또 이러한 특질은 발달의 과정에서 거의 변하지 않는 것으로 나타났다. 반대로 정상적인 개들은 사람이나 새로운 물체가 나타나면 친근하게 다가가서 탐색하는 행동을 보였다. 특히 사람이 나타난 경우에는 심장박동률이 급격히 증가하였고 사람이 다가가서 몸을 두드려주면 정상적인 심장박동률로 돌아왔다. 이러한 연구를 통하여 정서를 불러 일으킬 수 있는 자극이 동일하더라도 개체의 유전적인 배경에 따라서 현저하게 다른 생리적 효과를 가져온다는 결론이 가능하다. 즉 똑같은 사람이 유전적으로 신경증적인 혈통(line)의 개들에게는 부적(negative)인 정서효과를 가져오는데 반하여 그렇지 않은 혈통의 개들에게는 긍정적인 정서효과를 가져온다는 것이다.

### 2.3.1. 개-행동유전학의 역사

개의 행동특질에 대한 유전적인 연구에서 가장 큰 획을 그은 연구자는 Scott과 Fuller였다. 실제로 그들의 연구는 이전의 많은 연구들의 단점을 보완했으며 많은 후속 연구들을 이끌어 내었다. 그들 이전의 학자들은 주로 매우 단순한 행동특질의 유전 여부를 밝히기 위해 노력했다. Scott과 Fuller 이전 시기의 개-행동유전학 분야가 Scott과 Fuller의 시기 및 그 이후의 시기와 보이는 가장 큰 차이점은 실험을 통해서 개의 행동특질을 밝혀 내려는 노력이 적었다는 것이다. 1941년에는 파블로프(Pavlov)의 고전적 조건형성 실험 장면에서 개들이 보이는 행동을 관찰하여 분류한 연구가 있었다(James, 1941). 파블로프의 조건형성 실험과 품종간-교배(cross-breeding) 실험을 접목시킨 이 연구를 통해서 몇가지 행동특질이 특정 품종에서 더 잘 확인되었다. 그 중에 한가지는 무기력(lethargic)한 행동특질로서 Basset과 Dachshund가 주로 이러한 행동특질을 보였다. 능동적인 행동특질은 주로 독일 셰퍼드와 Saluki에게서 나타났다. 능동적인 행동특질을 지닌 개는 오랜 시간동안 조건형성된 반응을 지속적으로 보였으며 부정(negative)인 자극이 반복적으로 제시될때 반응에 방해받기 시작했으나, 무기력한 행동특질을 지닌 개는 어떠한 성질의 자극에도 쉽게 반응하였고 쉽게 자극에서 흥미를 잃었다. 예를 들어, 불독(Bulldog)은 자극에 매우 격렬하게 반응하였으나, 자극과 자극 사이의 휴식기에는 반응을 억제하며 무기력한 행동을 보였다. 그러나, 이 연구 역시 행동특질 측정을 위해 과제가 개발되었던 것이라고는 보기 어렵다. 당시에 개를 실험의 대상으로 이루어지던 파블로프의 조건형성 실험장면에서 개들이 보이는 서로 다른 반응을 중심으로 하여 이러한 반응이 서로 다른 품종에게서 세대에 걸쳐 유전되는지를 보여주고 했던 것이다.

개의 행동특질 유전에 관한 프로젝트가 1945년에 Jackson Memorial Laboratory에 마련되면서 개의 행동유전학 연구는 보다 실험적으로 통제되고 정교화되기 시작하였다. 이 분야의 이

러한 진전은 Scott과 Fuller에 의해서 이루어졌다. 이들의 연구의 논리는 다음과 같다. 서로 다른 품종의 개들을 비슷한 환경에서 비교해 보았을때 품종간에 행동차이가 나타난다면, 그 차이는 순수하게 유전적인 차이라고 볼 수 있다는 것이다. 이들의 연구가 개-행동유전학에서 중요하게 평가받고 있는 이유는 다음과 같다. 첫째로, 통계적인 방법론의 기본적인 조건들을 충족시켰다는 점 때문이다. 즉, 잘 통제된 사육장에서 실험을 함으로써 실험에서 보고자 하는 변인 이외의 변인이 개입하는 것을 차단하고자 했으며, 많은 수의 개들을 실험에 참여 시킴으로써 결과를 일반화시킬 수 있었다. 둘째로 행동유전학적인 방법론을 통해서 개에게서 확인 가능한 행동특질들의 목록을 마련했기 때문이다. 마지막으로, Scott과 Fuller는 발달과정 전반에 걸쳐서 나타나는 개의 행동특질 변화를 연구했다는 점에서 중요한 연구자이다(Mackenzie, Oltenacu, & Houpt, 1986).

이들은 개의 행동을 검사하기 위해 다양한 방법을 사용하였다. 예를 들어, 생후 2주된 강아지를 평면저울위에 올려 놓았을때 강아지가 보이는 행동을 관찰하였다. Cocker Spaniel과 Basenji의 잠중 강아지를 가지고 관찰한 결과 저울 위에 올려졌을때 웅크리는 행동은 Cocker Spaniel로부터 유전되는 것으로 밝혀졌으며 적어도 두개의 유전 요인에 의해서 영향을 받는 것으로 알려졌다(Scott, 1958). 다른 예로서, 이들은 세계의 상사위에 먹이가 담긴 그릇을 놓아두고 개가 그 상사위로 기어 올라가 음식을 먹을 수 있도록 사다리를 설치해 주었다. 하루가 지날때마다 상자의 높이가 높아지고 사다리의 경사도 심해져서 점점 개가 올라가기 더 어렵게 되어 있었다. 이 실험의 결과 Basenjis는 높은 곳으로 기어 오르는 매우 뛰어난 능력을 지니고 있지만 실험을 위한 상자까지 접근하는 것을 두려워 했다. 반대로 Cocker Spaniel은 기어 오르는 능력은 Basenji보다 떨어졌지만 음식에 대한 동기(motivation) 수준이 높았으므로 Basenji만큼이나 잘 기어 오를 수 있었다(Scott, 1958). 이들은 이상과 같

표5. Basenji와 Cocker Spaniel 품종간의 차이에 의해 설명되는 비율(Scott & Fuller, 1965)

변 인	품종간의 차이에 의해 설명되는 비율
파블로프의 실험대 위에서의 자세	0.43
파블로프의 실험대 위에서의 탐색적 행동	0.46
파블로프의 실험대 위에서의 탈출시도	0.56
인간회피행동과 짓기(5주째의 강아지)	0.59
장난스러운 싸움(13-15주째의 강아지)	0.42
목걸이에 저항하는 행동	0.77
앉히기 훈련중의 순종성	0.48

은 실험들에서 나온 행동특질 중에서 Basenji와 Cocker Spaniel의 순수한 품종간의 차이, 즉 유전적 요인에 의해서 설명될 수 있는 비율을 표5와 같이 수량화 하였다.

Scott과 Fuller 이후에도 많은 연구자들이 개의 행동특질을 유전적으로 연구하였으나 이들의 연구는 Scott과 Fuller의 영향을 많이 받았다. 이들은 Scott과 Fuller와 마찬가지로 개의 행동 중에서 유전가능한 행동의 특질을 확인하고자 하였다. 요인분석에 기초를 둔 성격연구가였던

Cattell을 비롯한 연구자들은 5가지 품종의 101마리 개들로부터 42가지의 행동특질을 측정하여 15가지의 행동특질 차원을 기술하기도 하였다. 예를 들어, 생기넘침(exuberance), 공격성(aggresiveness), 흥분(excitation), 自足性(self-sufficiency), 복종적인 협조(obedient cooperation), 과제수행 능력(competence), 소심함(timidity), 조용함(calmness), 非社交性(aloofness), 정서(emotionality), 두려움(apprehension) 등의 차원이다(Cattell, Bolz, & Korth, 1973).

