

# 실험동물의 사육시설에 대한 환경기준

한 상 섭  
한국화학연구소 안전성연구센터  
센 터 장

## 1. 서론

최근 눈부신 생명과학과 기초의학의 발달은 실험동물의 발전사와 깊은 관련이 있다. 특히 1960년대부터 선진국에서는 인간이 질병으로부터 해방되기 위해 무척 애를 써 왔으며 그러한 발달과 함께 실험동물 분야도 인류의 행복추구에 기여한 것이 사실이다. 그러나 한편으로는 사회적인 압박 때문에 실험동물의 대체법과 in vitro 실험법등을 개발하고 권장하는 추세이기도 하다. 그럼에도 불구하고 기초의학과 생명과학은 여전히 실험동물학의 발달에 많이 의존되고 있으며 질병의 연구나 유전자 치료등 현대와 미래의 의학은 실험동물의 중요성을 더욱 더 요구하고 있는 실정이다. 따라서 올바른 실험동물의 유지, 육종 그리고 실험에의 사용은 실험동물의 전반적인 부분에 관련된 모든 사람에게 매우 중요할 뿐만 아니라 현대 기초의학과 생명과학의 발전에 중요할 것이다. 실험동물은 크게 유전학적인 콘트롤과 미생물학적인 콘트롤 그리고 환경학적인 콘트롤로 나누어 생각할 수 있다. 이번 테마는 주로 사육시설에

있어서 환경학적인 기준에 관하여 설명하고자 한다.

미국의 NIH 가이드라인 “실험동물의 관리와 사용에 관한 지침”은 실험동물의 유지와 육종을 하는 사람뿐만 아니라 실험동물을 이용하는 연구기관의 연구원, 실험자, 수의사, 기관의 책임자등 모든 사람들이 숙지하여야할 전반적인 사항들을 일목요연하게 기술하고 있다. 또한 이 NIH 가이드라인은 실질적으로 전세계 실험동물 사용자들에게 하나의 성서가 되고 있다. 따라서 본 NIH 지침에 따라 실험동물사육시설에 대한 환경기준을 논술하고자 한다.

동물의 환경은 그 동물의 종과, 또 그 동물이 사육되었을 때까지의 환경이나 사용목적에 적합해야 한다. 동물종에 따라서는 자연환경에 가까운 편이 번식과 유지에 유리한 경우도 있다. 실험 혹은 동물에게 특히 필요한 사항(예: 유해물질의 사용, 행동일정, 면역부전동물, 가축, 비전통적인 실험동물 등)에 관해서는 전문가에게 조언을 구하는 것이 좋다. 동물의 환경 기준에는 물리적인 환경과 사회적인 환경으로 대별할수 있으나, 이번에는 이번글에서는 주로

물리적인 환경에 관하여 논하고자 한다.

## 2. 마이크로 환경과 매크로 환경(Micro-environment and macroenvironment)

마이크로 환경(microenvironment)이란 동물이 직접 접하는 환경을 말한다. 그것은 동물에게 있어서 일차적 환경(primary enclosure)으로 고유의 온도, 습도 및 대기의 가스상·입자상 성분으로 구성된다. 이차적 환경(secondary enclosure)안의 물리적환경-사육실, 외양간, 야외사육장 등을 매크로 환경(macro environment)이라고 한다. 환기에 의해 마이크로와 매크로의 환경이 연결되어 있더라도 설계에 따라서 일차 환경이 이차 환경과 전혀 다른 경우가 있으며 양자 환경의 설계에 따라 영향을 받는다.

좁은 일차 환경에서는 마이크로 환경의 측정이 어렵다. 입수하기 쉬운 데이터의 범위에서 보는 한, 마이크로 환경의 온·습도 및 가스상·입자상 물질농도는 한 동물의 매크로 환경에 비교하면 종종 높은 수치를 나타낸다.(Besch 1980; Flynn 1959; Gamble and Clough 1976 : Murakami 1971 : Serrano 1971) 마이크로 환경에 있어서의 제조조건은 대사나 생리학적 기능과 질병에 대한 감수성에 변화를 가져온다(Broderson and others 1976. Schoeb and others 1982. Vesell and others 1976).

## 3. 주거 (Housing)

### 3.1 일차 환경 (Primary Enclosure)

보통 케이지, 펜(pen : 뚜껑이 없는 우리), 혹

은 스톨(stall : 마굿간이나 외양간)은 동물이 접하는 환경을 제한한다.

일차 환경의 조건은 다음과 같다.

- 정상적인 동물에 필요한 생리적, 행동 조건(배뇨, 배변, 체온유지, 정상적인 동작 및 자세의 유지. 경우에 따라서는 번식)을 만족시킬 것
- 환경내 혹은 환경간에 동종간의 사회적 접촉과 서열의 형성이 가능할 것
- 동물이 자신을 청결히 하고 건조된 상태로 유지할 수 있을 것(동물종 나름대로의 필요에 따라)
- 적절한 환기가 유지될 것
- 동물이 채식·음수가 가능하고, 급이·급수기의 작업 및 교환, 세정이 용이할 것
- 동물에게 안전할 것; 동물이 도망치거나, 케이지의 개부구나 간격에 몸이나 사지가 끼이는 사고를 방지할 수 있는 것
- 동물에게 상처를 줄 수 있는 예리한 모서리나 돌출부가 없을 것
- 동물에게 영향을 주지 않고 동물의 관찰이 가능할 것

일차 환경은 동물의 욕구충족과 청결유지를 적절히 할 수 있는 재료를 써야 한다. 표면은 매끈하면서도 불침투성으로, 울퉁불퉁 하지 않고, 먼지나 부산물, 습기가 쌓이지 않고 청소와 소독이 가능하도록 일체화된 표면이 좋다. 부식되지 않고, 거칠게 작업해도 깎이거나 금이가거나 녹슬지 않는 내구성의 소재로 제작한다. 때로 내구성은 떨어져도 목재와 같은 소재를 이용하는 편이 보다 적절한 환경을 조성할 수 있으므로(런 : run, 펜, 야외의 목책 등) 난간, 헛대(perch), 동물의 놀이장소, 휴식장소, 올라

리에 이용할 수 있다. 목재는 파손되기 쉽고 위생관리가 곤란하기 때문에 정기적으로 교체할 필요가 있다.

