

발신기 삽입시 발신기 무게가 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*)와 까치살모사(*Gloydius saxatilis*)의 생존에 미치는 영향

도민석 · 심재한* · 최영민** · 유정철+

경희대학교 생물학과

* 한국 양서·파충류 생태복원 연구소

** 우성동물의료센터

Effect of weight of radio-transmitters on survival of Red-tongue viper snake (*Gloydius ussuriensis*) and Short-tailed viper snake (*Gloydius saxatilis*) in the radio-transmitter implantation

Min-Seock Do · Jae-Han Shim* · Young-MinChoi** · Jeong-ChilYoo+

Department of Biology, Kyung Hee University

* Korean Herpetofauna Ecological Research Institute

** Woo Sung Animal Medical Center

요 약

한국에 서식하는 뱀목(Squamata) 중 살모사과(Viperidae)에 속하는 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*)와 까치살모사(*Gloydius saxatilis*)를 대상으로 무선추적기법을 이용한 행동권 연구를 수행하기 위해 모든 개체에게 체중 대비 5% 이내의 발신기를 삽입하였다. 쇠살모사 5개체, 까치살모사 6개체 총 11개체를 대상으로 발신기 삽입수술을 시행한 결과 쇠살모사의 경우 체중 대비 발신기 무게 비율은 평균 4.2%였으며, 까치살모사의 경우 평균 2.2%였다. 발신기삽입 후 회복기간 동안 까치살모사는 모두 생존한 반면 쇠살모사는 전체 5개체 중 4개체가 생존하지 못해 생존율이 20% 밖에 되지 않았다. 이전의 선행 연구들에서는 체중 대비 발신기 무게 비율을 1-7%까지 다양하게 권고하고 있지만, 이번 연구결과는 쇠살모사와 까치살모사의 행동생태 연구에서 이용되는 몸무게에 대한 발신기 무게 비율은 최소 3.6% 이내로 정해야 안전하다는 것을 보여준다.

핵심용어 : 무선추적기법, 발신기, 까치살모사, 쇠살모사

Abstract

In order to study the home range of the red-tongue viper snake (*Gloydis ussuriensis*) and the short-tailed viper snake (*Gloydius saxatilis*) belonging to the viperidae of squamat in Korea, we implanted radio-transmitters which were weighed less than 5% of individual mass in them and traced their location by radio-tracking. Surgeries for transmitter insertion were performed on 5 red-tongue viper snakes and 6 short-tailed viper snakes (total 11 individuals) and the average ratio of transmitter mass to body mass were 4.2% and 2.2%, respectively. After radio-transmitter implantation, all short-tailed viper snakes survived but 4 out of 5 red-tongue viper snakes did not survive during the convalescence stage, showing only 20% of survival rate. The results suggest that the ratio of transmitter mass to body mass should be less than 3.6% at least in these species, although previous studies have recommended various ranges from 1% to 7% as the acceptable ratios.

Keywords : Radio-tracking, Radio-transmitter, Short-tailed viper snake, Red-tongue viper snake

+ Corresponding author : jcyoo@khu.ac.kr

1. 서론

행동학적으로 동일한 개체의 정확한 위치추적은 연구종의 행동권(Home range), 이동(Movement), 서식지 이용(Habitat use), 유생의 분산(Dispersion of juveniles)뿐만 아니라 생리적인 측면(Physiology aspects)에서도 많은 가치 있는 정보를 제공하며 (Boarman et al., 1998), 이러한 정보를 얻기 위해 표식-재포획기법(Mark-Recapture)이나 무선추적기법(Radio tracking)과 같은 방법을 사용한다(White and Garrot, 1990). 무선추적기법은 발신기와 수신기, 안테나를 이용하여 개체에게 삽입된 발신기의 신호를 송신 받아 위치를 추적하는 방법이다(Mader, 2005). 이러한 무선추적기법은 실험 개체들을 다시 찾을 확률이 기존의 표식-재포획기법 보다 확실히 높기 때문에 최근에 와서는 특히 뱀의 이동 및 분산에 대한 연구에서 보편화되어 사용되고 있으며, 이에 따라 이전보다 더 가볍고 작은 발신기가 개발되고 있다(Mech, 1986; White and Garrot, 1990; Rouse et al., 2011).

