

华南化石猩猩前部牙齿釉面横纹 与牙冠形成时间研究

胡 荣^{1,2,3}, 赵凌霞^{1,2}

(1. 中国科学院脊椎动物系统演化实验室, 北京, 100044; 2. 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 人类演化实验室, 北京, 100044; 3. 中国科学院研究生院, 北京, 100044)

摘 要: 釉面横纹的分布与数目可以反映牙齿生长发育的时间和速率变化, 在化石研究中能为复原个体生活史提供重要依据。本研究运用扫描电子显微镜观察华南化石猩猩门齿、犬齿釉面横纹分布与数目, 并估算门齿和犬齿牙冠形成时间, 结果如下: 牙冠从牙尖至牙颈方向釉面横纹分布密度有疏密变化, 牙尖釉面横纹密度小于 10 条/mm, 中间至牙颈釉面横纹密度较尖部增大, 大约 10-15 条/mm; 犬齿釉面横纹数目多于门齿, 雄性犬齿釉面横纹数目多于雌性。根据釉面横纹计数及其生长周期的组织切片观察结果, 估算门齿牙冠形成时间大约为 2.97-6.66 年, 犬齿雄性长于雌性, 分别为 6.25-11.31 年和 4.28-7.29 年。与一些古猿、早期人类、现代人以及现生大猿比较, 华南化石猩猩釉面横纹整体密度稍大于南方古猿和傍人, 小于黑猩猩、大猩猩、现代人和禄丰古猿; 除侧门齿外, 华南化石猩猩釉面横纹数目明显多于南方古猿、傍人和现代人, 与大猩猩接近; 华南猩猩前部牙齿牙冠形成时间与现生大猿、禄丰古猿差别不大, 与现生猩猩最相近, 长于南方古猿和傍人。

关键词: 华南猩猩, 釉面横纹, 牙冠形成时间

中图法分类号: Q915.86, Q983⁺.8; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2012)04-0371-10

前 言

牙釉质的生长是由牙尖向牙颈方向呈叠瓦状一层一层渐增形成, 在釉质内部表现为芮氏生长线, 芮氏线延伸到釉质外表面体现为平行排列的釉面横纹^[1-2]。因为化石的宝贵性, 不宜损害标本做组织切片观察研究, 而釉面横纹的分布与数目可以在不损害化石的前提下, 通过普通光学显微镜和电子显微镜很容易就观察到, 从牙尖到牙颈可以直接计数。釉面横纹的分布可以反映个体牙齿生长发育的时间和速率变化, 并具有一定的分类学意义。

本研究通过观察华南化石猩猩门齿和犬齿的釉面横纹分布与数目, 估算齿冠形成时间。同时, 还将华南化石猩猩与其他古猿、早期人类和现代大猿相比较, 进一步分析探讨其前部牙齿生长发育的特点, 为华南猩猩的分类起源问题提供一些线索。

收稿日期: 2012-4-28; 定稿日期: 2012-6-29

基金项目: 国家自然科学基金(41072016); 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所重点部署项目; 现代古生物学和地层学国家重点实验室(中国科学院南京地质古生物研究所)资助项目(103105)

作者简介: 胡荣, 女, 湖北仙桃人, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所博士研究生, 主要从事牙齿生长发育的研究。

通讯作者: 赵凌霞, 女, 研究员, Email: zhaolingxia@ivpp.ac.cn

1 研究材料与方法

1.1 研究材料

研究材料包括门齿 11 颗和犬齿 38 颗（表 1）。7 枚牙齿来自于广西大新牛睡山黑洞，时代大约为中更新世早期^[3]。其余均来自于广西各地药铺，没有确切出土地点，其中三颗犬齿原编号难以辨认，以实验室编号 1, 2, 3 标注。

1.2 研究方法

清水超声洗净标本表面尘土，晾干后酒精擦洗牙体去除表面的胶，减少电子显微镜扫描时候的反光。标本用导电胶粘在载物台上，放入扫描电子显微镜（日本，Hitachi S-3700N）中，高真空 3kv 模式下扫描，调整到适当放大倍数下（20–30 倍）从牙尖到牙颈逐处观察拍照。Adobe Photoshop 软件拼合图像，从牙尖到牙颈计数釉面横纹数目，重复计数多次，误差范围在 5% 之内。

2 结 果

2.1 釉面横纹密度变化

表述釉面横纹的分布密度有两种方法。1) 记数 1mm 冠高的釉面横纹数目^[4-5]；2) 每 1/10 冠高的釉面横纹数目^[6]。本文采用第一种方法观察计数华南猩猩前部牙齿釉面横纹的密度变化。