일차 환경은 잘 보수하면 동물의 탈출이나 부상을 방지하고, 동물의 신체를 쾌적하게 유지하며, 위생관리나 일상작업을 용이하게 한다. 녹슬거나 산화한 기자재는 동물의 건강과 안전을 손상시킬 우려가 있으므로 수리하거나 교환한다.

주거의 일종으로 특수한 케이지나 환기장치가 달린 유형이 있는데, filter-top cage(케이지의 상부를 부직포로 된 필터로 덮음), 환기식 케이지, 아이솔레이터(isolate), 소구획(cubicle) 등이 있다. 일반적으로 이런 것들이 지향하는 점은 케이지간에 혹은 케이지 군간에 일어나는 공기를 매개한 질병의 확산을 방지하는 것이다. 그렇지만 이밖의 경로에 의한 감염도 막기 위해 깔짚 교환의 빈도를 변경하거나, 무균조작, 특수한 세정·소독멸균법 등 통상과는 다른 사육관리가 요구되는 것도 많다.

설치류는 종종 철망케이지에서 사육한다. 노나 분변이 철망의 간격을 통해 트레이로 떨어지므로 케이지를 보다 청결하게 유지할 수 있다. 그러나 깔짚을 넣은 평상(平床)케이지쪽이 설치류에게 있어서는 더 바람직하다는 점을 시사하는 사례도 보인다(Fullerton and Gilliatt 1967; Grover-Johnson and Spencer 1981; Ortman and others 1983). 따라서, 설치류에서는 깔짚을 넣은 평상 케이지가 필요하다. 개나 원숭이류 등에는 비닐로 표면가공한 바닥이 잘 이용된다. 동물복지 차원에서는 바람직한 것으로 여겨지는 케이지가 위생관리나 연구

목적에 일치하지 않는 것도 있으므로 동물관리위원회(IACUC)는 동물관리계획의 일환으로서 이 점을 검토, 확인할 필요가 있다.

### 3.2 보호시설 혹은 옥외시설(Sheltered or Outdoor housing)

동물중에 따라서는 외양간(barn), 목책(corral), 방목장(pasture), 섬(island) 등을 이용한 옥외사육이 통상적인 일차 사육환경 수단으로 자주 이용된다. 동물은 그룹으로 유지되는 경우가 많다

동물을 런(run)이나 펜(pen) 혹은 옥외의 넓은 울타리에서 사육할 때에는 온도등 가혹한 기상조건으로부터 순화중의 동물을 보호하기 위해 적절한 보호·피난대책을 강구하여야 한다. 방풍, 피난, 그늘, 강제환기, 방열 등의 설비를 설치하거나 옥내 런 등, 적절한 피난장소를 제공한다. 보호시설은 모든 동물이 잘 이용할 수 있도록 만들어야 하며, 충분한 통풍, 오물처리, 과습방지 등을 고려하여 설계한다. 우리(house), 사육장(den), 상자(box), 선반(shelf), 햇대(perch) 등의 가구나 구조물 등은 오염되거나 마모시 통상적인 사육관리 방법으로도 세정과 교체가 용이하도록 하고, 그에 적합한 자재로 제작하여야 한다.

옥외 사육시설의 바닥이나 지면은 위생관리를 위해 필요할 경우 제거나 교체 가능한 토양, 흡수성 깔짚, 모래, 자갈, 건초 또는 유사 재료를 깔아두는 것이 좋다. 동물의 배설물이나 오수가 과도하게 쌓이지 않도록 경사면이나 배수 처리로 제거한다. 바닥 이외의 표면은 자연환경에 잘 견딜 수 있어야 하고 유지가 쉬워야

한다.

육외사육의 성공적인 관리를 위해서는 다음 사항을 고려하여야 한다

- 동물을 처음 육외 사육시설에 반입할 경우 계절변화에 적응할 수 있도록 순화기간(acclimation period)을 설정 한다.
- 동물이 수의사와 실험자에게 잘 따를수 있도록, 또한 보정이나 수송에 사용하는 장치나 케이지에 적응하도록 훈련시킨다.
- 동물종에 맞는 사회적 환경을 고려한다
- 서로 잘 어울리는 동물끼리 군을 설정한다
- 울타리 등의 수단을 이용하여 동물의 안전을 확보한다

### 3.3 자연적인 환경(Naturalistic Environments)

방목장과 섬은 동물의 유지, 생산, 특정연구를 위한 적절한 환경을 제공하지만, 그만큼 영양관리, 건강관리와 감시, 유전적 관리 등이 어렵다. 이러한 제한적 요소 때문에 자연조건에 사육하는 장점들이 없어진다. 동물을 추가하거나 감소시킬 경우, 각 동물의 개체뿐만 아니라 전체에 미치는 영향을 고려해야 한다. 충분한 사료, 신선한 물, 자연적이거나 인공적인 보호 시설을 확보한다.