특히 Scott과 Fuller 이후의 시기의 연구에서는 개의 기본감각에 관한 연구가 행해지기 시작하였다. 예를 들면, Goddard와 Beilharz(1983)는 10가지 특질의 유전 정도를 밝히는 과정에서 개의 후각과 청각, 그리고 체감각에 대한 반응 차이를 포함하여 표6과 같이 연구하였다.

Bartlett(1976)도 미국의 맹도견(guide dog)을 연구하는 과정에서 후각의 정확도와 청각의 민감도, 체감각을 포함한 특질들을 표7과 같이 연구하였다.

그러나, 행동의 정량화를 위한 초기단계로서

표6. 여러 특질에 대한 호주산 Labrador의 유전정도 추정(Goddard & Beilharz, 1983)

특질	행동지표	유전정도
신경증	사람이나 낯선 장소에 대한 회피반응, 공포	0.58
의심	낯선 물체에 대한 접근-물러섬의 갈등 행동	0.10
집중력	특정 물체에 반응하도록 훈련될 당시의 집중력	0.28
자발성	명령을 수행하거나 일을 할때의 영리함	0.22
주의산만	과제와 상관없는 물체로의 주의이동	0.08
개에 의한 주의산만	다른 개들에 대한 주의 집중 및 주의이동	0.27
냄새에 의한 주의산만	냄새에 대한 주의 집중 및 주의이동	0.00
청각적인 수줍음	큰 소리를 두려워 하는 정도	0.14
청각적 민감도	훈련자의 음성을 포함한 여러 소리에 대한 반응강도	0.00
체감각	훈련자의 손이나 개목걸이에 대한 반응강도	0.33

표7. 여러 특질에 대한 미국산 맹도견(guide dog)의 유전정도 추정(Bartlett, 1976)

특질	행동지표	유전정도
체감각	목걸이의 조임에 대한 반응	0.10
청각적 민감도	행동수정을 위해 요구되는 훈련자의 음성강도	0.25
후각적 민감도	주의산만 문제와 관련된 후각적 예민성	0.12

행동표출의 구체적인 기반인 감각계의 구조와 기능을 과학적으로 연구한 예는 거의 찾아볼 수 없다. 맹도견(guide dog) 등의 예에서도 볼 수 있듯이, 개의 기본감각의 유전여부에 대한 연구가 이루어지기 시작한 이유는 개-행동유전학이 주로 인간의 실용적인 목적에 맞추어서 품종을 선택적으로 개량하는 데에 있었기 때문일 것이다. 행동특질 검사의 상당수는 주인의 말에 잘 따르면서 주어진 일에 가장 적합한 특징을 지닌 개를 선발할 목적이나 특정한 감각 자극의 처리에 민감하거나 둔감한 개를 이용할 목적(예, 총소리에 둔감한 사냥개)으로 수행되었기 때문에, 위의 예들처럼 개의 기본감각의 민감도에 대한 연구가 포함되었다.

이제까지의 개-행동유전학에서 밝혀진 결과들을 살펴보면 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 행동특질의 유전을 단순한 멘델식의 유전 법칙으로 설명하기에는 한계가 있다는 것이다. 이는 세대가 거듭될수록 특정 행동특질을 발현시키는데 매우 많은 유전자가 복합적으로 관여하기 때문이다. 둘째, 행동특질을 표현하는 데는 유전적이고 환경적인 요인이 동시에 많은 영향을 끼친다는 것이다. 이는 많은 연구자들이 지적하고 있으며, 특히 成犬들을 대상으로 연구를 하는 경우에는 학습의 영향으로 인해서 행동특질의 유전적 성분만을 가려내기가 힘들다는 점이 지적되었다. 셋째, 특질의 발현에는 母性 영향과 개의 성별이 매우 중요하다는 것이다. 넷째, 특질을 연구하기 위해서 관찰 대상으로 삼아야 하는 행동지표는 훈련에 의해 형성된 행동이어서는 안되며 유전적

배경을 가장 직접적으로 표현해 줄 수 있는 행동지표여야 한다는 점이다. 다섯째, 신체의 구조적인 모양과 개의 심리적 특질과는 상관이 있다는 것이다(Mackenzie, et al., 1986).

### 2.3.2. 개-행동유전 연구의 문제점

이전까지의 개-행동유전학 분야의 연구자들이 자신들의 연구 결과를 정당화하는데는 방법론상의 한계로 인해 야기되는 문제가 따른다. 연구자는 자신이 보고자 하는 특정 행동특질을 측정하려고 의도한 뒤에 그 특질에 의해 나타난다고 여겨지는 행동지표를 경험적으로 정의하고 관찰한다. 이를 위해서 해당 특질에 의해 나타나는 반응을 유발시킬 수 있는 자극을 연구자 나름대로 정의하여 실험에 사용한다. 예를 들어, 알루미늄 캔 속에 못을 넣은 청각자극을 가지고 개 뒤에서 흔들으로써 개의 청각적 민감도를 알아보거나, 수건과 같은 시각자극에 끈을 매어 당기는 등의 실험을 통해 새로운 자극에 대한 행동특질을 검사하려 하였다(Coren, 1995). 이와같은 자극들에 의해 유발된 행동을 측정하는 단계에서는 주로 연구자 자신의 경험적 판단에 의해 행동을 몇 가지 유형으로 범주화 하여 점수를 할당하는 방식을 사용하였다. 이는 마치 심리학에서 설문지를 사용하여 인간의 행동을 척도화된 점수로 환원하는 방법과 유사하다. 이처럼 범주화된 행동자료와 함께 개의 유전적인 배경을 나타내 주는 자료들(예, 품종, 가계도)을 통계적으로 상관지움으로써 특정한 행동특질이 유전되는지 여부를 연구하였던 것이다. 그러나, 행동특질에 대한 유

표8. 특정 행동특질의 유전정도 추정치의 연구자간 비교

특질	연구자	유전정도
체감각	1. Scott and Fuller (1965)	0.77
	2. Goddard and Beilharz (1983)	0.33
	3. Bartlett (1976)	0.10
	4. Scott and Bielfelt (1976)	0.16
후각	1. Geiger (1973)	0.20
	2. Goddard and Beilharz (1983)	0.00
	3. Bartlett (1976)	0.12
청각	1. Goddard and Beilharz (1983)	0.00
	2. Scott and Bielfelt (1976)	0.00
	3. Bartlett (1976)	0.25

전적인 연구결과는 연구자들 사이에 불일치되는 결과를 가져왔다. 뿐만 아니라 동일한 감각특질의 유전 여부에 대한 연구에서도 표8과 같이 연구자마다 다른 결과를 얻는 등의 모순을 낳았다.

Scott과 Fuller는 Jackson Memorial Laboratory에서 실험을 진행하면서 많은 개들을 직접 출생부터 관리하였다. 따라서 이들이 실험에 참여시킨 개들은 같은 환경에서 비슷한 경험을 하고 자란 개들이며 실험의 결과가 환경의 영향에 의해 오염되지 않았다고 볼 수 있다. 다른 실험자들도 모두 Scott과 Fuller와 같이 실험적 통제를 철저히 했다는 점을 전제로 할 경우에, 실험자들의 연구결과가 서로 일치되지 않는 이유는 행동측정에서 나타난 다음의 몇가지 문제점으로 설명할 수 있다.

