

이병한

수의학박사

아산생명과학연구소

leebhan@amc.seoul.kr



실험동물 토끼

I. 서론

1. 토끼의 기원

현재 토끼의 종류에는 들토끼, 산토끼, 굴토끼 등이 있는데 이중에서도 우리들이 지금 기르고 있는 집토끼의 직접적인 선조라고 생각되는 굴토끼의 가축화는 로마시대에 북아프리카나 이탈리아에서 시작된 이래, 인접 국가로 점점 퍼져가서 서기 15-16세기에는 유럽 전역에 퍼져갔다.

영국에는 14세기 초에 도입되었으며, 그 당시 영국에서는 산토끼의 고기를 아주 진미로 여겨 상당히 비싸게 거래 되었으며, 또한 모피는 귀중한 옷감으로 이용되어 귀족 계급에서나 입을 수 있었다. 한편, 미국에는 고유의 집토끼가 없으므로 오늘날의 모든 토끼 품종들은 유럽에서 도입, 개량한 것들이다. 연대는 분명치 않으나 중국대륙에서는 아득한 옛날부터 집토끼를 길렀다고 한다.

이웃 일본에서는 명치시대부터 중국에서 먼저 들여왔고, 이어서 프랑스, 미국 등지에서 각종 토끼가 수입되어 양고라도 도입되었다. 우리나라의 경우도 옛날부터 토끼를 길러왔던 것은 사실로 보이지만, 역사적으로 어느 연대부터 시작되었는지에 대해서는 확증이 없어 정확히 단정하지 못하고 있는 실정이다.

굴토끼는 의도적으로 전세계에 도입되어 왔다. 19세기의 식민지 정책자들은 본국과 같은 동물환경을 만들어 사냥을 하기 위해 오스트레일리아나 뉴질랜드 등의 나라들에 반입하기도 했고, 난파하여 표착한 선원들의 식량자원으로서 이용될 수 있도록 대양의 섬들에 뿌려두기도 했던 것이다. 섬 등에 뿌려진 토끼는 포식의 압력이 그다지 강하지 않은 섬에서만 살아 남을 수 있었다. 본래의 서식지에서 받았던 포식, 기후, 질병 등 자연도태의 압력으로부터 해방되었기 때문에 유입된 개체군의 대부분은 폭발적으로 증가했으며 20세기 전반의 오스트레일리아에서는 어디에서나 볼 수 있을 뿐만 아니라 한때는 양떼들의 대적이 되거나 해를 끼치는 동물이 되기에 이르렀다.

역설적이기는 하나, 연구자들은 실험에 사용되는 토끼의 건강을 증진시키기 위해 노력을 하고 있지만, 야생의 개체들은 천적과 질병이 제한된 곳에서 전염병이 폭발적으로 발생하게 하기도 한다.

1890년에 오스트레일리아에서 살고 있는 토끼의 수는 2000만 마리 정도로 추정되었다. 이 같은 수의 토끼들 모두는 31년 전에 도입되었던 한 쌍의 토끼로부터 번식이 시작되었다. 한편, 연구실에서는 실험에 사용되는 토끼가 전염성 병원체로부터 감염되는 것을 예방하기 위해 많은 노력을 기울이는 반면 다른 곳에서는 야생 토끼수를 조절하기 위하여 전염성 병원체를 사용하였다.

예를 들면, 오스트레일리아에서는 굴토끼를 억제하는 대책으로서 바이러스성의 점액종병(rabbit myxomatosis)이 도입되었다.

이 바이러스는 본래의 숙주인 남아메리카의 숲토끼와 솜꼬리토끼속의 다른 종에게는 해가 없지만 굴토끼에게는 치명적인 작용을 한다.

1951-1952년에 오스트레일리아에서는 점액종병 바이러스를 사용함으로써 많은 숫자의 야생 굴토끼가 죽었으며 영국이나 다른 유럽 여러 나라에서도 같은 방법이 실시되었다. 그러나 오늘날 오스트레일리아와 유럽에서는 토끼에게 이 점액종병 바이러스에 대한 면역이 생겨나고 있으며 다시 개체 수가 증가되어 가고 있다.

그리고 고의적 사고는 아니었지만, 토끼에서 출혈성 질병을 일으키는 calicivirus가 유출되어 오스트레일리아의 Flinders Ranges 국립공원에서 한 달 만에 3,000만 마리의 토끼가 죽었다. 이 같은 전염병의 발생으로 1973년에서 1997년까지 미국에서 생물의학 분야의 연구에 사용된 토끼의 2.6 배에 달하는 토끼가 폐사되었다.

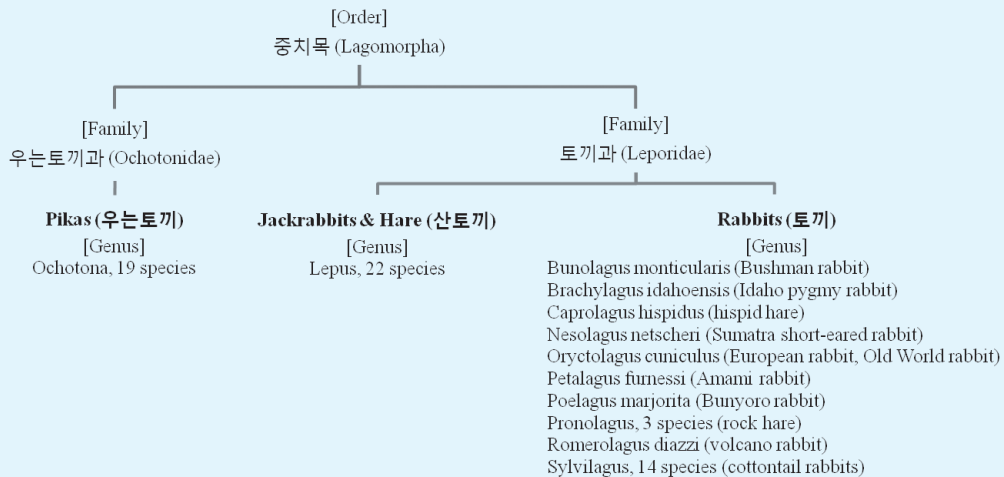
2. 분류학 (Taxonomy)