华南猩猩门齿和犬齿釉面横纹间距从牙尖到牙颈是逐渐减小的，即釉面横纹密度逐渐增加，从牙尖到中部密度增加比较明显，在靠近牙颈区略有增加，但接近牙颈线密度又有所减小。将牙冠平均分为三部分，华南猩猩靠近牙尖三分之一部分的釉面横纹密度小于 10 条/mm，中间与牙颈部分相差不大，约为 10–15 条/mm（图 1 和图 2）。

2.2 釉面横纹计数与牙冠形成时间估算

牙冠形成时间即牙尖釉质形成时间加上侧面釉质形成时间。侧面釉质形成时间可通过釉面横纹数目乘以芮氏线周期得到，芮氏线周期根据笔者研究华南化石猩猩多为 9 天^[7]。门齿和犬齿牙尖釉质形成时间在牙冠形成时间中所占比例较小，现代人和类人猿前牙牙尖釉质形成时间大约在 0.5–1.0 年之间，本研究中的门齿和犬齿牙尖釉质形成时间分别估算为 0.5 年和 1.0 年。根据上述参数可以对华南化石猩猩前部牙齿的齿冠形成时间进行比较准确的估算（表 1）。

3 讨 论

3.1 前部牙齿釉面横纹分布特点比较

华南化石猩猩牙齿尖部三分之一的釉面横纹密度小于 10 条/mm，这与现代人、南方

表 1 华南猩猩门齿、犬齿釉面横纹数目与牙冠形成时间

Table 1 Perikymata counts and crown formation times of anterior teeth of fossil orangutan from South China

编号	齿种	地点 (时代)	釉面横纹	侧面釉质形成 时间 LFT (年)	牙冠形成 时间 CFT (年)
5657-21 (2)	RUI1	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	250	6.16	6.66
5657-30	LUI1	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	178	4.39	4.89
5638-8	RUI1	广西药铺	219	5.4	5.9
5638-23	RUI1	广西药铺	182	4.49	4.99
5638-27	RUI1	广西药铺	153	3.77	4.27
57101-30	RUI1	广西药铺	205	5.05	5.55
5657-7	RUI2	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	90	2.22	2.72
5657-11	LUI2	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	124	3.06	3.56
5657-12	LUI2	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	125	3.08	3.58
5657-13	RUI2	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	118	2.91	3.41
5657-20	RLI2	大新黑洞 (Q ₂ ¹)	222	5.47	5.97
5601-20	♂RUC	广西药铺	335	8.26	9.26
5601-21	♂RUC	广西药铺	244	6.02	7.02
5638-15	♂LUC	广西药铺	342	8.43	9.43
5638-16	♂LUC	广西药铺	337	8.31	9.31
5638-26	♂RUC	广西药铺	213	5.25	6.25
57102-31	♂RUC	广西药铺	216	5.33	6.33
1	♂RLC	广西药铺	412	10.16	11.16
3	♂LLC	广西药铺	306	7.55	8.55
5601-17	♂RLC	广西药铺	278	6.85	7.85
5601-29	♂LLC	广西药铺	264	6.51	7.51
5601-31	♂LLC	广西药铺	265	6.53	7.53
5634-23	♂RLC	广西药铺	317	7.82	8.82
5638-24	♂RLC	广西药铺	400	9.86	10.86
5638-26-2	♂RLC	广西药铺	271	6.68	7.68
5638-27	♂RLC	广西药铺	278	6.85	7.85
5638-42	♂LLC	广西药铺	418	10.31	11.31
5638-43	♂LLC	广西药铺	306	7.55	8.55
5654-39	♂LLC	广西药铺	383	9.44	10.44
5701-22	♂RLC	广西药铺	245	6.04	7.04
2	♀LUC	广西药铺	179	4.41	5.41
5638-8	♀RUC	广西药铺	201	4.96	5.96
5638-10	♀RUC	广西药铺	230	5.67	6.67
5638-17	♀LUC	广西药铺	255	6.29	7.29
5638-7	♀RLC	广西药铺	187	4.61	5.61
5701-3	♂RLC	广西药铺	241	5.94	6.94
5701-12	♀LLC	广西药铺	168	4.14	5.14
5657-46	♀LLC	广西药铺	133	3.28	4.28
5638-15-2	♀LLC	广西药铺	248	6.12	7.12

