

The Relationship between Sexual Maturity Time and Body Length for Birds

Xun Zhou, Liaofu Luo*, Lirong Zhang*

School of Physical Science and Technology, Inner Mongolia University, Hohhot Inner Mongolia
Email: *pyzlr@imu.edu.cn, *lofcm@imu.edu.cn

Received: Jun. 8th, 2017; accepted: Jun. 25th, 2017; published: Jun. 28th, 2017

Abstract

The sexual maturity time is an important parameter in the evolution of species. Based on the data from 48 birds, the correlation between the sexual maturity time and body length was analyzed. Then, a linear function $y = 0.029x + 0.34$ was obtained by fitting the data of 21 birds, and the correlation coefficient is $R^2 = 0.76$. We found that the linear relationship of the two factors can be generalized to other species, such as some mammals. Based on the linear function, we estimated the sexual maturation time of the remaining 27 birds.

Keywords

Birds, Sexual Maturity Time, Body Length

鸟类性成熟时间与体长的关系

周 勋, 罗辽复*, 张利绒*

内蒙古大学物理科学与技术学院, 内蒙古 呼和浩特
Email: *pyzlr@imu.edu.cn, *lofcm@imu.edu.cn

收稿日期: 2017年6月8日; 录用日期: 2017年6月25日; 发布日期: 2017年6月28日

摘 要

性成熟时间是物种进化的重要参量。本文以鸟类为研究对象, 根据48种鸟类的性成熟时间与体长数据, 分析了二者之间的相关性。拟合了21种鸟的性成熟时间与体长的资料, 得到线性关系式 $y = 0.029x + 0.34$, 相关系数为 $R^2 = 0.76$ 。工作中还发现这一线性关系具有一定的普适性, 例如在一些哺乳动物中也成立。根据所得鸟类性成熟时间与体长的线性公式, 我们估算了其余27种鸟类的性成熟时间。

*通讯作者。

关键词

鸟类, 性成熟时间, 体长

Copyright © 2017 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

地球上的生命在经历数百万年的进化过程之后, 形成了一个种类极为繁多的庞大家族, 在这个庞大家族中, 鸟类和哺乳动物是重要的组成部分, 它们的存在使地球变得多姿多彩。鸟类是白垩纪物种大灭绝事件中的幸存者, 也是四足类动物中最丰富的一类脊椎动物, 目前大约有一万多个鸟类物种生存在地球的不同环境当中[1]。哺乳动物亦称兽类, 是脊椎动物中躯体结构、功能和行为最复杂的一个高等动物类群, 它们能够适应各种环境条件, 分布几乎遍及全球, 广泛的适应辐射, 形成了多种生态类群[2], 世界上的哺乳动物应该在 7000 种以上[3]。古生物学[4] [5] [6] [7] [8]和分子学[9]方面的证据表明, 大约在 6600 万年前, 猜测可能由于小行星撞击地球或是火山爆发而发生了著名的白垩纪 - 第三纪灭绝事件(Artistic depiction of asteroidal impact), 这次大范围的物种大灭绝事件造成了恐龙的灭亡与哺乳动物的兴起, 也为鸟类新物种的爆发创造了条件并且提供了新的生存环境。

当动物生长发育到了一定的年龄, 生殖器官发育完全, 动物的生殖机能也达到了成熟的阶段, 具备了正常的繁殖功能, 达到性成熟, 之后, 物种进行繁殖。一个物种在地球上的生存时间等于性成熟时间(本文用 γ 表示性成熟时间)和传递世代数之积。从动物出生到性成熟的这段时间可看成该物种一代的平均寿命。因此, 性成熟时间是物种进化的重要参数。从生存竞争的角度看, 繁殖率低的物种就倾向于性成熟时间长。例如, 与大多数鸟类相比, 帝企鹅具有很低的繁殖能力, 但是这种低繁殖能力却很好的适应了南极洲恶劣的环境, 因为只有身体强壮且最有经验的鸟才能在如此恶劣的环境下找到充足的食物抚养幼鸟, 而帝企鹅寿命的延长又补偿了他们极低的繁殖能力。根据中国最大的鸟类网(<http://niaolei.org.cn/>)以及 *The Princeton Encyclopedia of Birds* [10], 帝企鹅与其它大多数鸟的繁殖信息的比较见表 1。

