

제주도 서식 비단털쥐(*Tscherskia triton*)의 번식과 발달¹

박준호² · 오홍식^{2*}

Breeding and Development of the *Tscherskia triton* in Jeju Island^{1a}

Jun-Ho Park², Hong-Shik Oh^{2*}

요 약

중국 북부와 한국, 러시아 지역에 서식하는 비단털쥐(*Tscherskia triton*)의 분포를 제외한 생활사, 행동, 생태와 관련된 생물학적 특징에 대해서는 거의 연구된 바 없다. 이에 본 연구는 제주도에서 포획된 개체(n=9)를 대상으로 종 단위 연구의 기본이 되는 번식과 성장 및 발달에 대한 생물학적 정보를 밝히기 위하여 2015년 3월부터 2016년 12월까지 사육실에서 진행되었다. 연구결과, 임신률은 31.7%였고 좁은 케이지에서 보다 넓은 케이지에서 더 높게 나타났다(56.7 vs. 6.7%). 임신기간은 22±1.6일(범위 21-27일), 한배의 산자수(litter size)는 4.26±1.37마리(범위 2-7 마리)였다. 최소이유시기는 19.2±1.4일(범위 18-21일)이었다. 출생 직후 새끼의 체중과 외부형태의 크기는 성별로 차이가 없었으나, 이유 시기부터 암수의 머리와 몸통길이(HBL)와 꼬리길이(TL)는 차이가 있는 것으로 나타났다(HBL-weaning, 106.50±6.02 vs. 113.34±4.72mm, $p<0.05$; HBL-4 months, 163.93±5.42 vs. 182.83±4.32mm, $p<0.05$; TL-4 months, 107.23±3.25 vs. 93.95±2.15mm, $p<0.05$). Gompertz 모형과 logistic 모형을 적용하였을 때, 머리-몸통길이에서는 수컷이 암컷보다 최대 성숙 길이가 길었고(164.840±7.453 vs. 182.830±4.319mm, $p<0.0001$; 163.936±5.415 vs. 182.840±4.333mm, $p<0.0001$), 성장률도 빨랐으나(1.351±0.065 vs. 1.435±0.085, $p<0.05$; 2.870±0.253 vs. 3.211±0.635, $p<0.05$), 성장곡선의 기울기가 최대가 되는 일령은 암컷보다 조금 늦었다(5.121±0.318 vs. 5.520±0.333, $p<0.05$; 6.884±0.336 vs. 7.503±0.453, $p<0.05$). 한편 꼬리의 최대길이(105.695±5.938 vs. 94.150±2.507mm, $p<0.001$; 111.609±14.881 vs. 93.960±2.150mm, $p<0.05$)와 변곡점에서의 길이(60.306±1.992 vs. 67.859±1.330mm, $p<0.0001$; 55.714±7.458 vs. 46.975±1.074mm, $p<0.05$)는 암컷이 수컷보다 긴 것으로 나타났다. 두 성장모형에서 암수의 체중과 외부형태형질에 대한 성장률은 비교 결과 유사하였다. 이러한 결과는 비단털쥐의 종적 특징을 밝히는데 필요한 자료로 이용될 것이다.

주요어: 포유류, 쥐과, 성장, 종특이적 특징

ABSTRACT

The greater long-tail hamster, *Tscherskia triton*, is widely distributed in Northern China, Korea and adjacent areas of Russia. Except for its distribution, biological characteristics related to life history, behavior, and ecological influences for this species are rarely studied in Korea. This study was conducted to obtain biological information on breeding, growth and development that are basic to species-specific studies. The study adopted laboratory management of a breeding programme for *T. triton* collected in Jeju Island from March, 2015 to

1 접수 2017년 2월 23일, 수정 (1차: 2017년 3월 21일), 게재확정 2017년 3월 22일

Received 23 February 2017; Revised (1st: 21 March 2017); Accepted 22 March 2017

2 제주대학교 과학교육학부 Faculty of Science Education, Jeju National Univ., Jeju 63243, Korea

* 교신저자 Corresponding author: Tel: +82-64-754-3280, Fax: +82-64-725-4902, E-mail: sciedu@jejunu.ac.kr

December, 2016. According to the study results, the conception rate was 31.67% and the mice in the large cages had a higher rate of conception than those in the small cages (56.7 vs. 6.7%). The gestation period was 22 ± 1.6 days (ranges from 21 to 27 days), and litter size ranged from 2 to 7, with a mean of 4.26 ± 1.37 in the species. The minimum age for weaning was between 19.2 ± 1.4 days (range of 18-21 days). There were no significant differences by sex between mean body weight and external body measurements at birth. However, a significant sexual difference was found from the period of weaning (21 days old) in head and body length, as well as tail length (HBL-weaning, 106.50 ± 6.02 vs. 113.34 ± 4.72 mm, $p < 0.05$; HBL-4 months, 163.93 ± 5.42 vs. 182.83 ± 4.32 mm, $p < 0.05$; TL-4 months, 107.23 ± 3.25 vs. 93.95 ± 2.15 mm, $p < 0.05$). Gompertz and Logistic growth curves were fitted to data for body weight and lengths of head and body, tail, ear, and hind foot. In two types of growth curves, males exhibited greater asymptotic values (164.840 ± 7.453 vs. 182.830 ± 4.319 mm, $p < 0.0001$; 163.936 ± 5.415 vs. 182.840 ± 4.333 mm, $p < 0.0001$), faster maximum growth rates (1.351 ± 0.065 vs. 1.435 ± 0.085 , $p < 0.05$; 2.870 ± 0.253 vs. 3.211 ± 0.635 , $p < 0.05$), and a later age of maximum growth than females in head and body length (5.121 ± 0.318 vs. 5.520 ± 0.333 , $p < 0.05$; 6.884 ± 0.336 vs. 7.503 ± 0.453 , $p < 0.05$). However, females exhibited greater asymptotic values (105.695 ± 5.938 vs. 94.150 ± 2.507 mm, $p < 0.001$; 111.609 ± 14.881 vs. 93.960 ± 2.150 mm, $p < 0.05$) and longer length of inflection (60.306 ± 1.992 vs. 67.859 ± 1.330 mm, $p < 0.0001$; 55.714 ± 7.458 vs. 46.975 ± 1.074 mm, $p < 0.05$) than males in tail length. These growth rate constants, viz. the morphological characters and weights of the males and females, were similar to each other in two types of growth curves. These results will be used as necessary data to study species specificity of *T. triton* with biological foundations.

KEY WORDS: MAMMAL, MURIDAE, GROWTH, SPECIES-SPECIFIC CHARACTERS

서론

비단털쥐는 분류학적으로 설치목(Rodentia) 비단털쥐과(Cricetidae) 비단털쥐속(*Tscherskia*)에 속하는 소형 포유류로 중국 북동부와 한국, 극동 러시아 지역에만 서식하는 종이다. 비단털쥐과에는 쇠갈밭쥐속(*Lasiopodomys*), 갈밭쥐속(*Microtus*), 숲들쥐속(*Myodes*), 사향쥐속(*Ondatra*), 비단털등줄쥐속(*Cricetulus*) 및 비단털쥐속(*Tscherskia*)이 있다 (Won, 1967; Yoon *et al.*, 2004; Han *et al.*, 2011; Jo *et al.*, 2012; Lee *et al.*, 2014). 과거 비단털쥐속은 비단털등줄쥐속으로 구분하였으나 최근에 비단털쥐속으로 분류되었다 (Musser and Carleton, 2005; Jo, 2015). 비단털등줄쥐속에 속하는 종들은 일반적으로 햄스터라 불리는 데 몸무게 20-50g 정도, 머리와 몸통의 길이 70-135mm, 꼬리는 개체마다 차이가 있어 짧은 개체는 15-30mm, 긴 개체는 51-64mm로 알려져 있다. 귀 길이와 뒷발의 길이는 각각 약 13-20mm와 13-21mm 정도이다 (Miljutin, 2011). 비단털쥐속에는 비단털쥐(*Tscherskia triton*) 한 종이 있으며, 한국에서는 Greater long-tail hamster 또는 Korean hamster로, 중국에서는

Rat-like hamster로 불리고 있다 (Won, 1964; Won and Lee, 1969; Won and Lee, 1975; Xie and Zhang, 2005; Xie and Zhang, 2006; Jo, 2015). 이처럼 비단털쥐가 국내에서는 greater long-tail hamster, 중국에서 rat-like hamster라고 불리어지는 것은 일반적인 햄스터에 비하여 꼬리가 매우 길고, 마우스와 햄스터의 중간 형태를 보이기 때문이다 (Miljutin, 2011).