첫째, 실험자와 동물간의 상호작용을 들 수 있다. 초파리나 생쥐의 실험의 경우에는 사람과의 상호작용이 일어날 가능성이 희박한 실험 기구와 방법들이 이미 정립되어 있으나, 개를 이용한 대다수의 실험에서는 실험자와 개가 함께 실험장면에 존재하는 경우가 많다. 소리에 대한 개의 민감도를 보는 전형적인 실험의 경우를 예로 보더

라도, 소리가 제시되기 직전에 실험자는 소리가 제시될 곳으로부터 반대쪽으로 개가 시선을 두고 있도록 만들어야 한다(Coren, 1995). 이 과정에서 실험자의 특정한 속성과 개와의 상호작용이 있을 것이며 이 상호작용은 실험에 참여하는 개마다 조금씩 차이가 날 것이다. 따라서, 소리 자극이 제시되었을 당시에 개의 반응은 자극에 대한 자연상태에서의 반응이라고 확신할 수 없다. 또, 평면저울 위에 강아지를 올려놓고 체중을 측정할 때 개가 보이는 행동유형을 분류하는 실험 등에서도 역시 사람과 개와의 상호작용이 개의 행동에 영향을 미칠 수 있으며 연구자 자신들도 이를 인정하였다(Scott & Charles, 1954). 초파리나 생쥐에 비해 고등한 동물인 개는 어떤 유형의 실험자가 존재하는가에 따라 행동유형의 차이가 커진다. 따라서, 개가 사람과 함께 있으면서 어떠한 자극이나 상황에 대해 특정한 반응을 보였을때 그 반응을 개의 성격을 반영하는 자연 상태에서의 행동이라고 보는 데는 문제가 있다. 심리학에서는 이미 실험자가 피험자에게 줄 수 있는 영향을 엄격히 통제하려 노력해 왔으나 개-행동유전학에서는 연구자들이 이점을 중요치 않

게 여겨 온 듯하다.

둘째로, 자극과 지각체계에 대한 이해 부족을 들 수 있다. 심리학 분야에서의 행동연구에서는 자극이 어떤 지각체계를 통해서 받아 들여지는지를 고려한 실험 설계가 이미 정립되어 있다. 이는 실험 후의 결과를 해석하는데 있어서 매우 중요하다. 개-행동유전학에서 기본적인 감각계의 기능에 대한 생리적 연구가 거의 전무하다는 것은 이러한 문제점에 대한 인식이 완전히 결여되어 있음을 보여주는 증거이다. 그리고 이러한 문제점은 비단 개-행동유전학 뿐만이 아니라, 앞서서도 지적했듯이, 동물을 이용한 행동유전학의 공통적인 문제점이다. 실험자가 생각하기에는 보편적인 자극(예, 못이 들어 있는 알루미늄 캔)도 다른 자극에 비해 특정한 지각적 체계에 의존적인 자극-반응 관계를 불러 일으킬 가능성이 있다. 개의 행동특질을 실험하는 경우에는 이러한 가능성을 배제하기 위한 통제실험이 행해지지 않은 상태로 실험자의 경험적 지식에 의해서 자극이 구성되는 경우가 대부분이며, 이는 자칫하면 자극과 반응간의 특수한 관계를 담당하는 신경계를 지니고 있는 피험집단을 가려내는 검사로 변질되기 쉽다.

자극의 어떤 속성이 개체의 어떤 지각체계에 작용하여 행동을 유발하였는지에 대한 생물학적인 지식을 확보하는 것은 타당한 자극의 구성을 위해서 뿐만 아니라 행동측정을 기본으로 이루어지는 행동유전학 연구의 구체화를 위해서도 필요하다. 종 간에는 물론이고 심지어는 같은 종내에서도 개체마다 감각 능력의 개인차가 있으며 같은 자극이라 할지라도 자극의 어떤 속성에 더욱 민감한 반응을 보이는지에서 개인차가 존재한다면, 행동을 해석하기에 앞서서 연구자는 반응을 보이고 있는 개체의 감각계와 반응계에 대한 구체적인 지식을 갖고 있어야 한다. 왜냐하면, 자극을 제시한 뒤에 개체가 그 자극에 대해서 보이는 반응이 어떠한 목적을 지닌 신경계의 작용에 의해서 나타나는 반응인지를 알지 못한다면 연구자는 자극-반응간의 인과관계를 주관적으로 판단할 가능성이 높기 때문이다. 이런 맥락에서 볼때

동물의 감각-반응계의 속성을 이해하는 것이 행동의 해석을 명확히 하는데 중요하다고 볼 수 있다. 이는 앞서서 예로 들었던 DeFries와 동료들(1996)의 연구에서, 밝은 조명의 트인 공간에서 생쥐가 보이는 행동에 관여한 유전자는 시각계를 통해서 행동에 영향을 미친다는 점이 실험의 결과를 더욱 타당하게 만든 예를 보아도 알 수 있다. 만일 감각체계에 대한 추가적인 분석이 없었다면 돌연변이 유전자는 생쥐의 정서성에 직접 영향을 미쳐서 활동적인 생쥐와 그렇지 못한 생쥐를 만들었다고 결론이 났을 것이다. 이러한 결론은 정서성(emotionality)이라는 변인을 담당하는 신경계에 대한 구체적인 지식의 축적이 미약한 현재의 수준에서는 검증가능성이 낮은 결론이 되기 쉽상이다. 그러나, 시각계에 대한 고려로 인하여 생쥐가 나타낸 정서성은 시각계가 빛에 어떻게 반응을 하는가에 의해서 나타난 것이라는 결론이 가능해진 것이다. 이로써 시각계라는 구체적인 신경계의 매개를 통하여 유전과 행동간의 확고한 상관을 보여줄 수 있다.

실제로 Scott(1958)은 유전이 행동에 영향을 미치는 방식은 자극에 대한 반응의 역(threshold)를 결정하는 식으로 이루어진다고 주장하였다. 이것이 사실이라면, 자극에 대한 반응역에 있어서 유전적인 차이를 타고 태어난 개체는 시간이 지나면서 그 타고난 자극-반응 능력을 환경과의 상호작용을 통해서 시험하게 된다. 이것은 곧 특정 자극을 접했을때 자극에 대해 개체가 보이는 동기화(motivation) 수준을 결정하는 단계로 이어질 수 있다. 즉, 특정 자극에 대한 역이 낮은 개체의 경우에는 반응이 쉽게 나오게 되고, 그러한 반응이 보상을 받게 되는 경우에는 같은 속성을 지닌 자극이 다음에 다시 나올 때 망설이지 않고 그 반응을 할 수 있게 될 것이다. 그럼으로써 발달과정에서 점점 해당 자극에 대한 동기화의 수준이 높아진다. 반대로 역이 조금 더 높은 개체의 경우에는 비록 그보다 역이 낮은 개체와 발달 초기에는 약간의 역 차이 밖에 나지 않는다 하더라도, 자극에 대한 처음의 경험에서 반응을 하지 못함으로써 보상을 받지 못하

게 되고 그럼으로써 동기화가 결여되어 결국 발달의 과정에서 그 자극에 대해서는 점점 낮은 동기화 수준을 갖게 될 수도 있다. 이를 고려해 볼 때, 자극에 대한 최초의 유전적인 반응역과 이후 발달하는 자극-반응간의 연합강도는 발달상에서 결국 한 개체의 환경에 대한 적응력을 결정할 것이다. 이것이 장시간에 걸쳐 습관화되면 우리는 이를 개체의 고유한 행동특질이라고 부를 수 있다. 다시 말하면, 유전으로 물려받은 감각-반응 강도를 환경과의 상호작용속에서 시험받을 때 야기되는 정서 및 동기화가 개체의 감각능력과 함께 장시간에 걸쳐서 전형화되면 이를 행동특질이라고 말할 수 있을 것이다.