所以, 从生物繁衍的角度看, 性成熟时间也是物种的一个特征量。

性成熟时间在基因组进化理论中起着重要作用[11] [12]。而这个时间又是物种特异的, 大部分物种的性成熟时间还不是很清楚。那么, 物种的性成熟时间是否与体长有关? 这是有趣的问题。本文将以鸟类为研究对象, 重点探讨了它们的性成熟时间与体长之间的关系, 研究了这个关系的普遍性, 并用得到的相关结论对未知性成熟时间的鸟类进行推广。

Table 1. The low reproductive capacity and the high lifetime of emperor penguins

表 1. 帝企鹅的低繁殖能力和高寿命

特征	帝企鹅	大多数鸟
卵的数量	1 个	2~10 个以上
性成熟时间	4 岁或四岁以上	1 岁或更小
平均寿命	估计 20 年以上个别 40 年	大多数不到 2 年

2. 鸟类性成熟时间与体长

在过去的数十年中，人们对鸟类物种的研究有了巨大的进展和突破，尤其是 2014 年，Jarvis 等[13]通过使用能够代表主要现存分支的 48 种鸟类全基因组数据探索了鸟类的大演化。这 48 种鸟类物种被分成古颚总目(Palaeognathae)和今颚总目(Neognathae)，古颚总目是所有现代鸟类的姐妹群，今颚总目由鸡雁小纲(Galloanseres)和新鸟小纲(Neoaves)组成。Jarvis 等发现，占现代鸟类 95%物种的新鸟小纲(Neoaves)可以分成两大分支，分别被命名为雀类(Passerea)和鸽类(Columbea)，这两大分支分别独立趋同进化，从而产生了各自的陆生鸟类和水生鸟类。在本文，我们将以这 48 种鸟类为研究对象，研究鸟类性成熟时间与体长的关系。

目前，有关鸟类性成熟时间的数据很少，调研发现鸟类性成熟大多在孵化后一年之后，小型的鸟类孵化后，经 9~12 个月就达到性成熟，许多中型鸟类要满两年才会繁殖，大型的鹤、鸿鹅至少要三年，兀鹫却要 4~6 年才达到性成熟[14]。通过查找中国最大的鸟类网(<http://niaolei.org.cn/>)以及 *The Princeton Encyclopedia of Birds* [10]中的数据，我们得到了 48 种鸟类的体长以及其中 21 种鸟类的性成熟时间(表 2)，包括 4 种特殊的鸟类(表 2 中*标注)。

首先，我们对全部 21 种鸟类的平均体长与平均性成熟时间作拟合分析(见图 1(a))。然后，我们排除 4 种特殊的鸟类，对表 2 中前 17 种鸟类的平均体长与平均性成熟时间做拟合分析(见图 1(b))。在排除的 4 种特殊鸟类中，非洲鸵鸟(古颚总目)和火鸡(鸡雁小纲)在分类上不属于新鸟小纲，它们带有更多的始祖鸟的特征，因此排除它们。啄羊鹦鹉栖地多在海拔 950~1400 公尺的高山中，生长环境相当艰困，是世上唯一真正生长于高山雪地中的鹦鹉，而暴风鹫生活在北欧斯堪的纳维亚以及格陵兰北部等极地地区的沿海地带，艰困的环境造成觅食的困难使得生命节奏变缓，因而这两种鸟类的性成熟时间比一般同类体长的鸟类长很多。由图 1 可知，当排除 4 种特殊的鸟类后，相关系数 R^2 值达到 0.76，这说明大部分鸟类的性成熟时间与体长具有简单的线性关系。