최근 들어 중국에서는 비단털쥐의 생태와 분자유전학적 연구가 활발하게 이루어지고 있으나 (Wang *et al.*, 1996; Zhang *et al.*, 1999; Wang *et al.*, 2002; Xie and Zhang, 2005; Xie and Zhang, 2006), 러시아에서 보고된 연구는 없다. 국내에서는 Won(1964)에 의해 처음으로 비단털쥐가 우리나라의 북위 38° 선을 중심으로 경기도와 강원도 지역 및 북한 지역에 분포한다 하였고, 최근 들어 분자유전학적 연구 (Koh *et al.*, 2013)가 이루어졌으나 생태나 번식생물학적 특성에 관해서는 연구된 바 없는 실정이다. 비록 비단털쥐가 국내에서 관심대상종(LC)이지만, 비단털쥐의 서식범위가 전 세계적으로 중국과 한국, 러시아 등에 국한되어 있음에도 불구하고 국내에 서식하는 비단털쥐의 연구보고는 미흡한 실정이다.

어떤 종의 생물학적 특징을 기술하는 데 무엇보다 중심이 되는 요소는 성장과 발달이다. 이것은 유전적 정보를 해부학적으로나 생리학적으로 또는 성체의 행동으로 반영되는 과정이 되기 때문이다. 성장과 발달 패턴의 변화는 어떤 생물의 생활양식의 유전적 변화를 일으킨다. 이처럼 번식과 성장 및 발육양식에 관한 연구는 어떤 환경에 서식하는 종의 적응성을 밝히고, 결과로서 소형포유류의 생활양식을 이해하는 데 무엇보다 중요한 수단으로 이용되어 왔다(Layne, 1968; Oh and Mori, 1998b). 또한 성장과 발달양상은 개체가 발달하는 동안의 주어진 종의 생태학적 상태를 이해하기 위한 잠재적이고 가치 있는 도구로 널리 고려되어 왔으며, 관련 종들 사이의 계통발생 관계를 반영하기 위한 목적으로 쓰이고 있다(Creighton and Strauss, 1986; Lin *et al.*, 1993). 이에 본 연구는 제주도에 서식하는 비단털쥐의 번식 및 성장과정에 대한 번식생물학적 특징을 밝혀 개체군 유지 및 생물다양성 보전을 위한 자료를 마련하는 필요한 자료를 제공하기 위하여 이루어졌다.

연구방법

1. 조사대상지 및 시료 채집

연구에 이용된 비단털쥐는 제주특별자치도 한라산국립공원 인근 관음사(33° 25' 30.28", 126° 33' 37"), 한화리조트(33° 26' 40", 126° 37' 44"), 별빛누리공원(33° 26' 39", 126° 33' 01"), 물장오리오름(33° 24' 45", 126° 37' 05") 지역에서 2014년부터 2016년까지 3년간 5월부터 11월까지 약 50-60개의 Sherman live trap(Sherman trap, USA)과 재래식 철망 트랩을 매월 2회 이상 설치하여 포획되었다. 포획 시 유인용 먹이로는 햄, 소세지, 어묵 등을 이용하였다. 비단털쥐는 주로 목초지, 관목림, 습윤 지대 등의 지역에 서식하는 것으로 보고되어(IUCN, 2016), 본 연구자는 이와 유사한 장소에 덫을 설치하였다. 포획 후 생포된 개체는 최대한 신속하게 실험실로 운반되었고 이후 온도 25-27°C, 습도 50-60%, 광주기 16Light:8Dark로 유지되는 곳에서 사육되었다(Jackson and Van Aarde, 2003; Yoon and Han, 2004).

2. 번식 환경

2014년부터 2016년까지 3년 동안 포획된 암컷 6개체, 수컷 3개체는 온도, 습도, 광주기가 유지되는 환경에서 사료와 물을 자율 공급하여 사육하였다. 교배실험에는 40x25x18cm (Small size)와 60x35x38cm(Large size)의 케이지를 사용하였다. 케이지 안에는 shredded paper(길게 자른 종이)와 톱밥을 깔아주었다. 교배실험에 이용된 개체는 야외에서 포획

한 비단털쥐(암컷 6개체, 수컷 3개체)와 이들의 교배실험을 통해 얻은 F1 세대(암컷 12개체, 수컷 16개체)를 대상으로 무게 차이가 10-15 g 범위를 초과하지 않는 개체를 선택하여 이루어졌다. 체중 차이가 있는 경우, 작은 개체를 공격하는 성향이 있어 합사 전에 체중을 측정하여 차이가 적은 암수 한 쌍을 케이지에 넣어주었다. 합사 후 1주일 정도 경과하였을 때 수컷을 격리시켰다. 이는 비단털쥐 암컷의 발정 주기가 3-4일이라(Zhang *et al.*, 1999), 최소 두 번의 발정기를 거치게 한 후 암수를 분리하였다. 합사일로부터 2주 후부터는 매일 번식상태를 매일 확인하였다. 산자수와 출산 직후 평균 몸무게, 출생 후 사망률은 태어난 후 24시간 안에 확인하였고, 태어난 새끼들은 귀와 털 등에 표식을 하여 개체식별을 하였으며, 4주 후 어미로부터 분리하였다(D'Andrea *et al.*, 1996; Oh and Mori, 1998a).

3. 외부형태 측정

태어난 날의 일령을 0(출생 시, birth)으로 하여 30일까지는 매일, 120일까지는 5일마다 체중(BW, body weight), 머리-몸통길이(HBL, head and body length), 꼬리길이(TL, tail length), 귀길이(EL, ear length), 뒷발길이(HFL, hind foot length) 를 측정하였다. 체중은 전자저울(MW11300, Cas, Korea)이용하여 0.1 g 단위로 측정하였고, 길이는 전자캘리퍼스(500-181-20, Mitutoyo, Japan)을 이용하여 0.01 mm 단위까지 측정하였다. 이를 기초로 하여 비선형 회귀식인 Gompertz 모형과 Logistic 모형을 적용하여 비단털쥐 성별 성장곡선을 추정하였다(Winsor, 1932; Nelder, 1961). 출생 후부터 이유(weaning) 시기까지 윗니, 아랫니가 나오는 시기 및 등, 꼬리, 배면, 앞발, 뒷발 등에 털이 나오는 시기와 완벽하게 털이 나는 시기, 귀 세우는 시기, 외이도 열리는 시기, 기어 다니는 시기, 눈 뜨는 시기 등의 특이사항을 기록하였다(Merani and Lizarralde, 1980; Hodara *et al.*, 1989; D'Andrea *et al.*, 1996).

4. 통계 분석 방법

SPSS 21.0 version(SPSS, Chicago, IL, USA)을 이용하였다. 암컷과 수컷, 두 집단 간의 체중 및 외부형태형질인 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이, 뒷발길이 등의 실측값, Gompertz 모형 추정값 및 Logistic 모형 추정값에 대한 평균 비교를 위하여 Mann-Whitney U test와 One-way ANOVA를 사용하였다. *p*-value가 0.05 미만일 경우 통계적으로 유의하다고 판정하였다. Gompertz와 Logistic 모형에 대한 적합도를 확인하기 위한 적합도 검정은 사육환경에서 태어난 암수의 체중, 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이

및 뒷발의 길이의 오차평균 제곱합(Mean square error)을 구하여 판단하였다(Strenio *et al.*, 1983).