감각 및 지각능력의 측면에서 보면, 개는 매우 독특한 능력을 지니고 있는 것으로 경험자들은 말하고 있다. 특히 시각의 경우 움직이는 물체에 대해서는 매우 민감하게 반응하며 주의를 집중하지만 정지해 있는 물체에 대해서는 별 관심을 보이지 않는다. 이러한 경험적 사실은 Melzack (1952)에 의해서도 입증되었다. 즉, 움직이는 물체는 정지해 있는 물체보다 회피반응을 더욱 많이 이끌어 낸다는 것이다. 이는 움직이는 물체가 진화상 발달한 개의 특정한 선천적 표출기전 (innate releasing mechanism)을 자극한다는 증거이다. 이처럼 특이한 시지각 체계는 개의 행동특질을 검사하는 실험들에서 매우 중요한 변인으로 고려되어야 한다. 새로운 자극에 대한 반응

을 보이기 위해 움직이는 수건을 사용한 실험의 경우를 예로 들자(Coren, 1995). 개의 시지각 체계의 독특성을 정확히 이해하지 못할 때, 개가 움직이는 수건을 쫓아가면서 반응한 것이 무엇을 의미하는지 해석하기가 쉽지 않다. 만약 움직이는 물체에 대해 발달한 시지각 체계가 도망가는 먹이를 쫓기 위해 진화과정에서 자연스럽게 발달한 구조의 기능을 반영하는 것이라면, 자극이 새롭고 호기심을 끌었기 때문에 개가 수건을 쫓아간 것이라고 반응을 주관적으로 해석하는 것보다는 움직이는 물체에 자동적으로 추적 행동을 보이게 하는 선천적인 자극-반응 체계가 그 자극에 의해 활성화되었기 때문이라고 해석하는 것이 더욱 타당할 것이다. 그렇다면 이는 저자의 의도대로 새로움에 대한 추구를 측정하는 검사라기 보다는 진화과정에서 생존에 필수적이었던 공격성 혹은 움직이는 먹이를 쫓는 생존능력을 측정하는 검사라고 볼 수 있다. 개의 지각체계는 어떻게 이루어져 있고 어떻게 기능하며, 그 지각 체계에 의해 도출되는 행동은 어떤 목적을 가진 신경계를 반영하는지에 대한 기본연구가 없는 상태에서 자극을 주고 그에 대한 반응을 측정하는 실험은 그 결과의 해석에서 연구자들간의 불일치를 불러 일으킬 것임에 틀림없다.

개-행동유전학의 행동측정에서 나타난 세 번째 문제점은 측정의 비정밀성이다. 대부분의 행동검사에서 개의 행동을 몇가지의 유형으로 분류하

표9. 낮선자극에 대해 개가 보이는 반응유형과 정의(Mahut, 1958)

행동유형 (Behavioral Type)	정의
무반응 (No Response)	
호기심 (Curiosity)	물체에 대한 짧은 시간동안의 탐색
집적거림 (Teasing)	즉각적으로 물체에 접근하여 물체를 건드림
접근-회피 (Approach-Avoidance)	흥분하며 접근과 회피를 반복함
신중 (Wariness)	긴장하면서 안전거리를 두고 물체를 쳐다봄
회피 (Avoidance)	실험장면으로부터의 명백한 회피반응



는 방식으로 행동측정이 이루어진다. 예를 들어, Mahut(1958)는 정서적 행동의 품종간 차이에 대한 연구에서 낯선 자극(예, 미끄러지는 장난감 뱀, 개의 앞에서 팽창되는 풍선, 개의 앞에서 갑자기 펴지는 우산 등)에 대해 개가 처음 10초 동안에 보이는 반응을 표9와 같이 6가지의 유형으로 분류하였다.

Mahut 같이 행동을 일정한 기준에 의하여 몇 개의 유형으로 분류하여 자료화하는 방법은 개-행동유전학 분야의 대부분의 학자들에게서 통용되었다. 이러한 방법은 특별한 측정의 기술이 없이도 관찰에 의해서 행동을 자료화할 수 있다는 잇점을 가지고 있다. 그러나, 분류법에 의한 자료 수집방법은 불연속적인 유형으로 행동을 분류하는 만큼 중요한 행동지표들이 자료화 되지 않을 수 있는 위험을 안고 있다. 즉, 조금씩 다른 행동들도 실험자의 판단에 의해 비슷한 행동으로 보일 경우에는 같은 범주로 분류될 수 있지만, 실제로는 전혀 다른 의미를 지닌 행동일 가능성이 있다. 또, 개들이 보이는 행동은 조금씩 차이가 있다. 어느 정도까지의 행동을 특정 유형으로 분류하는가는 오직 실험자의 주관에 의해서만 결정되며 이러한 실험자의 주관적 분류법은 반복 실험의 가능성을 줄인다. 즉, 실험자마다 행동을 특정유형으로 분류할때 적용하는 기준이 다르므로 실험자가 누구냐에 따라서 같은 행동도 서로 다른 유형으로 분류될 가능성이 존재한다.

행동의 객관적인 측정을 위해서는 가능하면 실험자가 주관적으로 판단해야 할 소지를 줄여야 한다. 이를 위해서는 실험 상황에서 개가 나타내는 여러가지 객관적 생리지표를 반응지표로 삼거나(예, 심장박동, 피부전도 측정), 행동의 분류법에 대한 보다 정밀한 기준이 마련되어야 한다. 자료 수집단계에서의 이러한 객관적 정밀성은 행동유전학 분야에서는 특히 필수적이다. 적은 수의 표본의 짧은 세대만을 연구한다면 어려움이 없지만, 많은 수의 표본의 긴 세대에 걸친 행동 특질의 유전을 연구하는데는 자료의 정밀성이 중요하다. 왜냐하면, 세대를 거듭해 감에 따라 행동특질에서의 조그만 변화가 일어나며 이처럼 변

화된 행동특질 중에서 이전 세대와 공통되는 부분과 그렇지 못한 부분, 혹은 같은 세대의 개체끼리 보이는 행동특질의 미세한 차이를 정밀한 측정에 의해서 구별해 낼수록 유전 및 환경이 행동에 영향을 미치는 과정을 자세하게 추적해 갈 수 있기 때문이다. 그렇지 않고서는 상관에 의해 행동특질과 유전적인 배경과의 연합강도를 밝히려는 연구방법이 일관되고 타당한 연구결과를 내기 힘들다. 세대가 바뀔때 따라 변화되는 행동중에서 유전에 의해 유지되고 있는 행동특질은 어느 정도 남아있으며 이전 세대와 비교했을때 얼마만큼의 변화를 겪고 있는지를 자세히 분석하기 위해서는 측정된 행동이 연구자가 관심을 두고 있는 유전적 소질을 반영하고 있는지가 우선 중요하며, 그 다음으로는 그 행동이 얼마나 정밀하게 측정되고 있는지가 중요하다. 특히, 측정된 행동의 분류법에 대한 정밀한 기준을 마련하기 위해서는 실험자가 준 자극의 어떤 속성이 개의 어떤 감각-반응 체계를 얼마만큼 자극하며 그 감각-반응 체계는 구체적으로 어떤 행동을 얼마만큼 외부로 표출시키는지에 대한, 즉 지각 및 반응의 생리적 원리에 대한 엄밀한 과학적 기초 연구가 선행되어야 한다. 이러한 기초 연구를 통해서만 개의 행동에 이름을 붙이는 분류적 행동유형 검사의 타당성이 확보될 수 있을 것이다.