일반적으로 뱀의 경우, 무선추적기법을 이용하여 대상개체에게 발신기를 삽입하는 방법은 크게 두 가지로, 몸의 외부에 발신기를 부착하는 방법(Tozetti and Martins, 2007)과 내부에 삽입하는 방법을 이용한다. 대부분의 무선추적을 이용한 선행연구에서는 몸의 내부에 발신기를 삽입하는 무선추적기법을 이용하며, 주로 발신기를 피하 또는 복강에 삽입하는 수술 방법(Reinert and Cundall, 1982)을 이용한다. 그리고 회복기간을 거쳐, 개체를 조사지역에 방사하여 수신기와 안테나를 이용해 개체에게 삽입된 발신기의 신호를 송신 받아 위치를 추적한다(Mattison, 1995). 따라서 기본적으로 발신기 삽입 수술방법을 이용한 연구에서는 발신기 삽입이 연구 동물의 생존에 영향을 미치지 않는다는 가정 하에 연구를 진행해야 한다(Gursky, 1998; Millspaugh and Marzluff, 2001). 그러나 회복기간과 방사한 기간 동안 삽입된 발신기로 인해 개체들은 에너지 소모의 증가, 자유롭지 못한 움직임, 염증과 감염으로 인한 질병의 유발, 잦은 긴장감과 스트레스와 같은 부정적인 결과를 가져올 수 있으며 특히, 발신기의 부적절한 무게는 번식성공률과 개체의 생존에 영향을 줄 수 있다(e.g. Karesh, 1989; Olsen et al., 1992; Rudolph et al., 1998; Murray and Fuller, 2000; Godfrey et al., 2003; Lentini et al., 2011).

이러한 이유들로 인하여 많은 연구결과들은 실험 개체의 체중에 대한 발신기무게비율을 분류군에 상관없이 10% 를 넘지 않도록 권고한다. 이와 같은 예로,

포유류와 조류의 경우 전체체중에 대한 발신기 무게 비율을 5% 이내(Kenward, 1987; White and Garrott, 1987)로 권고하고 있으며, 곤충의 경우 10% 이내(Cant et al., 2005), 어류의 경우 2% 이내(Winter, 1983), 양서류의 경우 10% 이내(Richards et al., 1994; Jehle and Arntzen, 2000)로 분류군마다 다양하게 권고하고 있다. 파충류인 뱀의 경우, 발신기 삽입 수술을 이용한 여러 선행연구들에서 대상개체의 전체 체중에 대한 발신기무게비율을 적게는 1% 에서 많게는 7% 이내 까지 권고하고 있다(e.g. Karesh, 1989; Charlandv and Gregory, 1990; Hardy and Greene 1999; Brito, 2003; Shine et al., 2003; Weatherhead and Demers, 2004; Mader, 2005).

현재까지 국내에서 뱀에게 발신기를 삽입한 사례로는 무자치(*Elaphe rufodorsata*)와 구렁이(*Elaphe scherenckii*)를 이용한 연구들이 있었으며, 이 연구들에서 전체 체중에 대한 발신기 무게 비율은 각각 4.4% 이내(*E. rufodorsata*: Lee et al., 2011), 3.1% 이내(*E. scherenckii*: Lee, 2011), 2.3% 이내 (*E. scherenckii*: Kim, 2012)를 넘기지 않았으며, 이를 통하여 성공적인 무선추적 연구를 수행하였다. 위의 연구사례에서 보듯이 무선추적연구의 성공적인 수행을 위하여 연구 대상종의 생존에 영향을 끼치지 않는 적절한 발신기의 무게에 대한 정보를 얻는 것이 중요하다. 따라서 본 연구는 살모사속(*Gloydius*)에 속하는 쇠살모사(*Gloydius ussuriensis*)와 까치살모사(*Gloydius saxatilis*) 2종을 대상으로 발신기 삽입 수술 이후 회복기간 동안 이들의 생존 여부를 통해 대상종에 대한 적절한 발신기 무게의 범위를 알아보려고 한다.

2. 재료 및 방법

2.1 연구 종 및 생태학적 특징

일반적으로 뱀목은 15개의 과로 나누어져 있으며, 약 2900종이 존재하고 있다(Trauth et al., 2004). 이중 살모사과(Viperidae)는 20-27개의 속에 약 230종이 존재하며, 2개; Viperinae (True viper), Crotalinae(Pit viper)의 아과로 나뉜다(McDermid et al., 1999). 살모사과(Viperidae)는 한 쌍의 긴 독니를 가지고 있으며, 독니의 형태적 구조는 흠통이 완전한 관아류(Solenoglyphs)로써, 대부분 정교한 독의 주입 체계를 가지고 있다(Bauchot et al., 1994). 국내의 살모사 3종이 속해있는 Crotalinae(Pit viper)는 눈과 코 사이에 0.001°C의 미세한 온도변화를 감지할 수 있는 열감지기관인 한 쌍의 피트기관(Pit organ)을 가지고 있어,

동물의 체온을 감지해 먹이를 찾을 때 이용한다(Chris Mattison, 1995). 현재 국내에서 파충강(Reptilia), 유린목(Squamata), 뱀아목(Serpentes), 살모사과(Viperidae), 살모사아과(Crotalinae), 살모사속(*Gloydius*)에 속하는 종은 총 3종으로 살모사(*G. brevicausus*), 쇠살모사(*G. ussuriensis*), 까치살모사(*G. saxatilis*)가 서식하고 있다(Shim et al., 1998; Lee, 2007).