결과 및 고찰

1. 번식

2015년 4월부터 2016년 9월까지 진행된 전체 번식(breeding) 시도 횟수는 60회로 이 중 19회 성공하였다(31.7%). 임신 기간은 21.7±0.9일(범위 21-24일)로 Zhang *et al.*(1999)에 의해 북중국의 Hebei Province, Raoyang County에서 포획된 비단털쥐를 대상으로 사육실험을 한 결과인 21.57±0.69일과 임신기간이 유사하였다. 일반적으로 햄스터라 불리우는 비단털쥐과의 비단털등줄쥐속에 속하는 종인 *Cricetulus barabensis*와 유사하였고, *Mesocricetus*속에 속하는 *M. auratus* (Golden hamster)과 *Phodopus*속에 속하는 *P.*

sungorus (Djungarian hamster)보다는 늦은 편이었다(Daly, 1976). 또한 비단털쥐과에 속하는 *Akodon molinae*(22-25일), *Calomys laucha*(21±1일)와는 유사한 것으로 나타났다(Merani and Lizarralde, 1980; Hodara *et al.*, 1989). 쥐과 중 일반적으로 랫(rat)이라 불리우는 집쥐속에 속하는 종인 *Rattus norvegicus*와 *R. rattus*의 임신기간은 26일 전후로 비단털쥐와는 차이를 보였다(Jo, 2015)(Table 1).

비단털쥐의 총 산자수(litter)는 81마리였고, 한 배 산자수(litter) 범위는 2-7마리(4.26±1.37)였으며, 출생 시 사망한 개체는 8마리(0.4±0.61)였다(Table 2). 이는 1회의 산자수 4-8마리, 평균 6마리라는 기존 연구(Won, 1975)와 유사하였다. 보통 햄스터라 불리우는 비단털쥐과의 비단털등줄쥐속에 속하는 종인 *C. barabensis*와 유사하였고, *Mesocricetus*속에 속하는 *M. auratus*(Golden hamster)과 *Phodopus*속에 속하는 *P. sungorus*(Djungarian hamster)와는 큰 차이를 보였다(Daly, 1976). 비단털쥐과에 속하는 다른 종인 *A.*

Table 1. Gestation periods and litter sizes

Species	Gestation period (Range, days)	Litter size (Range)	Reference
<i>Tscherskia triton</i>	21-24	1-7	Present study
<i>Cricetulus barabensis</i>	20.0-20.2	2-7	Daly, 1976
<i>Mesocricetus auratus</i>	15.6-16.8	4-12	Daly, 1976
<i>Phodopus sungorus</i>	17.5-18.5	1-5	Daly, 1976
<i>Akodon molinae</i>	22-25	4-5	Merani and Lizarralde, 1980
<i>Calomys laucha</i>	20-22	4-6	Hodara <i>et al.</i> , 1989
<i>Rattus norvegicus</i>	26	7-9	Jo, 2015
<i>Rattus rattus</i>	26	5-7	Jo, 2015

Table 2. Changes in the consecutive litter sizes among 7 females of *Tscherskia triton*

Order of litter	No. of litters	Mean litter size±SD	Range
1	28	4.00±1.29	2-6
2	11	5.50±0.71	5-6
3	13	6.50±0.71	6-7
4	7	7.00±0.71	3-4
5	4	4.00	4
6	5	5.00	5
7	4	4.00	4
8	4	4.00	4
9	3	3.00	3
10	2	2.00	2
Total	81	4.26±1.37	2-7

molinae, *C. laucha*, *Nectomys squamipes*와는 유사하였으나(Merani and Lizarralde, 1980; Hodara *et al.*, 1989; D'Andrea *et al.*, 1996), 비단털쥐과 입에도 불구하고 비단털등줄쥐속의 종들은 평균 산자수 5-9마리로 비단털쥐의 평균 산자수보다 다소 높은 경향을 보였다. 또한 쥐과 집쥐속에 속하는 종인 *R. norvegicus*와 *R. rattus*와도 약간의 차이를 보였다(Yoon *et al.*, 2004; Jo, 2015)(Table 1).

한 쌍의 비단털쥐를 넣어준 케이지의 크기에 따른 임신 성공률도 차이를 보였는데, 40x25x18cm(Small size)와 60x35x38cm(Large size) 두 가지로 하여 임신성공률을 비교하였다. 두 케이지 크기에서 각각 30회씩 시행한 결과, large size cage 사용 시 높은 성공률을 보였고, 이는 D'Andrea *et al.*(1996)의 연구결과와 유사하였다(Table 3). 야생에서 독립적으로 사는 것으로 알려진(Jo, 2015) 암수 한 쌍을 Small size cage에 넣었을 때, 약 하루정도는 상대방을 공격하는 성향을 보여 상처를 입히는 경우가 빈번하였으나 large size cage는 Small size cage에 비해 상대적으로 암수 각각의 독립적인 공간 확보가 이루어져 높은 임신성공률에 영향을 준 것으로 판단된다. 성공한 19회의 계절에 따른 성공률은 여름과 가을이 높았고, 월별 비교에서는 7월

과 8월이 가장 성공률이 높았다(Table 4). 계절과 월별에 따른 성공률 비교는 비록 18개월 동안(2015년 4월부터 2016년 9월까지)의 결과이지만, 공통적으로 계절은 여름과 가을, 월별로는 7월과 8월에 높은 성공률로 나타나 비단털쥐의 번식 시기(breeding season)는 6월부터 10월로 예상된다. 번식 시기는 일반적으로 4월부터 10월이고, 중국의 비단털쥐는 3월부터 8월이며, 연 간 2-3회 출산을 하는 것으로 보고되어 있다(IUCN, 2016). 이러한 번식률의 차이는 번식에 영향을 주는 온도, 습도, 먹이량 등의 조건들이 사육상태에서 일정하게 유지됨에 기인한 결과로 판단되어지며, 번식에 영향을 주는 요인들의 변화에 따른 번식률 차이에 대한 추가적인 연구가 필요할 것으로 사료된다.

2. 성장과 발달

암컷 14마리와 수컷 8마리를 대상으로 이유 시기까지의 초기성장을 관찰하였으며, 윗니, 아랫니가 돌아나는 시기 및 등, 꼬리, 배면, 앞발, 뒷발 등에 털이 나오는 시기와 완벽하게 털이 나는 시기, 귀 서는 시기, 외이도가 열리는 시기, 기어 다니는 시기, 눈 뜨는 시기 등의 특이사항은

Table 3. Differences in conception success rate according to cage types in the laboratory of *Tscherskia triton*

Species	Large cage (%)	Small cage (%)	Reference
<i>Tscherskia triton</i>	56.7	6.7	Present Study
<i>Nectomys squamipes</i>	66.7	12.2	D'Andrea <i>et al.</i> , 1996

Table 4. Seasonal variations in reproduction of *Tscherskia triton*

Month	Number of Success	Rate(%)
January	0	0.00
February	1	5.26
March	1	5.26
April	0	0.00
May	2	10.53
June	0	0.00
July	3	15.78
August	4	21.05
September	2	10.53
October	2	10.53
November	2	10.53
December	2	10.53
Total	19	100.00

