Journal of Bacteriology and Virology 2013. Vol. 43, No. 1 p.18 – 26
http://dx.doi.org/10.4167/jbv.2013.43.1.18

Review Article

Ethical Guidelines for Use of Experimental Animals in Biomedical Research

Ahra Cho[1] and Seung Hyeok Seok[2*]

[1]College of Communication, Yonsei University, Seoul; [2]Department of Microbiology and Immunology, Institute of Endemic Disease, College of Medicine, Seoul National University, Seoul, Korea

Increasing concerns on animal welfare, the discussion about the necessity and the ethical acceptability of animal experiments is getting important. In this article, we describe ethical issues between the benefits of the animal experiments and the suffering of the animals. If there are no alternatives for animal experiments, the ethical guidelines, 3Rs (Reduction, Replacement, Refinement) by Russell and Burch for humane animal experiments should be considered. Moreover, Institutional Animal Care and Use Committee (IACUC) and Institutional Biosafety Committee (IBC) assist researchers to perform animal testing humanely and safely. We point out three important aspects in support of humane animal experiments; 1) the development of diverse scientific alternatives on the animal testing, 2) the ethical education of animal experiments for researchers, 3) the productive interactions among various social groups on ethics and safety of animal experiments.

Key Words: Animal welfare, Animal experiments, Ethical guidelines, 3Rs, Biosafety

서 론

국내에서 동물복지에 대한 대중의 관심이 높아지면서, 동물실험을 둘러싼 논쟁도 심화되고 있는 것으로 보인다. 유기견과 학대 받는 동물의 고통에 미디어와 사회가 공감하면서 실험동물의 고통도 관심의 대상이 되고 있다. 물론 동물실험에 대한 윤리적 논의는 오래 전부터 진행되어 왔으며, 현재도 국제적으로 동물의 복지를 증진하는 방향으로 법률과 제도들이 마련되고 있다. 그러나 과학 분야에서 생명윤리가 항상 사회적 화두가 되는 만큼, 여전히 동물실험의 실효성과 윤리적 문제는 논쟁의 대상이 되고 있다.

동물실험이란 교육·시험·연구 및 생물학적 제재(製劑)의 생산 등 과학적 목적을 위하여 실험동물을 대상으로 실시하는 실험 또는 그 과학적 절차를 말한다. 동물실험의 역사는 아리스토텔레스가 동물의 종(種)에 따라 내부 장기가 다르다는 것을 밝힌 사건까지 거슬러 올라간다. 이후 해부학, 생리학, 의학, 생물학 등 수많은 과학자들이 다양한 분야에서 동물실험을 기초로 연구를 진행해 왔으며, 1901년 이후 노벨생리의학상을 받은 88명 중 65명의 연구는 동물실험과 관련된 것이었다 (1). 1980년대 이후 동물실험은 잔혹성이 문제가 되면서 배양세포 및 조직, 컴퓨터 시뮬레이션 등으로 대체되는 과정에서 전체적인 사용 개체 수가 감소하는 추세를 보이기도 했다. 그러나 유전자 조작에 의한 동물모델 개발과 인류의 수명 연장을 위한 질병 치료의 기전연구 등에 병원체를 감염시킨 질병모델동물의 사용이 활발히 이루어지면서 실험동물의 사용량은 다시 폭발적으로 증가했다. 식품의약품안전청의 집계에 따르면 2011년 한 해 동안 국내에서 사용된 실험

Received: February 8, 2013/ Revised: March 2, 2013/ Accepted: March 5, 2013
*Corresponding author: Seung Hyeok Seok, D.V.M., Ph.D. Department of Microbiology and Immunology, and Institute of Endemic Disease, Seoul National University College of Medicine, Seoul 110-799, Korea.
Phone: +82-2-740-8302, Fax: +82-2-743-0881, e-mail: lamseok@snu.ac.kr
This is an open access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/license/by-nc/3.0/).

동물은 약 150만 마리에 이른다.

동물실험의 증가와 함께 실험동물에 대한 인도적 취급 및 불필요한 고통의 경감을 요구하는 국제적인 목소리도 높아졌다. 따라서 연구자와 관련 기관들은 사회로부터 동물실험의 윤리적 당위성을 인정받는 과정이 필요하게 되었으며, 이러한 상황은 관련 법률 제정과 동물실험의 지침 마련, 기관 내의 자체 심의기구 운영 등으로 이어졌다.

본 종설에서는 동물실험을 둘러싼 논쟁의 배경과 논점을 정리하고, 동물실험 자체를 금지하기 보다는 동물실험 과정에서의 윤리적 실천이 중요하다는 입장 아래, 보다 윤리적이고 안전한 동물실험을 수행하기 위해 연구자가 고려해야 할 원칙과 법률 및 제도 등을 소개하고자 한다.