性成熟时间与体长具有线性关系这个结论是否适用于其他动物呢？为了验证结果是否具有普遍性，接下来，我们将对哺乳动物进行讨论。

3. 哺乳动物性成熟时间与体长

哺乳动物是动物发展史上最高级的阶段，同时也是与人类关系最密切的一个类群。由于哺乳动物性成熟时间的数据很少，通过查找 360 百科网(<http://baike.so.com/>)以及《动物——全世界 100 种动物的彩色图鉴》[15]，《动物大百科全书》[16]，《哺乳动物》[17]，《世界动物百科全书》[18]中的数据，我们得到了包括属于狐科、猫科、豹科、熊科等人们较为熟悉的 36 种哺乳动物的性成熟时间和体长(表 3)。

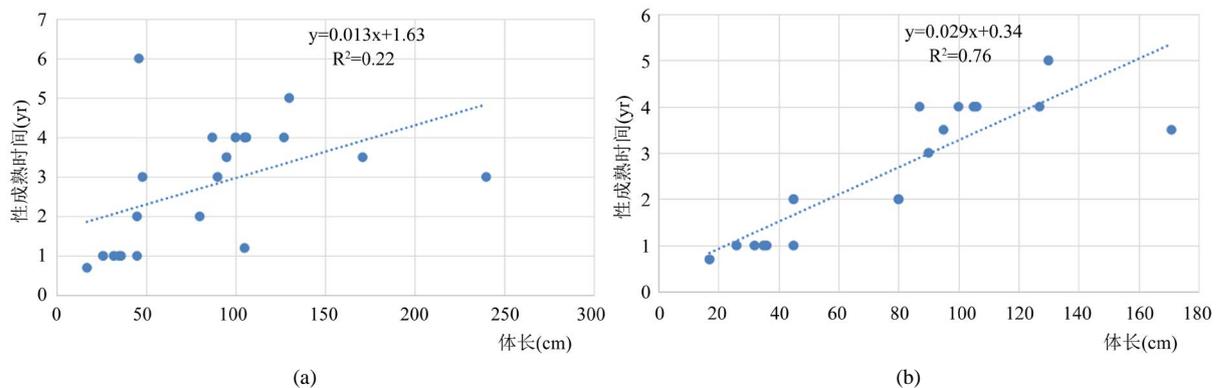
我们对表 3 中哺乳动物的平均性成熟时间与平均体长进行拟合分析。首先，对全部 36 种哺乳动物进行分析(见图 2(a))。经观察图 2(a)发现，有两种哺乳动物(灵长类，表 3 中第 35, 36 号)严重偏离拟合线，排除灵长类后，对其余哺乳动物再次进行分析，结果见图 2(b)。因此除灵长类外，哺乳动物的性成熟时间与体长之间也具有良好的线性关系， R^2 值达到了 0.91。灵长类具有比一般哺乳动物长的性成熟时间，可能和他们特定的生态环境和生理结构(如发达的大脑)有关。

4. 结果与讨论

通过以上分析，我们可以做出结论，尽管影响一种生物的性成熟时间的因素很多，遗传的因素，生理的因素，生态环境的因素等等，但大部分鸟类的性成熟时间与体长存在简单的线性关系，并且这个结论对于一些哺乳动物也能成立。按照图 1(b)拟合所得到的线性公式 $y = 0.029x + 0.34$ 以及鸟类的平均体长，我们估计出其余 27 种鸟类的性成熟时间(见表 4)。这个估算结果预期和实际情况大体相符，除了个别小

Table 2. The sexual maturity time and the body length of 21 birds
表 2. 21 种鸟类的性成熟时间与体长