### 4. 사육공간에 관한 지침 (Space Recommendations)

동물에게 필요한 사육공간에는 각종의 요인이 관여하므로 단지 동물의 체중이나 표면적만을 고려하는 것은 충분하지 않다. 그러므로 여기에 소개된 공간에 관한 지침은 전문적 판단

과 경험에 기초를 두고 작성하였으나, 극히 일반적인 동물시설의 사육조건에 적용되는 케이지 크기로서 권장사항일 뿐이다. 케이지 높이나 공간의 구조, 그리고 엔리치먼트(enrichment)의 유무와 내용이 공간을 동물이 어떻게 이용하는가에 영향을 미친다. 어떤 동물종은 단순히 바닥면적을 늘리는 것보다 벽면적을 늘리거나("Thigmotactic" Rodent 벽면을 접촉하면서 이동하는 습성을 가진 설치류), 피난장소를 만들거나(일부 원숭이류 New World primate), 케이지를 복잡하게 만드는 것(고양이와 침팬지)을 더 좋아하는 것도 있다(Anzaldo and others 1994, Stricklin 1995). 이와 같이 단지 바닥면적만 기준한 케이지의 크기에 관한 지침은 적절하지 못하다.

공간 배치는 동물의 요구와 개별적인 주거상황의 필요성(예를 들면, 출산 전후의 관리, 비만동물, 그룹이나 단독 주거)에 따라 검토한 후 보장하는 것이 좋다. 동물의 건강상태, 번식, 발육, 행동, 활동, 공간의 이용상황을 나타내는 동물의 충족도를 나타내는 지표(animal-performance index)를 이용하여 충분한 동물 사육공간을 산정한다. 최저조건으로서 동물이 뒤돌아 볼 수 있고 정상적인 자세를 취할 수 있는 충분한 공간이 있어야 하고, 사료와 물을 자유로이 섭취할 공간이 필요하며, 청결한 깔짚을 충분히 제공하여 충분히 휴식을 취하고 움직일 수 있도록 한다. 고양이과 동물은 케이지 안의 높은 곳에 휴식공간을 설치한다. 높은 곳의 휴식공간 또는 햇대는 개나 원숭이류에서도 필요하다. 휴식공간이 너무 낮아서 그 밑에서 동물이 편안히 쉴 수 없는 휴식공간의 면적은 바다

면적의 일부로 간주한다. 사료통, 급수통, 출산 상자 또는 동물의 이동이나 휴식을 목적으로 하지 않는 기구나 시설은 바닥면적의 일부로 고려하면 안된다.

표 1, 2에 제시된 환경공간의 필요성에 관해서는 연구소나 기관의 차원에서 검토하고 동물 관리위원회(IACUC)의 승인을 얻는다. 이를 위해서는 「동물복지규범(AWRs)」 및 「공중위생국정책(PHS)」을 기반으로 하는 것이 필수이며, 결과 지향적으로 판단하여야 한다. 전문가의 의견, 문헌의 정보, 최신 기술, 동물의 신체적, 행동학적, 사회적 요구 및 실험계획의 특징과 그것이 요구하는 사항을 고려할 필요도 있다(Crockett and others 1993, 1995 참조). 동물이 요구하는 공간을 알기 위하여 보다 많은 검토가 이루어져야 한다. 실험기간의 경과에 따라, 혹은 장기시험계획서의 내용을 감안하여 필요에 맞추어 바닥면적과 높이를 적절하게 보정한다.

연구에 사용되는 모든 동물종에 대한 주거조건을 운운하는 것은 본 지침이 지향하는 범위를 넘어설 뿐만 아니라, 제한을 가하려고 의도하지도 않는다. 여기서 다루지 않는 동물종에 관해서는 우선 그 체격, 활동, 행동으로 부터 유사한 동물종을 추론하여 그것에 맞는 공간과 높이를 구하여 적용하고, 종특이적 내지는 개체별 요구를 가미하여 수치를 보정한다.

사회성이 있는 동물은 적절하다고 판단되는 경우에, 개별사육보다는 오히려 쌍 혹은 군으로 사육하여야 하지만, 이와 같은 사육이 해당 실험계획에 지장을 초래하지 않을 뿐만 아니라 동물에게 불필요한 위험을 주지않는 것이 전

제가 된다(Brain and Bention 1979). 생물학적, 행동학적 요인에도 기인하지만 군사육의 경우에는 개별사육에 비하여 동물 마리당 요구되는 공간이 적어질 것이다. 쌍 혹은 군으로 사육되는 동물에게 배분되는 한 마리당 공간이 개별사육의 경우보다 약간 적다고 하더라도 일반적으로 전자가 보다 바람직하다는 가정 아래 본 지침은 작성되어 있다. 예를 들어, 동물은 주어진 공간을 공유하고 어떤 종의 설치류나 돼지는 사이가 좋은 상대를 찾아서 벽에 몸을 서로 기대어 뒤덮여 휴식하거나 은둔처에 모여서 공간을 함께 나눈다(White 1990 ; White and others 1989). 소, 양, 염소는 무리를 형성하는 양상을 보이며 몇마리씩 기대거나 서로 물려 있다. 한편, 개체에 따라 다르기도 하지만 원숭이류 등과 같이 군으로 사육하면 공격행동을 억제하기 위하여 여분의 공간을 필요로 하는 것도 있다.

동물종에 따라서는 정상적인 행동과 자세를 유지하기 위해 케이지의 높이가 중요한 것도 있다. 케이지의 높이를 정할 때에는 동물이 나타내는 전형적인 자세나 굽이기 및 노즐부분을 포함한 급수기를 놓고도 충분한 여유를 배려할 필요가 있다. 어떤 종의 원숭이류는 바닥보다도 케이지를 수직방향으로 이용한다. 헛대에 매달리거나 몸을 세워도 높이가 충분해야 그러한 습성을 가진 동물의 복지를 향상시키는 것이 된다.

동물에게 부여하는 공간은 표 1 및 2에 기초하여야 하지만 동물관리위원회(IACUC)의 승인과 함께 전술한 정의에 준하여 수치를 증감시킬 필요가 있다.

표1은 자주 이용되는 설치류를 군으로 사육한 경우의 공간확보에 대한 지침이다. 개별사육의 경우 또는 체중이 표시된 수치를 초과하는 경우는 공간을 가산할 필요도 있다.