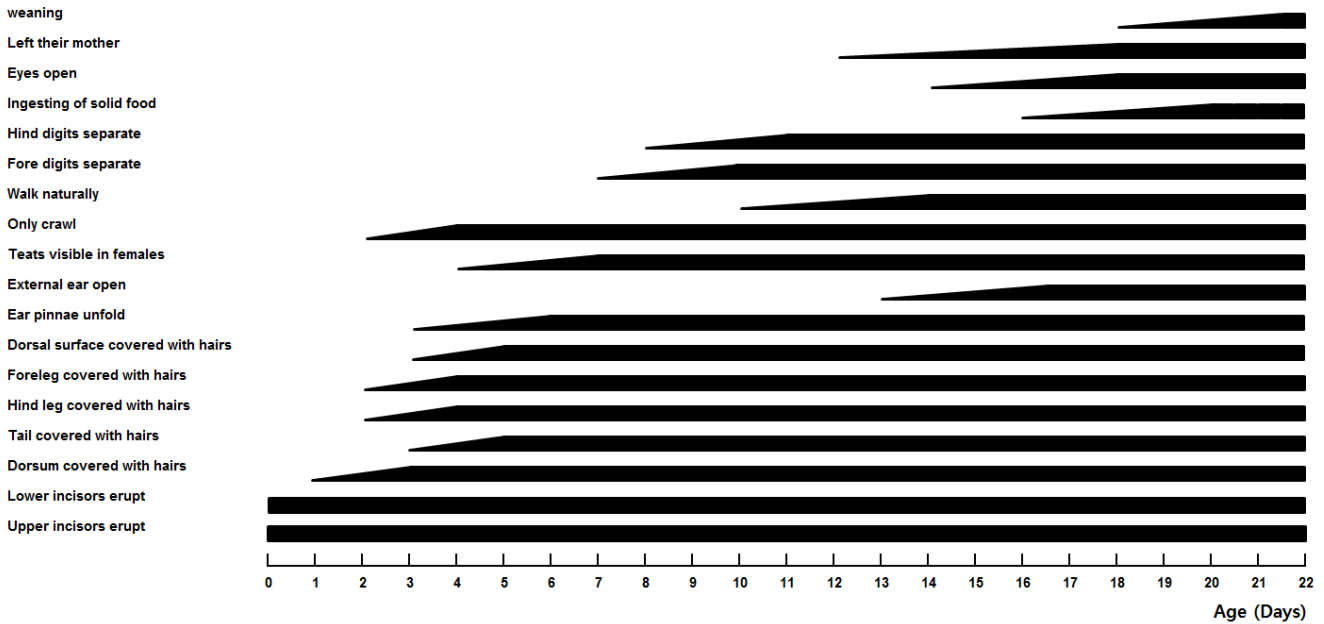


Figure 1. Stages of postnatal development of *Tscherskia triton*. Timing for the appearance of some external morphological characters before weaning in 22 individuals(8 males and 14 females). The thinner part of each shaded area represents the first appearance of that characteristic. When the shaded area in complete, this shows that the character was present in all animals studied

Figure 1에 제시한 바와 같다. 비단털쥐는 출생 직후 온몸에 털이 없고, 눈과 귀가 닫힌 상태였지만 위아래 앞니를 가지고 태어났으며, 이는 비단털등줄쥐속의 *C. alticola*, *C. barabensis*, *C. migratorius*, 유럽햄스터속의 *Cricetus cricetus* 등 일반적인 햄스터의 특징과 유사하였다(Ross and Cameron, 1989). 그러나 비단털쥐과에 속하는 다른 종인 *N. squamipes*나 쥐과에 속하는 *Apodemus speciosus*의 경우, 위아래 앞니가 출생 후 약 9-12 일에 나오는 것과는 대조적인 결과를 보였다(D'Andrea *et al.*, 1996; Oh and Mori, 1998a). 이유 시기는 19.2 ± 1.4 일로, 쥐과에 속하는 *A. speciosus*(20-25일)와 비단털쥐과에 속하는 *A. molinae*(21-30일), *N. squamipes*(20-25일) 보다는 빠른 편이었다(Merani and Lizarralde, 1980; D'Andrea *et al.*, 1996; Oh and Mori, 1998a). 등과 꼬리에 털이 나오는 시기는 각각 2.0 ± 0.3 일과 3.7 ± 0.4 일이었고, 배에 털이 난 시기는 3.7 ± 0.5 일이었다. 비단털쥐과에 속하는 다른 종의 경우 등과 배에 털이 보이기 시작한 시점은 5-10일로 비단털쥐가 상대적으로 빠른 편이었다(Merani and Lizarralde, 1980; D'Andrea *et al.*, 1996). 귀가 서는 시기는 4.0 ± 0.7 일로 비단털쥐과에 속하는 종들인 *A. molinae*(6-10일)와 *N. squamip*(7-11일)과는 차이를 보였지만, 쥐과에 속하는 *A. speciosus*(3.0 ± 0.4 일)와는 유사하였다(Merani and Lizarralde, 1980; D'Andrea *et al.*, 1996; Oh and Mori, 1998a). 앞·뒷발에 털이 난 시기

는 모두 2.7 ± 0.7 일로 차이가 없었지만, 앞·뒷 발가락이 벌어지는 시기는 각각 8.3 ± 0.6 일과 9.0 ± 0.8 일로 앞발가락이 벌어지는 시기가 뒷발가락이 벌어지는 시기보다 하루 정도 빨랐다. 이를 비단털쥐과에 속하는 다른 종들과 직접적으로 비교할 수는 없으나, 쥐과에 속하는 *A. speciosus*의 경우 앞·뒷 발가락이 벌어지는 시기는 각각 4.5 ± 0.5 일과 5.4 ± 0.5 일로 비단털쥐가 늦은 편이나, 앞발가락이 뒷발가락에 비해 하루 정도 빨리 벌어지는 것은 유사하였다(1998a). 암컷에서 유두를 확인하여 성별을 구별할 수 있는 시기는 5.4 ± 1.2 일이었다. 태어난 날로부터 2.2 ± 0.4 일에는 기어다니기 시작하였고, 완벽하게 네발로 걸어나가는 모습은 11.3 ± 1.1 일부터 확인할 수 있었다. 개안 시기와 어미와 한 케이지에 있으면서 사료를 먹기 시작한 시기는 각각 15.1 ± 0.9 일과 17.3 ± 1.7 일부터였다. 비단털쥐과에 속하는 다른 종들의 개안 시기는 12-16일로 알려져 있으며, 비단털쥐 또한 비단털쥐과에 속하는 다른 종들과 시기적으로 유사하다는 것을 알 수 있었다(Merani and Lizarralde, 1980; D'Andrea *et al.*, 1996).

사육환경에서 태어난 암수의 출생 직후(0일령), 이유(21일령), 그리고 성체(120일령), 세 시점에서의 체중, 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이 및 뒷발의 길이를 비교한 결과는 Table 5에 제시한 바와 같다. 출생 직후 암수 전체의 체중, 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이, 그리고 뒷발길이는 각각

Table 5. Differences in body weight, head and body length, tail length, ear length and hind foot length for 8 males and 14 females *Tscherskia triton* at birth, weaning(21 days old) and 4 months old

	Female	Male	Total	Significance ^a
Body weight(g)				
Birth	3.6±0.26	3.7±0.11	3.6±0.22	NS
Weaning	38.2±3.30	41.6±1.89	39.3±3.28	*
4 months	123.3±12.42	126.1±12.93	124.2±12.20	NS
Head and body length(mm)				
Birth	42.48±2.40	43.60±2.69	42.8±2.34	NS
Weaning	106.50±6.02	113.34±4.72	108.6±6.33	*
4 months	163.93±5.42	182.83±4.32	169.8±10.13	*
Tail length(mm)				
Birth	10.03±0.79	9.46±0.90	9.8±0.80	NS
Weaning	53.22±3.45	50.34±3.42	52.3±3.37	NS
4 months	107.23±3.25	93.95±2.15	102.8±6.18	*
Ear length(mm)				
Birth	2.11±0.19	2.07±0.30	2.1±0.19	NS
Weaning	13.67±1.14	13.79±0.33	13.7±1.05	NS
4 months	19.13±0.43	19.15±0.12	19.1±0.35	NS
Hind foot length(mm)				
Birth	7.19±0.42	7.30±0.23	7.2±0.39	NS
Weaning	23.18±1.25	23.66±0.73	23.3±1.14	NS
4 months	28.36±0.62	28.91±0.19	28.5±0.59	NS