실제로 개-행동유전학 연구 분야에서는 인간의 특질론적 성격 연구 분야가 겪었던 성격차원의 불일치 문제가 비슷하게 재현된 듯하다. 인간의 성격을 전체적으로 기술하기 위해서 포함되어야 하는 성격 차원은 다양한 상황에서 개인이 보이는 여러가지 행동유형을 안정되게 기술할 수 있어야 하며, 발달 초기부터 발달 후기까지의 행동유형을 비교적 포괄적이고 일관되게 기술할 수 있는 차원들이어야 한다. 이러한 성격 차원을 몇 가지로 제한할 것이며 어떤 차원을 포함시킬 것인가에 대해서는 학자마다 다른 견해를 보여 왔다. 학자들마다 서로 다른 차원들을 성격의 차원으로 규정하고 있는 것은 요인분석적인 접근법의 한계이기도 하며 동시에 특질이론의 결정적인 약점이기도 하다. 이와 비슷하게, 개의 행동특질중

표10. 유전가능한 행동특질 목록의 연구자간 비교

연구자	행동특질 목록
Cattell, Bolz, & Korth (1973)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 생기넘침(exuberance)</li> <li>2. 공격성(aggresiveness)</li> <li>3. 흥분(excitation)</li> <li>4. 자족성(self-sufficiency)</li> <li>5. 복종적인 협조(obedient cooperation)</li> <li>6. 과제수행 능력(competence)</li> <li>7. 소심함(timidity)</li> <li>8. 조용함(calmness)</li> <li>9. 어울리지 않음(aloofness)</li> <li>10. 정서(emotionality)</li> <li>11. 두려움(apprehension)</li> </ol>
Bartlett (1976)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 체감각의 민감도(body sensitivity)</li> <li>2. 청각적 민감도(ear sensitivity)</li> <li>3. 후각(nose)</li> <li>4. 지능(intelligence)</li> <li>5. 자발성(willingness)</li> <li>6. 활동력(energy)</li> <li>7. 현위치에 대한 믿음(self-right)</li> <li>8. 낯선환경에서의 자신감</li> <li>9. 호전성(fighting instinct)</li> <li>10. 방어성(protective instinct)</li> </ol>
Goddard & Beilharz (1982)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 신경증(nervousness)</li> <li>2. 자발성(williness)</li> <li>3. 주의산만(distraction)</li> <li>4. 개에 의한 주의산만(dog distraction)</li> <li>5. 냄새에 의한 주의산만(nose distraction)</li> <li>6. 청각적인 수줍음(sound-shy)</li> <li>7. 청각적 민감도(hearing sensitivity)</li> <li>8. 체감각의 민감도(body sensitivity)</li> <li>9. 의심(suspicion)</li> <li>10. 집중력(concentration)</li> </ol>
Coren (1995)	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. 사회적 친화성(social attraction)</li> <li>2. 사회적 지배성(social dominance)</li> <li>3. 자발적 과제수행력(willingness to work)</li> <li>4. 촉각의 민감도(touch sensitivity)</li> <li>5. 청각적 민감도(sound reaction)</li> <li>6. 새로운 자극에 대한 반응(reaction to novel stimuli)</li> <li>7. 먹이에 대한 반응(reaction to food incentive)</li> <li>8. 안정성(stability)</li> </ol>

유전에 의해 영향을 받는 특질들을 기술하는 과정에서 포함된 특질들도 연구자마다 서로 달랐다. 개의 행동유전에 대한 연구를 진행한 연구자들은 개의 행동을 나름대로의 행동특질 차원을 가지고 기술하려 하였으나 특질 차원의 종류에 있어서는 표10과 같이 차이를 보였다. 이는 성격 심리학 분야에서의 특질론적 접근법의 차원결정 문제와 유사하며 문제가 발생하는 원인 또한 비슷하다.

행동의 측정이 정밀하게 이루어짐과 동시에 측정된 행동들의 생물학적 공통분모에 대한 확인 작업이 이루어진다면 동물 행동특질의 유전학적 연구에서는 적어도 사람의 성격 연구에서의 특질론적 접근법이 겪어 온 특질 차원 결정에 대한 논란이 줄어들 수 있을 것이다. 요인 분석법에 의해서 차원을 추출해 내는 작업을 어떤 검사들을 가지고 요인분석을 하느냐와 그 검사가 어떠한 이론적인 바탕에 의해 구성된 검사들인가에 의해 연구자들 사이에 다른 결과를 낼 수 있다. 개는 사람보다 한정된 유형의 행동을 표현한다. 신경과학의 여러 방법론을 사용하여 행동의 배후의 생리적 기반을 분석하는 작업도 사람에 비해 구체적으로 진행될 수 있다. 사람보다 비교적 간단한 신경계를 가진 동물을 모델로 하여 사람보다 한정된 유형의 행동을 연구하는 것은 행동의 생물학적인 기반을 밝힐 수 있는 가능성을 높여 줄 것이다.

그러나, 한정된 행동유형을 측정한다 할지라도 지금까지 개의 행동을 측정하기 위한 검사들은 이론적 바탕을 가지고 검사를 실시하지 않았다. 대부분이 개를 오래도록 관찰한 사람들에 의해 경험적으로 고안된 검사들이었으므로 그 검사의 타당성을 뒷받침 해줄 수 있는 이론적인 바탕은 미약하다. 특히 행동의 생리적인 기반에 대한 이론을 바탕으로 검사를 구성하여 개의 행동유형을 보려고 시도한 연구자는 드물었다. 경험에 의한 행동유형의 정의, 측정을 위한 자극 구성과 행동 측정 단계의 주관성, 그리고 측정된 결과를 해석하는 방식의 주관성등은 행동유형의 차원을 분류하는데 혼란을 가중시켰다. 결국 이러한 혼란은

고등한 동물의 행동자료와 유전자료의 관계를 살피고자 하는 개-행동유전학을 정체시켜 왔다. 즉, 개와 같이 고등한 동물의 어떤 행동유형이 유전의 영향을 가장 잘 반영할 수 있는지에 관해서 의견일치를 보지 못하고 있으며, 이것은 생리 체계 형성의 생물학적 암호인 유전자와 생리체계로부터 표출되는 행동간의 관계에 관한 안정된 모델이 없기 때문이다. 유전적 소질을 반영하는 행동지표를 측정하는 과학적인 방법론의 부재로 인하여 유전의 영향하에 생성된 최종 결과물인 행동을 정밀하게 자료화하지 못함으로써 행동의 분석 및 해석이 비객관적으로 이루어지고 있으며 그러한 행동 분석 결과와 유전과의 상관 역시 높은 신뢰도와 타당도를 확보하는데 어려움을 겪고 있다.

### 2.3.3. 개-행동유전학의 연구전략

행동의 다양성 및 극단성이라는 측면에서 볼 때 개는 초파리나 생쥐에 비하여 다양한 행동의 유전성을 연구하는데 더 적합한 고등동물이다. 그럼에도 불구하고 개의 행동특질에 대한 연구는 많은 진전을 보지 못하였다. 초파리나 생쥐에 비하여 개는 진화상의 위계에서 높은 위치를 차지하는 고등동물이며, 고등한 동물일수록 동일한 상황에 처하더라도 다양한 행동을 나타낸다. 그런만큼 행동의 유형을 분류하는 것과 그 분류된 행동에 관해 개체간에 나타난 차이를 정량화하는 작업이 하등동물에 비해 상대적으로 어렵다. 또, 행동을 만들어 내는데 다양한 수준의 생리적 변인이 관여함으로써 유전자와 행동을 매개하는 신경계에 대한 연구가 하등동물에 비해 복잡해진다.