쇠살모사(*G. ussuriensis*)의 경우, 한국, 중국, 러시아 등지에 분포하며, 살모사 3종 중에 가장 몸체가 작으나 행동이 가장 민첩하다. 주로 저지대의 계곡과 논습지에서 서식하고 있으며, 3월경 동면에서 깨어나 4월부터 활동을 개시하고 활동기의 최적온도는 24-28°C 정도이다. 짝짓기 시기는 8-9월이며, 짝짓기를 하여 수정된 알은 생식기내에 보관되어 어미와 함께 겨울을 보내고, 이듬해 8월초에 6-12마리의 새끼로 태어난다. 맹독성의 독을 가지고 있으며, 독성분에는 혈액성독(Hematoxin)과 세포성독(Cytolysin)을 함유하고 있고, 살모사류 3종에서 단백질을 분해하는 독성성분이 가장 강한 것으로 밝혀졌다(Shim et al., 1998).

까치살모사(*G. saxatilis*)의 경우, 제주도를 제외한 한국 전 지역, 러시아, 중국북부, 몽고 등지에 분포하며, 살모사나 쇠살모사에 비해 몸이 굵고 크다. 한국에서는 주로 능선주변이나 산림주변의 계류나 고산지대에 서식하고 있으며, 4월부터 활동을 개시한다. 또한 쇠살모사와 마찬가지로 이듬해 8월부터 3-8마리의 새끼를 산란하고 10월이면 동면에 들어간다(Zhao, 1998). 맹독성의 독을 가지고 있으며, 독성분에는 세포성독(Cytolysin)을 포함해 살모사와 쇠살모사와는 다

른 성분인 투명하고 무색의 신경성독(Neurotoxin)을 보유하고 있다(Shim et al., 1998).

2.2 채집 및 측정

본 연구를 위하여 쇠살모사와 까치살모사는 2012년 5월부터 10월까지 경기도 남양주시 화도읍에 위치한 천마산군립공원(37° 40'50"N, 127° 16'22"E)에서 까치살모사 6개체와 쇠살모사 5개체를 채집하였다. 채집 당시 개체들의 건강상태는 모두 양호하였으며, 형태적 기형이나 습성상 이상행동은 발견되지 않았다. 포획한 뱀은 실험실로 대려와 최소 0.1g과 0.1cm단위로 개체의 무게(Mass), 전체길이(Total Length), 몸통길이(Snout-Vent Length, SVL)를 측정하였다. 또한 연구종의 생존에 따른 적절한 발신기 무게의 범위를 알아보기 위해 Hardy and Greene(1999)가 권고한 방법에 따라 발신기의 무게를 전체체중에 대하여 5% 이내를 넘지 않도록 하였다(Diffendorfer et al., 2005; Tozetti et al., 2009; Klug et al., 2011; Wasko and Sasa, 2012). 삽입된 발신기(PD-2, Holohil Systems®, Fig. 1)의 무게는 3.8g이었고 전체 체중에 대한 발신기 무게 비율은 0.1% 단위로 측정하였으며, 측정된 모든 값은 소수점 둘째 자리에서 반올림하였다. 확인을 마친 뱀들은 수의사에게 맡겨져 Reinert and Cundall(1982)의 방법을 참고하여 총 11개체에 4차례(*G. saxatilis* : S, *G. ussuriensis* : U; 7월 16일 : S1, S2, U1, U2, U3; 7월 21일 : S3, U4, U5; 8월 17일 : S4, S5; 9월 5일 : S6)에 걸쳐 발신기를 개체의 피하에 삽입하였다(Table 1, Fig. 1).



Fig. 1. Radio transmitter(s) being surgically implanted to the Red-tongue viper snake(*Gloydius ussuriensis*) and the Short-tailed viper snake(*Gloydius saxatilis*) captured in the field. (A) Veterinarians implanting radio transmitter(s), (B) A radio transmitter(PD-2, Holohil Systems®) used in the experiment, (C) The Red-tongue viper snake(*Gloydius ussuriensis*) being operated on, (D) The Red-tongue viper snake(*Gloydius ussuriensis*, ID: U1) released after surgery.

Table 1. Identification number, sex, species, total length (TL), snout-vent length (SVL), body mass, transmitter ratio of body mass, fate survival period (SP) of each snake in the study

ID	Sex	Species	TL (CM)	SVL (CM)	Mass (g)	Ratio*(%)	SP	Fate
S1	M	<i>Gloydius saxatilis</i>	76.5	67.0	187.6	2.0	> 7day	Survival
S2	M	<i>Gloydius saxatilis</i>	72.0	62.5	233.0	1.6	> 7day	Survival
S3	F	<i>Gloydius saxatilis</i>	75.0	69.0	271.1	1.4	> 7day	Survival
S4	F	<i>Gloydius saxatilis</i>	64.0	59.5	121.0	3.1	> 7day	Survival
S5	M	<i>Gloydius saxatilis</i>	63.5	55.0	105.0	3.6	> 7day	Survival
S6	M	<i>Gloydius saxatilis</i>	78.0	67.0	238.1	1.6	> 7day	Survival
U1	F	<i>Gloydius ussuriensis</i>	57.0	50.0	105.4	3.6	> 7day	Survival
U2	M	<i>Gloydius ussuriensis</i>	51.0	44.0	80.4	4.7	1day	Death
U3	F	<i>Gloydius ussuriensis</i>	55.0	47.5	84.2	4.5	3day	Death
U4	F	<i>Gloydius ussuriensis</i>	53.5	47.0	101.8	3.7	2day	Death
U5	F	<i>Gloydius ussuriensis</i>	53.0	46.5	83.3	4.6	2day	Death

