

# 蓝尾蝶螈肢体再生的研究

费 梁 叶昌媛 夏 颀

(中国科学院成都生物研究所)

再生现象在动物中普遍存在，一般认为在动物个体发育和系统发育过程中，再生能力有逐渐减弱的趋势，这与组织和器官分化程度有关 (Noble 1931, Г. B. 洛巴沙夫 1953)。不少资料报道两栖动物的再生能力很强，尤其是在它们的幼体或蛙类的蝌蚪阶段更是如此。并认为有尾两栖类的再生能力要比无尾两栖类强 (Noble 1931)。

我国有关两栖类的再生能力方面的研究资

料甚少，在无尾类方面，国内陈淑楮等(1957)曾报道了《生活条件对沼蛙蝌蚪后肢再生的影响》。此外，王亚辉 (1957、1958) 介绍过几篇国外有关两栖类 (如豹蛙 *Rana pipiens*、虎螈 *Amblystoma tigrinum*、点螈 *Amblystoma punctatum*、壮螈 *Triturus torosus*、蝶螈 *Triturus viridescens*<sup>1)</sup>) 再生方面的研究论文提要<sup>[3]</sup>。有关有

---

1) 以上两栖动物学名(中文名和拉丁学名)均引自王亚辉(1957)之文中。

尾类肢体再生的研究,在我国尚未见有报道,本文以蓝尾蝾螈楚雄亚种 *Cynops cyanurus chuxiongensis* Fei et Ye 为材料,观察了肢体再生的全过程,现将有关资料整理报道如下。

1984年6月11日发现室内饲养的一条蝾螈(雄性成体、体全长95毫米),其左前肢上臂中部(即肱骨中段部位)被其它蝾螈咬伤。6月18日发现伤肢肌肉已发生溃烂。同时发现该蝾螈之右前肢肘关节处又被其它蝾螈咬伤,随后也发生溃烂。6月25日和6月30日溃烂的左右前肢因坏死先后分别从肩关节和肘关节处脱落。此后,约经10天左右伤口自行愈合,长出再生芽基,芽基逐渐增长,游离端分化为四指、至再生肢体形成止。从该蝾螈伤肢坏死部位离体时起至再生肢体长成时止,约经三个月左右。通过该蝾螈左右前肢的再生现象的观察,初步说明:蓝尾蝾螈不仅具有较强的生命力,而且具有强的肢体再生能力。为了以我国的蝾螈为材料进一步了解其肢体的再生能力,我们作了以下截肢试验。

### 实验材料和方法

1985年5月11日,选用采自云南楚雄地

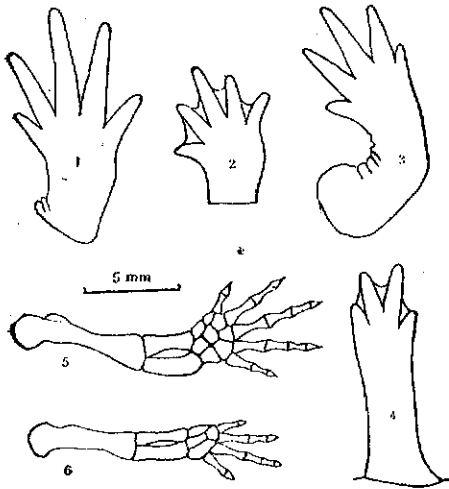


图1 蓝尾蝾螈右后肢(背面观)

1.第II号的原肢体 2.第II号的再生肢 3.第IV号的原肢体 4.第IV号的再生肢 5.第IV号的原肢体骨骼 6.第IV号的再生肢骨骼

区并经过室内饲养繁殖的蓝尾蝾螈(雄2、雌2)共四条,分为两组,每组雌雄各一条。先用乙醚麻醉,量度各蝾螈的体全长、左右后肢长,根据实验要求,将四条蝾螈的右后肢从膝关节部位(即第一组第I和第II号)或大腿中部(第二组第III和第IV号)截除,量度截除部分和残留部分的长度,绘制截除肢的外形图(见图1)。将手术后的蝾螈放入玻缸内饲养,定期观察和记录肢体再生情况,直至再生肢体的长度基本稳定时为止,即截肢手术后的137天,再次将各实验蝾螈的再生肢体分别从膝关节和髓关节处截除,将两次截下的肢体(即原肢体和再生肢体)从外部形态和骨骼特征方面进行比较研究。