표2는 기타 일반적인 실험동물에 관한 지침으로 개별사육시에 필요한 공간이 산출되어 있다. 일차환경에 엔리치먼트(enrichment)를 도입할 때와 표시한 이상의 체중을 갖는 동물을 사육할 때에는 공간배분의 재평가가 필요하다. 군사육에 필요한 종면적은 반드시 개별사육의 총합이 될 필요는 없다. 각각의 동물종에서의 필요성, 행동, 동물간의 친화성, 동물수 및 목적하는 사육조건 등에 기초를 두고 산출한다.

### 5. 온도, 습도(Temperature and Humidity)

항온동물이 쾌적하게 지내기 위해서는 체온이 정상범위로 유지되어야 한다. 일반적으로는 29.4℃(85°F) 이상, 혹은 4.4℃(40°F) 이하의 온도에 노출되고, 피난장소가 없거나 그로부터 도망갈 다른 방법이 없는 동물은 그와 같은 온도에 순화되어있지 않으면 임상적 영향을 나타낼 수 있으며(Gordon 1990), 또 그로 인하여 생명의 위험에 노출될 우려도 있다. 동물은 그 행동, 생리기능, 형태학적 기능을 작동시켜서 노출된 온도에 적응하지만 순화에는 시간을 요

표 1. 주로 이용되는 실험용 설치류를 군사육할 때의 공간지침

동물종	체중(g)	바닥면적/마리 <sup>a</sup>		높이 <sup>b</sup>	
		cm <sup>2</sup>	in <sup>2</sup>	cm	in
마우스	<10	38.70	6	12.7	5
	15까지	51.60	8	12.7	5
	25까지	77.40	12	12.7	5
	25<c	96.75≤	15≤	12.7	5
랫 드	<100	109.65	17	17.8	7
	200까지	148.35	23	17.8	7
	300까지	187.05	29	17.8	7
	400까지	258.00	40	17.8	7
	500<c	387.00	60	17.8	7
		451.5≤	70≤	17.8	7
햄스터	<60	64.5	10	15.3	6
	80까지	83.85	13	15.3	6
	100까지	103.20	16	15.3	6
	100<c	122.55≤	19≤	15.3	6
기니픽	<350	387.00	60	17.8	7
	350<c	651.45≤	101≤	17.8	7

a cm<sup>2</sup> = in<sup>2</sup> x 6.45

b cm = in x 2.54 (높이란 바닥에서 케이지 최고 높이까지의 거리)

c 이보다 체중이 무거운 동물은 공간을 가산할 필요가 있을 수 있다.

표 2. 토끼, 고양이, 개, 영장류 및 조류의 공간지침

동 물 종	체 중(g)	바닥면적/마리 <sup>a</sup>		높 이 <sup>b</sup>	
		cm <sup>2</sup>	ft <sup>2</sup>	cm	in
토 끼	<2	0.14	1.5	35.6	14
	4까지	0.27	3.0	35.6	14
	5.4까지	0.36	4.0	35.6	14
	5.4< <sup>c</sup>	0.45≤	5.0≤	35.6	14
고양이	<4	0.27	3.0	61.0	24
	4< <sup>c</sup>	0.36≤	4.0≤	61.0	24
개 <sup>d</sup>	<15	0.72	8.0	-	-
	30까지	1.08	12.0	-	-
	30< <sup>c</sup>	2.16≤	24.0≤	-	-
원숭이류 <sup>e,f</sup> (바분포함)					
그룹1	1까지	0.15	1.6	50.8	20
그룹2	3까지	0.27	76.2	76.2	30
그룹3	10까지	0.39	76.2	76.2	30
그룹4	15까지	0.54	81.3	81.3	32
그룹5	25까지	0.72	91.5	91.5	36
그룹6	30까지	0.9	10.0	116.9	46
그룹7	30< <sup>c</sup>	1.35	15.0	116.9	46
원숭이류 <sup>f</sup> (오랑우탄과)					
그룹1	20까지	0.9	10.0	139.7	55
그룹2	35까지	1.35	15.0	152.4	60
그룹3	35< <sup>f</sup>	2.25	25.0	213.4	84
비둘기 <sup>g</sup>	-	0.08	0.80	-	-
메추리 <sup>g</sup>	-	0.03	0.25	-	-
닭 <sup>g</sup>	<0.25	0.03	0.25	-	-
	0.5까지	0.05	0.50	-	-
	1.5까지	0.09	1.00	-	-
	3.0까지	0.18	2.00	-	-
	3.0< <sup>c</sup>	0.27≤	3.00≤	-	-

a cm<sup>2</sup> = 0.09 x ft<sup>2</sup>

b cm = 2.54 x in (케이지의 높이란 바닥에서 케이지 최고 높이까지의 거리)

c 이보다 체중이 무거운 동물은 공간을 가산할 필요가 있을지도 모른다.

d 체형과 혈통에 따라 보정이 필요할 지도 모른다. 동물복지법에 의해 체중이 범위의 상한선에 있는 동물은 공간의 가산이 요구될 가능성이 있다. 동물복지법 등의 규제 (CFR 1985)는 케이지의 높이가 “쾌적한 자세”를 유지할 수 있을 것과 최소 바닥면적(ft<sup>2</sup>)이 개의 코끝에서 꼬리의 미근부까지의 거리(in) + 6 in의 2인승을 114로 나눈 값에 비등할 것을 의무화 하고 있다.

e 마모셋과(Callitrichidae), 꼬리감기원숭이과(Cebidae), 개코원숭이속(Papio), 긴꼬리원숭이과(Cercopithecidae), 바분(Baboon)은 다른 원숭이보다 높은 케이지가 필요할 수 있다.

f 양털거미원숭이속(Brachyteles), 긴팔원숭이속(Hylobates), 사만속(Symphalangus), 오랑우탄속(Pongo), 침팬지속(Pan) 등은 동물이 몸은 떨어져서 케이지의 천장에 매달렸을 때, 다리가 바닥에 닿지 않는 높이가 필요하다.

g 케이지의 높이는 다리로 바닥에 적립할 수 있을 것.