토끼류는 값을 수 있는 앞니의 생김새와 식물성 먹이를 먹는 식성 때문에 처음에는 설치류(目)로 분류되어 있었다. 1912년 JW Gridley는 이들과 설치류를 달리 분류해야 하는 분명한 특징을 발견하여 새로이 토끼목을 창설했다. 설치류와 달리 토끼류의 치식과 혈청학적 연구에서 토끼류가 설치류와는 유연관계가 깊지 않다고 밝혀져 있다.

토끼목(Lagomorpha)은 2과 11속 58종으로 분류된다. 이 중 2과는 몸무게가 500g 이하로서 쥐와 비슷한 우는 토끼류(pika)인 우는토끼과(Ochotonidae)와 최대 5kg 이상에도 이르는 굴토끼류(rabbit)와 멧토끼류(hare)인 토끼과(Leporidae)로 이루어져 있다. 토끼(rabbit)와 산토끼(hare)란 단어는 가끔 총칭(common name) 혹은 토끼의 품종을 지칭하는 것으로 잘못 사용되고 있다. 산



토끼속(genus *Lepus*)에 분류되어 있는 토끼만이 진정한 산토끼이다. 토끼과(Leporidae)에는 몇 가지의 속이 있으며, 굴토끼는(*Oryctolagus cuniculus*) 유일하게 가축화된 토끼로, 독특한 품종(breeds)이 유래되어 있는 유일한 종(species)이다. 다른 신체적 특징을 가지고 있는 굴토끼(*O. cuniculus*)를 단순히 선택적으로 번식하는 방법을 통해 많은 품종이 개발되었다. 미국 토끼사육연합회에 42품종이 등록되어 있다. 이들 품종 외에 100가지 이상의 다른 유전자 돌연변이를 가지고 있는 품종이 알려져 있으며, 이 같은 표현형을 가지고 있는 품종의 토끼들이 사람의 질병연구에 사용되고 있다. 아래의 일람표는 중치목(Lagomorpha)에 속하는 동물들의 분류학상 위치를 전체적으로 표시한 것이다.



3. 연구에 사용

토끼는 약리, 순환기, 면역, 외과, 세균, 대사, 내분비 연구 등 생물·의학분야의 다양한 연구에 널리 사용되어 왔다. 미국 농무성에 연구에 사용된 토끼의 총수를 살펴보면 전반적으로 사용량이 줄어들고 있음을 알 수 있다. 그러나 우리나라는 현재 실험용 토끼가 부족하여 몇 개월씩 기다려야 할 정도

로 수요가 많다. 이처럼 나라별로 수요가 다른 것은 연구의 방향과 목적성이 달라서 나타나는 현상으로 파악된다. 토끼는 여전히 많은 분야에서 중요한 모델과 도구로 사용되고 있다.

연구목적으로 토끼가 가장 많이 사용되는 분야의 하나는 다클론항체(polyclonal antibodies)를 생산하는 분야이다. 토끼는 다른 실험동물에 비해 체구가 크고, 많은 혈액을 얻을 수 있으며, 혈관을 쉽게 찾을 수 있고, 면역글로불린 정제에 대한 정보가 많이 축적되어 있기 때문에 다른 실험동물에 비해 다클론항체를 생산하는데 많이 사용되고 있다.

토끼에서 자연적으로 발생하거나 혹은 실험적으로 유발되는 다양한 질병이 인체질환의 모델로 사용될 수 있다. 사람의 질환모델로 사용될 수 있는 토끼의 질병 중에는 비타민 A 결핍으로 인한 뇌수종, 비타민 A 과다증, phorbol myristate acetate에 의한 급성 호흡장애증후군, 당뇨병, 염증성 장염, 메틸수은 중독증, Pelger-Huet 이상증 등이 있다.