### 实验结果

有关四条蝾螈分为两组,它们在右后肢的

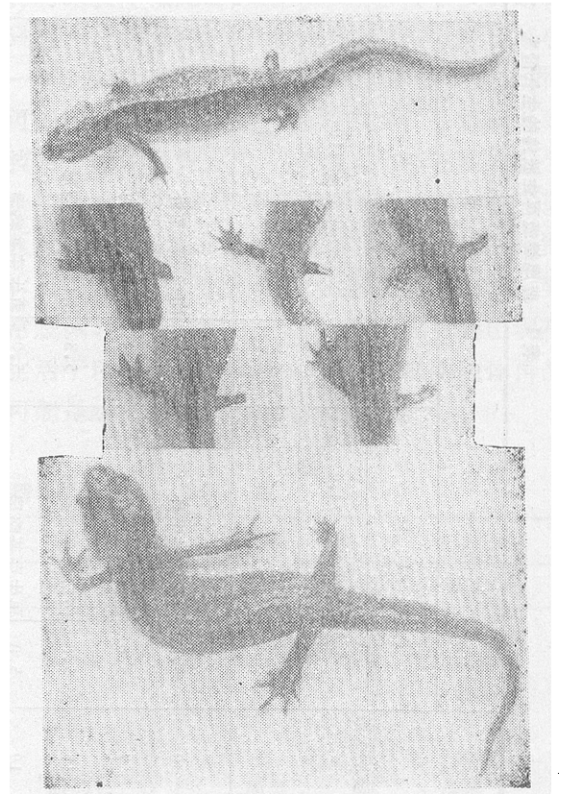


图2 蓝尾蝾螈右侧后肢再生情况

1.切断膝关节 2.再生芽基已长出 3.分化为二趾 4.分化为三趾 5.分化为四趾 6.分化为五趾 7.再生肢基本长成,趾间有蹼

表 1 蓝尾鬃蜥再生肢体的生长情况

(单位: 毫米)

日期 (1985)	第一组			第二组			切断大腿部		
	第 I 号		第 II 号	第 III 号		第 IV 号	第 I 号		第 II 号
	♂	♀	♀	♂	♀	♀	♂	♀	
	体全长 74.0		体全长 110	体全长 77.0		体全长 91.0			
	截肢后天数	生长情况	生长情况	生长情况	生长情况	生长情况	肢长	生长情况	肢长
5月11日	5.0	切断膝关节处	5.3	切断膝关节处	3.0	切断大腿1/2处	2.3	切断大腿近端1/3处	2.3
5月18日	5.0	伤口基本愈合	5.3	伤口基本愈合	3.0	伤口基本愈合	2.3	伤口基本愈合	2.3
5月25日	5.0	伤口愈合成圆形	5.3	伤口愈合成圆形	3.0	伤口愈合成圆形	2.3	伤口愈合成圆形	2.3
5月29日	5.0	再生芽基略显	5.0	再生芽基略显	3.0	再生芽基较显	2.3	再生芽基较显	2.3
6月10日	5.6	趾开始分化, 略显2趾	7.8	趾开始分化, 但不显	5.3	趾开始分化, 略显突起	3.3	再生芽基较显	3.3
6月17日	7.4	瓣部增宽, 略显3趾	9.4	瓣部增宽, 略显3趾	6.1	可分膝关节和蹼部, 可见4趾	4.1	再生芽基明显	4.1
6月25日	8.0	瓣部增宽, 3趾明显	10.2	瓣部增宽, 3趾明显	7.0	可分膝关节和蹼部, 可见5趾	6.0	趾开始分化, 呈锯齿状	6.0
7月3日	8.8	瓣部增宽, 可见4趾	11.3	瓣部增宽, 可见4趾, 第5趾略显	7.4	再生肢继续生长, 趾及蹼显著	6.9	再生肢可见4趾	6.9
7月10日	9.4	瓣部形成, 5趾显著	11.5	瓣部形成, 5趾显著	7.8	同上	9.4	4趾显著, 再生肢颜色深	9.4
7月17日	9.6	再生肢继续生长	11.7	再生肢继续生长	8.5	再生肢生长较慢, 近于形成	9.7	同上	9.7
8月2日	10.2	蹼、趾明显, 趾间有蹼	12.6	蹼、趾形成, 趾间蹼明显	9.0	再生肢形成	11.2	再生肢形成, 仍为4趾	11.2
8月25日	10.8	生长缓慢	12.9	生长缓慢	9.0	同上	11.7	生长缓慢	11.7
9月25日	11.2	同上, 明显比正常肢短小, 颜色较深	13.0	同上, 明显比正常肢短小, 颜色较深	9.0	生长稳定, 明显比正常肢小, 颜色较深	11.7	生长稳定, 明显比正常肢小, 颜色较深	11.7