한다. 또, 순화를 위해 실험계획대로의 결과를 얻을 수 없거나 혹은 실험의 지체를 초래할 위험도 있다(Garrand and others 1974; Gordon 1993; Pennychuik 1967).

환경온도 및 상대습도는 사육방법이나 케이지의 디자인에 영향을 받고 일차 환경과 이차 환경의 사이에 상당한 차를 인정하는 경우가 있다. 온·습도에 영향을 주는 요인에는 케이지의 재질과 구조, 필터캡의 사용, 한 케이지당의 동물수, 우리안의 강제환기의 유무, 깔짚 교환 빈도 및 깔짚의 재질 등이 있다.

수술 직후의 동물, 부화후 수일간의 병아리, 털이 없는 설치류, 어미로부터 분리된 신생자는 환경온도를 높게 한다. 사육형태에 따라 온도를 높이는 방법은 다르지만, 이차 환경은 그대로 두고, 일차 환경내만의 조작으로 대응할 수 있는 것도 있다.

실험조건이 충분히 제어된 연구가 이루어져 있지 않으므로 전문가의 판단과 경험에 기반하여 주로 쓰이는 동물종에 관한 건구온도 지침을 작성하였다(표3). 제한된 공간에서 사육되는 동물에 관해서는 온도의 변동에 적응키 위해 대사 및 행동을 크게 변화시키지 않도록 일일 온도변화를 최소한도로 억제하여야 한다.

표 3. 일반적인 실험동물에 대한 건구온도 지침

동 물 종	건구온도	
	°C	°F
마우스, 랫드, 햄스터, 저빌, 기니피그	18~26	64~79
토끼	16~22	61~72
고양이, 개, 영장류	18~29	64~84
가축, 조류	16~27	61~81

상대습도의 억제도 필요하지만 온도만큼 억제 폭이 좁지 않아도 된다. 허용폭은 30~70%이다. 표3에 표시한 온도폭은 포획 야생동물, 자연환경에서 사육된 야생동물 혹은 사계절의 변화에 순응하기 위해 옥외사육되고 있는 동물에게는 적용되지 않을 수도 있다.

## 6. 환기 (Ventilation)

환기의 목적은 적정량의 산소를 공급함과 동시에 동물의 호흡, 조명장치 및 기기류 등으로부터 발하는 열부하를 제거하고, 가스상·입자상의 오염물질을 희석하며, 실내공기의 습기를 조절하고, 또 적절하다고 생각되는 경우에는 인접한 공간과의 사이에 정압차를 만드는 데에 있다. 그러나 실내의 환기횟수를 설정했다고 해서 동물이 사육되고 있는 일차 환경내의 환기가 적절하다고는 볼 수 없으므로 마이크로 환경의 품질을 보증하는 것은 아니다.

어느 정도의 공기 이동(기류)이 불쾌감을 초래하여 생물학적 영향을 미치는지는 대부분의 동물종에서 알려져 있지 않다. 실내에 불어 넣는 공기의 양과 물리적 성상 및 그 확산 패턴은 동물의 일차 환경내의 환기에 영향을 주므로 마이크로 환경의 품질을 좌우하는 중요한 인자가 된다. 실내와 같은 이차 환경의 급기확산장치나 배기공의 형태와 위치에 대한 일차 환경의 수, 배열, 위치 및 형태등의 관계가 일차 환경내의 환기의 좋고 나쁨에 영향을 주므로 고려를 요한다. 컴퓨터 모델을 이용하여 열부하 및 공기확산 패턴과 관련시키면서 이들 요인을 해석하면 일차 및 이차 환경내의 환기를 적절히 유지할 수 있을 것이다(예. Hughes and



Reynolds 1995; Reynolds and Hughes 1994를 참조).

이차 환경에 대한 지침으로서 신선공기에 의한 시간당 10~15회의 환기가 오랫동안 적용되어 지금도 일반적인 기준으로 받아들여지고 있다. 사실, 많은 동물시설에서 이조건을 채용하고 있지만, 열부하의 폭, 동물종과 몸의 크기, 수용수의 차이, 깔짚의 형태 혹은 케이지 교환 빈도, 사육실의 넓이 및 이차 환경으로부터 이차 환경으로의 기류분포 효율이 고려되어 있지 않다. 때로는 그와 같은 두리몽실한 지침을 적용함으로써 거의 동물이 사육되고 있지 않은 이차 환경에 과잉의 환기를 하여 에너지를 낭비 하거나, 반대로 다수의 동물이 사육되고 있는 이차 환경에서 환기가 모자라 온도상승이나 취기의 축적을 초래하는 문제가 발생할 가능성이 있다.

필요한 환기조건을 보다 정확히 알기 위해서는 동물의 열부하에 어울리는 최소 환기횟수(일반적으로는 입방 피트/분으로 표시)를 기계공학 전문가의 협력을 얻어 산출한다. 동물의 발열량은 [미국가열냉각공조기술자협회(American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers: ASHRAE 1993)에 의해 설정된 공식으로 계산할 수 있다. 이 공식은 동물종에 관계없이 어떤 발열동물에게도 적용된다. 어느 구역에서 사육할 수 있는 최대수의 동물이 발하는 열에 동물 이외의 열원이 발하는 열과 실내표면에서 전도되는 열을 더한 수치를 열부하로 할 때, 그것을 제어하기 위해 필요한 냉각력(총 냉각부하, total cooling load)을 계산함으로써 최소 필요 환기횟수를 구

할 수 있다. 이 총 냉각부하 계산방식은 환기횟수를 정한 공간에 최대 몇 마리의 동물을 사육할 수 있는지(동물의 총량으로 표시)를 계산할 때에도 적용된다.