또한 토끼에서 발생하는 종양 중 인체에서 발생하는 종양의 동물모델로 사용될 수 있다; VX-2 종양, 자연발생의 자궁내막 선암, 단클론감마글로불린병증(monoclonal gammopathies), 신모세포종, 림프모구백혈병, 악성섬유종. 토끼는 *Campylobacter* 장염, 샤가스병(Chagas' disease), crypto-coccal 뇌막염, 단순헤르페스뇌염, 포도구균성 안검염과 같이 전염성 질환의 연구에 널리 사용되고 있다. 또한 사람의 성병인 매독(Syphilis)을 유발시키는 병원균(*Treponema pallidum*)은 실험실에서 배양되지 않아 포유류에서 유일하게 자연적으로 발생할 수 있는 토끼를 이용하고 있다. 아마 매독 백신이 개발된다면 토끼에게 제일 먼저 사용해볼 수 있지 않을까 생각된다. 심혈관계 관련 질병에도 토끼가 널리 이용되고 있다. 다양한 식이조절로 콜레스테롤에 의해 유발되는 죽상동맥경화증을 유도하거나 악화시킬 수 있다. WHHL 토끼(Watanabe Heritable Hyperlipidemic)와 St. Thomas Hospital strain 토끼를 이용하여 콜레스테롤 대사에 관련된 많은 연구가 진행되었다. WHHL 토끼는 간과 다른 조직에서 LDL (low-density lipoprotein) 수용체가 현저히 결핍되어 있다. 선택적으로 사육되고 있는 일부 WHHL 토끼에서는 대동맥에서의 동맥경화증 발생이 증가하지 않고 관상동맥에서 경화증 발생이 증가하는 것으로 보고되어있다. 반면에 St. Thomas Hospital 토끼는 LDL 수용체가 정상적으로 기능을 하고 있으나 고콜레스테롤혈증이 유지된다. 그 밖의 이식실험을 포함한 외과수술 영역과 토끼 안구의 해부학적 구조가 안과 연구에 적합하여 관련 분야에서 많이 사용되고 있으며, 번식생리학적으로 수컷의 교미자극에 의해서 암컷의 배란이 유도되기 때문에 배란시각이 정확하게 결정되어 발생학이나 번식생리학, 내분비학의 연구에 적합하다.



II. 생물학

1. 비교 해부학과 생리학

1) 소화기계

토끼는 입이 상대적으로 작으며, 구강과 인두는 좁고 길다. 토끼류의 치식 (i2/1, c0/0, pm3/2, m2~3/3×2 = 26~28)은 설치류와 다르다. 토끼에는 “peg teeth” 라고 불리는 상악골 첫 번째 앞니 바로 뒤쪽에 작은 앞니 한 쌍이 존재하며, 이것은 첫 번째 앞니와 함께 음식을 물고 베는데 사용된다. 우는토끼과의 경우에는 위턱의 큰어금니가 좌우 모두 1개씩 적다. 토끼의 치아는 일생 동안 계속 자라기 때문에 정상교합이 되어 충분히 마모시켜 주지 않으면 정상적인 길이보다 길어진다. 어금니는 치근이 없으며 특징적으로 사기질 층이 깊다.

토끼는 4 쌍의 침샘(귀밑샘, 턱밑샘, 혀밑샘, 협골샘)을 가지고 있다. 귀밑샘이 가장 크며, 귀 기부 바로 밑에 옆으로 위치해 있다. 협골샘에 상응하는 침샘이 사람에게에는 없다.

토끼의 식도는 길이를 따라서 3층의 횡문근으로 되어 있으며, 위의 분문부와 연결되어 있다. 이는 식도의 길이를 따라 횡문근과 평활근이 분리되어 있는 사람이나 다른 많은 동물들과는 대조적이다. 토끼의 식도에는 점액샘이 없다.

토끼의 위는 위장관의 약 15%를 차지하며 분문부, 위저 및 유문부로 나뉘어 있다. 정상적으로 이루어지는 몸단장 행동(grooming)으로 인해 종종 많은 양의 털이 위 내용물에 함유되어 있다.

간은 4 개엽으로 구성되어 있으며, 담낭은 오른쪽에 위치해 있다. 간에서부터 시작되는 총담관은 유문부 뒤쪽에 연결되어 있는 십이지장에 개구부가 연결되어 있다. 토끼는 다른 종의 실험동물들에 비해 비교적 많은 양의 담즙을 분비한다. 췌장은 소장을 따라 길게 분포하며 총담관 개구부에서 30~40cm 떨어져 있는 부위에서 십이지장과 연결된다. 토끼의 소장은 다른 종들의 소장에 비해 비교적 짧고, 위장관 전체 길이의 약 12%를 차지한다. 분자량이 큰 물질들은 토끼의 위장관을 통해 흡수가 잘 되지 않기 때문에 새끼들은 대부분의 수동면역이 초유보다는 태어나기 전에 난황낭을 통해 이루어진다. 페이어반(Peyer's patch) 이라고 불리는 반점상의 림프조직이 회장을 따라 분포하고 있는데, 특히 맹장과 결합하는 회맹결합부 근처에 많이 분포하고 있다. Sacculus rotundus라고 불리는 큰 망울 형태의 림프조직이 회맹결합부에 위치하고 있다.

대장은 맹장과 상행결장, 가로결장, 하행결장 및 직장으로 구성되어 있다. 회맹판막(ileocecal valve)은 소화된 음식물이 맹장으로 이동되어 가는 것을 조절하며, 회장으로 역행하는 것을 저지한다. 맹장의 용적은 위의 약 10배정도에 달하고, 림프조직인 긴 벌레 형태의 충수가 맹장의 끝부분에 연결되어 있다

토끼류의 소화기관은 대량의 식물을 처리할 수 있도록 특수화되어 있다. 대장과 소장 사이에 있는 긴 맹장에는 셀룰로오스의 분해를 돕는 박테리아가 있다. 결장은 fusus coli에 의해 근위부와 원위부로 나누어지며, 부드러운 변(soft feces)과 단단한 변(hard feces)의 배설을 조절한다.