^a NS: not significant; *: $p < 0.05$

3.6±0.22g, 42.8±2.34mm, 9.8±0.80mm, 2.1±0.19mm, 7.2±0.39mm였고, 암수 간의 차이는 유의하지 않았다(BW, $p > 0.05$; HBL, $p > 0.05$; TL, $p > 0.05$; EL, $p > 0.05$; HFL, $p > 0.05$). 출생 직후의 비단털쥐의 체중과 비단털쥐과에 속하는 다른 종인 *A. molinae*(3-5g), *N. squamipes*(10.3±0.8g), *C. laucha*(1.7±0.3g), 비단털등줄쥐속의 *C. alticola*, *C. barabensis*, *C. migratorius*(2-3g)와 비교하였을 때, 비단털쥐는 비단털쥐과의 다른 종들과는 다소 차이가 있었다(Porter and Lacey, 1969; Hodara *et al.*, 1989; D'Andrea *et al.*, 1996; Jo, 2015). 성별을 구별할 수 있는 5일째의 몸무게와 외부 형태 측정값들도 암수 모두에서 유의한 차이는 없는 것으로 나타났다(BW, 8.4±1.07g vs. 8.2±0.56g, $p > 0.05$; HBL, 59.64±3.04mm vs. 61.03±2.41mm, $p > 0.05$; TL, 17.74±0.91mm vs. 16.07±0.80mm, $p > 0.05$; EL, 4.87±0.40mm vs. 5.13±0.14mm,

$p > 0.05$; HFL, 10.9±0.58mm vs. 10.9±0.23mm, $p > 0.05$). 반면, 머리-몸통길이에서는 이유 시점부터 성별에 따라 각각 암컷 106.50±6.02mm, 수컷 113.34±4.72mm이었고($p < 0.05$), 120일령에서는 암컷 163.93±5.42mm, 수컷 182.83±4.32mm으로 유의한 차이를 보였다($p < 0.05$). 반면에 꼬리길이는 출생 직후와 이유 시점에서 유의한 차이를 보이지 않았지만(F, 10.03±0.79mm, M, 9.46±0.90mm, $p > 0.05$; F, 53.22±3.45mm, M, 50.34±3.42mm, $p > 0.05$), 120일령에서는 유의한 차이를 보였다(F, 107.23±3.25mm, M, 493.95±2.15mm, $p < 0.05$). 귀 길이와 뒷발길이는 출생 직후, 이유-성체 시점 모두에서 유의한 차이는 없었다. 성체일 때, 비단털쥐와 집쥐속, 비단털등줄쥐속, 유럽비단털쥐속의 종들 간의 체중, 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이 및 뒷발길이를 비교해보면, 우선 비단털쥐는 각각 124.2±12.20g, 169.8±10.13mm, 102.8±6.18mm,

19.1±0.35mm, 28.5±0.59mm였다. 집쥐속의 *R. norvegicus*는 150g 이상, 300-355mm, 140-167mm, 18-20mm, 30-38mm, *R. rattus*는 100-200g, 289-340mm, 150-185mm, 14-18mm, 30-35mm였다(Jo, 2015). 비단털등줄쥐속의 종들은 보통 15-50g, 72-135mm, 15-64mm, 13-21mm, 13-21mm, 유럽비단털쥐속의 *C. cricetus*는 290-425g, 200-300mm, 28-60mm, 22-32mm, 28-36mm으로 보고되어 있다(Porter and Lacey, 1969; IUCN, 2016). 비단털쥐는 햄스터라 불리는 비단털등줄쥐속에 비해 매우 크고, 유럽비단털쥐속 보다 작은 크기로, 오히려 랫이라 불리는 집쥐속과 체중 및 외부형태 형질 크기가 유사하였다.

성장곡선을 추정할 수 있는 모형은 Richards 모형, Gompertz 모형, Logistic 모형, van Bertalanffy 모형 등 다양한 모형이 있다(Begall and Burda, 1998; Scharff et al., 1999; Lammers et al., 2001). Jackson and Van Aarde (2003)에 따르면, 설치류의 성장곡선을 추정하기 위해 가장 널리 이용하는 모형은 Gompertz 모형과 Logistic 모형이기에 비단털쥐의 일령별 체중과 외부형태형질을 Gompertz 모형과 Logistic 모형으로 성장곡선을 추정하고 적합한 모형을 판단하였다. 성숙률(Growth constant, k)은 생시체중, 변곡점 체중, 성숙체중 및 변곡점 도달일령의 비율 함수로, 성숙률이 크면 조숙성으로, 성숙률이 작으면 만숙성으로 판단하고, 변곡점(Infection age, I)은 성장곡선의 기울기가 최대가 되는 일령을 의미한다. 변곡점에서의 체중(Weight at inflection, Wti)은 성장곡선의 기울기가 최대가 되는 시점의 체중을 뜻하고, 성장률(Maximum growth rate, b)은 생시체중에 대한 성숙체중의 비율의 log함수를 말한다. 두 성장곡선에 대한 각각의 성장곡선 모수와 성장 특성 값들에 대한 평균과 표준오차를 구하였다. Gompertz 모형을 적용하였을 때 추정된 비단털쥐의 최고 성숙체중(Asymptotic weight, A)은 암수 각각 120.318±9.318g과 129.094±12.679g으로 수컷이 암컷보다 7.3%가량 큰 것으로 나타났지만 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 성숙률(Growth constant, k)의 경우 암수 각각 0.047±0.008 와 0.045±0.002로 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 모형에 의해 추정된 성장곡선 모수를 이용하여 계산한 변곡점(Infection age, I)은 암수 각각 27.463±4.382일과 28.320±1.447일로 나타났으나 암수 간 도달 일령의 차이는 유의하지 않았다($p>0.05$). 변곡점에서의 체중(Weight at inflection, Wti)은 암수 각각 44.262±3.428g과 47.491±4.664g으로 추정되었고, 최대 성장속도를 나타내는 성장률(Maximum growth rate, b)은 암수 각각 3.515±0.119와 3.549±0.108로 추정되었으며, 암수 간의 유의한 차이는 없었다($p>0.05$). 성장하는 동안 귀길이나 뒷발길이의 실측값에 대한 Gompertz 모형 추정값들에서 또한 암수 간의 유의한 차이는 없었다(EL, $p>0.05$; HFL,

$p>0.05$). 반면에 머리-몸통길이나 꼬리길이의 실측값에 대한 Gompertz 모형 추정값들은 암수 비교에서 유의한 차이를 보였다. 먼저 머리-몸통길이의 실측값을 Gompertz 모형을 적용하였을 때, 수컷은 암컷보다 성장률(b)가 유의하게 높았고(F, 1.351±0.065; M, 1.435±0.085, $p<0.05$), 최고 성숙 길이(A) 또한 수컷이 182.830±4.319mm로 암컷(164.840±7.453mm)보다 유의하게 높았다($p<0.0001$). 변곡점(I)과 변곡점에서의 길이(Wti)는 암수 각각 5.121±0.318일 및 60.306±1.992mm, 5.520±0.333일 및 67.859±1.330mm로 암컷이 수컷보다 변곡점에 빨리 도달하고($p<0.05$), 변곡점에서의 길이(Wti)는 수컷이 암컷보다 길게 나타났다($p<0.0001$). 하지만 성숙률(k)은 유의하지 않았다(F, 0.058±0.007; M, 10.065±0.007, $p>0.05$). 꼬리길이의 경우, 성장률(b)는 유의하지 않았지만(F, 2.374±0.080; M, 2.301±0.099, $p>0.05$), 최고 성숙 길이(A)는 암수 각각 105.695±5.938mm과 94.150±2.507mm로 유의하게 차이를 보였다($p<0.001$). 모형에 의해 추정된 변곡점(I)은 암수 각각 11.550±1.128일과 10.794±0.473일로 암수 간 도달 일령의 차이는 유의하지 않았지만($p>0.05$), 변곡점에서의 길이(Wti)는 유의하였다(F, 38.883±2.185mm, M, 34.636±0.922mm, $p<0.001$)(Table 6; Figure 2).