* Ratio = mass of transmitter/mass of individual x 100

2.3 발신기삽입수술

발신기 삽입 수술의 과정은 E.O Gas Sterilizer (E-300, Delta Medical Co.)을 통해 발신기를 38℃에서 5시간 동안 멸균을 시키고 15시간동안 세정시켰다. 삽입 수술을 시행하기 전 까치살모사와 쇠살모사를 Containment Box에 가두어 소형동물마취기(Vetia, J&Tec Co. Ltd.)와 연결해 흡입마취제인 아이프란액(Isoflurane, Hanapharm Co. Ltd.) 4% 도입마취를 실시하였으며, 이후 마취가 된 개체는 Containment Box에서 꺼내어 뱀의 두부와 몸의 상반부를 내경 1Inch의 Snake Containment Tube에 넣어 고정시킨 후 아이프란액 2%, 산소농도 1L/0.3 를 유지하였다. 이후 까치살모사와 쇠살모사는 심장박동 흐름 탐지기(Doppler Flow Detector, Parks Medical Electronics Inc.)를 이용하여 생존 상태를 확인하였고 관리용 손소독 브러쉬(헥시클렌 브러쉬액, SungKwang Co. Ltd.)를 이용해 수술부위 주변부를 소독한 후, 꼬리 측 끝에서 전체길이의 1/4 되는 지점의 피부를 절개하여 발신기를 삽입하였다. 발신기는 피하 내에서 움직이지 않도록 체내에서 분해되는 봉합사(AV447 4 - 0, SURGIFIT)를 이용하여 늑골에 고정한 후, 피부를 봉합하였다. 피부의 봉합을 마친 개체는 외과용 접착제(3M Vetbond, 3M Animal Care Products)를 이용해 봉합된 부위의 피부를 접착시켰다(Fig. 1).

2.4 회복

전체 체중에 대한 발신기무게비율에 따른 연구 대상종의 생존여부를 알아보기 위해 일주일간의 회복기

간 동안 1일 3회씩 개체들의 생존여부를 확인하였다. 발신기삽입수술을 마친 후 회복기간 동안의 관리방법은 Lee(2011)의 방법에 따라 각 개체 별로 격리시켜 28-30℃의 사육장(50cm×28cm×30cm)에서 일주일간 안정을 시켰다. 그리고 상처의 빠른 회복을 위해 3일 동안에는 물을 공급하지 않았으며, 하루에 1회씩 수술부위를 포비돈(Povidin, Green Pharm Co. Ltd.)과 에탄올(Ethanol, Green Pharm Co. Ltd.)로 소독하였다. 또한 외부로부터의 감염을 예방하기 위해 항생제인 바이트릴(Enrofloxacin, Bayer Co. Ltd., Reptile dosage = 0.1 cc/kg)을 24시간에 한번 씩 주사하였고, 소염제인 플루제식(Flunixin, Cilpa Ltd., Reptile dosage = 2.5cc/kg)을 72시간에 한번 씩 주사하였다. 회복기간 이후 생존한 개체의 상태가 양호할 경우 조사지역으로 방사시켜 주었다(Fig. 1).

3. 결과

3.1 형태적 특징 및 생존여부

까치살모사 6마리(n = 6)의 전체길이의 평균은 71.5cm(range = 63.5-78.0cm), SVL의 평균은 63.3cm(range = 55.0-69.0cm), 체중의 평균은 192.6g(range = 105.0-271.1g)이었고, 쇠살모사 5마리(n = 5)의 전체길이의 평균은 53.9cm(range = 51.0-57.0cm), SVL의 평균은 47.0cm(range = 44.0-50.0cm), 체중의 평균은 91.0g(range = 80.4-105.4g) 이었다(Table 1). 평균값의 결과 까치살모사가 쇠살모사에 비해 전체길이가 1.1배, SVL은 1.3배 높게 측정되었으며, 두 종에게 측정된 체중을 이용하여 몸 크기를 비교한 결과 까치살모

사의 크기가 쇠살모사의 크기보다 2.1배 높았다. 또한 발신기 삽입 수술을 마친 후 방사기간까지의 까치살모사 6마리는 모두 생존하였으며, 쇠살모사는 5마리 중 1마리만 생존하고 4마리는 생존하지 못했다(사망일; 7월 17일 : U2, 7월 19일 : U3, 7월 23일 : U4, U5, Table 1).