본 론

1. 동물실험을 둘러싼 논쟁과 동물실험의 필요성

동물실험과 관련된 쟁점은 두 가지이다. 첫 번째는 과연 동물은 인간이 그들의 삶과 복지에 대해 고려해야만 하는 존재인지를 묻는 동물의 도덕적 지위에 관한 논쟁이고, 두 번째는 동물실험은 필요한가라는 필요성에 대한 논쟁이다 (2). 우선 동물의 도덕적 지위 논쟁과 관련하여, 서양의 종교와 철학은 기본적으로 동물에게 도덕적 지위를 부여하지 않았다. 대표적인 인물은 근대 철학의 주류 사고를 형성하는 데카르트(Rene Descartes)와 칸트(Immanuel Kant)이다. 이들은 동물은 사고와 언어능력, 이성적 능력을 갖춘 인간과는 구별되기 때문에 도덕적 고려의 대상이 될 수 없으며, 인간은 동물보다 도덕적 우위를 갖는다고 주장했다 (3). 그러나 1970년대 들어 동물해방운동이 본격화되었고 탐 리건(Tom Regan)과 피터 싱어(Peter Singer)의 주장은 이러한 움직임에 이론적 토대를 제공했다. 탐 리건(Tom Regan)은 삶의 주체 여부를 기준점으로 삼아, 믿음, 욕구, 지각, 기억 등의 의식을 가지고 쾌락과 고통의 감정을 느낄 수 있으며, 자신의 목표를 위해 행동할 수 있는 능력을 가진 존재들은 삶의 주체로서 자신의 복지를 가지고 있는 것으로 보았고, 최소한 몇몇 포유류는 이에 해당한다고 주장했다 (4). 피터 싱어(Peter Singer)는 공리주의 원리를 바탕으로, 우리가 추구해야 할 것이 쾌락의 증진과 고통의 회피라면 쾌락의 감정을 느낄 수 있는 모든 존재의 쾌락과 고통을 문제 삼아야 한다고 주장했다. 따라서 만일 우리가 동물의 고통을 외면하는 것은 성차별이나 인종차별과 마찬가지로 잘못된 종차별주의(speciesism)라고 주장했다 (5).

동물의 도덕적 지위에 대한 입장의 차이는 곧 동물실험의 필요성에 대해서도 입장 차이를 가져온다. 피터 싱어(Peter Singer)와 탐 리건(Tom Regan)의 이론적 토대 위에서 동물실험을 반대하는 사람들의 주장을 살펴보면, 동물실험은 인간과 동물은 서로 다르기에 그 실효성이 적고 동물실험을 대체할 만한 대안들이 있어 동물을 이용한 실험이 꼭 필요하지는 않다고 말한다 (6). 그러나 동물실험을 옹호하는 입장에 있는 사람들의 생각은 다르다. 우선, 동물실험은 현대 의학의 발전에 반드시 필요하다고 본다. 예로 백신, 항생제, 마취제, 인슐린, 암 치료, 심장약, 외과수술, 이식 등은 동물실험 연구가 없었다면 불가능했을 것이며 1901년 이후 노벨생리의학상을 받은 88명 중 65명의 연구는 동물실험과 관련된 것이었을 만큼, 동물실험이 현대 의학의 발전에 기여했다는 점은 부인할 수 없다 (1). 동물과 인간은 서로 다르지만, 동시에 지구상에서 동물만큼 인간과 유사한 존재는 없다. 무엇보다도 대체실험이 불가능한 실험에서 피할 수 없는 것이 동물실험이다. 각종 질병의 치료를 위한 기전연구 측면에서도, 병원체를 이용하여 질병의 유도와 치료의 과정을 면밀히 살펴 추론하는 과정을 인체를 대상으로 할 수 없기에 실험동물을 사용할 수 밖에 없다. 따라서 동물실험에 대한 부분적인 대체는 가능하지만, 동물실험 전체가 불필요하다는 주장은 설득력이 떨어진다. 또한 임상시험의 피험자를 보호하기 위해서는 반드시 동물실험을 통한 전임상시험 결과가 축적되어야 한다. 마지막으로, 동물실험이 금지될 경우 인체를 대상으로 하는 실험이 증가할 가능성이 높으며 사회적 약자가 그 대상이 되기 쉽다 (2). 필자는 모든 동물실험을 금지하자는 주장은 무리가 있다고 생각하지만, 이들의 주장이 연구자들에게 동물실험의 필요성에 대한 고려를 하게 만든다고 생각한다. 왜냐하면 동물해방운동가들의 주장대로 우리가 필요 이상으로 동물실험에 의존하고 동물에 고통을 준다는 점을 부인하기는 어렵기 때문이다. 사람이 얻는 이익을 위해서는 어떠한 실험도 허용할 수 있다는 태도는 동물해방운동가뿐 아니라 일반 사회 구성원들에게서도 동의를 얻을 수 없을 것으로 보인다. 동물실험 자체의 금지는 인류와 문명의 발전이라는 관점에서 받아들이기 어렵지만, 동물실험을 수행하는 과정에서의 윤리적 실천은 연구자들이 반드시 고려해야 할 문제인 것이다.

동물실험이 보다 윤리적이면서도 과학적으로 안전하게

수행되어야 한다는 국제사회의 인식 변화와 함께 세계 각 국에서는 러셀과 버치(Russell & Burch)가 50년 전 인도적인 동물실험의 방법으로 제안한 3R 원칙 하에, 동물복지와 관련된 법을 제정하여 동물실험을 체계적으로 관리하고 있다.