그러나, 이러한 문제점들은 과학적 방법론에 의하여 극복될 것이다. 이를 위해서는 첫째로 개의 행동 기술의 정밀성을 확보해야 한다. 신경계의 특정 구조의 생리적 작용기전에 대한 지식 축적이 이루어진다 하더라도 그 구조의 기능을 반영하는 행동이 정밀하게 측정되지 못한다면 구조와 행동간의 관계를 밝히는 것에서 더 진전된 연구인 행동유전학은 결과의 타당성 확보에 어려움

을 갖게 될 것이다. 신경계의 특정 구조가 그 구조에 특화된 기능을 하도록 선천적인 기능부여를 하는 것은 유전자이다. 그러한 유전자의 조작에 의해 행동이 어떻게 영향을 받는지 결정하는데 있어서 정밀한 행동측정은 필수적이다. 유전자의 조작 및 분석은 정밀한 기법이며 특정 신경계와 그에 속한 특정 구조들의 기능에 대한 생리적 연구 역시 정밀한 측정이 가능해졌다. 그러나, 연구의 최종 상관물로서의 '행동'을 측정하는 방법이 前者의 두 연구분야가 보여주고 있는 방법론적 정밀성을 확보하고 있는지는 의문이다. 측정이란 기본적으로 변화를 숫자에 의해 기술하는 작업이며 일만큼 작은 변화까지 고유한 숫자로 기술해 낼 수 있는가에 따라 우리에게 주어지는 정보의 양은 달라진다. 즉 정밀한 측정이 이루어질수록 정보의 양은 많아진다. 이 점을 고려할 때, 개-행동유전학에서의 행동측정은 더욱 정밀해질 필요가 있다. 왜냐하면 유전학과 신경과학의 정밀한 측정법에 버금가는 정밀한 행동 측정법이 확립되어야만 인간을 비롯한 고등동물의 행동의 유전적 배경에 관한 객관적이고 구체적인 지식의 축적은 빠르게 이루어질 것이기 때문이다.

둘째로, 개의 유전자에 대한 지식을 축적해 나가야 한다. 초파리나 생쥐의 행동과 유전자와의 관련을 분자생물학적인 기법을 사용하여 분석하는 연구들을 통해, 유전자와 행동간의 상관에 대한 구체적인 지식이 축적되어 가고 있다. 초파리나 생쥐를 이용한 행동유전학 연구들은 특정 유전자를 선택적으로 소멸(knock-out)시키거나 그 유전자에 돌연변이를 만듦으로써, 개-행동유전학이 간접적인 유전증거들(예, 가계도, 품종)을 참조하여 행동의 유전배경을 찾으려는 시도를 하는데 비해서 상대적으로 행동과 유전적 배경간의 상관을 구체적이고 직접적으로 연구하고 있다. 이는 초파리나 생쥐의 게놈(genome)에 대한 지식이 축적되어 있기 때문에 가능한 접근법이다. 개와 같은 고등동물의 유전자 지도작성(mapping)을 위한 'Dog Genome Project'가 University of California, Berkeley대학에서

이미 시작되었으나 아직은 초기단계이며 어려움이 있을 것으로 예상된다. 그러나, 유전자를 분석하는 기법이 발전해 가는 속도가 얼마나 빠르기를 고려한다면 매우 가까운 장래에 개의 유전자 지도는 완성될 것이다. 이러한 작업이 완성되면 행동의 유전적인 배경을 분자생물학의 수준에서 연구하는 것이 가능해질 것이다.

마지막으로, 개의 행동특질의 목록을 파악하고 해당 특질들의 정량화에 적합한 행동지표들을 선정하는 작업이 진행되어야 한다. 초파리나 생쥐의 행동유전학에서는 유전의 영향을 받는다고 여겨지는 행동특질을 잘 반영하는 행동지표에 대한 측정법이 비교적 안정되어 있다. 초파리나 생쥐의 행동유전학에서는 행동지표들(예, 탐색적 행동, 일반적 활동수준, 공격행동 등)의 타당성에 대한 합의가 연구자들 사이에 이루어져 있는 듯하다. 즉, 어떤 행동특질을 어떤 방법에 의하여 측정할 것인지에 대한 의견일치가 이루어져 있다. 또, 이러한 행동들을 측정하는 도구들(예, open-field, brightness plane, tactual plane, visual cliff, arena, olfactory alley, activity wheel, water-escape apparatus, temperature gradient, auditory alley 등)도 표준화되어 있으므로 연구자들의 연구결과를 비교 분석하는 것이 용이할 뿐 아니라, 하나의 행동지표에 대한 자료 축적이 일관된 방식으로 오랫동안 이루어져 오고 있다는 점에서 의미가 있다. 개의 행동유전 연구를 위해서도 이와 같은 작업이 이루어져야 한다. 불행히도 아직까지는 개를 '정량적 행동유전학(quantitative behavior genetics)'의 대상으로 삼았던 연구들이 없었으며 이로 인하여 개의 행동을 측정하는 방법들은 연구자 나름대로의 주관에 전적으로 의지하고 있다. 이를 개선하기 위해서는 의미있는 행동특질 및 그것과 타당하게 연관된 행동지표의 선정을 비롯하여 지표의 객관적 측정을 위한 방법론의 정립 등이 이루어져야 할 것이다. 행동특질 중에서도 특히 외부의 환경 변화에도 불구하고 오랜 세월동안 유전되어 온 행동특질이 일차적인 연구 대상이 되어야 할 것이다. 그리고 그러한 행

동특질은 진화상 그 종의 생존을 좌우했던 것들이 유력하다. 개의 경우에, 자신과 다른 개체와의 사이에서 공격성을 발휘하여 자신의 우위를 확인하는 능력(dominant aggression), 먹이를 획득하는 능력, 자신에게 위협이 되는 존재를 탐지하는 감각의 민감성, 자신의 환경내에 나타난 새로운 자극에 대한 민감성, 새로운 환경에 적응하는 능력, 적절한 자극에 대한 집중 능력 등은 개의 생존과 직결되는 능력들이다. 이러한 능력을 각각의 개들이 어느정도 소유하고 있는지를 측정할 수 있는 타당한 행동지표의 선정이 이루어진다면 이는 개의 행동특질을 연구하는데 있어서 첫 발판을 마련하는 셈이다.

이처럼 유전되어 내려 오는 행동특질 중에서, 최근에 포유류의 모성행동(maternal behavior)이 주목받고 있다. 출산 전후의 시기와 관련되어 포유류에게서 나타나는 여러 가지 생리적 변화들은 유전자의 대물림을 확실히 할 수 있는 방편으로 진화의 과정에서 선택된 것들이며, 모성행동은 이러한 변화들의 최종적인 합을 반영하는 단계로 알려져 있다(Eisenberg, 1996). 모성행동에 관한 최근의 연구(Brown, Ye, Bronson, Dikkes, & Greenberg, 1996)에서는 유전적 배경(early gene fosB의 결핍)이 모성행동에 직접적인 영향을 끼치고 있다는 보고도 있었다. fosB 유전자의 활성화를 마비시킨 생쥐의 경우에는 인지 및 감각의 기능이 모두 정상임에도 불구하고 새끼를 돌보는 능력이 현저하게 저하되었다. 지금까지의 연구결과들을 종합해 볼 때, 모성행동은 환경의 영향을 거의 받지 않은 상태에서 순수하게 유전적으로 결정되는 행동특질로 볼 수 있다. 이러한 유전적 행동특질로서의 모성행동을 가장 잘 반영할 수 있는 행동지표로서 현재까지 연구된 것들은 '새끼를 죽이는 행동'(infanticidal behavior, Perrigo, Belvin, Quindry, Kadir, Becker, van Look, Niewoehner, vom Saal, 1993), '보금자리를 만드는 행동'(nesting behavior, Schneider, Lynch, Possidente, & Hegmann, 1982), '새끼의 요구에 반응하기까지의 시간'(Mayer,

Monroy, & Rosenblatt, 1990; Stern & McDonald, 1989), '둥지 밖으로 나가는 새끼를 물어 오는 행동'(retrieval, Del-Cerro, Izquierdo, Collado, Segovia, & Guillamon, 1991) 등이 있다. 이러한 행동지표들 중 몇몇은 아직까지 관찰자의 주관에 개입될 소지가 있으나 반응시간을 측정하는 지표들은 객관적인 기준에 의한 정량화가 이루어지고 있다. 또한 모성행동과 유전적 배경과의 상관을 확립하는데 매개적인 역할을 하는 생리기전에 대한 연구도 병행하여 이루어지고 있다(Del-Cerro, Izquierdo, Rosenblatt, Johnson, Pacheco, & Komisaruk, 1995; Koranyi, Yamanouchi, & Arai, 1988; Numan & Numan, 1995; Pederson, Johns, Musiol, Perez-Delago, Ayers, Faggin, & Caldwell, 1995; Rankin, Fox, & Stotsky, 1995). 하지만 이들 연구들은 여전히 고등 포유류가 아닌 생쥐를 주로 실험의 대상으로 삼고 있어서 생리적 기전이 다른 고등 포유류의 모성행동에 대한 시사점을 주기에는 불충분하다.