이와 같은 계산으로 열의 축적을 막기에 필요한 최소 환기횟수를 구할 수 있다고 하더라도 취기, 앨러젠(allergen), 입자상 물질이나 대사에 의한 가스상 물질 등 그 외의 제반 인자를 제어하기 위해서는 계산치를 상회하는 환기가 필요해질지도 모른다. 산출된 최소 환기횟수가 사실상 시간당 15회 이상이라도 다른 요인을 고려하여 더욱 환기회수를 늘릴 수 있도록 준비를 해 놓을 필요도 있다. 이차 환경내의 환기횟수가 고정되어 있는 경우에는 환경조건을 적절히 유지하기 위해 위생관리의 스케줄을 조정하거나 사육동물수를 제한할 필요가 있을 수도 있다.

공기를 필터여과하는 강제 환기장치부착 케이지나 독립 급기장치를 갖는 특수한 일차환경(실내공기의 유입이 없는)을 이용하면 일차 환경이 독립환기되고 있지 않은 경우에 요구되는 이차 환경의 환기조건이 충족되지 않더라도 동물에게 있어서 필요한 환기는 된다. 그렇다고 해도 그 일차 환경으로 부터 방출되는 열처리를 위해 이차 환경에는 충분한 환기가 필요하다. 이 특수한 환경에 오염방지를 위해 입자·가스 여과장치가 적절히 구비되어 있으면 이차 환경의 공조에 리턴 공기를 이용할 수도 있다.

설치류의 사육에 종종 사용되는 강제환기가 없는 필터부착 케이지에서는 환기가 제한되어 버린다. 이를 보완하기 위해서는 위생관리, 이차 환경내의 케이지의 배치, 케이지밀도라는

면에서 사육관리에 요령이 필요하다. 그러므로 썬 마이크로의 환경조건이나 열방산을 개선할 수 있다.

동물실의 환기에 리턴 공기를 이용하면 에너지를 상당히 절약할 수 있지만 위험도 동반한다. 동물병원체의 대부분은 공기로 전염되고 분진 등에 부착하여 매개되므로 복수의 동물실을 제어하는 가온·환기·공조계(heating, ventilation, and air conditioning system HVAC: 이하 공조계로 약함)로 재처리되는 배기는 교차오염의 위험성을 부담하게 된다. 재이용되는 배기는 사전에 고성능(high-efficiency particulate air: HEPA) 필터로 처리하여 공기 중의 혼입물을 제거한다. 필터여과의 정도와 효율은 예상되는 위험도에 따라 정한다. 다양한 효율의 HEPA 필터가 있으므로 위험도에 맞는 형태를 선택한다(ASHRAE 1992, 1993). 동물구역 이외의 구역(예를 들어, 직원의 관리실이나 사료·갈짚·물품 보관구역)을 환기한 공기를 동물구역의 환기에 재이용해도 좋고, 동물구역에서 배출되는 공기에 대한 보다 철저한 여과처리나 조절은 필요 없을 것이다. 그러나 상황에 따라서는 그 위험도가 너무 높아 재이용을 생각할 수 없는 곳도 있다(예를 들어, 원숭이류나 바이오해저드(biohazard) 관련구역). 암모니아와 같은 유독가스나 악취가스를 환기에 의해 제거할 수 있고, 미량 수준 혹은 제로 수준의 공기로 치환할 수 있으면 허용범위내에서 유지할 수 있다. 그렇지만, 리턴 공기의 화학적 흡수처리나 세정처리가 그러한 물질의 제거에 유효하더라도 동물실험실이나 사육장에는 신선 공기에 의한 환기가 바람직하다. HEPA

필터처리가 안되어 있고 가스여과처리(활성탄 필터처리 등)가 안된 공기는 다음 조건을 만족할 경우에 한해 재이용할 수 있다.

- 급기에는 최소한 50% 이상의 신선 공기가 포함되어 있을 것(리턴 공기가 50%를 넘지 않을 것)
- 갈짚 교환이나 케이지 교환빈도 및 리턴 공기처리 등, 사육관리의 요령에 의해 유독가스나 악취의 축적을 충분히 제어할 수 있을 것
- 동물사육 구역 이외에서 유래하는 경우를 제외하고 리턴 공기는 원래의 구역으로만 돌아 갈 것
- 리턴 공기는 충분히 신선 공기가 혼입되어 사육동물이 요구하는 온·습도가 유지되도록 조정할 것

수용 동물수를 줄이거나 환경의 온습도를 낮게 설정하는 등, 사육관리상의 요령과 함께 갈짚 교환이나 케이지 세정을 빈번히 하여 동물실의 공기중 유독물질이나 악취가스의 농도를 저하시킬 수가 있다. 혼입된 입자상 혹은 가스상의 물질을 제거하기 위해 리턴 공기의 처리는 고가의 비용이 드는데다가 필터 계통의 유지가 부적절하거나 불충분하면 그 효과가 발휘되지 않는다. 따라서 필터 계통을 제대로 유지하고 그 효과가 최대한으로 발휘되도록 적절히 모니터링하는 것이 중요하다.

어떠한 공조계라도 그것을 제대로 가동시키기 위해서는 이차 환경내에서 그 능력을 측정하는 등 정기적인 보수점검이 필요하다. 급·배기량, 정압차 등 해당되는 항목의 측정을 실시한다

## 7. 조명 (Illumination)

조명은 각종 동물에게 생리학적, 형태학적 영향을 미치고, 행동에 변화를 준다(Brainard and others 1986; Erkert and Grober 1986; Newbold and others 1991; Tucker and others 1984). 조명에 기인하는 스트레스원으로서 부적절한 조명시간, 조도 및 광선 스펙트럼을 들 수 있다(Stoskopf 1983). 다양한 인자가 동물이 요구하는 조명에 영향을 줄 수 있으므로 동물실의 조명을 정할 때 고려할 필요가 있다. 그 예로서 조도, 조명시간, 파장, 동물이 그때까지 체험한 조명, 동물의 색소, 일내변동(circadian rhythm)내의 조명 시간대, 체온, 호르몬 주기, 나이, 동물종, 성별 및 계통 등이 있다(Brainard 1989; Duncan and O'Steen 1985; O'Steen 1980; Saltarelli and Coppola 1979; Semple-Rowland and Dawson 1987; Wax 1977).