2. 3R 원칙

1959년 러셀과 버치(Russell & Burch)는 동물실험 시 연구자가 지켜야 할 윤리적 노력으로 3R 원칙, 즉 실험동물 수의 감소(Reduction), 대체(Replacement) 및 실험의 세련화(Refinement)를 제안했다 (7). 실험동물은 동물실험을 목적으로 사용 또는 사육되는 척추동물을 뜻하며, 우리나라에서는 포유류, 조류와 파충류, 양서류, 어류 중 농림수산식품부장관이 관계중앙행정기관장의 장과 협의를 거쳐 정하는 동물을 말한다. 3R 원칙의 첫 번째로 실험동물의 감소(reduction)란, 실험에 사용되는 동물 수를 가능하면 최소한으로 감소하자는 것이다. 실험에 사용되는 동물의 숫자는 통계적 유의성을 가지는 최소의 수가 되어야 하며, 필요 이상의 동물을 사용하는 것과 동물실험에 대해 충분히 준비가 되어 있지 않은 연구자로부터 동물이 희생되는 것을 최소화하자는 제안이다. 두 번째로, 실험동물의 대체(replacement)란 가능하다면 동물이 아닌 세포실험 등으로 동물실험을 대체하는 것을 말한다. 살아있는 토끼의 눈에 화장품 등의 원료물질을 떨어뜨려 자극성을 평가하는 Draize test (8)를 도축장에서 도축되는 소의 안구를 이용한 Bovine corneal opacity and permeability (BCOP) assay 또는 수정된 알을 가지고 혈관의 손상 정도를 평가하는 Hen's Egg Test on the chorioallantoic Membrane (HET-CAM) assay 등으로 대체하려는 노력이 그 예이다. 이는 동물을 희생하지 않고도 원하는 결과를 유추할 수 있는 방법이나, 그 과정과 절차에 많은 비용과 시간이 소요된다는 단점도 있다. 최근에는 중추신경계가 없는 하등동물, 배양세포, 컴퓨터 시뮬레이션 등이 대체시험의 수단으로서의 유용성이 검토되고 있다. 마지막으로, 실험의 세련화(refinement)는 동물에게 줄 수 있는 불필요한 통증과 고통을 최소화하는 노력이 중점이 된다. 적절한 마취와 진통제 및 진정제 그리고 안락사가 필수적으로 수행되어야 하며, 불필요한 실험이 반복되지 않도록 실험절차와 과정이 명료하고 정교해야 한다. 또한 실험동물의 사육환경의 질을 향상시키는 것은 동물의 신체적 건강과 기능을 좋은 상태로 유지하고 (9) 반응을 안정화시키기 때문에, 실험 결과의 재현성을 확보할 수 있으므로 불필요한 실험이 반복되는 것을 방지할 수 있다.

동물실험은 대안이 없을 경우에만 수행해야 하며, 실험에 사용하는 동물의 수를 최소한으로 줄이고, 연구자들은 동물들이 가능한 고통을 느끼지 않도록 실험을 세련화해야 한다는 3R 원칙은, 연구자들이 동물실험에 있어 윤리적 결정을 내릴 때 기준이 되고 있으며 1959년 이후 세계 각 국의 동물복지관련 법률 및 동물실험 지침의 기초를 형성했다. 스테플과 동료들은(Stafleu *et al.*) 3R 원칙에 더해, 동물실험과 관련된 윤리적 결정을 돕는 평가 요소로 실험의 궁극적인 목적, 연구목적의 실현가능성, 인류 이익에의 기여 정도, 고통이나 불편함 등 동물의 피해 정도, 실험의 궁극적 목적을 얻기 위해 동물실험의 필요 정도 등을 제시하기도 했다 (10).

3. 국내 동물실험 관련법 및 동물실험윤리위원회 (Institutional Animal Care and Use Committee, IACUC)

1876년 영국은 세계 최초로 실험동물 관리에 대한 최소한의 내용을 법률로 제정하였으며, 1986년 동물(과학적 처치)법[Animal (Science procedure) Act]을 새롭게 제정하였다 (11). 이후 동물실험 관련법은 동물실험의 용도와 절차를 엄격히 규제하는 방향으로 발전했으며, 2000년도를 기준으로 호주, 오스트리아, 벨기에, 프랑스, 네덜란드, 뉴질랜드, 대만, 영국, 미국 등 약 23개 국가에서 실험동물보호법을 제정했다.

우리나라는 1991년에 동물보호법을 제정했으나, 동물을 적정하게 보호, 관리하기 위하여 필요한 사항을 규정함으로써 동물의 생명과 그 안전을 보호하고 복지를 증진하며 생명의 존중 등 국민의 정서 함양에 이바지하기 위해 동물보호법이 제정되었으나, 법의 실제적인 시행을 위한 령 및 시행 규칙 등 하위법령이 마련되지 않아 동물보호에 대한 권고수준에 그쳤었다. 또한 농장동물이나 실험동물제도에 관한 내용이 거의 포함되지 않았다. 그러나 국제사회에서 실험동물의 윤리적 사용에 대한 요구가 증가하고 동물실험 과정 중의 안전관리의 필요성이 대두되면서, 동물보호단체들의 주장을 대폭 반영한 개정안을 마련하여 2008년 1월 농림수산식품부의 동물보호법과 2009년 3월 보건복지가족부의 실험동물에 관한 법률이 보완되었다. 그 중 일부 중요 내용을 살펴보면 아래와 같다.