국내에서 서울대학교의 생물심리실험실을 포함하여 몇몇 분자신경생물학 및 유전공학 실험실이 공동으로 개의 행동의 유전적인 바탕을 밝히기 위한 연구를 시작하였다. 버클리 대학에서 이미 Dog Genome Project를 시작한 바 있으나 많은 개체가 포함된 가계도의 확보 문제 등으로 인하여 그다지 성과를 거두지 못하고 있는 실정이다. 반면에 한국의 삼살개를 행동유전학 연구에 이용하면 표본의 확보 문제를 해결할 수 있다. 이미 경북대 유전공학과의 하지홍 박사의 노력으로 인하여 동계교배(inbreeding)가 많이 이루어진 다수의 삼살개들이 사육되고 있으며 이들을 포함하고 있는 가계도도 존재하기 때문이다. 이러한 표본을 이용하여 모성행동을 비롯한 유전적 행동특질들에 대한 연구가 이루어진다면 이는 생쥐를 이용한 연구들에 비하여 고등 포유류의 행동유전에 대해 보다 직접적인 정보를 제공할 수 있을 것이다.

### 3. 결 론

행동의 원인을 보다 정밀한 수준에서 설명하기 위한 노력은 분자 생물학적 기법의 진보에 힘입은 유전 연구의 발달과 더불어 행동유전학이라는 학제적인 학문 분야로 성장하고 있다. 본 논문에서 개관한 것과 마찬가지로, 지금까지의 동물 연구를 통해 밝혀진 행동유전학의 연구 결과들은 유전의 영향을 행동의 관찰에 의해 파악하는 것이 쉽지 않음을 보여 주었다. 특히 고등동물의 행동의 배후에 있는 유전자의 역할을 밝히는 것은 현재의 기법으로서는 불완전할 수 밖에 없다. 행동유전학적인 연구는 행동과학자와 생물학자를 포함하는 학제적인 연구이므로 각 분야에 속한 학자들의 상호 의존적인 작업이 불가피하다. 본 논문에서는 행동유전학적인 연구에서 나타난 문제점들 중에서 특히 행동과학자의 입장에서 보았을 때 지적될 수 있는 것들을 지금까지의 문헌들에 대한 고찰을 토대로 제시해 봄으로써, 정밀한 행동 분석이 행동유전학의 발전에 기여할 수 있는 점을 모색해 보고자 하였다. 이제 유전에 관한 연구는 인간의 성격에 관여하는 유전자를 찾고자 시도(Benjamin, et al., 1996; Ebstein, et al., 1996)할 정도로 연구의 폭을 넓히고 있다. 따라서, 심리학자는 더 이상 생물학 분야의 이러한 연구에 대해서 무관심 할 수 없게 되었다. 인간의 성격 및 행동특질에 대한 유전적 연구가 보다 구체적으로 이루어지도록 하기 위해서 현재까지 이루어져 온 동물의 행동유전에 관한 연구들의 논리를 흡수할 필요가 있다.

### 사 의

경북대학교의 하지홍 박사와 과학기술원의 박찬규 박사는 개의 행동유전에 관한 연구를 개관하게 된 계기를 제공하였다. 개의 행동유전에 대한 연구의 초기 단계에서 박소현, 서효정이 문헌을 조사, 정리하였다. 문헌 수집에 김정훈의 도움이 있었다. 이들에 감사한다. 본 연구는 과학

기술처 Biotech-2000 프로그램의 지원으로 이루어졌다.

### 참 고 문 헌

- Bartlett, C.R.(1976). *Heritabilities and genetic correlations between hip dysplasia and temperament traits of seeking-eye dogs (Master's Thesis)*. Rutgers University, New Brunswick, NJ.
- Benjamin, J., Li, L., Patterson, C., Greenberg, B.D., Murphy, D.L., & Hamer, D.H.(1996). Population and familiar association between the D4 dopamine receptor gene and measure of novelty seeking. *Nature Genetics*, 12, 81-84.
- Benzer, S.(1973). Genetic dissection of behavior. *Scientific American*, 229, 24-37.
- Billings, P.R., Beckwith, J., & Alper, J.S.(1992). The genetic analysis of human behavior: A new era? *Social Science & Medicine*, 35, 227-238.
- Bouchard, T.J., Jr.(1994). Genes, environment, and personality. *Science*, 264, 1700-1701.
- Boynton, S. & Trully, T.(1992). Latheo, a new gene involved in associative learning and memory in *Drosophila melanogaster*, identified from P element mutagenesis. *Genetics*, 131, 655-672.
- Brown, J.R., Ye, H., Bronson, R.T., Dikkes, P., & Greeberg, M.E.(1996). A defect in nurturing in mice lacking the immediate early gene fosB. *Cell*, 86, 297-309.
- Carlson, J.R.(1996). Olfaction in *Drosophila*: from odor to behavior. *Trends in Genetics*, 12, 175-180.

- Cattell, R.B., Bolz, C.R., & Korth, B.(1973). Behavioral types in purebred dogs objectively determined by taxonome. *Behavioral Genetics*, 3, 205-216.
- Coren, S.(1995). *The intelligence of dogs*. New York: The Bantam Trade.
- Crabbe, J.C., Belknap, J.K., & Buck, K.J.(1994). Genetic animal models of alcohol and drug abuse. *Science*, 264.
- DeFries, J.C., Hegman, J.P., & Weir, M.W.(1966). Open-field behavior in mice: Evidence for a major gene effect mediated by the visual system. *Science*, 154, 1577-1579.
- Del-Cerro, M.C.R., Izquierdo, M.A.P., Collado, P., Segovia, S., & Guillamon, A.(1991). Bilateral lesions of the bed nucleus of the accessory olfactory tract facilitate maternal behavior in virgin female rats. *Physiology & Behavior*, 50, 67-71.
- Del-Cerro, M.C.R., Izquierdo, M.A.P., Rosenblatt, J.S., Johnson, B.M., Pacheco, P., & Komisaruk, B.R.(1995). Brain 2-deoxyglucose levels related to maternal behavior-inducing stimuli in the rat. *Brain Research*, 696, 213-220.
- Draper, T.W.(1995). Canine analog of human personality factors. *Journal of General Psychology*, 122, 241-252.
- Dura, J.M., Preat, T., & Tully, T.(1993). Identification of linotte, a new gene affecting learning and memory in *Drosophila melanogaster*. *Journal of Neurogenetics*, 9, 1-14.
- Ebstein, R.P., Novick, O., Umansky, R., Priel, B., Osher, Y., Blaine, D., Bennett, E.R., Nemanov, L., Katz, M., & Belmaker, R.H.(1996). Dopamine D4 receptor(D4DR) exon III polymorphism associated with the human personality trait of novelty seeking. *Nature Genetics*, 12, 78-80.
- Eisenberg, L.(1996) The biosocial context of parenting in human families. In Krasnegor, N.A. & Bridges, R.S.(Eds.), *Mammalian parenting: biochemical, neurobiological, and behavioral determinants*, 9-24. New York: Oxford University Press.
- Gerlai, R.(1996). Gene-targeting studies of mammalian behavior: is it the mutation or the background genotype? *Trends in Neuroscience*, 19, 177-181.
- Goddard, M.E., & Beilharz, R.G.(1983). Genetics of traits which determine the suitability of dogs as guide-dogs for the blind. *Applied Animal Ethology*, 9, 299-315.
- Goddard, M.E. & Beilharz, R.G.(1985). Individual variation in agonistic behaviour in dogs. *Animal Behaviour*, 33, 1338-1342.
- Goldman, D.(1996). High anxiety. *Science*, 274, 5292.
- Ghosh, B., Choudhuri, D.K., & Pal, B.(1984). Some aspects of the sexual behaviour of stray dogs, *Canis familiaris*. *Applied Animal Behaviour Science*, 13, 113-127.
- James, W.T.(1941). Morphologic form and its relation to behavior. In C.R.Stockard(Eds.), *The Genetic and Endocrinic Basis for Differences in Form and Behavior* VI. Philadelphia: The Wistar Institute of Anatomy and Biology.
- Klug, W.S., & Cummings, M.R.(1993). Developmental genetics and