3.2 체중에 대한 발신기의 비율

까치살모사 6마리(n = 6)의 전체체중에 대한 발신기 무게의 평균비율은 2.2%(range = 1.4-3.6%)이었고,

쇠살모사 5마리(n = 5)의 전체체중에 대한 발신기 무게의 평균비율은 4.2%(range = 3.6-4.7%)이었다. 생존한 모든 개체(n = 7)에 대한 발신기 무게의 평균비율은 2.4%(range = 1.4-3.6%)이었으며, 이들은 전체체중에 대한 발신기 무게의 비율이 3.6% 이내에 속했다. 죽은 쇠살모사 4마리(n = 4)의 전체체중에 대한 발신기 무게의 평균비율은 4.4%(range = 3.7-4.7%)로 죽은 모든 개체에 대한 발신기 무게의 비율은 3.7% 이상이었다(Fig. 2).

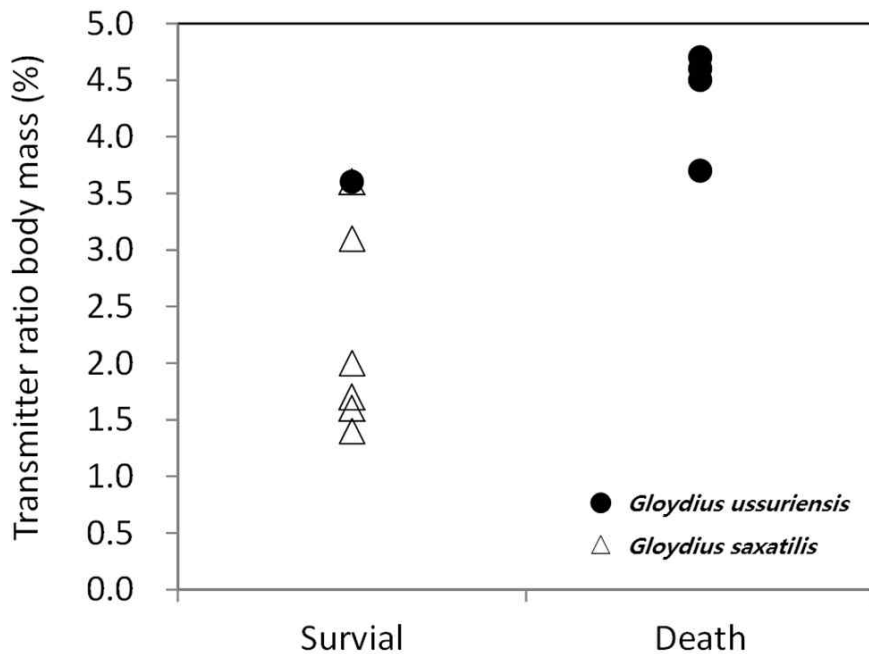


Fig. 2. Transmitter ratio of body mass of individuals determined by the survival results of two species

4. 고찰

본 연구는 발신기 삽입 수술 이후, 회복기간 동안에 이들의 생존 여부를 알아봄으로써 대상 종에 대한 적절한 발신기 무게의 범위를 알아보고자 쇠살모사와 까치살모사에게 Hardy and Greene(1999)가 권고한 방법에 따라 전체체중에 대한 5% 이내의 발신기를 삽입하였다. 두 종의 경우, 서로 간에 몸 크기의 차이를 보이고 있으며, 회복기간 동안의 생존 여부 역시 다르게 나타났다(Table 1).

총 11회의 발신기 삽입 수술 결과, 까치살모사는 실험개체가 모두 생존 했지만 쇠살모사의 경우, 대부분의 개체들이 회복기간 동안에 사망하였다(Table 1). 쇠살모사의 생존율이 까치살모사보다 낮은 이유는 전체체중에 대한 발신기 무게가 중요한 원인으로 작용

한 것으로 보인다. 즉, 쇠살모사의 발신기 무게가 전체체중에 차지하는 평균비율(4.2%)이 까치살모사의 전체체중에 대한 발신기 무게의 평균비율(2.2%)보다 1.9배 높았으며, 이것이 이들의 생존 여부의 차이에 영향을 주었다고 생각된다.

일반적으로 발신기 크기는 뱀의 장기(Organ)에 압박 및 손상의 피해를 가해 사망할 수 있게 만들 수 있으며(Ujvári and Korsós, 2000), 이로 인해 실험개체의 생존에 영향을 끼칠 수 있다고 생각된다. 그러나 본 연구의 경우, 다음과 같은 이유로 발신기의 크기가 실험개체들의 생존에 영향을 주지 않았다고 생각된다. 첫째, 본 실험의 수의사가 발신기 크기로 인한 장기손상을 막기 위해 기관의 위치를 고려해 발신기 전장의 1/4지점에 발신기를 삽입하였으며(Mader, 2005), 안테나의 길이의 경우, 폐 및 기타 여러 장기