注: ♂ 表示雄性; ♀ 雌性; RU 表示右上; RL 右下; LU 左上; LL 左下; I1 中门齿; I2 侧门齿; C 犬齿

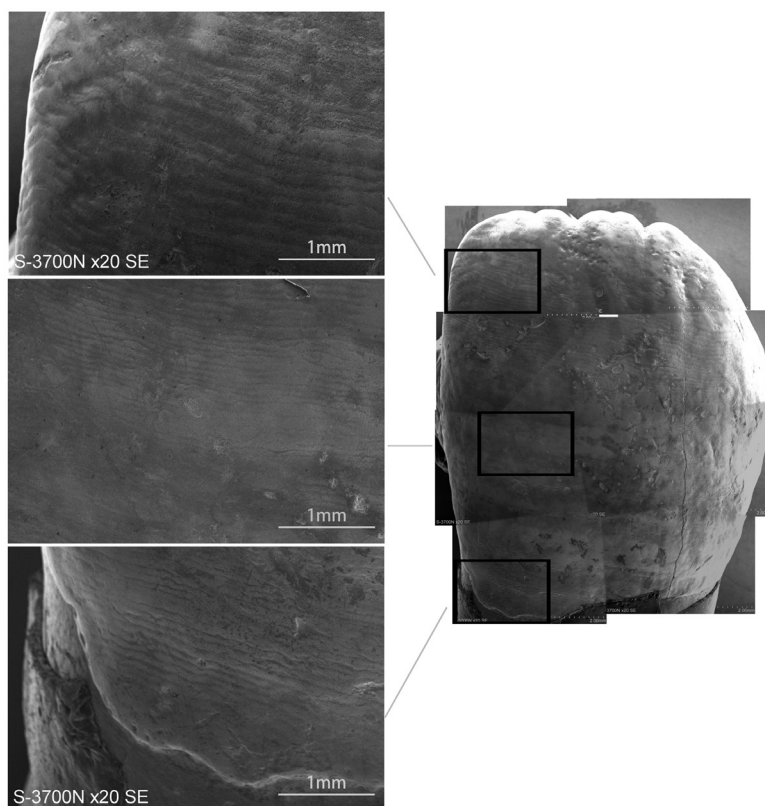


图 1 华南猩猩上中门齿 (57101-30) 釉面横纹及其密度变化

Figure 1 Perikymata of an upper central incisor of fossil orangutan from South China

古猿、傍人接近, 而明显小于黑猩猩, 略小于大猩猩, 黑猩猩釉面横纹密度大约为 10-15 条/mm, 大猩猩大约在 10 条/mm^[8]。华南猩猩中下三分之二釉面横纹密度约为 10-15 条, 稍大于南方古猿和傍人, 小于现代人 (以上用于比较的数均来自于参考文献 [8], 见图 3)。华南猩猩牙尖端和牙颈段釉面横纹数目小于禄丰古猿: 禄丰古猿牙尖端釉面横纹密度大约在 11-16 条/mm^[9], 牙颈段大约 16-22 条/mm^[9]。南方古猿和傍人前牙釉面横纹密度低, 间距宽, 牙齿生长发育速率较快, 华南猩猩釉面横纹的密度变化趋势与南方古猿和傍人的较为相似, 牙齿生长发育的速率可能也较快, 但是华南猩猩釉面横纹密度要稍大于南方古猿和傍人, 因此华南猩猩牙齿生长发育成熟的时间可能长于南方古猿与傍人。

华南猩猩靠近牙颈线的区域釉面横纹密度有稍许下降, 此种情况同样出现在现代人、南方古猿和傍人中 (见图 3)。非洲大猿情况却有所不同, 黑猩猩和大猩猩在靠近牙颈线区域釉面横纹密度明显下降。华南猩猩牙冠上三分之一 (牙尖端) 釉面横纹密度小于中间 (牙冠中间) 和下三分之一 (牙颈端), 但从中间三分之一到牙颈釉面横纹密度无明显变化, 与南方古猿和傍人较为相似, 而明显不同于现代人^[7]。现代人前牙在牙冠形成一半以后釉面横纹非常密集, 牙齿生长速率相当慢, 到达牙齿生长发育成熟的时间较长, 大约为 18-20 年。华南猩猩比现代人釉柱横纹间距宽, 密度低, 尤其是牙冠下半部分, 华南猩猩牙齿生长速率快于现代人, 推测华南猩猩牙齿生长发育成熟的时间短于现代人。