Logistic 모형을 이용하여 추정한 개체별 성장곡선 모수와 성장 특성치의 성별 평균치를 비교한 결과, Gompertz 모형과 동일하게 체중, 귀길이, 뒷발길에서 성숙 체중 또는 길이(A), 성장률(b), 변곡점(I), 변곡점에서의 성숙 체중 또는 길이(Wti) 등 모형에 따른 추정값들은 모두 유의하지 않았다. 하지만 머리-몸통길이는 변곡점에서의 성장률(b), 최고 성숙 길이(A), 변곡점(I)과 변곡점에서의 길이(Wti)는 모두 유의하였고($p<0.0001$, $p<0.0001$, $p<0.05$, $p<0.05$), 꼬리길에서 최고 성숙 길이(A)와 변곡점에서의 길이(Wti)는 유의하였다($p<0.05$, $p<0.05$)(Table 7; Figure 2).

Table 8은 성별에 따른 일령에 대한 실제 체중 및 외부형태형질을 두 모형에 적용한 추정값들로 출생 직후, 이유 및 성체시기의 평균과 표준오차를 표시하였다. 출생 직후 체중과 성체 실제 체중은 두 모형의 추정 체중과 비슷하게 추정되었지만, 이유시점에서는 실제 체중이 추정 체중보다 다소 높았다. 머리-몸통길이의 실측값과 두 모형을 비교하면, 출생 직후와 성체 시기에는 거의 차이가 없었지만, 이유 시기에는 Gompertz 모형과 유사하였고, Logistic 모형과는 큰 차이를 보였다. 귀길에서 출생 직후, 성체길이는 거의 차이가 없었고, 이유 시기에서 실측값과 두 모형 추정값의 암수 차이는 거의 없었지만, 암수 모두 실제 측정값보다는 Gompertz 모형이 다소 높았고, 이보다는 Logistic 모형이 더 높았다. 반면에 뒷발길에서 이유시기의 Gompertz 모형 추정값이 작았고, 실측값보다는 Logistic 모형이 높게

Table 6. Estimates of growth curve parameters of body mass, head and body, tail, hind foot and ear(mean±SE) for *Tscherskia triton* using Gompertz model

	Gompertz model		Significance ^a
	Female	Male	
Body Weight(g)			
Weight at inflection(Wti; g)	44.262±3.428	47.491±4.664	NS
Asymptotic weight(A; g)	120.318±9.318	129.094±12.679	NS
Infection age(I; days)	27.463±4.382	28.320±1.447	NS
Maximum growth rate(b)	3.515±0.119	3.549±0.108	NS
Growth constant(K; days)	0.047±0.008	0.045±0.002	NS
Head and body length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	60.306±1.992	67.859±1.330	***
Asymptotic length(A; mm)	164.840±7.453	182.830±4.319	***
Infection age(I; days)	5.121±0.318	5.520±0.333	*
Maximum growth rate(b)	1.351±0.065	1.435±0.085	*
Growth constant(K; days)	0.058±0.007	0.065±0.007	NS
Tail length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	38.883±2.185	34.636±0.922	**
Asymptotic length(A; mm)	105.695±5.938	94.150±2.507	**
Infection age(I; days)	11.550±1.128	10.794±0.473	NS
Maximum growth rate(b)	2.374±0.080	2.301±0.099	NS
Growth constant(K; days)	0.076±0.007	0.077±0.002	NS
Ear length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	7.049±0.165	7.046±0.044	NS
Asymptotic length(A; mm)	19.161±0.448	19.152±0.121	NS
Infection age(I; days)	7.420±0.927	6.867±0.208	NS
Maximum growth rate(b)	2.209±0.100	2.235±0.137	NS
Growth constant(K; days)	0.197±0.271	0.117±0.010	NS
Hind foot length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	10.460±0.203	10.637±0.068	NS
Asymptotic length(A; mm)	28.359±0.545	28.914±0.185	NS
Infection age(I; days)	4.838±0.161	4.862±0.121	NS
Maximum growth rate(b)	1.374±0.047	1.377±0.034	NS
Growth constant(K; days)	0.065±0.007	0.066±0.005	NS

^a NS: not significant; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.001$; ***: $p < 0.0001$

Table 7. Estimates of growth curve parameters of body mass, head and body, tail, hind foot and ear(mean±SE) for *Tscherskia triton* using Logistic model

	Logistic model		Significance ^a
	Female	Male	
Body Weight(g)			
Weight at inflection(Wti; g)	61.649±6.211	63.039±6.464	NS
Asymptotic weight(A; g)	123.310±12.436	126.080±12.927	NS
Infection age(I; days)	37.183±5.835	38.412±2.014	NS
Maximum growth rate(b)	33.624±4.407	33.509±4.106	NS
Growth constant(K; days)	0.096±0.013	0.091±0.003	NS
Head and body length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	81.965±2.708	91.415±2.159	**
Asymptotic length(A; mm)	163.936±5.415	182.840±4.333	**
Infection age(I; days)	6.884±0.336	7.503±0.453	*
Maximum growth rate(b)	2.870±0.253	3.211±0.635	*
Growth constant(K; days)	0.152±0.009	0.155±0.006	NS
Tail length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	55.714±7.458	46.975±1.074	*
Asymptotic length(A; mm)	111.609±14.881	93.960±2.150	*
Infection age(I; days)	14.431±2.453	14.641±0.659	NS
Maximum growth rate(b)	9.150±2.184	8.917±1.132	NS
Growth constant(K; days)	0.151±0.006	0.150±0.003	NS
Ear length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	9.567±0.224	9.467±0.235	NS
Asymptotic length(A; mm)	19.155±0.439	19.140±0.134	NS
Infection age(I; days)	9.885±0.919	9.332±0.283	NS
Maximum growth rate(b)	8.139±0.887	8.416±1.286	NS
Growth constant(K; days)	0.213±0.017	0.227±0.019	NS
Hind food length(mm)			
Length at inflection(Wti; mm)	14.180±0.273	14.457±0.093	NS
Asymptotic length(A; mm)	28.382±0.545	28.900±0.187	NS
Infection age(I; days)	6.468±0.166	6.608±0.164	NS
Maximum growth rate(b)	2.957±0.184	2.963±0.131	NS
Growth constant(K; days)	0.167±0.010	0.164±0.007	NS