일반적으로는 조명을 방 전체에 확산시킨다. 그것은 동물에게 쾌적한 조도로 사육실의 유지관리, 사육랙 최하단의 케이지를 포함한 동물의 관찰 및 안전작업에 적합한 것이어야 한다. 사육실은 시력 및 일일주기, 일내변동을 담당하는 신경내분비가 적절히 발휘되도록 조명한다(Brainard 1989).

많은 동물에 있어서 조명시간은 번식행동을 결정하는 요인이며(Brainard and others 1986, Cherry 1987), 체중의 증가나 채식량에 영향을 주는 것도 있다(Tucher and others 1984). 소동시간대를 준수하지 않는 것은 가급적 피해야 한다. 종에 따라 어둡거나 무조명이

면 채식하지 않는 동물도 있으므로, 그러한 동물에 대한 조명은 동물복지에 반하지 않도록 주의한다. 동물의 일일주기를 유지하기 위해서는 시간과 연동된 조명시스템을 채용하면 좋다. 타이머의 작동상태는 정기적으로 조사하여 조명주기가 정확히 유지되고 있음을 확인한다.

가장 많이 쓰이고 있는 실험동물은 야행성이다. 알비노 랫드는 다른 동물종과 비교하여 광독성에 의한 망막장애 걸리기 쉽기 때문에 실내의 조명을 결정하는 기준으로 이용되어 왔다(Lanum 1979). 그 외 다른 동물종에 관해 과학적으로 입증된 실내조도와 관련된 데이터는 얻을 수 없다. 바닥위 약 1.0 m(3.3 피트)에서 325 룩스(30 ft-candles)의 조도가 있으면 사육관리에 충분하고 알비노 랫드가 광독성에 의한 망막증을 발증하는 경우도 없다.(Bellhorn 1980). 빈방의 바닥위 1m에서 400 룩스(37ft-candles)까지는 알비노의 망막장애에 방지책이 강구되어 있는 한, 설치류에는 문제없는 것으로 알려져 있다(Clough 1982). 그러나, 동물 개개의 체험에 따라서는 광독성에 대한 감수성이 보통과 다른 경우도 있다. 즉, 130~270 룩스 이하의 조도로 기른 알비노 랫드에서는 그것이 망막장애가 일어나는 거의 한계치인 것이 조직학적, 형태학적, 전기생리학적 소견에서 보고되어 있다(Semple-Rowland and Dawson 1987). 지침에 따라서는 케이지내 동물의 위치에서 40 룩스라는 낮은 수치를 장려하고 있다(NASA 1988) 어린 알비노와 유색 마우스는 성숙한 동물보다 훨씬 낮은 조도를 선호한다고 한다(Wax 1977). 그러나 보다 높은 조도로 일어날 수 있는 망막장애는 대부

분이 회복된다 이상으로 볼 때, 광독성에 의한 망막증에 고감수성의 동물에 대한 케이지 레벨의 조도는 130~325 룩스의 범위로 해야 한다.

광원의 위치를 고려하여 케이지의 배치를 순환시키거나(Greenman and others 1982), 동물이 빛에 닿는 시간을 자기들이 조절할 수 있도록 해준다거나(예를 들어, 굴이나 은둔처가 있는 케이지 구조) 하는 사육관리상의 요령으로 동물에 대한 부적절한 광자극을 줄일 수가 있다. 동물이나 사육실 작업자의 필요성과 에너지 보존의 양면에서 충족하고자 한다면 조도가변장치의 이용을 고려할 수 있다. 그와 같은 장치로서는 가변형으로서 눈금을 맞추면 고정할 수 있는 것이 적합하고, 조명의 점멸에만 이용해서는 안된다. 「북미조명기술협회(Illuminating Engineering Society of North America IESNA)」의 핸드북(Kaufman 1984, 1987)은 조명의 균일화, 색조지표(color-rendering Index), 차폐, 광택의 억제, 반사, 수명, 발열, 바닥(ballast) 선택등을 검토할 때 도움이 될 것이다.

## 8. 소음 (Noise)

동물자체 및 사육관리 작업에서 생기는 소음은 동물시설의 운영에 불가결한 사항이다(Pfaff and Stecker 1976). 따라서, 소음대책은 시설의 설계나 운영면에서 검토할 필요가 있다(Pekrul 1991). 소음이 동물에게 미치는 영향을 평가하는 데는 소음의 크기, 발생빈도, 발생간격, 지속시간, 진폭과 파장, 지금까지의 소음 노출 경험 및 그 동물종과 계통의 소리에 대한

감수성을 고려하는 것이 타당하다.

직원의 관리실과 동물구역을 분리함으로써 서로 미치는 영향을 경감시킬 수 있다. 개, 돼지, 염소 및 원숭이류와 같이 시끄러운 동물은 설치류, 토끼, 고양이와 같이 조용한 동물과 분리하여 사육한다. 즉, 소음을 줄이는 것보다 소음을 발생하는 동물을 사육할 수 있는 환경으로 설계하여야 한다. 소음이 85dB 이상이 되면 청각계만이 아니라 비청각계에도 영향을 줄 수 있는데(Fletcher 1976; Peterson 1980) 설치류에서는 호산구(eosinophil)의 감소나 부신 중량의 증가(Geber and others 1966; Nayfield and Besch 1981) 및 번식률의 저하(Zondek and Tamari 1964), 원숭이류에서는 혈압상승(Peterson and others 1981)이 보고되어 있다. 많은 동물종은 사람에게 들리지 않는 파장의 소리를 들을 수 있다(Brown and Pye 1975; Warfield 1973). 비디오 화면 단말기와 같이 동물 가까운데서 사용하면 가청역의 소리를 내는 기기는 동물에게 영향을 줄지도 모르므로 주의를 요한다(Sales 1991). 가능한 한 소음을 발하는 작업은 동물구역 이외에서 해야 한다.