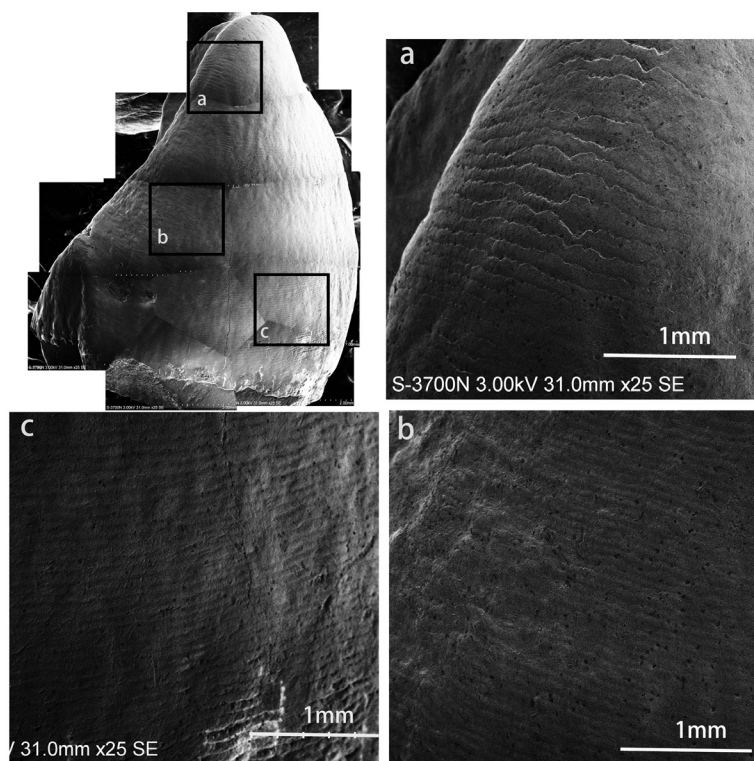


图 2 华南猩猩下犬齿 (5701-12) 釉面横纹及其密度变化

Figure 2 Perikymata of a lower canine of fossil orangutan from South China

总体来说, 华南猩猩釉面横纹分布特点与非洲大猿差别较大, 与现代人、南方古猿和傍人更为相似。华南猩猩牙齿生长发育的速率慢于南方古猿和傍人, 快于现代人, 华南猩猩牙齿生长发育成熟的时间可能介于现代人与南方古猿和傍人之间。

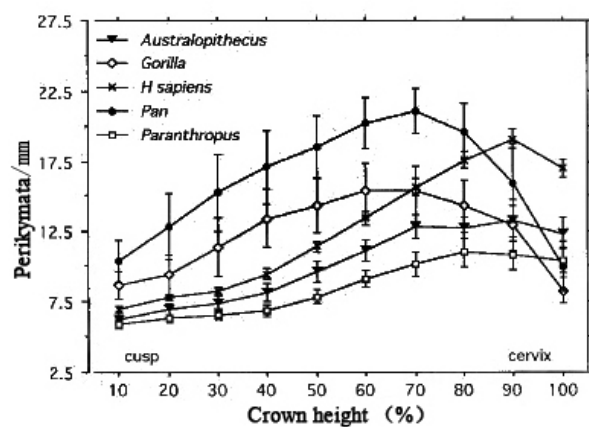
图 3 釉面横纹密度变化^[8]Figure 3 Variation of perikymata spacing through the crown^[8]

表 2 华南化石猩猩门齿、犬齿平均釉面横纹数

Table 2 Mean and variation range of perikymata accounts of incisors and canines of fossil orangutan from South China

齿种 (n)	性别	釉面横纹Mean (Range)
上中门齿UI1 (6)		198 (153-250)
上侧门齿UI2 (4)		114 (90-125)
雄性上犬齿UC (6)	♂	281 (213-342)
雌性上犬齿UC (13)	♀	216 (179-255)
下侧门齿LI2 (1)		222
雄性下犬齿LC (4)	♂	319 (245-412)
雌性下犬齿LC (5)	♀	195 (133-248)

3.2 釉面横纹数目比较

华南猩猩犬齿釉面横纹数目大于门齿 ($P<0.01$), 上中门齿釉面横纹数目大于上侧门齿 ($P<0.001$), 雄性犬齿釉面横纹数目大于雌性 ($P<0.001$)。从表 2、3 中可以看出华南猩猩上中门齿釉面横纹数目与禄丰古猿相近, 稍大于现代人和大猩猩, 明显大于南方古猿、傍人和早期人属; 华南猩猩上侧门齿釉面横纹数目小于禄丰古猿、大猩猩, 与南方古猿、早期人属和智人较为相近, 大于傍人。华南猩猩上中门齿尺寸较大, 而上侧门齿则相对小

表 3 华南猩猩与禄丰古猿、早期人类、智人和现生大猿前部牙齿釉面横纹比较

Table 3 Perikymata of anterior teeth of *Lufengpithecus*, *Gigantopithecus*, fossil hominins and modern humans, and extant apes