<동물보호법 제23조(동물실험의 원칙) 中>

① 동물실험은 인류의 복지 증진과 동물 생명의 존엄성을 고려하여 실시하여야 한다.
② 동물실험을 하려는 경우에는 이를 대체할 수 있는 방법을 우선적으로 고려하여야 한다.
③ 동물실험은 실험에 사용하는 동물(이하 "실험동물"이라 한다)의 윤리적 취급과 과학적 사용에 관한 지식과 경험을 보유한 자가 시행하여야 하며 필요한 최소한의 동물을 사용하여야 한다.
④ 실험동물의 고통이 수반되는 실험은 감각능력이 낮은 동물을 사용하고 진통·진정·마취제의 사용 등 수의학적 방법에 따라 고통을 덜어주기 위한 적절한 조치를 하여야 한다.
⑤ 동물실험을 한 자는 그 실험이 끝난 후 지체 없이 해당 동물을 검사하여야 하며, 검사 결과 해당 동물이 회복될 수 없거나 지속적으로 고통을 받으며 살아야 할 것으로 인정되는 경우에는 가능하면 빨리 고통을 주지 아니하는 방법으로 처리하여야 한다.

<동물보호법 제13조 및 시행규칙 제13조(동물실험금지의 적용 예외) 中>

① 인간을 위하여 사역한 동물을 사용하여 인수공통전염병 등 질병의 진단, 치료, 연구를 하는 경우
② 방역을 목적으로 실험하는 경우
③ 해당 동물, 동물종의 생태, 습성 등에 관한 과학적 연구를 위하여 실험하는 경우
④ 해당동물실험시설의 동물실험윤리위원회의 승인을 받아 실험을 하도록 규정

<동물보호법 제25조(동물실험윤리위원회의 설치)와 제26조(동물실험윤리위원회의 기능) 中>

① 동물실험시행기관의 장은 실험동물의 보호와 윤리적인 취급을 위하여 동물실험윤리위원회(이하 "윤리위원회"라 한다)를 설치·운영하여야 한다.
② 동물실험시행기관의 장은 동물실험을 하려면 윤리위원회의 심의를 거쳐야 한다.
③ 윤리위원회는 동물실험에 대한 심의, 동물실험이 동물보호법의 원칙에 맞게 시행되도록 지도·감독한다.
④ 윤리위원회 동물실험시행기관의 장에게 실험동물의 보호와 윤리적인 취급을 위하여 필요한 조치를 요구한다.

<실험동물에 관한 법률 제6조(동물실험시설 운영자의 책무)>

동물실험시설의 운영자는 동물실험의 안전성 및 신뢰성 등을 확보하기 위하여 다음 각 호의 사항을 수행하여야 한다.
① 실험동물의 과학적 사용 및 관리에 관한 지침 수립
② 동물실험을 수행하는 자 및 종사자에 대한 교육
③ 동물실험을 대체할 수 있는 방법의 우선적 고려
④ 동물실험의 폐기물 등의 적절한 처리 및 작업자의 안전에 관한 계획 수립

우리나라의 관련 법률은 앞서 살펴보았던 3R 원칙을 기본으로 하고 있으며, 생명의 존엄성과 가치를 인정하고 실험동물의 윤리적 취급과 동물실험 및 동물 사육관리 대한 비교적 구체적인 규정을 담고 있다. 또한 시행령에 따라, 동물실험을 시행하는 정부기관 및 교육기관, 병원 등은 기관 내에 자체 심의기구인 동물실험윤리위원회(Institutional Animal Care and Use Committee, IACUC)를 설치하고 운영하고 있다. 국내에서 동물실험을 수행하는 기관에 속한 모든 연구자는 각 기관에 설치된 동물실험윤리위원회에서 동물실험계획서를 승인 받아야만 동물실험을 할 수 있다. 동물실험윤리위원회는 3R 원칙을 기반으로 동물실험계획서를 심의하며, 이외에도 실험시설과 실험동물 관리, 사육 및 처리에 대한 감독, 동물실험 연구자 교육 등을 주된 활동으로 하고 있다. 위원 구성에 있어서도, 수의사와 동물보호전문가 각각 1인 이상을 반드시 포함시켜 동물실험에 대한 윤리성과 동물 복지, 시설의 운영 평가에 이들의 관점도 반영될 수 있도록 하고 있다. 동물보호전문가란, '민법에 따라 설립된 법인으로서 동물보호를 목적으로 하는 법인이나 비영리민간단체 지원법에 따라 등록된 비영리단체로서 동물보호를 목적으로 하는 단체가 추천하는 동물보호에 관한 학식과 경험이 풍부한 자'로 구체적인 자격 기준은 동물보호법 제26조 시행규칙에서 확인할 수 있다.