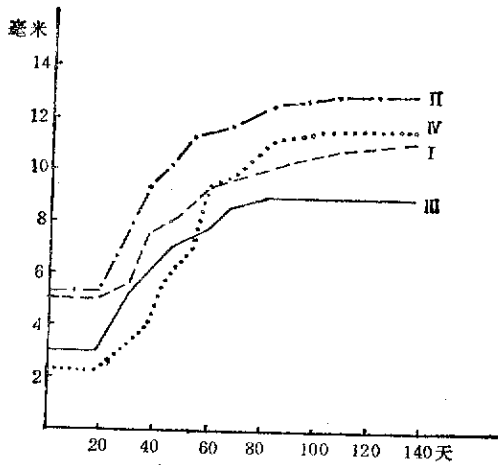


图3 第 I—IV 号蓝尾蝾螈再生肢体生长情况

截除部位、伤口愈合和再生肢体的生长过程,以及再生肢体的外形和骨骼特征等记述如表 1。

从表 1 可以看出,四例截除右后肢的蝾螈,虽然截断部位不同,但均能再次长出新的肢体。再生肢在生长过程中,可分为两个阶段:第一阶段是伤口愈合及再生肢孕育期,此期再生肢体尚未长出,原肢体的残留部之长度未增加,约需 19 天左右。第二阶段是再生肢生长期,即长出再生芽基至再生肢各部结构形成,大约需时 83 天至 137 天左右。从四例蝾螈再生肢的生长速度上看,截断大腿中部者比截断膝关节者生长速度相对较快,前者截肢后在 100 天左右再生肢的生长基本稳定;后者在 100 天以后再生肢体仍在继续生长(图 3)。在截断膝关节的两例

蝾螈中,再生肢体的生长进程基本一致,从再生芽基长出至 5 趾基本形成共需 41 天左右。而截断股骨部位的两例蝾螈中其特点是再生肢的生长速度较快,特别是趾的发育生长较快,从再生芽基长出至 5 趾基本形成只需 30—34 天左右。

从四例蝾螈再生肢的外形观察,其共同特点是再生肢与原肢体均有明显不同,主要表现在再生肢体比原肢体相对较短小(其量度对比等见表 2)。此外,发现原肢体趾部均有趾突,趾间无蹼;而再生肢体趾部则无趾突,趾间蹼均较显著(图 1:2, 4)。值得注意的是,四条蝾螈中第 I、II、III 号的再生肢均为五个趾,仅第 IV 号的再生肢只有四个趾。解剖观察各蝾螈再生肢的骨骼,其中股骨、胫骨和腓骨在形态上与原肢体者相近似;但是,第 IV 号蝾螈再生肢的跗骨与原肢体相比却有明显区别,再生肢的跗骨只有 4 片,而原肢体的跗骨为 8 片,其数目减少一半,从再生肢跗骨的形状、大小及位置分析,可能是跗骨合并所致。此外第 IV 号蝾螈再生肢四个趾的趾骨式为 1、2、3、1,与原肢体五个趾的趾骨式 1、2、3、3、2 相比较,再生肢缺少第五趾、第四趾缺少 2 个趾骨,仅有 1 个趾骨(图 1: 5,6)。由此可见,蝾螈肢体再生可能产生异常肢体,即畸形肢体。此种现象有可能出现在生活于自然环境内的蝾螈中,这说明肢体再生可能是畸形肢体产生的因素之一。

表 2 原肢体与再生肢体各部特征区别(单位:毫米)

特征	原右后肢	再 生 肢			
		第 I 号	第 II 号	第 III 号	第 IV 号
肢长	13.7—17.8	11.2	13.0	9.0	11.7
再生肢:原肢体%		81.8%	73.0%	60.0%	74.1%
趾突	有	无	无	无	无
趾数	5	5	5	5	4
趾间蹼	无	有	有	有	有
皮肤颜色	浅	深黑	深黑	深黑	深黑
跗骨	8 片	8 片	8 片	8 片	4 片
趾骨	正常	正常	第四、五趾各缺 1 个趾骨	第五趾缺 1 个趾骨	第四趾缺 2 个趾骨, 第五趾全缺
趾骨式	1、2、3、3、2	1、2、3、3、2	1、2、3、2、1	1、2、3、3、1	1、2、3、1