分类	牙齿类型 (数量)	釉面横纹	分类	牙齿类型 (数量)	釉面横纹
<i>Lufengpithecus lufengensis</i> ^[9]	上中门齿 UI1(1)	> 172	KNM-WT15000 ^[12]	下中门齿 LI1(1)	96
	上侧门齿 UI2(1)	> 151		下侧门齿 LI2(2)	92
	下中门齿 LI1(1)	> 128		下犬齿 LC(1)	110
	下犬齿 LC(1)	> 161	<i>Homo neanderthalensis</i> ^[14]	上中门齿 UI1(1)	119
<i>Lufengpithecus hudienensis</i> ^[10]	下中门齿 LI1(2)	173(163-182)	<i>Homo neanderthalensis</i> ^[15]	下侧门齿 LI2(1)	205
	下侧门齿 LI2(2)	178(165-191)	<i>Homo neanderthalensis</i> ^[16]	上中门齿 UI1(4)	128(119-138)
<i>Gigantopithecus blacki</i> ^[11]	上中门齿 UI1(2)	149(144-154)		上侧门齿 UI2(4)	128(120-136)
	上侧门齿 UI2(2)	109(104-113)		上犬齿 UC(4)	140(131-151)
	上犬齿 UC(1)	109		下中门齿 LI1(1)	95
<i>Australopithecus</i> ^[12]	下犬齿 LC(1)	180	<i>Homo sapiens</i> ^[12]	下侧门齿 LI2(2)	114(101-127)
	上中门齿 UI1(5)	123		下犬齿 LC(2)	154(140-167)
	上侧门齿 UI2(6)	109		上中门齿 UI1(19)	165
	上犬齿 UC(4)	122		上侧门齿 UI2(16)	134
	下中门齿 LI1(4)	116		上犬齿 UC(39)	148
	下侧门齿 LI2(4)	122		下中门齿 LI1(15)	133
<i>Paranthropus</i> ^[12]	下犬齿 LC(5)	143	<i>Pan troglodytes</i> ^[17]	下侧门齿 LI2(13)	130
	上中门齿 UI1(7)	83		下犬齿 LC(13)	199
	上侧门齿 UI2(7)	85		上中门齿 UI1(2)	218(200-236)
	上犬齿 UC(2)	122		上侧门齿 UI2(2)	> 169(157-180)
	下中门齿 LI1(9)	78		上犬齿 UC(2)	> 234(163-305)
	下侧门齿 LI2(3)	90		下中门齿 LI1(6)	> 190(173-204)
SK74b ^[13] (Early <i>Homo</i>)	下犬齿 LC(6)	103	<i>Gorilla gorilla</i> ^[18]	下侧门齿 LI2(6)	> 211(180-232)
	下中门齿 LI1(1)	110		下犬齿 LC(4)	> 242(172-299)
	下侧门齿 LI2(1)	105		上中门齿 UI1(1)	166
	上侧门齿 UI2(1)	95		上侧门齿 UI2(1)	176
OH6 ^[13] (Early <i>Homo</i>)	上侧门齿 UI2(1)	123	<i>Pongo pygmaeus</i> ^[18]	下中门齿 LI1(1)	151
ER808 ^[13] (Early <i>Homo</i>)	上侧门齿 UI2(1)	123		下侧门齿 LI2(1)	175
KNM-ER1590 ^[12] (Early <i>Homo</i>)	上中门齿 UI1(1)	114		下犬齿 LC(1)	> 227
KNM-WT15000 ^[12]	上犬齿 UC(1)	127		上中门齿 UI1(1)	> 174
	上中门齿 UI1(2)	94		上侧门齿 UI2(1)	> 181
	上侧门齿 UI2(2)	96		上犬齿 UC(1)	> 268
	上犬齿 UC(1)	100			

注: > 表示牙尖有一定磨耗, 牙本质暴露, 实际的釉面横纹可能多到十几条

得多,形态上的差异与釉面横纹数目的差异较一致。华南猩猩下侧门齿釉面横纹数目与尼人较为相近,大于其他古猿、早期人类、智人和大猩猩。鉴于下侧门齿标本只有一个,而其他比较的种类大多也只有一个数据(除智人外),暂时还难以说明什么问题。

从图4可以发现南方古猿、傍人、早期人属、KNM-WT15000这些早期人类以及尼人釉面横纹数目非常接近,而且绝对数目相对小,位于图的最下方;黑猩猩、现生猩猩和大猩猩位于较上方;智人位于图的中央。广西化石猩猩除了上侧门齿外,其他前部牙齿釉面横纹数目皆位于较上方,与黑猩猩、大猩猩、猩猩更为接近。广西化石猩猩侧门齿釉面横纹数目较少,明显小于中门齿,与广西化石猩猩侧门齿尺寸较小有关。黑猩猩、现代人以及禄丰古猿上侧门齿釉面横纹数目也明显小于上中门齿,与广西化石猩猩相似。与早期人类及现代人相比,广西化石猩猩犬齿釉面横纹数目与现生大猿更接近,这可能与广西化石猩猩与大猿犬齿巨大,而南方古猿、傍人和早期人属和现代人犬齿有所退化有关。从整体看,广西化石猩猩前部牙齿釉面横纹数目更似现生大猿。