Table 1. Observational checklists used to determine endpoints: Chronic infectious disease in mice-leishmaniasis (13)

Score[a]	Body weight changes	Physical appearance	Behavior
0	Normal	Normal	Normal
1	< 10% Weight loss	Lack of grooming	Minor changes; limping, favoring inoculated limb
2	10~15% Weight loss	Rough coat, nasal/ocular discharge	Abnormal; reduced mobility, inactive
3	> 20% Weight loss	Very rough coat, abnormal posture	Unsolicited vocalizations, self-mutilation, either very restless or immobile

[a]When a total score of three or more is reached, based on above checklist, the laboratory animal veterinarian must be notified

4. 동물실험계획서 평가 내용 및 동물실험의 인도적 종료

동물실험윤리위원회는 기관 자체 심의 기구이기 때문에 기관마다 동물실험계획에 대한 심의 절차나 항목에 다소 차이가 있을 수 있다. 그러나 일반적으로 동물실험계획서 작성시 포함되어야 할 내용으로는 연구목적, 실험형태, 사육조건, 동물실험 대체 가능성, 요구 동물의 종과 숫자의 타당성, 동물실험의 방법과 근거, 고통의 기준과 고통의 최소화 방안, 실험종료시점, 안락사 시점과 방법, 실험환경의 안전성, 실험자 및 실험책임자의 교육의 정도 등이 있다. 각 항목마다 기술해야 할 세부사항들이 있으며 그와 관련된 정보는 국립수의과학검역원이나 연구자가 속한 기관의 동물실험윤리위원회를 통해 확인할 수 있다.

동물실험계획서의 평가 내용에도 포함되어 있듯이, 실험과정에서 동물이 받을 수 있는 고통을 최소화하고 실험의 인도적 종료시점을 설정하여 적절한 안락사를 실시하는 것은 매우 중요하다. 인도적 종료시점이란 실험동물이 겪게 되는 통증 및 고통을 최소화하기 위해 과학적 목적을 충족하는 범위 내에서 실험을 일찍 종료하는 시점을 말한다 (12). 특히 독성시험, 감염질환연구, 백신 역가시험, 종양 연구, 통증 및 스트레스 연구, 신경계 손상 연구 등에서는 인도적 종료시점이 요구된다. 유전자를 변형한 동물을 계속 유지하지 않고 연구를 종료하게 되는 경우엔 변형된 유전자의 동물을 sperm freezing하거나 embryo freezing 등으로 banking하여 필요할 때 다시 녹여서 사용하는 기술들이 많이 개발되어 있으므로 이러한 방법을 이용하면 불필요하게 동물을 계속 살아있는 상태로 유지 교배하지 않아도 될 것이다.

동물실험에 있어 고통의 기준은 총 5단계로, 1단계는 원생동물이나 무척추동물을 실험하는 것으로 현행법상 적용 대상동물이 아니므로 위원회의 심의나 승인절차가 필요하지 않다. 2단계는 척추동물을 사용하지만 거의 고통을 주지 않는 실험으로, 생산이나 공급을 목적으로 사육하거나 관찰 혹은 검사를 목적으로 한 단기간의 보정이 해당되며 이 단계부터 위원회의 심의와 승인절차가 필요하다. 3단계는 척추동물에게 약간의 스트레스나 단기간의 적은 고통을 주는 실험으로, 고통을 줄여주는 약물의 필요성이 적은 경우이며 약물을 투여하는 등의 일반적인 동물실험이 3단계부터 해당된다고 할 수 있다. 4단계는 척추동물에게 스트레스나 통증, 억압을 동반하는 실험으로, 고통을 줄여주는 약물이 필요한 경우이며 심마취하에 조직 채취, 장시간의 조작 혹은 수술, 장기간의 물리적 억압상태의 실험 등이 이에 해당된다. 5단계는 앞의 4단계와 같이 고통을 줄여주는 약물이 필요하지만 마취제나 진통제가 사용되지 않은 실험, 비인간 영장류를 대상으로 한 실험, 고통에 대한 완화조치가 있더라도 인내한계나 그 이상의 통증을 유발하는 경우를 말한다. 실험과정에서 동물에게 고통을 경감시켜주는 조치를 할 수 없는 경우 그 분명한 목적과 사유를 위원회에 제시해야 한다. 실험의 인도적 종료시점을 설정하는 기준으로 참고할 수 있는 정보는 Canadian Council on Animal Care (CCAC)가 발행한 종료시점 지침서에서 확인할 수 있으며 (13), 종료시점 설정을 위한 관찰 사항의 예로 기생충 (*Leishmania*)에 감염된 마우스의 만성 감염질병의 종료시점 점수표가 Table 1에 있다. 여기서 총 합산 점수가 3점 이상이면 수의사에게 알리고 조치를 취하도록 하고 있다.