단단한 변은 배설되는 변의 3분의 2를 차지한다. 부드러운 변 또는 “cecotrophs”는 수분함량이 높으며, 질소 함유물(조단백질)이 단단한 변의 3배 가량이나 포함되어 있고, 비타민 B2·3·5·12가 풍부하다. 맹장에서 소화된 영양분은 대개가 직접 혈액 속으로 흡수되지만 중요한 비타민 B12 등은 변의 일부를 먹음으로써 장을 두 번 통과시키지 않으면 흡수되지 않는다.

따라서 토끼는 중요한 영양성분을 재흡수하기 위하여 항문에서 직접 입을 대고 이것을 섭취한다. 가축화된 토끼는 일반적으로 밤에 부드러운 변을 배설하기 때문에 이때 배설되는 부드러운 변을 “night feces”라 부른다(그림 1). 반대로 야생동물(야행성)은 24시간 주기의 생활리듬이 바뀌어 땅굴에 들어있는 낮 동안에 부드러운 변을 배설한다.

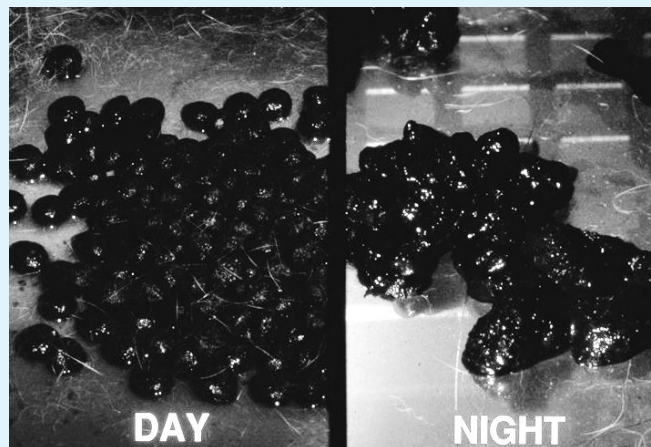


그림1. 단단한 변과 부드러운 변(왼쪽부터)



2) 호흡기계

토끼의 비강은 감각세포가 잘 갖추어져 있어 후각이 잘 발달되어 있다. 토끼는 코로 호흡을 할 때에 특징적으로 분당 20~120회 정도로 콧구멍을 실룩실룩 움직인다. 흥벽에 분포해 있는 근육 조직은 호흡에 거의 관여하지 않는다. 대신에 토끼는 주로 횡격막의 움직임에 따라 호흡을 한다. 따라서 토끼의 인공호흡은 토끼를 잘 잡은 상태에서 분당 30~45번 정도로 머리를 위에서 아래로 위치를 바꾸어 주기만하면 쉽게 수행할 수 있다. 그러므로 인공호흡을 위해 토끼의 흥벽을 눌러주는 것은 별로 효과적인 방법이 되지 못한다.

토끼의 인두는 길고 폭이 좁으며, 혀도 긴 편이다. 이 같은 이유 때문에 토끼에서는 기관 내 삽관을 수행하기가 어렵다. 또한 기관 내로 삽관을 하는 동안에 후두경련이 쉽게 일어나기 때문에 훨씬 더 복잡하다. 토끼의 폐는 6개엽으로 구성되어 있다. 오른쪽과 왼쪽 모두 전엽, 중간엽, 후엽으로 되어 있으며, 오른쪽 후엽은 외측과 내측으로 다시 분할되어 있다. 왼쪽 폐에서는 단위 용적당 근위기도의 저항이 낮기 때문에 왼쪽 폐로 유입되는 공기의 양이 오른쪽 폐보다 많다. 토끼는 사람과 개와는 대조적으로 나이가 들수록 폐의 용적이 증가한다. 기관지부속 림프조직(BALT)이 잘 발달되어 있다.

3) 심혈관계

토끼 심혈관계의 유일한 특징은 다른 포유동물과 달리 심장의 삼첨판이 3개의 판막으로 되어있지 않고 2 개의 판막으로 되어 있는 것이다.

토끼에서는 작은 그룹을 형성하고 있는 심박조율세포(pacemaker cell)가 심방결절의 자극을 발생하기 때문에 심박조율기의 정확한 위치를 찾는 것이 용이하다. 심방결절과 방실결절은 가늘고 길며, 방실결절은 지방층에 의해 섬유륜(annulus fibrosus)과 분리되어 있다. 아울러 토끼는 좌측 관상동맥의 분지형태를 2가지(bifurcation & trifurcation types)로 나눌 수 있어 심근경색 모델 제작 시 참고하면 보다 유의한 결과를 얻는데 도움이 될 수 있다. 토끼는 심혈관계의 독특한 해부학적 특징을 가지고 있어 심혈관계 연구에 많이 이용되고 있다. 대동맥 신경은 지금까지 알려져 있는 어떠한 화학수용체와도 반응을 하지 않고 단지 압력수용체에만 반응한다.

대동맥 신경은 감압신경(depressor nerve)이 되며, 미주교감신경줄기(vagosympathetic trunk)와 함께 분포하고 있으나, 이로부터 분리되어 있기 때문에 전극 이식에 용이하다. 뇌로 공급되는 혈액은 주로 내경동맥에 의해 이루어지고 있다. 척추동맥을 통한 혈액의 공급은 한정되어 있다.

4) 비뇨생식계

대부분의 포유동물은 신장이 multipapillate이나, 토끼의 신장은 unipapillate이다. 이러한 특징 때문에 삽관을 쉽게 할 수가 있다. 우측 신장은 좌측에 비해 더 앞쪽에 놓여 있다. 사람은 출생시 사구체의 수가 정해져 있으나, 토끼는 출생 후 사구체 수가 증가한다.