3.3 牙冠形成时间

华南猩猩门齿牙冠形成时间范围为2.72-6.66年,犬齿牙冠形成时间雄性和雌性分别为6.25-11.31年和4.28-7.29年。华南猩猩雄性个体犬齿牙冠形成时间最长为11.31年,雌性个体为7.29年,明显短于雄性。华南猩猩门齿牙冠形成时间最长为6.6年,小于犬齿。

限于化石材料,古猿门齿、犬齿可供比较的数据不多。华南猩猩门齿形成时间明显长于原修康尔猿,后者门齿牙冠形成时间不足一年^[19]。禄丰古猿和元谋古猿门齿牙冠形成时间分别为3.0-4.7年^[20]和3.6-5.2年^[9],华南猩猩与之比较接近。华南猩猩门齿和犬齿牙冠形成时间均明显长于南方古猿和傍人(见表4);华南猩猩门齿牙冠形成时间与巨猿接近,但犬齿牙冠形成时间长于巨猿。

华南猩猩上中门齿牙冠形成时间较长,与黑猩猩接近,明显大于大猩猩,稍大于现代人和现生猩猩。华南猩猩上侧门齿形成时间较短,小于现代人和非洲大猿以及现生猩猩。上中门齿和上侧门齿牙冠形成时间的差异可能与其形态大小差异相关。华南猩猩下侧门齿

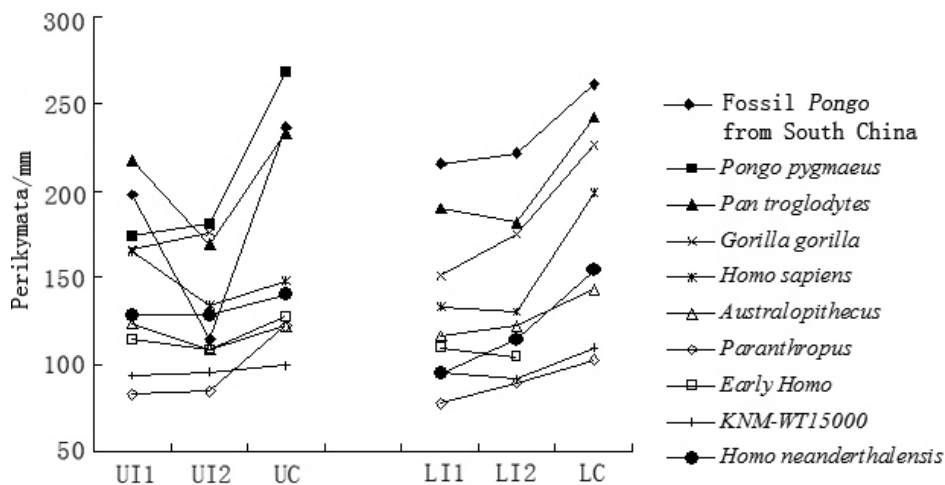


图4 门齿、犬齿釉面横纹比较图(左侧为上颌,右侧为下颌)

Figure 4 Comparison of perikymata counts of anterior teeth

表 4 门齿、犬齿牙冠形成的比较 (年)

Table 4 Comparison of crown formation times of anterior teeth

分类	UI1	UI2	UC	LI1	LI2	UC
Fossil <i>Pongo</i> sp.	5.4	3.3	7.3		6.0	8.0
<i>Australopithecus</i> ^[12]	3.2	2.8	3.3	2.9	3.0	3.7
<i>Paranthropus</i> ^[12]	2.3	2.3	3.1	2.1	2.3	2.8
<i>Homo neanderthalensis</i> ^[12]	3.3	3.1	3.4	-	-	3.6
<i>Homo sapiens</i> ^[12]	4.7	4	4.6	3.6	3.8	5.7
<i>Pan troglodytes</i> ^[17]	5.5	4.6		4.8	5.6	7.8
<i>Gorilla gorilla</i> ^[18]	4	4.2	>5.5	3.6	4.2	>5.3
<i>Pongo pygmeus</i> ^[18]	4.9	5.4	7.8	4.7	5.7	8.7
<i>Gigantopithecus blacki</i> ^[11]	4.8-5.1	3.6-3.9	4.3			6.4