실험종료시점을 설정한 후엔 적절하고 허용 가능한 안락사를 실시한다. 안락사는 동물에게 통증과 고통을 최소화하여 가능한 단시간에 의식을 소실시켜 죽음에 이르게 하는 행위로 전문 수의사나 숙련된 연구자가 수행해야

Table 2. Agents and methods of euthanasia by species (14)

Methods	Acceptable[a]	Acceptable with conditions[a]
Aquatic invertebrates	- Immersion in anesthetic solution (magnesium salts, clove oil, eugenol, ethanol)	- Adjunctive methods (second step) include 70% alcohol and neutral-buffered 10% formalin, pithing, freezing, boiling
Amphibians	- As appropriate by species—Injected barbiturates, dissociative agents and anesthetics as specified, topical buffered tricaine methanesulfonate or benzocaine hydrochloride	- As appropriate by species—Inhaled anesthetics as specified, CO_2, penetrating captive bolt or firearm, manually applied blunt force trauma to the head, rapid freezing
Cats	- Intravenous barbiturates, injected anesthetic overdose, Tributame, T-61	- Barbiturates (alternate routes of administration), inhaled anesthetic overdose, CO[b], CO_2[b], gunshot[b]
Cattle	- Intravenous barbiturates	- Gunshot, penetrating captive bolt
Dogs	- Intravenous barbiturates, injected anesthetic overdose, Tributame, T-61	- Barbiturates (alternate routes of administration), inhaled anesthetic overdose, CO[b], CO_2[b], gunshot[b]
Equids	- Intravenous barbiturates	- Penetrating captive bolt, gunshot
Nonhuman primates	- Injected barbiturates or anesthetic overdose	- (as appropriate by species): Inhaled anesthetic, CO, CO_2
Poultry	- Injected barbiturates and anesthetic overdose	- CO_2, CO, N_2, Ar, cervical dislocation (as anatomically appropriate), decapitation, manual blunt force trauma, electrocution, gunshot, captive bolt
Rabbits	- Intravenous barbiturates	- Inhaled anesthetic overdose, CO_2, cervical dislocation (as anatomically appropriate), penetrating captive bolt
Reptiles	- As appropriate by species—Injected barbiturates, dissociative agents and anesthetics as specified	- As appropriate by species—Inhaled anesthetics as specified, CO_2, penetrating captive bolt or firearm, manually applied blunt force trauma to the head, rapid freezing for animals < 4 g
Rodents	- Injected barbiturates and barbiturate combinations, dissociative agent combinations - Inhaled anesthetics, CO_2[c]	- Inhaled anesthetics, CO_2, CO, tribromoethanol, ethanol, cervical dislocation, decapitation, focused beam microwave irradiation
Small ruminants	- Injected barbiturates	- Gunshot, penetrating captive bolt
Swine	- Injected barbiturates	- CO_2, CO, N_2, Ar, gunshot, electrocution, nonpenetrating captive bolt, manually applied blunt force trauma

[a]Source: Modified from AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2013 Edition, p 99 (14)
[b]Not recommended for routine use
[c]Routine use in Korea

한다. 안락사 방법의 선정 기준 및 허용 가능한 안락사 방법은 American Veterinary Medical Association (AVMA)에서 발행한 안락사 지침서에서 확인 가능하다 (14). AVMA에서 권고하는 안락사 방법은 Table 2와 같다.

5. 동물실험과 생물안전(biosafety)

동물실험 시 연구자가 반드시 고려해야 할 또 다른 것은 생물안전(biosafety)이다. 이는 잠재적 감염 우려가 있는 생물체가 가지고 있는 인체 위해성을 분석하고, 그에 맞는 적절한 통제를 통해 실험자와 지역사회 및 환경을 보호하는 활동을 말한다. 동물실험 역시 많은 감염사고의 위험이 따르며, 연구자는 사회의 한 구성원으로서 감염사고로부터 본인 뿐 아니라 동료, 지역 사회를 보호할 책임을 가진다. 따라서 자신이 실험 시 다루게 될 미생물의 위험요소를 평가하여 위험군 등급에 해당하는 실험실 안전장비와 지침을 마련하고 사용해야 한다. 또한 실험실 구성원들과 이와 관련된 지식과 경험을 공유하며 정기적인 점검과 교육도 실시되어야 한다.

미생물의 위험군 구분에 따른 생물안전수준(Biosafety Level, BL)은 Table 3 (15), 동물 관련 생물안전 등급 산정 기준(Animal Biosafety Level, ABL)은 Table 4 (16)를 참고할 수 있다. 각 위험등급에 따른 국내 실험실 안전장비 및

Table 3. Biosafety Levels (BL) (15)