- neurogenetics. *In Essentials of Genetics*, 420-443, New York: Macmillan Publishing Company.
- Klug, W.S. & Cumming, M.R.(1994). *Concepts of genetics*, New York: Macmillan Publishing Company.
- Koranyi, L., Yamanouchi, K., & Arai, Y.(1988). Neural transection between preoptic area and septum inhibits maternal behavior in female and male rats. *Neuroscience Research*, 6, 167-173.
- Lather, R.(1996). Mice, gene targeting and behaviour: more than just genetic background. *Trends in Neuroscience*, 19, 183-186.
- Lesch, K.P., Bengel, D., Heils, A., Sabol, S.Z., Greenberg, B.D., Petri, S., Benjamin, J., Clemens, R.M., Hamer, D.H., & Murphy, D.L.(1996). Association of anxiety-related traits with a polymorphism in the serotonin transporter gene regulatory region. *Science*, 274, 1527.
- Loughly, W.J.(1992). Ontogeny of time allocation in black-tailed prairie dogs. *Ethology*, 90, 206-224.
- Mackenzie, S.A., Oltenacu, E.A.B., & Houpt, K.A.(1986). Canine behavioral genetics(Review). *Applied Animal Behavior Science*, 15, 365-393.
- Mahut, H.(1958) Breed differences in the dog's emotional behavior. *Canadian Journal of Psychology*, 12, 35-44.
- Mayer, A.D., Monroy, M.A., & Rosenblatt, J.S.(1990). Prolonged estrogen- progesterone treatment of nonpregnant ovariectomized rats: Factors stimulating home-cage and maternal aggression and short-latency maternal behavior. *Hormones & Behavior*, 24, 342-364.
- Meller, V.H., Davis, R.L.(1996). Biochemistry of insect learning - Lessons from bees and flies. *Insect Biochemistry & Molecular Biology*, 26, 327-335.
- Melzack, R.(1952). Irrational fears in the dog. *Canadian Journal of Psychology*, 6, 141-47.
- Menza, M.A., Globe, L.I., Cody, R.A., & Formen, N.E.(1993). Dopamine-related personality traits in Parkinson's disease. *Neurology*, 43, 505-508.
- Newton, J.E., Paige, S.R., Angel, C., & Reese, W.G.(1988). Heart rate and activity in response to natural stimuli in nervous and normal pointer dogs. *Biological Psychiatry*, 23, 829-833.
- Numan, M. & Numan, M.J.(1995). Importance of pup-related sensory inputs and maternal performance for the expression of fos-like immunoreactivity in the preoptic area and ventral bed nucleus of the stria terminalis of postpartum rats. *Behavioral Neuroscience*, 109, 135-149.
- Pederson, C.A., Johns, J.M., Musiol, I., Perez-Delago, M., Ayers, G., Faggin, B., & Caldwell, J.D.(1995). Interfering with somatosensory stimulation from pups sensitizes experienced, postpartum rat mothers to oxytocin antagonist inhibition of maternal behavior. *Behavioral Neuroscience*, 109, 980-990.
- Perrigo, G., Belvin, L., Quindry, P., Kadir, T., Becker, J., van Look, C., Niewoehner, J., & vom Saal, F.S.(1993). Genetic determination of infanticide and parental behavior in



- male and female domestic and wild stock house mice. *Behavior Genetics*, 23, 525-531.
- Plomin, R., Chipuer, H.M., & Loehlin, J.C.(1990). Behavioral genetics and personality. In L.A. Pervin (Eds.), *Handbook of Personality: Theory and Research*. 225-243. New York: Guilford Press.
- Rankin, S.M., Fox, K.M., & Stotsky, C.E.(1995). Physiological correlates to courtship, mating, ovarian development and maternal behavior in the ring-legged earwig. *Physiological Entomology*, 20, 257-265.
- Rogers, D.A. & McClearn, G.E.(1962). Mouse strain differences in preference for various concentrations of alcohol. *Quarterly Journal of Studies on Alcohol*, 23, 26-33.
- Schneider, J.E., Lynch, C.B., Possidente, B., & Hegmann, J.P.(1982). Genetic association between progesterone-induced and maternal nesting mice. *Physiology & Behavior*, 29, 97-105.
- Scott, J.P.(1958). *Animal behavior*. London: The university of Chicago press.
- Scott, J.P., & Bielfelt, S.W.(1976). Analysis of the puppy-testing program. In C.J.Pfaffenberger, J.P.Scott, J.L.Fuller, B.E.Ginsburg & S.W.Bielfelt(Eds.), *Guide Dogs for the Blind: Their Selection, Development and Training*. New York: Elsevier.
- Scott, J.P., & Fuller, J.L.(1965). *Dog behavior - The genetic basis*. Chicago: The University of Chicago Press.
- Scott, J.P., & Charles, M.S.(1954). Genetic differences in the behavior of dogs: A case of magnification by thresholds and by habit formation. *The Journal of Genetic Psychology*, 84, 175-188.
- Stern, J.M. & McDonald, C.(1989). Ovarian hormone-induced short-latency maternal behavior in ovariectomized virgin Long-Evans rats. *Hormones & Behavior*, 23, 157-172.
- Woodard, C., Huang, T., Sun, H., Helfand, S.L., & Carlson, J.(1989). Genetic analysis of olfactory behavior in *Drosophila*: a new screen yields the ota mutants. *Genetics*, 123, 315-326.

## Canine behavioral genetics: Investigative strategy for the inheritance of behavioral traits in higher mammals

**Inah Lee and Choongkil Lee**

Department of Psychology  
Seoul National University

Following the seminal reports on genes affecting human personality in 1996, explosive number of reports relating genes and behavioral traits in higher mammals are expected to be witnessed in the near future. Successful genetic explanation of behavioral variability should include mechanisms by which genotypes affecting behaviors are expressed. We reviewed controlled studies on canine behavioral genetics and proposed that canine behavioral genetics can be used as an experimental model for investigating the expression mechanisms of genes in determining the variability of behavioral phenotypes in higher mammals. Problems in establishing inheritance factors in previous studies were discussed: 1) insufficient information on perceptual mechanisms of animal subjects, 2) subjective and imprecise measurement of animal behavior, 3) uncontrolled interactions between animals and experimenters. Suggestions were made for more rigorous studies of canine behavioral genetics: 1) identifying behavioral traits and indices reflecting genetic background, 2) precise measurement of behavior, 3) accumulating informations on dog genome.