南方古猿和傍人在计算侧面釉质形成时间时, 芮氏线周期取为 8 天^[12]。

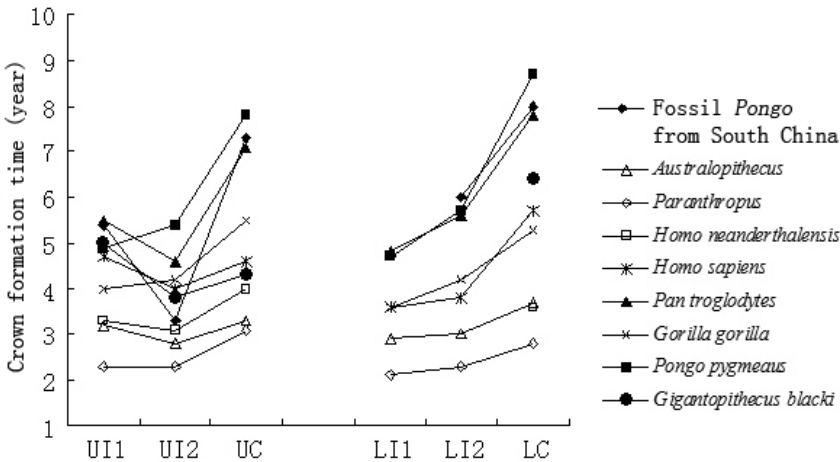


图 5 前牙牙冠形成时间的比较

Figure 5 Comparison of crown formation times of anterior teeth

牙冠形成时间与现生猩猩和黑猩猩接近, 大于现代人和大猩猩。华南猩猩犬齿形成时间与黑猩猩和现生猩猩非常接近, 明显大于现代人和大猩猩。总的来看 (图 5), 南方古猿和傍人前牙牙冠形成时间最短位于图的下方, 稍往上是智人、巨猿和大猩猩, 黑猩猩和猩猩前牙牙冠形成时间较长位于图的上方。华南猩猩上侧门齿牙冠形成时间稍长于南方古猿和傍人。除上侧门齿以外, 华南猩猩其他前牙牙冠形成时间与现生猩猩和黑猩猩接近, 长于南方古猿、傍人、现代人以及大猩猩。华南猩猩与现生猩猩在前牙牙冠发育时间相近, 推测华南猩猩与现生猩猩个体发育成熟的年龄也可能相近。

综上所述, 华南猩猩前部牙齿釉面横纹密度稍大于南方古猿和傍人, 小于黑猩猩、大猩猩、现代人和禄丰古猿。华南猩猩牙颈区釉面横纹密度较中部密度稍许下降, 此特征与南方古猿、傍人以及现代人相似, 而与非洲大猿差别较大。华南猩猩三分之二牙冠 (牙颈侧) 釉面横纹间距相对比较均匀, 明显不同于现代人, 现代人牙颈区釉面横纹非常密集。除上侧门齿外, 华南猩猩釉面横纹数目与现生大猿接近, 明显多于南方古猿、傍人和现代人; 其前部牙齿牙冠形成时间长于原修康尔猿、南方古猿和傍人, 与非洲大猿、禄丰古猿差别不大, 与现生猩猩最为接近。