의 손상을 막기 위해서, 개체에게 피해를 주지 않는 범위를 고려하여 안테나 길이를 조절하여 삽입 하였다. 둘째로, 일반적으로 뱀에게 발신기를 삽입하는 복강 삽입방법과 피하 삽입방법이 사용되고 있으며, 피하삽입의 경우 복강 삽입보다 출혈에 대한 위험이 적 으며 수술에 따른 안정성이 더 높다고 알려져 있다 (Reinert and Cundall, 1982). 이와 같은 이유로 본 연구에서도 피하 삽입방법을 사용하여 실험하였다. 따라서 본 실험의 경우, 발신기 크기가 뱀의 장기에 주는 영향은 미비할 것으로 예상된다. 더욱이, 수술 전 건강상태를 확인한 쇠살모사와 까치살모사를 이용하여, 수술 전·후 동일한 조건(수술을 담당한 의사, 수술방법, 수술 장비 및 장소, 주변 환경, 회복기간)에서 실험이 진행되었으며, 이러한 환경에서 3일의 회복 기간 동안 까치살모사는 모든 개체가 생존하였지만 쇠살모사의 경우 5개체 중 4개체가 사망하였다 (Table 1). 따라서 수술과정상 오류가 없었다고 생각 할 수 있으며, 만약 수술과정에 오류가 있어 쇠살모사와 까치살모사의 생존율에 영향이 생겼었다면 쇠살모사 뿐만 아니라 까치살모사 역시 사망한 개체가 발생했을 것으로 예상할 수 있다. 결과적으로 쇠살모사의 사망원인은 수술과정과 주변환경에 따른 원인이 작용했을 가능성이 적다고 예상된다.

실험종을 대상으로 생존에 영향을 미치지 않는 적절한 발신기무게의 범위를 알아보기 위하여 실험 중 중에서 2.5-5.0% 사이의 발신기무게비율을 가지고 있는 7개체(ID : S4, S5, U1, U2, U3, U4, U5)를 비교해 본 결과, 까치살모사의 경우에는 2개체(S4: 3.1%, S5: 3.6%)가 모두가 생존한 반면, 쇠살모사는 1개체(U1: 3.6%)만이 생존하였고 4개체(U2: 4.7%, U3: 4.5%, U4: 3.7%, U5: 4.6%)는 생존하지 못했다(Table 1). 이를 고려하여 실험에 쓰인 모든 개체의 전체 체중 대비 발신기 비율을 비교한 결과, 발신기의 무게 비율이 3.6% 이내의 개체들은 모두 생존했으며, 3.7% 이상인 개체들은 모두 생존하지 못하였다(Fig. 2). 결론적으로 쇠살모사와 까치살모사의 경우, 발신기 무게로 인해 그들의 생존에 영향을 받지 않으려면 전체 체중에 대한 발신기 무게 비율을 최소 3.6% 이내로 실험에 사용하는 것이 적절하다고 판단된다.

일반적으로 발신기의 무게는 연구동물의 생존에 영향을 미치지 않아야 한다. 따라서 Weatherhead and Demers (2004)의 Rat snake(*E. obsoleta*) 연구에서는 발신기 무게범위를 2.5% 이내로, 또 다른 연구인 Hardy and Greene (1999)의 Rattlesnake(*Crotalus*) 연구에서는 5% 이내로 사용하기를 권고하고 있다. 그러나 실제로

전체 체중에 대한 발신기 무게 비율의 범위는 대상 실험 종에 따라 다르게 쓰이고 있었다. 예를 들어, 발신기를 삽입하여 무선추적을 이용한 여러 연구들을 살펴보면 Charlandv and Gregory (1990)의 연구에서 Prairie Rattlesnake(*Crotalus viridis*)의 발신기 무게 범위를 7%이내로 실제 사용하였으며, Lee et al. (2011)의 연구에서는 무자치(*E. rufodorsata*)의 발신기 무게 범위를 4.4% 이내로 이용하였고, Lee (2011)의 연구에서는 구렁이(*E. scherenckii*)의 발신기 무게범위를 3.1% 이내로 사용하고 있었다. 더욱이, 같은 살모사과의 Chinese pit-viper(*G. shedaensis*)의 경우에도 4.1%의 전체 체중대비 발신기 무게비율을 적절한 비율로 정하고 있었으며(shine et al. 2003), 특히 쇠살모사와 같은 무게를 가지고 있는 Lataste's Viper(*Vipera latastei*)의 경우에는 발신기의 무게를 전체 체중의 4.7%이하로 사용하고 있었다(Brito, 2003). 따라서 이와 같이 생존에 영향을 미치는 발신기의 무게는 종마다 매우 다르게 나타났다.