BL	Agents[a]	Practices[a]	Equipment[a]	Facilities[a]
1	Not known to consistently cause diseases in healthy adults	Standard microbiological practices	- No primary barriers required. - PPE: laboratory coats and gloves; eye, face protection, as needed	Laboratory bench and sink required
2	- Agents associated with human disease - Routes of transmission include percutaneous injury, ingestion, mucous membrane exposure	BL-1 practice plus: - Limited access - Biohazard warning signs - Sharps precautions Biosafety manual defining any needed waste decontamination or medical surveillance policies	Primary barriers: - BSCs or other physical containment devices used for all manipulations of agents that cause splashes or aerosols of infectious materials - PPE: Laboratory coats, gloves, face and eye protection, as needed	BL-1 plus: Autoclave available
3	- Indigenous or exotic agents that may cause serious or potentially lethal disease through the inhalation route of exposure	BL-2 practice plus: - Controlled access - Decontamination of all waste - Decontamination of laboratory clothing before laundering	Primary barriers: - BSCs or other physical containment devices used for all open manipulations of agents - PPE: Protective laboratory clothing, gloves, face, eye and respiratory protection, as needed	BL-2 plus: - Physical separation from access corridors - Self-closing, double-door access - Exhausted air not recirculated - Negative airflow into laboratory - Entry through airlock or anteroom
4	- Dangerous/exotic agents which post high individual risk of aerosol-transmitted laboratory infections that are frequently fatal, for which there are no vaccines or treatments - Related agents with unknown risk of transmission	BL-3 practices plus: - Clothing change before entering - Shower on exit - All material decontaminated on exit from facility	Primary barriers: - All procedures conducted in Class III BSCs or Class I or II BSCs in combination with full-body, air-supplied, positive pressure suit	BL-3 plus: - Separate building or isolated zone - Dedicated supply and exhaust, vacuum, and decontamination systems

[a]Source: Modified from Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories, p 59 (15)

지침의 세부사항은 질병관리본부 국립보건연구원에서 발행하는 '실험실생물안전지침'에서 확인 가능하다. 우리나라는 생물학적 위험발생을 예방하고 생명공학 연구를 촉진하기 위해 2007년 「유전자재조합실험지침」을 개정고시 했으며, 질병관리본부의 관리 아래 각 연구기관이 생물안전위원회(Institutional Biosafety Committee, IBC)를 구성하도록 규정하고 있다. 생물안전위원회는 생물체를 다루는 생물 관련 연구 및 유전자재조합실험이 안전하고 효율적으로 이루어질 수 있도록 심의하고 조사, 관리하는 위원회로, 생물안전 3등급 이상의 밀폐시설을 설치·운영하는 연구기관에서는 필수적으로 생물안전위원회를 운영하도록 규정하고 있으며 생물안전 1·2등급 연구시설을 설치·운영하는 기관에서는 권장사항으로 정하고 있다. 감염의 위험이 있는 동물실험 진행 시 연구자는 실험의 생물안전등급을 확인하고, 생물안전위원회로부터 심의와 자문을 구해야 한다.

결 론

지금까지 동물실험을 둘러싼 논쟁의 배경과 윤리적인 동물실험 수행을 위한 원칙 및 제도 등을 살펴보았다. 인간의 생명을 연장하기 위해 동물을 이용하는 것은 언제나 윤리적일까? 이에 대한 다양한 철학적 의견들을 앞서 논의했다. 필자의 입장과 다수의 과학자들 그리고 많은 일반 사람들이 동물실험의 필요성에 대해 동의하고 이것이 비윤리적이지 않다고 인정하더라도, 사용되는 동물의

Table 4. Animal Biosafety Levels (ABL) (16)

ABL	Agents[a]	Practices[a]	Equipment[a]	Facilities[a]
1	Not known to consistently cause disease	- Standard animal care and management - Good microbiological technique	None other than what is required for normal care	- No recirculation of exhaust air - Hand washing facility
2	- Associated with human disease, BL-2 - Percutaneous, mucous, membrane exposure, ingestion	ABL-1 plus: - Limited access - Biohazard signs - Sharps precautions - Decontamination of wastes and cages prior to washing - Disinfectant foot baths as needed	ABL-1 plus: - Primary containment equipment such as BSCs - PPE and respiratory protection as needed	ABL-1 plus: Easy cleaning
3	- Indigenous or exotic agents, BL-3 - Potential for aerosol transmission	ABL-2 plus: - Restricted and controlled access - Decontamination of clothing before laundering - Cages decontaminated before bedding removal	ABL-2 plus: Containment equipment for housing animal and cage dumping	ABL-2 plus: - Physical separation from access corridors - Anteroom with self closing double door access - Sealed penetrations - Autoclave available in facilities

[a]Source: Modified from Cornell University Institutional Biosafety Committee's manual (16)

복지와 대우에 대한 윤리적 문제는 여전히 존재한다 (3). 어떻게 연구용 동물을 기를 것이고 어떻게 다룰 것이며, 고통은 어떻게 줄일 수 있는가 하는 것들이 이에 해당한다. 특히 영장류의 경우 우리가 인간의 고유한 특성이며 도덕적 존재로서의 근거가 되는 자질이라고 보는 지적 능력, 판단력, 자의식, 사회성 등을 일정부분 가지고 있다고 여겨지기 때문에 이들을 실험동물로 사용할 때에는 더욱 신중을 기해야 한다 (3).