소음에 노출되는 양상이 다를 때의 영향은 동물종에 따라 다양하므로(Armario and others 1985; Clough 1982) 어쨌든 불필요한 소음을 발하지 않도록 노력한다. 간헐적으로 발하는 과도한 소음을 억제하는 데에는 그와 같은 작업을 다른 방법으로 전환하도록 직원을 훈련하거나, 카트, 왜건 및 랙에 쿠션을 부착한 캐스터나 범퍼를 장착하는 등의 수단을 강구한다. 라디오나 알람 등의 소음원은 그것이 승인된 실험계획이나 엔리치먼트(enrichment)의 일부

표 4. 설치류(마우스, 랫드)의 일반 환경조건

항 목	목 표 치	비 고
온 도	21~25 °C	동물종에 따라 다소 틀림
습 도	45~60 %	동물종에 따라 다소 틀림
풍 속	10~25 cm/sec	직접 바람이 닿지 않도록 할 것
환 기	10~15 회/hr	최소 6회 이상
조 명	150~300 Lux	바닥에서 1m 거리에서 측정
소 음	40~50 phon 이하	동물이 없을 때
약 취	20 ppm 이하(암모니아)	

가 아니면 동물실내에 반입해서는 안된다.

- 참고문헌 -

- Anzaldo, A. J., P. C. Harrison, G. L. Riskowski, L. A. Sebda, R-G. Maghirang, and H. W. Gonyou. 1994. Increasing welfare of laboratory rats with the help of spatially enhanced cages. AWIC News1. 5(3): 1-2, 5.
- Armario, A., J. M. Castellanos, and J. Balasch. 1985. chronic noise stress and insulin secretion in male rats. Physiol. Behav. 34:359-361.
- Besch, E. L. 1980. Environmental quality within animal facilities Lab. Anim. Sci. 30:385-406.
- Brain, P., and D. Bention. 1979. The interpretation of physiological correlates of differential housing in laboratory rats. Life Sci. 24:99~445.
- Brainard, G. C., M. K. Vaughan, and R. J. Reiter. 1986. Effect of light irradiance and waveengthon the Syrian hamster reproductive system. Endocrinology 119(2): 648-654.
- Broderson, J. R., J. R. Lindsey, and J. E. Crawford. 1976. The role of environmental ammonia in respiratory mycoplasmosis of rats. Am. J. Path. 85:115-127.
- Flynn, R. J. 1959. Studies on the ethology of ringtail of rats. Proc. Anim. Care Panel 9:155-160.
- Fullerton, P. M. and R. W. Gilliatt. 1967. Pressure neuropathy in the hind foot of the guinea pig. J. neurol. neurosurg. Psychiatry 30:18-25.
- Fullerton, F. R., D. L. Greenman, and D. C. Kendall. 1982. Effects of storage conditions on nutritional qualities of semipurified(AIN-76) and natural ingredient(NIH-07) diets. J. Nutr. 112(3): 567-473.
- Gamble, M. R. and G. Clough. 1976. Ammonia build-up in animal boxes and

- its effect on rat tracheal epithelium. *Lab. Anim. (London)* 10(2):93-104.
11. Garrard, G., G. A. Harrison, and J. S. Weiner. 1974. Reproduction and survival of mice at 23°C. *J. reprod. Fertil.* 37: 287-298.
  12. Greenman, D. L., P. Bryant, R. L. Kodell, and W. Sheldon. 1982. Influence of cage shelf level on retinal atrophy in mice. *Lab. Anim. Sci.* 32(4):353-356.
  13. Grover-Johnson, N., and P. S. Spencer. 1981. Peripheral nerve abnormalities in aging rats. *J. Neuropath Exp. Neurol.* 40(2):155-165.
  14. Hughes, H. C., and S. Reynolds. 1995. The use computational fluid dynamics or modeling air flow design in a kennel facility. *Contemp. Topics* 34:49-53.
  15. Lanum, J. 1979. The damaging effects of light on the retina: Empirical findings, theoretical and practical implications. *Surv. Ophthalmol.* 22:221-249.
  16. Murakami, H. 1971. differences between internal and external environments of the mouse cage. *Lab. Anim. Sci.* 21(5): 680-684.
  17. Ortman, J. A., Sahenk, and J. R. Mendell. 1983. The expermenta production of Renault bodies. *J. Neurol. Sci.*62:233-241.
  18. Pekrul, D. 1991. Noise control. Pp. 166-173 in *Handbook of facilities Planning. Vol. 2: Laboratory Animal Facilities*, T. Ruys, ed. New York: Van Nostrand Reinhold. 422 pp.
  19. Schoeb, T. R., M. K. Davidson, and J. R. Lindsey. 1982. Intracage ammonia promotes growth of mycoplasma pulmonis in the respiratory tract of rats. *Infect Immun.* 38:212-322.
  20. Vesell, E. S., C. M. Lang, W. J. White, G. T. Passananti, and S. L. Tripp. 1973. Hepatic drug metabolism in rats: Impairment in a dirty environment. *Science* 179:896-897.
  21. White, W. J. 1990. The effect of cage space and environmental factors, pp. 29-44 in *Guidelines fot the well-being of Rodents in Research*, H. N. Guttman, ed. Proceedings from a conference organized by the Scientists Center for Animal Welfare and held December 9, 1989, in Research Triangle Park, North Carolina. Bethesda, Md.: Scientists Center for Animal Welfare.