토끼에서는 이소성사구체가 정상적으로 존재한다. 여러 조건하에서 수질부에 분포하는 혈관은 피질조직에 분포하는 혈관이 수축되어 있는 동안에 확장되어 있다. 따라서 피질부 조직이 허혈 상태에 빠져있는 동안에 수질조직에는 혈액이 공급될 수 있다.

토끼에서는 creatinine의 청소율이 인슐린의 청소율과 일치하여 일어난다.

따라서 creatinine 청소율로 사구체 여과율을 정확하게 측정할 수 있다. 이것은 다른 동물 중 영장류, 랫드, 기니픽에서는 해당되지 않는다. 성숙한 토끼의 오줌은 ammonium magnesium phosphate와 calcium carbonate monohydrate 침전물의 농도가 높기 때문에 탁하다. 정상적으로는 황색이나 적색에서 갈색에 이르는 색상을 나타내기도 한다.

대조적으로, 건강한 어린 토끼의 오줌은 단백뇨가 있더라도 일반적으로 투명하다. 정상적으로는 오줌이 황색을 나타내지만 녹색 채소나 곡물을 먹기 시작하면 붉거나 갈색을 띤다. 건강한 토끼의 오줌에는 탈락상피세포, 세균, 뇨원주(urinary cast)가 거의 없다. 오줌의 pH는 약 8.2로 전형적인 알칼리성 물질이다. 정상적인 성숙토끼의 배뇨량은 하루에 약 50~75 ml/kg이며, 암컷이 수컷보다 더 많은 양을 배설한다.

수컷의 요도구멍은 원형이나, 암컷은 갈라진 모양이다. 이 같은 형태적 특징은 암·수를 식별하는데 유용하게 사용될 수 있다. 보통 성숙한 수컷의 고환은 음낭 안에 위치하나, 복강을 서혜낭에 연결하는 서혜관이 토끼에서는 폐쇄되어 있지 않다. 이 같은 이유로 고환은 음낭과 복강사이를 쉽게 통과할 수 있다. 또한, 이러한 특징 때문에 개방법으로 고환절제술을 실시할 때 탈장을 막기 위해 얇은 서혜륜의 봉합이 필요하다.

암컷의 생식계는 특징적으로 자궁각이 2 개 있다. 각각의 자궁각은 분리된 자궁경에 의해 질과 연결되어 있다(쌍각자궁)(그림 2).

요생식동(urogenital sinus) 또는 전정으로 불리는 공통관이(common tube) 요도가 질에 연결되는 곳에 존재한다. 태반은 혈액응모막으로 모체의 혈액이 흘러 들어와 영양분 또는 다른 물질을 태아의 혈액으로 전달해주는 곳이다.

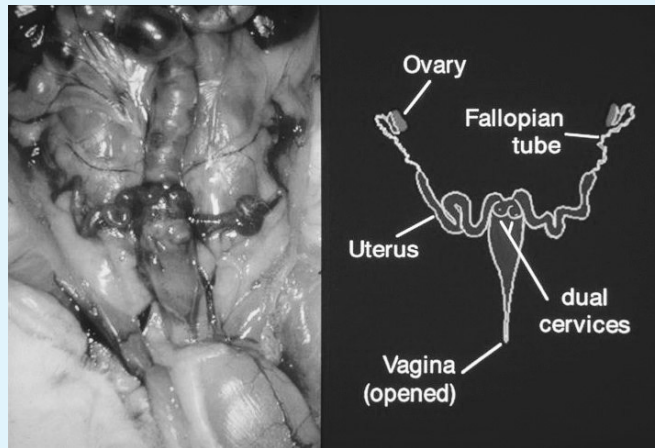


그림2. 토끼의 생식자궁

암·수 모두에서 생식기 옆에 서혜낭이 존재한다. 서혜낭은 숨겨져 있으며, 냄새선에서 분비된 흰색 내지 갈색의 분비물이 주머니에 축적된다.

5) 대사 (Metabolism)

온혈동물의 대사는 일반적으로 체표면적과 관련이 있다. 귀를 체표면적에 포함할 경우에 토끼의 대사는 상대적으로 낮다. 그러나 귀가 포함되지 않을 경우에는 다른 온혈동물과 비슷하다.

새로 태어난 토끼는 사람의 신생아와 비길만한 체지방량(체중의 16%)을 가지고 있다. 신생 토끼는 생후 7일이 될 때까지는 변온동물이다. 신생 토끼의 체내에 비축되어 있는 포도당은 보통 출생 후 약 6시간 내에 빠르게 감소된다. 신생 토끼가 젖을 섭취하지 못할 경우에는 빠르게 저혈당증과 케톤 증에 빠지게 된다. 휴식상태에 있는 성숙한 New Zealand White (NZW) 토끼의 직장을 통해 측정 한 정상체온은 약 38.5~39.5°C이다. 토끼의 귀는 체온조절에 중요한 역할을 한다. 토끼의 귀는 표면적이 넓고, 동정맥연결계 (arteriovenous anastomotic system)의 광범위한 분포로 혈관이 고도로 발달되어 있기 때문에 추위나 더위를 빨리 인지하고 이에 대한 반응을 나타낸다. 또한, 체온 조절을 돕기 위하여 역류열교환계 (countercurrent heat-exchange system) 역할을 한다.