결론적으로 연구동물의 생존에 영향을 끼치지 않고자(Gursky, 1998; Millsbaugh and Marzluff, 2001) 발신기삽입을 통한 무선추적연구들은 일반적으로 Hardy and Greene (1999)의 권고에 따라 발신기 무게 비율을 최소 5% 이내로 사용하고 있다. 하지만 많은 연구들은 실제 대상 종마다 전체체중에 대한 발신기 비율을 다양하게 권고하며, 이용하고 있다. 본 연구결과에서는 쇠살모사와 까치살모사의 경우, 비록 실험에 이용된 개체들의 수가 많지 않지만 두 종이 보여준 명확한 생존율로 볼 때, 전체 체중에 대한 발신기무게비율을 최소 3.6% 이하로 사용하는 것이 두 실험대상종들의 생존에 영향을 끼치지 않을 것이라고 판단되며, 추후 발신기추적기술을 사용하여 까치살모사와 쇠살모사의 행동연구를 수행하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

감사의 글

본 연구는 고 심재한 박사님의 생존 마지막 학술 논문입니다. 그 동안 국내 양서·파충류 연구에 크게 공헌하여 오신 고인께 감사드립니다. 또한 도움을 주신 경희대학교 동물생태실험실의 남기백 박사님, 남형규, 정원주, 최진환, Kirk hart와 서울대학교 야생동물학 연구실의 정지화 학생과 발신기 삽입 수술을 도와주신 우성동물병원의 정지원 의사님, 이호정 간호사님, 김예원 의사님, 이은혜 의사님. 이준수 의사님께 감사 드립니다. 또한 쇠살모사와 까치살

모사의 포획을 허가해주신 남양주시 녹색성장과에 감사 드립니다.

References

- Anderson, CD and Talcott, M (2006). Clinical practice versus field surgery: a discussion of the regulations and logistics of implanting radio transmitters in snakes, *Wildlife Society Bulletin*, 34(5), pp. 1470-1471.
- Bauchot, R, Chaumeton, HC, Castaing, S, Curren, T and Borot, L (1994). *Snake : A Natural History*, Sterling Publishing Company, New York, USA, pp. 21-25.
- Boarman, WI, Goodlett, T, Goodlett, G and Hamilton, P (1998). Review of radio transmitter attachment techniques for turtle research and recommendations for improvement, *Herpetological Review*, 29(1), pp. 26-33.
- Brito, JC (2003). Seasonal and daily activity patterns of *Vipera latastei* in Northern Portugal, *Amphibia-Reptile*, 24(4), pp. 497-508.
- Cant, ET, Smith, AD, Reynolds, DR and Osborne, JL (2005). Tracking butterfly flight paths across the landscape with harmonic radar, *Proceeding of the royal society biological sciences*, 272, pp. 785-790.
- Charland, MB and Gregory, PT (1990). The influence of female reproductive status on thermoregulation in a viviparous snake, *Copeia*, 1990(4), pp. 1089-1098.
- Diffendorfer, JE, Rochester, C, Fisher, RN and Brown, TK (2005). Movement and space use by coastal rosy boas (*Lichanura trivirgata roseofusca*) in coastal southern California, *J. of Herpetology*, 39(1), pp. 24-36.
- Godfrey, JD, Bryant, DM and Williams, MJ (2003). Radio-telemetry increases free-living energy costs in the endangered *Takahe porphyrio mantelli*, *Biological Conservation*, 114(1), pp. 35-38.
- Gursky, S (1998). Effects of radio transmitter weight on a small nocturnal primate, *America J. of Primatology*, 46(2), pp. 145-155.
- Hardy, DL and Greene, HW (1999). Surgery on rattlesnakes in the field for implantation of transmitters, *Sonoran Herpetologist*, 12(3), pp. 25-27.
- Jehle, R and Arntzen, JW (2000). Post-breeding migration of newts (*Triturus cristatus* and *T. marmoratus*) with contrasting ecological requirements, *The Zoological Society of London*, 251(3), pp. 297-306.
- Karesh, WB (1989). *Application of biotelemetry in wildlife medicine. Zoo and Wildlife Medicine: Current Therapy 4*, In Fowler, ME and Miller, RE (eds.), WB Saunders Company, Philadelphia, USA.
- Kenward, R (1987). *Wildlife Radio Tagging*, Academic press, New York, USA.
- Kim, DI (2012). *Movement pattern and home range of the captive-breed juvenile of Amur ratsnake (Elaphe schrenckii) in nature habitat*, Master's Thesis, Kangwon national university, Kangwondo, Korea. [Korean Literature]
- Klug, PE, Fill, J and With, KA (2011). Spatial ecology of eastern Yellow-bellied racer (*Coluber constrictor flaviventris*) and Great plains rat snake (*Pantherophis emoryi*) in a contiguous Tallgrass-Prairie landscape, *Herpetologica*, 67(4), pp. 428-439.
- Lentini, AM, Crawshaw, GJ, Licht, LE and McLelland, DJ (2011). Pathologic and hematologic responses to surgically implanted transmitters in eastern massasauga rattlesnakes (*Sistrurus catenatus catenatus*), *J. of Wildlife Diseases*, 47(1), pp. 107-125.
- Lee, HJ, Lee, JH and Park, DS (2011). Habitat use and movement patterns of the viviparous aquatic snake, *Oocatochus rufodorsatus*, from Northeast Asia, *Zoological Science*, 28(8), pp. 593-599.
- Lee, JH (2011). *Taxonomic status, habitat use and suitability modeling of the Amur ratsnake (Elaphe schrenckii)*, Ph. D. Dissertation, Kangwon national university, Kangwondo, Korea, pp. 51-52. [Korean Literature]
- Lee, SD (2007). A study of mammal and amphibians-reptile species around Shin-Po areas, Hamkyungbuk-do, North Korea, *J. of Wetlands Research*, 9(1), pp. 13-20. [Korean Literature]
- Mattison, C (1995). *The Encyclopedia of Snake*, Blandford, London, UK, pp. 54-67, pp. 178.
- Mader, DR (2005). *Reptile Medicine and Surgery*, Elsevier, Philadelphia, USA, pp. 614-618.
- McDiarmid, RW, Cambell, JA and Toure, TA (1999). *Snake Species of the World: A Taxonomic and Geographic Reference*, The Herpetologists' League, Washington DC, USA.
- Mech, LD (1986). *Handbook of Animal Radio-tracking*, University of Minnesota Press, Minneapolis, USA,