序号	中文常用名	英文名	体长(cm)	γ	平均体长(cm)	$\bar{\gamma}$ (yr)
1	美洲火烈鸟	American flamingo	120~145	3~7 年	130	5
2	灰冠鹤	Grey-crowned crane	127	3~5 年	127	4
3	马来犀鸟	Rhinoceros hornbill	91~122	1~6 年	106	4
4	帝企鹅	Emperor penguin	90~120	4 年	105	4
5	白头海雕	Bald eagle	100	4~5 年	100	4
6	白尾鸲	White-tailed tropicbird	80~110	3~4 年	95	3.5
7	普通鸬鹚	Great cormorant	90	3 年	90	3
8	白尾海雕	White-tailed eagle	82~91	4~5 年	87	4
9	朱鹮	Crested ibis	80	2 年	80	2
10	日鳉	Sunbittern	43~48	2 年	45	2
11	北京鸭	Peking duck	45	1 年	45	1
12	黄喉沙鸡	Yellow-throated sandgrouse	25~48	1 年	36	1
13	鸡	Chicken	30~40	1 年	35	1
14	鸽子	Pigeon	32	1 年	32	1
15	红蜂虎	Carmin bee-eater	17~35	1 年	26	1
16	虎皮鹦鹉	Budgerigar	16~18	6~8 个月	17	0.7
17	卷羽鹈鹕	Dalmatian pelican	160~183	3~4 年	171	3.5
18	啄羊鸢鹑*	Kea	46~50	2~4 年	48	3
19	暴风鹫*	Northern fulmar	46	6 年	46	6
20	非洲鸵鸟*	Common ostrich	183~300	雌 2 年雄 3~4 年	240	3
21	火鸡*	Turkey	90~120	雌 1 年雄稍大	105	1.2

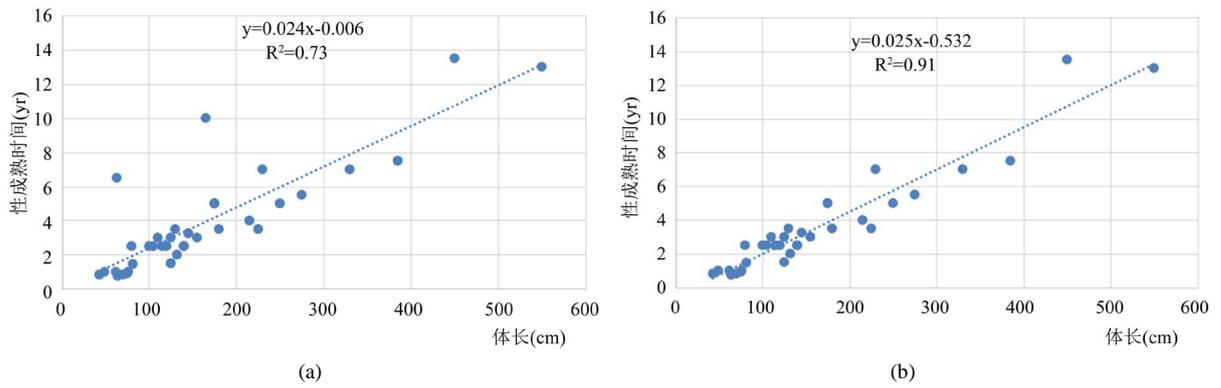


注: (a)为表 2 中全部鸟类平均体长与平均性成熟时间的拟合, (b)为表 2 中前 17 种鸟类平均体长与平均性成熟时间的拟合。

Figure 1. The relationship between the average body length and the average sexual maturity time fitting by birds
图 1. 鸟类平均体长与平均性成熟时间的拟合

Table 3. The sexual maturity time and the body length of 36 mammals
表 3. 36 种哺乳动物的性成熟时间和体长