2. 영양

토끼는 섬유질이 적고 단백질과 수용성 탄수화물이 높은 목초를 좋아하는 진정한 초식동물이다. 토끼는 일반적으로 펠릿형태의 사료를 가루형태 보다 더 좋아한다. 실험용 토끼에게 과도한 양의 사료를 공급할 경우에 비만이 유도될 수 있기 때문에 주의하여야 하며, 사료의 양을 줄여주거나 저열량, 고섬유질 사료를 제공함으로써 비만을 예방할 수 있다.

갈슘의 함량이 높은 사료, 즉 알팔파 분말의 함량이 많은 사료를 장기간 공급할 경우에는 신장질환이 초래될 수 있다. 비타민 D가 과다하게 함유된 사료를 섭취할 경우에는 간, 신장, 혈관계 및 근육을 포함한 연조직에 석회화가 초래될 수 있다. 비타민 A 함량이 너무 높거나 낮은 사료는 생식계 기능장애와 선천성 뇌수종을 일으킬 수 있다. 토끼에서 비타민 E 결핍은 불임증, 근이영양증, 태아사망, 신생아사망, colobomatous microphthalmos와 관련이 깊다.

3. 행동

성숙한 수컷들은 함께 사육을 할 경우에 서로에게 심각한 상처를 입히며 싸우기도 하지만, 사회적 동물이라 집단으로 사육하는 데에는 별다른 문제가 없다. 그룹으로 사육된 암컷들은 홀로 혹은 다른 토끼와 짝을 이루어 살도록 해주면 같은 케이지에서 다른 개체와 함께 생활하는 것을 선호한다. 일반적으로 토끼는 겁이 많고 비공격적이다. 일부 토끼는 뒷발로 케이지 바닥을 광광 차거나, 물거나, 케이지 문이 열리면 문쪽으로 뛰쳐나오는 것과 같은 행동을 보이기도 한다. 야생의 토끼는 야행성인데 반해 실험용 토끼는 주행성이다.

4. 생식

1) 성 성숙

NZW 토끼는 일반적으로 생후 5~7 개월이면 성숙기에 도달한다. 몸집이 작은 품종은 일반적으로 일찍 성숙기에 도달하나, 큰 품종은 약간 늦다. 일반적으로 암컷은 생식능력이 약 1~3년간 유지되나, 일부에서는 5년 또는 6년까지 지속된다. 나이를 먹게 되면 산자수가 감소한다. 이와는 달리 대부분



분의 수컷은 평균 5~6살 까지 생식력을 가지고 있다. 암컷은 가끔 배란을 할 수 있는 나이가 되기 전에 교미를 하려고 하나 완전히 자랄 때까지는 번식을 하지 않는 것이 좋다.

2) 번식행동

암컷은 뚜렷한 발정주기를 가지고 있지는 않으나, 규칙적으로 발정이 일어난다. 발정휴지기 (4~17일의 발정기가 끝나면 1~2일의 발정휴지기가 반복됨)와 계절에 따른 발정중단기간 (봄과 가을에는 발정이 명확하나, 여름과 겨울에는 발정이 명확하지가 않음) 동안에는 수컷을 받아들이지 않는다. 발정기가 되면 암컷의 질은 부어올라 분홍색 또는 붉은색을 띠며, 점액이 분비된다. 또한 들떠있는 행동을 보이고, 케이지나 우리에 턱을 문지르는 행위를 한다. 토끼에서는 질 도말표본의 관찰에 의한 발정기의 판단이 유용하지 못하다. 교미가 끝나고 약 10~13시간이 지나면 배란이 유도된다. 흥미롭게도 암컷의 약 25%는 교미가 끝난 후에도 배란이 되지 않는다. Luteinizing hormone (LH), human chorionic gonadotropin, 또는 gonadotropic releasing hormone 의 투여에 의해서도 배란이 유도될 수 있다. 일반적으로 암컷은 자기의 영역을 지키려는 특성이 강하고, 수컷이 자신의 영역 안으로 들어온 경우에 수컷을 공격할 가능성이 높기 때문에 번식을 위해서는 암컷을 수컷의 케이지로 이동하여야 한다. 15~20분이면 암컷과 수컷의 교미가 가능할 지를 충분히 판단할 수 있다. 암컷이 수컷을 받아들일 의향이 있을 경우에는 교미자세로 엉덩이를 위로 올려 교미를 할 수 있도록 한다. 만약 암컷이 수컷과 싸우거나 교미가 이루어지지 못할 경우에는 다른 수컷과 교배를 시도하도록 한다. 대개 한 마리의 수컷이 10~15마리의 암컷과 교미할 수 있다.

암컷은 7일마다 또는 출산 직후에 12-24시간 동안 발정한다. 따라서 암컷은 출산 후 바로 번식을 할 수 있으나, 대부분의 사육자는 새끼들의 이유기가 끝난 후에 번식을 시킨다. 일반적으로 단기간에 많은 새끼를 얻고자 할 경우에는 분만이 끝난 모체는 즉시 번식을 시키고, 새끼는 대리모에게 수유를 시키는 방법을 사용한다. 일반적인 스케줄에 따라 번식, 수유 및 이유를 할 경우에는 1년에 단지 4번밖에 새끼를 낳을 수 없으나, 분만 후에 바로 임신할 경우에는 1년에 11번까지 출산이 가능하다.