동물실험옹호론자들이 주장하듯이, 인간이 동물보다 높은 도덕적 지위와 존엄성을 가진다면, 그 도덕성을 바탕으로 동물실험의 구체적인 상황에서 어떻게 동물을 최대한 보호할 것인지를 고민하고 실천적인 지침들을 마련해야 할 것이다. 나아가, 점차 동물실험이 최소화 될 수 있도록 동물대체시험법 연구 등 구체적이고 실질적인 노력도 수반되어야 한다. 즉, 현재 연구에 있어서 동물대체시험법의 사용이 동물을 이용한 실험보다 경제적, 시간적 비용이 크다고 하더라도, 연구목적에 부합하는 범위 내라면 동물실험을 대체할 수 있도록 노력해야 한다. 또한 후속 연구 세대가 실험동물에 대한 윤리적 책임감과 태도를 가질 수 있도록 학교 및 연구기관에서 체계적인 교육이 이루어져야 한다.

두 번째로, 동물실험과 관련한 사회적 소통의 문제를 언급하고 싶다. 하버마스(Habermas)와 롤즈(Rawls)가 주장하듯이 도덕은 어디까지나 인간들의 사회적 협력을 위한 하나의 구성물이다 (2). 따라서 동물실험에 대한 법률 및 제도 역시 이에 대한 사회적 합의를 기반으로 마련되고 발전한다. 특히 동물실험과 같이 윤리적 쟁점과 가치가 개입된 결정은 사회 구성원들의 심도 있는 논의와 합의를 거쳐야 한다. 즉 동물실험윤리는 동물이 느끼는 고통에 대해서도 고민해야 하지만, 동시에 동물의 고통에 민감한 사회 구성원들이 느끼는 고통에 대해서도 고민할 필요가 있는 것이다 (2). 그리고 이 구성원에는 연구자 자신도 포함된다. 연구자와 사회 구성원들의 도덕성과 감정, 안전을 보호할 수 있는 제도적 장치 내에서 동물실험이 허용될 수 있도록, 연구자 집단을 포함한 다양한 사회 집단의 의견 수렴과 합의를 위한 지속적인 소통의 장이 마련되어야 한다.

마지막으로, 1985년 미국의 실험동물에 대한 개정법을 발의했던 로버트 돌(Robert Dole) 상원의원의 대표 발언을 소개하면서 글을 마무리하고자 한다.

"이 법안의 목적은 시험 또는 실험에 사용되는 동물이 받는 고통과 억압을 감소시키는 것이 목적입니다. 이를 통해, 생명의학연구는 더욱 정확해지고 인도적이 될 것입니다. 우리는 실험동물로부터 많은 덕을 보았고, 그 빚을

실험동물을 잘 관리하고 고통스러운 실험을 최소화함으로써 갚을 수 있습니다."

참 고 문 헌

1) Day N. Animal Experimentation: Cruelty or Science?. NJ: Enslow Publisher, 2000.
2) Kim MS. Animal Experiment and Deliberation. Philosophy 2007;92:231-56.
3) Choo JW, Choi KS, Kwon I. Claims for Animal Right and Ethical Consideration on Primate Experiments. J Korean Bioehics Assoc 2007;8:41-53.
4) Regan T. The case for Animal Rights. Berkeley: University of California Press, 1985.
5) Singer P. The Expanding Circle: Ethics and Sociobiology. Oxford: Oxford University Press, 1983.
6) Paul ES. Us and Them: Scientists' and Animal Rights Campaigners' Views of the Animal Experimentation Debate. Soc Anim 1995;3:1-21.
7) Russell WMS, Burch R. The Principles of Humane Experimental Technique. London: Methuen, 1959.
8) Draize JH, Woodard G, Calvary HO. Methods for the study of irritation and toxicity of substances applied topically to the skin and mucous membranes. J Pharmacol Exptl Therap 1944; 82:377-90.
9) Kempermann G, Kuhn HG, Gage FH. More hippocampal neurons in adult mice living in an enriched environment. Nature 1997;386:493-5.
10) Stafleu FR, Tramper R, Vorstenbosch J, Joles JA. The ethical acceptability of animal experiments: a proposal for a system to support decision-making. Lab Anim 1999;33:295-303.
11) Paton WD. Animal Experiment: British and European Legislation and Practice. Ann N Y Acad Sci 1983;406:201-14.
12) Demers G, Griffin G, De Vroey G, Haywood JR, Zurlo J, Bédard M. Animal research. Harmonization of Animal Care and Use Guidance. Science 2006;312:700-1.
13) Canadian Council on Animal Care. Guidelines on: choosing on appreciate endpoint in experiments using animals for research, teaching and testing. 1998. Available from: URL: http://www.ccac.ca/en_/standards/guidelines.
14) American Veterinary Medical Association. AVMA Guidelines for the Euthanasia of Animals: 2013 Edition. Available from: URL: https://www.avma.org/KB/Policies/Documents/euthanasia.pdf
15) U. S. Department of Health & Human Services, Centers for Disease Control and Prevention, National Institutes of Health. Biosafety in Microbiological and Biomedical Laboratories. 5th ed. Available from: URL: http://www.cdc.gov/biosafety/publications/bmbl5/BMBL.pdf
16) Cornell University Institutional Biosafety Committee. Animal Biosafety Procedures. Available from: URL: http://www.ibc.cornell.edu/