序号	中文常用名	英文名	体长(cm)	γ	平均体长(cm)	$\bar{\gamma}$ (yr)
1	赤狐	Red fox	45.5~90	10 个月	70	0.83
2	岛屿灰狐	Island fox	48~50	1 年	49	1
3	食蟹狐	Crab-eating fox	64	9 个月	64	0.75
4	阿富汗狐	Blanford's fox	43	8~12 月	43	0.83
5	红狼	Redwolf	72~91	15~20 个月	81.5	1.46
6	亚洲胡狼	Golden jackal	70~80	11 个月	75	0.92
7	薮猫	Bush cat	60~100	2~3 年	80	2.5
8	狞猫	Caracal	60~92	1 年	76	1
9	美洲狮	Mountain lion	120~160	2~3 年	140	2.5
10	海象	Walrus	300~360	6~8 年	330	7
11	亚洲狮	Asian lion	120~170	2.5~4 年	145	3.25
12	麝牛	Musk ox	200~250	3~4 年	225	3.5
13	狼獾	Wolverine	100	2~3 年	100	2.5
14	果子狸	Swinhoe	48~76	1 年	62	1
15	远东豹	Amur leopard	100~160	3~4 年	130	3.5
16	雪豹	Snow leopard	110~130	2~3 年	120	2.5
17	美洲黑熊	American black bear	130~190	2~4 年	155	3
18	猞猁	Eurasian lynx	90~130	3 年	110	3
19	野牦牛	Wild yak	200~260	6~8 年	230	7
20	雪豹	Snow leopard	100~130	2~3 年	115	2.5
21	旋角羚	Addax	110~170	1~3 年	140	2.5
22	鬃狼	Maned wolf	120~130	1~2 年	125	1.5
23	弯角大羚羊	Scimitar-horned oryx	90~175	2 年	132	2
24	北极熊	Polar bear	210~340	5~6 年	275	5.5
25	棕熊	Brown bear	200~300	4~6 年	250	5
26	马来熊	Sun bear	110~140	3 年	125	3
27	眼镜熊	Spectacled bear	150~200	4~7 年	175	5
28	大熊猫	Giant panda	160~190	4~6 年	175	5
29	亚洲象	Asian elephant	500~600	9~17 年	550	13
30	非洲象	African elephant	400~500	13~14 年	450	13.5
31	野马	Mustang	200~230	3~5 年	215	4
32	马鹿	Wapiti	180	3~4 年	180	3.5
33	白犀	White rhinoceros	370~400	6~9 年	385	7.5
34	缟鬣狗	Spotted hyaena	90~120	2~3 年	105	2.5
35	西部大猩猩	Western gorilla	150~180	10 年	165	10
36	白掌长臂猿	Lar glibbon	50~76	6~7 年	63	6.5



注：(a)为表 3 中全部哺乳动物平均体长与平均性成熟时间的拟合，(b)为表 3 中前 34 种哺乳动物平均体长与平均性成熟时间的拟合。

Figure 2. The relationship between the average body length and the average sexual maturity time fitting by mammals
图 2. 哺乳动物平均体长与平均性成熟时间的拟合

Table 4. The sexual maturity time of 27 remaining birds
表 4. 其余 27 种鸟类的性成熟时间

序号	中文常用名	英文名	体长(cm)	平均体长(x-cm)	y (yr)
1	红腿叫鹤	Red-legged seriema	75~90	85	2.8
2	阿德利企鹅	Adelie penguin	70	70	2.4
3	红头美洲鹫	Turkey vulture	62~81	71	2.4
4	亚洲波斑鸨	Mac Queen's bustard	55~70	62	2.2
5	红喉潜鸟	Red-throated loon	53~69	61	2.1
6	小白鹭	Little egret	55~65	60	2.1
7	麝雉	Hoatzin	60	60	2.1
8	红冠蕉鹃	Red-crested turaco	35~75	55	2.0
9	游隼	Peregrine falcon	50	50	1.8
10	凤头鸕鷀	Great-crested grebe	46~51	49	1.8
11	短嘴鸦	American crow	40~53	46	1.7
12	鸫三宝鸟	Cuckoo-roller	38~50	44	1.6
13	仓鸮	Barn owl	34~39	36	1.4
14	白喉鸫	White-throated tinamou	14~53	33	1.3
15	大杜鹃	Common cuckoo	32~34	33	1.3
16	斑胸鼠鸟	Speckled mousebird	30~35	32	1.3
17	褐拟鹑	Brown mesite	30~32	31	1.2
18	斑尾咬鹃	Bar-tailed trogon	23~38	31	1.2
19	卡氏夜鹰	Chuck-will's-widow	28~33	30	1.2
20	双领鸨	Killdeer	20	20	0.9
21	绒啄木鸟	Downy woodpecker	14~18	16	0.8
22	金领娇鹀	Golden-collared manakin	9~19	15	0.8
23	烟囱褐雨燕	Chimney swift	12~15	13	0.7
24	中地雀	Medium-ground finch	12.5	12.5	0.7
25	安氏蜂鸟	Anna's hummingbird	10~11	10	0.6
26	斑胸草雀	Zebra finch	10	10	0.6
27	刺鸫	Rifleman	7~10	9	0.6