^a NS: not significant; *: $p < 0.05$; **: $p < 0.0001$

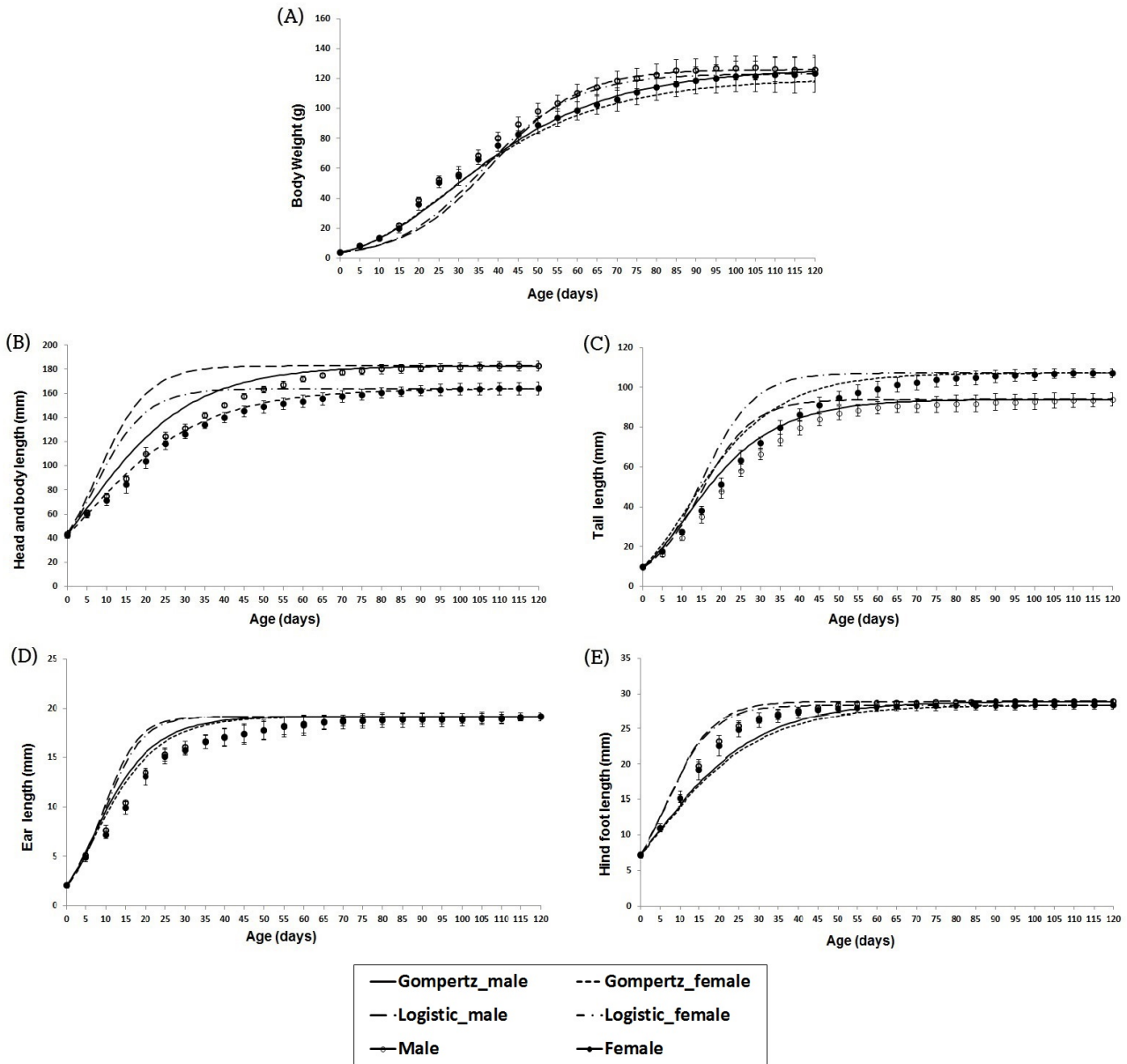


Figure 2. Estimates of growth curves of *Tscherskia triton* using Gompertz and Logistic model: (A) body weight(BW); (B) head and body length(HBL); (C) tail length(TL); (D) Ear length(EL) and (E) hind foot length(HFL)

추정되었다. Gompertz와 Logistic 모형에 따른 체중, 머리-몸통길이, 꼬리길이, 귀길이, 뒷발길이 등의 적합도 검정을 위한 오차평균 제곱합(mean square error, MSE)에 대한 결과는 Table 9에 제시한 것처럼 비단털쥐의 성장곡선을 추정하는 데는 오차평균 제곱합의 값이 작은 Gompertz 모형이 Logistic 모형에 비해 적합도가 높았다.

결론적으로 비단털쥐의 사육과 번식에 대한 연구를 통하

여 임신기간은 약 22일이고, 한 배의 산자수는 평균 4마리 정도 출산하는 것을 알 수 있었다. 번식 주기는 사육환경에서 1년 내내 이루어질 수 있지만 주로 높은 출산률을 보인 시기는 6-10월로 나타났다. 야생 상태에서 1년에 두 번 정도의 번식기를 보내는 비단털쥐과나 쥐과와는 다른 결과를 보였으나, 이는 사육 상태에서 먹이와 번식조건이 양호할 경우 지속적인 출산이 가능함을 보여주는 결과로 판단된다.

Table 8. Observed and estimated five differences in body size for 8 males and 14 females *Tscherskia triton* at birth, weaning (21days old), and 4 months of age

	Sex	Age	Observed (mean±SE)	Estimated (mean±SE)	
				Gompertz	Logistic
Body mass (g)	F	Birth	3.6±0.26	3.6±0.1	3.6±0.08
		21	38.2±3.30	32.1±1.9	23.0±1.8
		120	123.3±12.42	118.2±2.7	123.2±3.9
	M	Birth	3.7±0.11	3.7±0.1	3.7±0.05
		21	41.6±1.89	39.9±0.9	21.3±0.60
		120	126.1±12.93	126.1±3.7	126.0±5.77
Head and body length (mm)	F	Birth	42.48±2.40	42.48±0.72	42.48±0.72
		21	106.50±6.02	110.26±2.23	146.81±1.77
		120	163.93±5.42	163.67±1.66	163.93±1.63
	M	Birth	43.60±2.69	43.6±1.2	43.60±1.2
		21	113.34±4.72	126.7±3.0	162.60±1.86
		120	182.83±4.32	182.7±2.0	182.83±1.9
Tail length (mm)	F	Birth	10.03±0.79	10.03±0.25	10.03±0.79
		21	53.22±3.45	66.69±1.39	75.77±1.10
		120	107.23±3.25	107.19±1.03	107.22±1.03
	M	Birth	9.46±0.90	9.46±0.40	9.46±0.40
		21	50.34±3.42	59.66±0.85	67.76±1.17
		120	93.95±2.15	93.93±0.96	93.95±0.96
Ear length (mm)	F	Birth	2.11±0.19	2.09±0.06	2.11±0.06
		21	13.67±1.14	15.33±0.39	17.52±0.12
		120	19.13±0.43	19.15±0.13	19.16±0.14
	M	Birth	2.07±0.30	2.07±0.13	2.07±0.13
		21	13.79±0.33	15.79±0.15	17.87±0.10
		120	19.15±0.12	19.15±0.05	19.15±0.05
Hind foot length (mm)	F	Birth	7.19±0.42	7.19±0.13	7.19±0.13
		21	23.18±1.25	20.03±0.29	26.05±0.21
		120	28.36±0.62	28.34±0.19	28.36±0.19
	M	Birth	7.30±0.23	7.30±0.10	7.30±0.10
		21	23.66±0.73	20.44±0.28	26.42±0.13
		120	28.91±0.19	28.90±0.09	28.91±0.08

Table 9. Residual mean squares for growth models in body weight, head and body length, tail length, ear length and hind foot length for 8 males and 14 females *Tscherskia triton*

Sex	Gompertz model					Logistic model				
	BW	HBL	TL	EL	HFL	BW	HBL	TL	EL	HFL ^a
Female	0.5336	0.4924	2.1064	0.0642	0.0811	1.9387	19.0640	5.0520	0.1727	0.1316
Male	1.3745	3.3670	1.2547	0.0699	0.0773	3.0117	28.7713	3.0509	0.1765	0.1324

^a BW, body weight; HBL, head and body length; TL, tail length; EL, Ear length; HFL, hind foot length.