注:各蝾螈原右后肢长:第 I 号为 13.7,第 II 号为 17.8,第 III 号为 14.9,第 IV 号为 15.8 毫米。

第IV号蝶螈的再生肢体之所以产生畸形,这可能与截除肢体的部位有关。Marccuci (1916) 认为肢体近端再生能力较远端为弱<sup>[1]</sup>。Schotté and Harland (1943) 也报道截断蛙类蝌蚪后肢的不同部位,发现其各部位的再生能力不同;后肢远端部再生能力较强,愈近腿基部其再生能力就愈弱<sup>[2]</sup>。本实验印证了以上结论。截除肢体的动物能否长出再生肢体,无疑是衡量动物再生能力的标志,其再生肢体能否如像原肢体的形态则可作为动物再生能力强弱的依据,如果再生肢体能够恢复原肢体的形态结构,则再生能力较强,如果再生肢体虽然能够长出,但不能恢复原肢的形态,则是再生能力减弱的表现。本实验第IV号蝶螈截除的部位(股骨部近端1/3处)比其它三只蝶螈都更近于腿的基部,它的再生肢出现畸形,这说明截除部位近腿基部的第IV号蝶螈比其它三只的再生能力要弱些,这与“后肢远端部再生能力较强,愈近腿基部其再生能力就愈弱”的结论相符合。

据赵青堂(1978)报道,蛤蚧的尾部有再生四次之记录。为了证实蓝尾蝶螈肢体是否可以多次再生,我们于1985年9月25日将各实验蝶螈的再生肢截除,结果证明:第二次从膝关节或髌关节处截除再生肢后,都能第二次长出再生肢体。如第I号蝶螈从膝关节将再生肢切除,于1986年6月25日观察,第二次长出的再生肢长9.4毫米,为原肢体13.7毫米的68.6%,为第一次再生肢11.2毫米的83.9%,蹠趾均短,仅有三趾,趾间具蹠。第IV号蝶螈从髌关节将再生肢切除,于1986年6月25日观察,第二次长出的再生肢长6.3毫米,为原肢长15.8毫米的34.9%,为第一次再生肢长11.7毫米的53.8%,蹠趾部甚短小,仅见三个小趾突,趾间具蹠。根据本实验结果看出,蓝尾蝶螈的肢体至少可以再生两次。同时其结果还看出,第二次再生肢生长较为缓慢,虽然肢体已截除242天,但与第一次再生肢相比仍然短小,其蹠部甚短,趾数减少。由此说明,蝶螈虽然能够第二次长出再生肢,但其再生能力有减弱的趋势,而且切断髌关节者(近腿基部)比切断膝关节者(远

离腿基部)的再生能力更弱。蓝尾蝶螈能否第三次、第四次长出再生肢体,还有待于进一步实验研究。

## 小 结

1. 通过蓝尾蝶螈断肢再生实验的观察,说明该蝶螈前肢或后肢被截除后均可再生,而且可以再生两次。能否第三次再生,还有待进一步研究。

2. 再生能力与截除的部位有关,截除部位愈近腿基部者其再生能力愈弱;愈远离腿基部者其再生能力愈强。

3. 再生肢体与原肢体相比较,再生肢体较为短小。第一次的再生肢约为原肢长度的60.0—81.8%;第二次的再生肢约为原肢长度的34.9—68.6%;此外,再生肢蹠部无蹠突,趾间有蹠,皮肤颜色较深等特征与原肢体均有明显区别。

4. 蝶螈后肢一般为5趾。本实验结果,在四只蝶螈中第一次长出的再生肢仅一只畸变为4趾;解剖观察其骨骼也有畸变,如跗骨只有4片,第四、五趾的趾骨也有减少等。第二次长出的再生肢比第一次的再生肢更为短小,仅有3趾,畸变更为明显。由此可见,蝶螈肢体的再生有可能产生畸形肢,断肢再生可能是蝶螈畸形肢体产生的因素之一。

## 参 考 文 献

- [1] 陈淑楣等, 1957 生活条件对沼蛙蝌蚪后肢再生的影响 动物学杂志 1(3): 150—153。
- [2] 赵青堂 1978 蛤蚧的尾及其再生研究 动物学杂志 (2): 24—27。
- [3] 王亚辉 1957 Hall and Schotté (1951) 之论文摘要 动物学杂志 1(3): 187—188。
- [4] —— 1958 Schotté and Chamberlain (1955) 之论文摘要 动物学杂志 2(1): 60—61。
- [5] Noble, G. K. 1931 The biology of the Amphibia. McGraw-Hill Book co. 1—557。
- [6] Schotté, U. E. and M. Harland 1943 Amputation level and regeneration in limbs of late *Rana clamitans*-tadpoles. *Jour. Morph.*, 73: 329—362。
- [7] Г. В. 洛巴沙夫 1953 以有机体发育规律来看器官与组织的再生 动物学报 5(1): 11—24。(张国光译)