야생에서 토끼는 주로 질병과 육식동물의 먹이로서 죽게 되어 새로 태어난 개체의 90% 이상이 태어난 그 해에 사망한다. 이와 같은 높은 사망률은 교미자극에 의한 '유도배란' 과 출산 후 바로 임신할 수 있는 '분만 후 발정' 과 같은 높은 번식률에 의해 보충되고 있다. 산토끼 등 일부 종의 경우에는 임신중의 새끼를 모두 출산하기 전에 새로운 임신이 가능함(중복임신)도 증명되었다.

야생의 암컷은 대개 1마리의 수컷하고만 지낸다. 이와 같이 특정한 수컷이 특정한 암컷을 독점하려고 하지만 굴토끼의 교미 그 자체는 너무 난혼적이다. 과거에 오스트레일리아에서는 새끼들과 그 아버지일 가능성이 있는 수컷의 유전자형을 혈액단백질을 이용하여 검사한 뒤 아버지를 가려내는 연구가 실시된 적이 있었는데, 결과를 보면 새끼의 아버지 중 적어도 16%는 늘 어미곁에 따라 다니던 수컷이 아니었음이 밝혀졌다. 이와 같이 토끼의 높은 번식력과 조금은 자유스러운 sexual life(?) 때문에 세계적으로 유명한 모 성인잡지의 모델동물이 된 것이 아닌 가하는 생각을 잠깐 해본다.

3) 임신과 임신기간

임신여부는 임신 14일째부터 자궁축진에 의해 태아를 확인할 수 있다. X-ray를 이용하면 임신 11일경부터 임신을 확인할 수 있다. 수태율은 실온과는 반비례 관계가 있으며, 조명주기와는 관계가 없다. 임신기간은 보통 30~33일이며, 임신 2~3주 후부터는 수컷을 거부한다. 암컷은 임신 마지막 3~4일 동안은 털을 뽑아서 둥지를 짓기 시작한다. 분만하기 며칠 전에 잘게 찢은 종이나 짚과 같은 부드러운 재질을 바닥에 깔아둔 둥지를 제공하여야 한다. 마지막으로 자신의 털로 둥지를 장식한다. 암컷은 케이지 구석에서 배뇨하기 때문에 케이지 구석에 둥지를 만들어 주어서는 안 된다.

4) 가임신

토끼에서는 가임신이 흔하다. 다른 암컷이 올라타거나, 불임인 수컷에 의한 교미, LH 투여 또는 근처에 수컷이 존재할 경우 등 다양한 자극에 의해 가임신이 발생한다. 이 같은 상황에서 15~17일간 유지되는 지속황체에 의해 배란이 일어난다. 황체 또는 황체덩어리는 이 기간 동안 progesterone을 분비하고 이로 인해 자궁과 유방이 커진다. 또한, 정상적으로 임신한 토끼의 외모를 나타낸다. 많은 암컷들이 가임신 말기에 털을 뽑아 둥지를 만드는 행동을 시작한다.

5) 분만

토끼의 분만과정은 “kindling”이라고 불린다. 보통 이른 아침에 분만을 하며, 약 30~60분이 소요된다. 사료 섭취가 감소하고 둥지를 짓는 행동이 보이면 분만이 임박한 것으로 대개 분만 2~3일 전에 이 같은 행동이 나타난다. 전방태위와 불기태위 (anterior and breech presentation) 모두가 토끼에서는 정상적인 태아위치이다. 자궁에서 35일이 넘도록 남아있는 태아는 보통 죽게 되며, 바



같으로 배출되지 않으면 생식능력에 악영향을 끼칠 수 있다. 한 번에 태어나는 태아의 평균수는 7~9마리이나, 이보다 적거나 많은 경우도 흔하다. 암컷은 분만 후 새끼를 깨끗하게 닦아준 다음에 태반을 섭취한다. 가끔 어미가 새끼를 잡아먹는 경우가 발생하는데 이는 환경 혹은 유전적 요인과 관련이 있거나 환경적 스트레스 때문에 발생하기도 한다.

6) 수유

암컷은 보통 4쌍 또는 5쌍의 유두를 가지고 있다. 대개 임신 마지막 주에 유선이 두드러지게 발달한다. 암컷은 새끼가 몇 마리가 있든지, 새끼들이 몇 번이나 젖을 빨려고 하는지에 상관없이 보통 이른 아침이나 저녁에 하루에 한번, 몇 분간에 걸쳐서만 새끼에게 젖을 먹인다. 모유 양은 보통 하루에 160~220g 사이이며, 출산 후 2주째에 최대가 되었다가 4번째 주에 들어서는 감소한다.

토끼의 젖에는 대략 단백질 12.5%, 지방 13%, 유당 2% 및 무기질 2.5%가 함유되어 있다. 수유는 5~10주간 지속되기도 한다. 새끼는 3주령이 되면 고형의 사료를 섭취하기 시작하고, 5~8주령이 되면 이유를 한다.

5. 관리와 사육

1) 사육

토끼를 사육하기 위하여 사육시설에는 적절한 온도와 습도를 위해 에어컨, 난방 및 환기장치가 포함되어 있어야 한다. 또한 동물의 관찰을 용이하게 하기 위하여 적당한 조명이 갖추어져 있어야 한다. 사육실 바닥, 벽 및 천장의 표면은 소독하기 쉬운 재질을 사용하여야 한다.