비단털쥐과 또는 쥐과에 속하는 개체들과 동일하게 비단털쥐도 출생 시 털이 없는 상태로 태어나지만, 비단털쥐가 다른 종에 비해 털이 나는 시기는 비교적 빠른 편이었다(2-3일 vs. 5-10일). 비단털쥐의 이유시기 또한 비단털쥐과 또는 쥐과에 속하는 종들보다 빠른 편이었다(19.2±1.4일 vs. 20-30일). 대부분의 설치류는 출생 시 위아래 앞니가 없이 태어난 후 약 9-12일 정도에 앞니가 생기지만, 일반적인 햄스터의 경우 위아래 앞니를 가지고 태어난다(Ross and Cameron, 1989). 체중 및 외부형태 형질의 비교에서 비단털쥐는 일반적으로 햄스터로 알려진 비단털등줄쥐속보다는 크기가 크고, 오히려 랫으로 알려진 집쥐속과 유사하였다. 비단털쥐는 위아래 앞니를 가지고 출생하므로 햄스터와 유사하며, 대부분의 설치류와는 확연히 구분되었다. 또한 등과 배, 앞뒷발 등 몸에 털이 나는 시기가 다른 비단털쥐과와 쥐과에 비하여 매우 빠르다는 점, 그리고 위아래 앞니를 가지고 태어나는 점 등은 비단털쥐만의 종적 특성이라 볼 수 있다.

REFERENCES

- Creighton, G.K. and R.E. Strauss(1986) Comparative patterns of growth and development in cricetine rodents and the evolution of ontogeny. *Evolution* 40(1): 94-106.
- Daly, M.(1976) Behavioral development in three hamster species. *Development psychobiology* 9(4):315-323.
- D'Andrea, P.S., C. Horta, R. Cerqueira and L. Rey(1996) Breeding of the water rat (*Nectomys squamipes*) in the laboratory. *Laboratory Animals* 30(4): 369-376.
- Han S.H., B.J. Kim, H.J. Kim, S.G. Lee and J.H. Ahn(2011) National list of species of Korea (Vertebrates). National Institute of Biological Resources, Incheon, 340-346. (in Korean)
- Hodara, V.L., M.B. Espinosa, M.S. Merani and C. Quintans(1989) *Calomys laucha* (Rodentia, Cricetidae): growth and breeding in laboratory conditions. *Laboratory animals* 23(4): 340-344.
- IUCN(2016) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2016-3. Available at: www.iucnredlist.org.
- Jackson, T.P. and R.J. Van Aarde(2003) Sex-and species-specific growth patterns in cryptic African rodents, *Mastomys natalensis* and *M. coucha*. *J. Mammalogy* 84(3): 851-860.
- Jo, Y.S.(2015) Mammals of Korea: Conservation and management. Ph. D. thesis. Texas Tech Univ., Texas, U.S.A., 703pp.
- Jo, Y.S., T.W. Kim, B.J. Choi and H.S. Oh(2012) Current status of terrestrial mammals on Jeju Island. *J. Spec. Res.* 1(2): 249-256.
- Koh, H.S., J. Eger, J.G. Oh, B. Lim, B.K. Lee, K.H. Jang, S.T. In, J.H. Lee, K.S. Kim and G.H. Kweon(2013) Genetic distinctiveness of the greater long-tailed hamster, *Tscherskia triton nestor* (Rodentia: Mammalia), from Jeju Island, Korea: cytochrome oxidase I and cytochrome b sequence analyses. *Animal Cells and Systems* 17(1): 31-35.
- Layne, J.N.(1968) Ontogeny. In (King, J. A. ed.) *Biology of Peromyscus*. pp. 148-253. Amer. Soc. Mamm., Spec. Publ., Lawrence.
- Lin, L.K., T. Nishino and S. Shiraishi(1993) Postnatal growth and development of the Formosan wood mouse *Apodemus semotus*. *J. Mamm. Soc. Japan* 18(1): 1-18.
- Merani, M.S. and M.S. Lizarralde(1980) *Akodon molinae* (Rodentia Cricetidae), a new laboratory animal: breeding, management and reproductive performance. *Lab. Anim.* 14(2): 129-131.
- Miljutin, A.(2011) Trends of specialisation in rodents: the hamsters, subfamily Cricetinae (Cricetidae, Rodentia, Mammalia). *Acta Zoologica Lituanica* 21(3): 192-206.
- Musser, G.G. and M.D. Carleton(2005) Superfamily Muroidea. In: Wilson, D.E. and D.M. Reeder. *Mammal Species of the World* (3rd ed.). Johns Hopkins University Press, Baltimore, 894-1531.
- Nelder, J.A.(1961) The fitting of a generalization of the logistic curve. *Biometrics* 17(1): 89-110.
- Oh, H.S. and T. Mori(1998a) Growth, development and reproduction in captive of the large Japanese field mouse, *Apodemus speciosus* (Rodentia, Muridae). *J. Fac. Agr. Kyushu Univ.* 43(3-4): 397-408.
- Oh, H.S. and T. Mori(1998b) Reproduction, growth and development of the Korean striped field mouse, *Apodemus agrarius chejuensis*. *Mammalian Science* 38(1): 23-37. (in Japanese and English abstract)
- Porter, G. and A. Lacey(1969) Breeding the Chinese hamster (*Cricetulus griseus*) in monogamous pairs. *Lab. Anim.* 3(1): 65-68.
- Scharff, A., S. Begall, O. Grütjen and H. Burda(1999) Reproductive characteristics and growth of Zambian giant mole-rats, *Cryptomys mechowii* (Rodentia: Bathyergidae). *Mammalia* 63(2): 217-230.
- Strenio, J. F., H.I. Weisberg, and A.S. Bryk (1983) Empirical Bayes estimation of individual growth-curve parameters and their relationship to covariates. *Biometrics* 71-86.
- Wang, S., H. Yang and S. Hao(1996) Activity range, activity rhythm and food preference in rat-like hamsters (*Cricetulus triton*). *Chinese Journal of Zoology* 31: 28-31. (in Chinese and English summary)
- Wang, Y.Q., Z.B. Zhang and L.X. Xu(2002) The genetic diversity of central and peripheral populations of rat-like hamster (*Cricetulus triton*). *Chinese Sciences Bulletin* 47: 201-206.

- Winsor, C.P.(1932) The Gompertz curve as a growth curve. Proc. Nati. Aacd. Sci. 18(1): 1-8.
- Won, P.H.(1964) Studies on the ecological observation of rodentia in Manchuria and Korea (Part I). Dongguk University Research Bulletin 1: 331-422.
- Won, P.H.(1967) Illustrated Encyclopedia of Fauna and Flora of Korea Volume 7 Mammals. Ministry of Education, Seoul, 659pp. (in Korean)
- Won, P.H. and H.P. Lee(1969) Studies on the ecological observation of rats in Korea. The Dongguk University Journal of Agriculture and Forestry Science 3: 89-113. (in Korean)
- Won, P.H. and J.I. Lee(1975) Studies on the ecological observation of *Cricetulus triton nestor*. Dongguk University Research Bulletin 5: 271-291. (in Korean)
- Xie, J. and Z.B. Zhang(2005) Mitochondrial DNA phylogeography of populations of *Cricetulus triton* in the North China Plain. J. Mammalogy 86(4): 833-840.
- Xie, J. and Z. B. Zhang(2006) Genetic diversity decreases as population density declines: implications of temporal variation in mitochondrial haplotype frequencies in a natural population of *Tscherskia triton*. Integrative Zoology 1(4): 188-193.
- Yoon, M.H., S.H. Han, H.S. Oh and J.K. Kim(2004) The Mammals of Korea. Dongbang Media, Seoul, 102-141. (in Korean)
- Zhang, Z.B., L. Hinds, G. Singleton and Z.W. Wang(1999) Rodent Biology and Management; Abstracts of papers presented at the International Conference on Rodent Biology and Management, held at Beijing, China, 5-9 October 1998, 146pp.