参考文献

- [1] Retzius A. Bemerkungen uber den innern Bau der Zahne, mit besonderer Rucksicht auf den im Zahnknochen vorkommenden Rohrenbau[A]. In J Muller ed. Archiv fur Anatomie, Physiologie und Wissenschaftliche Medicin, in Verbindung mit Gelehrten[M]. Berlin: Verlag von W. Thome, 1837, 486-566.
- [2] Boyde A. The structure and development of mammalian enamel [D]. PhD Dissertation, 1964, University of London.
- [3] 韩德芬. 广西大新黑洞哺乳动物化石 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1982, 20(1):59-64.
- [4] Dean MC. Growth layers and incremental markings in hard tissues; a review of the literature and some preliminary observations about enamel structure in *Paranthropus boisei*[J]. Journal of Human Evolution, 1987, 16(2):157-172.
- [5] Beynon AD, Clayton CB, Ramirez Rozzi FV, *et al.* Radiographic and histological methodologies in estimating the chronology of crown development in modern humans and great apes: a review, with some applications for studies on juvenile hominids [J]. Journal of Human Evolution, 1998, 35(4):351-370.
- [6] Reid DJ, Dean MC. Brief communication: the timing of linear hypoplasias on human anterior teeth[J]. American Journal of Physical Anthropology (Suppl), 113:135-139.
- [7] 胡荣, 赵凌霄, 吴新智. 华南化石猩猩牙齿的芮氏线生长周期 [J]. 科学通报, 2012, 57 (6): 448 -425.
- [8] Dean MC, Reid DJ. Perikymata spacing and distribution on hominid anterior teeth[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2001, 116(3):209-215.
- [9] 赵凌霄, 欧阳连, 陆庆五. 禄丰古猿牙齿釉质生长线与个体发育问题研究 [J]. 人类学学报, 1999, 18 (2): 102-108.
- [10] 赵凌霄, 郑良, 高峰等. 元谋古猿牙齿釉质微观结构研究 [J]. 中国科学 D 辑, 2002, 32 (11): 921-927.
- [11] 赵凌霄. 步氏巨猿牙齿的综合研究 [D]. 中国科学院, 博士学位论文, 北京, 2006.
- [12] Dean MC, Leakey MG, Reid D, *et al.* Growth processes in teeth distinguish modern humans from *Homo erectus* and earlier hominins[J]. Nature, 2001, 414(6864): 628-629.
- [13] Beynon AD, Dean MC. Distinct dental development pattern in early fossil hominids[J]. Nature, 1988, 335(6190): 509-514
- [14] Dean MC, Stinger CB, Bromage TG. Age at death of the Neanderthal child from Devils Tower, Gibraltar and the implications for studies of general growth and development in Neanderthals[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1986, 70(3): 301-309.
- [15] Mann AE, Moage JM, Lamp L. Investigation into the relationship between perikymata counts and crown formation times [J]. American Journal of Physical Anthropology, 1991, 86(2):175- 188.
- [16] Smith TM, Tafforeau P, Reid DJ, *et al.* Dental evidence for ontogenetic differences between modern humans and Neanderthals [J]. PNAS, 2010, 49: 20923-20928.
- [17] Reid DJ, Schwartz GT, Dean MC, *et al.* A histological reconstruction of dental development in the common chimpanzee, *Pan troglodytes* [J]. Journal of Human Evolution, 1998, 35(4): 427-448.
- [18] Beynon AD, Dean MC, Reid DJ. Histological study on the chronology of the developing dentition in gorilla and orangutan. American Journal of Physical Anthropology, 1991, 86(2):189-203.
- [19] Beynon AD, Dean MC, Leakey MG, *et al.* Comparative dental development and microstructure of *Proconsul* teeth from Rusinga Island, Kenya [J]. Journal of Human Evolution, 1998. 35(2): 163-209.
- [20] Zhao LX, Lu QW, Xu QH. Enamel microstructure of *Lufengpithecus lufengensis* [J]. Acta Anthropological Sinica, 2000, 19(suppl.):77-82.

Perikymata and Crown Formation Time of Anterior Teeth of Fossil Orangutan from South China

HU Rong^{1,2,3}, ZHAO Ling-xia^{1,2}

(1. Key Laboratory of Evolutionary Systematics of Vertebrates, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China; 2 Laboratory of Human Evolution, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044, China; 3 Graduate University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: Perikymata are typical enamel growth markings of anterior teeth, and their spacing pattern and total counts can provide helpful information on dental development and life history. In the present study, we observed and analyzed perikymata spacing pattern and counts of anterior teeth of fossil orangutans from South China by scanning electron microscopy, and estimated crown formation times of incisors and canines. By dividing tooth crown into three equal parts: cuspal, middle and cervical, the density of perikymata in cuspal third is lower than 10/mm, and there is no significant difference between the middle and cervical third, counting about 10-15/mm. Total numbers of perikymata counts are more in the upper central incisor than in the upper lateral incisor, more in canines than in incisors, and more in male canines than in female canines. Referring to the cuspal enamel formation time of anterior teeth in extant apes, we estimated that these formation times in incisors and canines of fossil orangutans were 0.5 year and 1.0 year, respectively. Lateral enamel formation time equals perikymata counts multiplied by nine-day periodicity of the Retzius line (which is very popular in our section analysis on molars). According to cuspal and lateral enamel formation times, we estimated that the incisor crown formation time was about 2.97-6.66 years. Canine crown formation times of male orangutans from South China were longer than that of females, and estimated between 6.25-11.31 years and 4.28-7.29 years, respectively.

Compared with some fossil large apes, *Australopithecus* and *Paranthropus*, early *Homo*, *Homo sapiens* and extant apes, perikymata spacing of anterior teeth of orangutans from South China is more dense than that of *Australopithecus* and *Paranthropus*, and less than that of African apes, *Homo sapiens* and *Lufengpithecus lufengensis*. Except for the upper lateral incisor, perikymata counts of anterior teeth of fossil orangutan are similar to extant great apes, and greater than *Australopithecus*, *Paranthropus*, and early *Homo*. Crown formation times of these orangutan teeth was much longer than *Proconsul*, *Australopithecus* and *Paranthropus*, and closer to extant African apes, *Lufengpithecus lufengensis* and modern orangutan, especially.

Key words: Orangutan; South China; Perikymata; Crown formation time