토끼 케이지는 사료와 물을 쉽게 섭취할 수 있는 안전한 환경을 제공하여야 한다. 성숙한 토끼는 홀로 혹은 서로 마음이 맞아 싸우지 않는 개체들을 그룹으로 묶어 사육할 수 있으며, 눕거나 몸을 뻗을 수 있을 정도로 충분한 바닥면적과 공간을 가지고 있어야 한다. 미국에서는 Animal Welfare Act (AWA)와 “Guide for the Care and Use of Laboratory Animals (2010)” (*the Guide*)에 의해 최소케이지 크기가 결정되어 있다. 이번에 개정된 “*the Guide*”에서는 케이지 높이가 과거 보다 약 5cm가 높게 변경되었다. 예를 들어, 체중이 2~4kg의 토끼는 바닥 면적이 0.28 m², 높이가 45.5 cm의 케이지에서 사육할 것을 권고하고 있다.

연구시설의 토끼 케이지는 대부분 부식, 거친 세척제 또는 청소 사용되는 소독제에 견딜 수 있는 스테인레스 강철이나 플라스틱으로 만들어져 있다. 오줌이나 변이 아래에 설치되어 있는 변기통 안으로 잘 떨어질 수 있도록 하기 위해 바닥이 철망이나 얇은 판자로 되어 있는 케이지를 사용하여야 한다. 바닥이 철망으로 되어 있는 케이지에서 사육을 할 경우에도 토끼에서 정상적으로 나타나는 식분증을 예방할 수는 없다.

2) 환경

토끼는 대부분의 다른 실험동물에 비해 동물실 온도가 서늘할 정도로 낮은 것을 좋아한다. “*the Guide*”에서는 토끼 사육실 온도를 16~22°C 사이로 유지할 것을 권장하고 있다. 토끼를 위한 특별한 조명조건은 기술되어 있지 않다. 일반적으로 명암주기에서 12~14시간 동안 빛을 공급해주고 있다. 번식군에 있는 암컷에게는 14~16시간 동안 빛을 제공하여야 한다. 토끼 사육실에서는 암모니아 가스 발생이 중요한 문제가 될 수 있기 때문에 시간당 10~15번 환기를 시켜주어야 한다. 토끼는 갑작스러운 큰 소리에 쉽게 놀란다. 따라서 개나 원숭이와 같은 시끄러운 동물이 사육되는 근처나, 케이지 세척실과 같이 소음이 많이 발생하는 구역 근처에 사육하여서는 안 된다.

3) 위생

암모니아 가스가 사육실내에 축적되는 것을 방지하기 위해 자주 변기통을 청소하여야 한다. 케이지는 일반적으로 최소 일주일에 한번 이상 청소 및 소독을 하여야 한다. 토끼의 오줌에는 많은 양의 단백질과 무기질이 함유되어 있기 때문에 케이지 혹은 변기통에 침착물이 형성되기도 한다. 일반적으로 침착물을 제거하기 위해 케이지를 세척하기 전에 산성 세척액으로 침착물을 충분히 적셔준 후에 세척을 하고 있다.

6. 질병관리


토끼는 세균성, 바이러스성, 기생충성, 그리고 선천성 질환에 이르기까지 다양한 질병이 발생할 수 있다. 그 중에서 *Pasteurella multocida*에 의한 질병 발생이 높게 나타난다. *P. multocida*가 피부에 감염되면 피부 및 피하부종을 유발하고, 호흡기에서는 콧물과 호흡곤란, 안구에 이환되면 결막염



을, 그리고 내이의 전정기관에 감염되면 사경을 유발시킨다. 그밖에 mite에 의한 피부병, 세균성 설사, 영양불균형에 따른 위 내 모구(hair ball) 등이 발생할 수 있다. 토끼의 질병에 관한 더 자세한 자료는 관련 책자를 참조하기 바란다.

III. 결론

옛날 사람들은 청명한 밤하늘의 보름달을 바라보며 계수나무 아래에서 약방아를 찧고 있는 토끼를 상상하며, 그 약을 먹으면 달속의 토끼처럼 아무 근심걱정 없이 천년만년 영원이 살 것이라고 생각해 왔다.

다가오는 2011년 신묘년(辛卯年)을 맞이하여 실험동물 토끼가 인류의 건강과 행복을 위해 큰 공헌을 할 수 있기를 기원하며, 우리 연구자는 그들의 고귀한 희생이 헛되지 않도록 노력해야 하며, 아울러 깊은 존경과 감사의 마음을 가져야 할 것이다. 

참고문헌

- 1) 김태윤. 1982. 토끼사육전서. 내외출판사.
- 2) P.C. Alves, N. Ferrand, and K. Hacklander (Eds.). 2008. Lagomorph Biology: Evolution, Ecology, and Conservation: 1-9, Springer-Verlag Berlin Heidelberg
- 3) DW MacDonald. 1988. 제5과 소형초식동물. 동물대백과. 도서출판 아카데미
- 4) MA Suckow, DW Brammer, HG Rush, CE Chrisp. 2002. Biology and Diseases of Rabbits. In "Laboratory animal medicine" (JG Fox, LC Anderson, FM Loew, FW Quimby, 2nd ed.), pp 329-364. Academic press
- 5) 그림은 American College of Laboratory Animal Medicine (ACLAM)의 Autotutorial Committee에 의해 개발된 *The Laboratory Animal Medicine and Science -Series II*에서 인용되었음. 2000.