型鸟类的性成熟时间可能要比表中的估值要略高一些。

致 谢

感谢基金项目：国家自然科学基金资助项目(批准号：61462068)和内蒙古自治区自然科学基金资助项目(批准号：2014MS0103)对本论文的大力支持。同时，也要对本文中引用文章的作者表示衷心的感谢。

参考文献 (References)

- [1] Zhang, G.J., Li, C., Li, Q.Y., Li, B., *et al.* (2014) Comparative Genomics Reveals Insights into Avian Genome Evolution and Adaptation. *Science*, **346**, 1311-1320. <https://doi.org/10.1126/science.1251385>
- [2] 刘健昕, 张劲硕. 世界哺乳动物种类和保护现状[J]. 生物学通报, 2008, 43(10): 1-3.
- [3] Reeder, D.M., Helgen, K.M. and Wilson, D.E. (2007) Global Trends and Biases in New Mammal Species Discoveries. *Texas Tech University*, **269**, 1-35.
- [4] Feduccia, A. (1995) Explosive Evolution in Tertiary Birds and Mammals. *Science*, **267**, 637. <https://doi.org/10.1126/science.267.5198.637>
- [5] Schulte, P., Alegret, L., Arenillas, I., *et al.* (2010) The Chicxulub Asteroid Impact and Mass Extinction at the Cretaceous-Paleogene Boundary. *Science*, **327**, 1214-1218. <https://doi.org/10.1126/science.1177265>
- [6] Longrich, N.R., Tokaryk, T. and Field, D.J. (2011) Mass Extinction of Birds at the Cretaceous-Paleogene (K-Pg) Boundary. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, **108**, 15253-15257. <https://doi.org/10.1073/pnas.1110395108>
- [7] Ksepka, D.T. and Boyd, C.A. (2012) Quantifying Historical Trends in the Completeness of the Fossil Record and the Contributing Factors: An Example Using Aves. *Paleobiology*, **38**, 112-125.
- [8] Cohen, K.M., Finney, S.C., Gibbard, P.L., *et al.* (2013) The ICS International Chronostratigraphic Chart. *Episodes*, **36**, 199-204.
- [9] Ericson, P.G.P., Anderson, C.L., Britton, T., *et al.* (2006) Diversification of Neoaves: Integration of Molecular Sequence Data and Fossils. *Biology Letters*, **2**, 543-547. <https://doi.org/10.1098/rsbl.2006.0523>
- [10] Christopher, P. (2009) *The Princeton Encyclopedia of Birds*. Princeton University Press, Princeton.
- [11] Luo, L.F. (2014) A Model On Genome Evolution. <http://arxiv.org/abs/1411.2205>
- [12] Luo, L.F. (2015) Quantum Theory on Genome Evolution. <https://doi.org/10.1101/034710>
- [13] Jarvis, E.D., Mirarab, S., Aberer, A.J., *et al.* (2014) Whole-Genome Analyses Resolve Early Branches in the Tree of Life of Modern Birds. *Science*, **346**, 1320-1331. <https://doi.org/10.1126/science.1253451>
- [14] 许维枢. 鸟类学基础知识[J]. 野生动物, 1984(3): 48-51.
- [15] 潘清华. 中国哺乳动物彩色图鉴[M]. 北京: 中国林业出版社, 2007.
- [16] 佛瑞的·库克, 休·丁戈尔. 世界动物百科全书[M]. 济南: 明天出版社, 2005.
- [17] 刘晓菲. 动物——全世界 100 种动物的彩色图鉴[M]. 北京: 中国华侨出版社, 2013.
- [18] 程高龄, 张红卫. 动物大百科全书[M]. 北京: 中国华侨出版社, 2011.

期刊投稿者将享受如下服务：

1. 投稿前咨询服务 (QQ、微信、邮箱皆可)
2. 为您匹配最合适的期刊
3. 24 小时以内解答您的所有疑问
4. 友好的在线投稿界面
5. 专业的同行评审
6. 知网检索
7. 全网络覆盖式推广您的研究

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：hjcb@hanspub.org