- pp. 107.
- Millsbaugh, JJ and Marzluff, JM (2001). *Radio-tracking and animal populations: past trends and future needs*, Academic Press, san Diego, California, USA, pp. 383-393.
- Murray, DL and Fuller, MR (2000). *A critical review of the effects of marking on the biology of vertebrates. Research Techniques in Animal Ecology, Controversies and Consequences*, In Boitani, L and Fuller, TK (eds.), Columbia University Press, New York, USA, pp. 15-64.
- Olsen, GH, Dein, FJ, Harmis, GM and Jorde, DG (1992). Implanting radio transmitters in wintering Canvasbacks, *J. of Wildlife Management*, 56(2), pp. 325-328.
- Reinert, R and Cundall, D (1982). An improved surgical implantation method for radio-tracking for snakes, *Copeia*, 1982(3), pp. 702-705.
- Richards, SJ, Sinsch, U and Alford, RA (1994). *Radio tracking, Measuring and Monitoring Biological Diversity: Standard Methods for Amphibians*, In Heyer, WR, Donnelly, MA, McDiarmid, RW, Hayek, LC and Foster, MS (eds.), Smithsonian Institution Press, Washington DC, USA, pp. 155-158.
- Rouse, JD, Willson, RJ, Black, R and Brooks, RJ (2011). Movement and spatial dispersion of *Sistrurus catenatus* and *Heterodon platirhinos*: implications for interactions with roads, *Copeia*, 2011(3), pp. 443-456.
- Rudolph, DC, Burgdorf, SJ, Schaefer, RR and Conner, RN (1998). Snake mortality associated with late season radio-transmitter implantation, *Herpetological Review*, 29(3), pp. 155-156.
- Shine, R, Sun, L, Fitzgerald, M and Kearney, M (2003). A radiotelemetric study of movement and thermal biology of insular Chinese pit-viper (*Gloydus shedaoensis*, Viperidae), *Oikos*, 100(2), pp. 342-352.
- Shim, JH, Son, YJ, Lee, SS, Pack, KS, Oh, HB and Pack, YD (1998). Ecology Study on poisonous snake and investigation of the venom characteristics, snakebiting frequency in Korea, *J. of Ecology and Field Biology*, 1998(1), pp. 58-77. [Korean Literature]
- Tozetti, AM and Martins, M (2007). A technique for external radio-transmitter attachment and the use of thread-bobbins for studying snake movements, *South American J. of Herpetology*, 2(3), pp. 184-190.
- Tozetti, AM, Vettorazzo, V and Martins, M (2009). Short-term movements of the south american rattlesnake (*Crotalus durissus*) in southeastern Brazil, *The Herpetological Journal*, 19(4), pp. 201-206.
- Trauth, SE, Robison, HW and Plummer, MV (2004). *The amphibians and reptiles of Arkansas*, The University of Arkansas Press, Arkansas, USA, pp. 272-290.
- Újvári, B and Korsós, Z (2000). Use of radiotelemetry on snake : a review, *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, 46(2), pp. 115- 146.
- Wasko, DK and Sasa, M (2012). Food resources influence spatial ecology, habitat selection, and foraging behavior in an Ambush-hunting snake (Viperidae: *Bothrops asper*): an experimental study, *Zoology*, 115(3), pp. 179-187.
- Weatherhead, PJ and Demers, GB (2004). Long-term effect of radiotelemetry on blackratsnake, *Wildlife Society Bulletin*, 32(3), pp. 900-906.
- White, G and Garrott, R (1987). *Analysis of Wildlife Radio-tracking Data*, Academic press, New York, USA.
- White, GC and Garrott, RA (1990). *Analysis of Wildlife Radio-tracking Data*, California Academic Press, San Diego, USA, pp 383.
- Winter, JD (1983). *Underwater Biotelemetry, Fisheries techniques*, American Fisheries Society, Bethesda, Maryland.
- Zhao, E (1998). *China Red Data Book of Endangered Animal (Amphibian and Reptile)*, Science Press, China.
- 논문접수일 : 2013년 10월 11일
 ○ 심사의뢰일 : 2013년 10월 15일
 ○ 심사완료일 : 2014년 01월 10일