

DOI: 10.16359/j.cnki.cn11-1963/q.2017.0059

# 贵州兴义猫猫洞更新世晚期人类牙齿 釉质崩裂痕迹

刘武<sup>1</sup>, John Willman<sup>2</sup>, 曹波<sup>3</sup>, 张璞<sup>4</sup>, 董欣<sup>3</sup>, 吴秀杰<sup>1</sup>

1. 中国科学院脊椎动物演化与人类起源重点实验室, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所, 北京 100044;  
2. Department of Anthropology, Washington University, Saint Louis, MO 63130, USA; 3. 贵州省文物考古研究所, 贵阳  
550004; 4. 贵州科学院山地资源研究所, 贵阳 550004

**摘要:** 作为一种特殊形式的牙齿磨耗与使用痕迹, 牙齿崩裂与古人类及古代人群食物质地、获取与制作食物方式、某些行为活动、生活习俗密切相关。然而, 迄今对人类牙齿崩裂的关注程度及开展的研究还不多, 尤其缺乏更新世晚期人类牙齿崩裂出现率和表现特点方面的数据。本文对发现于贵州兴义猫猫洞的更新世晚期人类牙齿釉质崩裂痕迹大小、出现率、表现特点进行了观测分析。研究发现, 附连在 3 件猫猫洞人类下颌骨上的牙齿具有明显的釉质崩裂现象, 出现率与生活环境恶劣的狩猎-采集人群接近。值得注意的是猫猫洞人类牙齿釉质崩裂出现在几乎所有白齿的咬合面边缘。作者认为出现在猫猫洞人类白齿的釉质崩裂是由于强力咀嚼和研磨坚硬食物所致, 推测当时人类的食物粗糙, 坚硬, 富含颗粒(如坚果、种子等)。在猫猫洞下颌骨上观察到的波及几乎全部牙齿的牙周病也为猫猫洞人类严酷生活环境和粗糙食物的推测提供了一定程度的支持。此外, 几乎所有具有釉质崩裂的白齿都呈现大小不等的多发性的釉质崩裂痕迹的表现特点提示猫猫洞人类长时间大量食用这种粗糙、坚硬食物。

**关键词:** 牙齿釉质; 崩裂; 更新世晚期; 人类进化; 食物; 猫猫洞

中图法分类号: Q981.6; Q983+.8; 文献标识码: A; 文章编号: 1000-3193(2017)04-0427-11

## Tooth enamel chipping of Late Pleistocene humans from Maomaodong, Guizhou Province, China

LIU Wu<sup>1</sup>, John WILLMAN<sup>2</sup>, CAO Bo<sup>3</sup>, ZHANG Pu<sup>4</sup>, DONG Xin<sup>3</sup>, WU Xiujie<sup>1</sup>

1. Key Laboratory of Vertebrate Evolution and Human Origins, Institute of Vertebrate Paleontology and Paleoanthropology, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100044; 2. Department of Anthropology, Washington University, Saint Louis, MO 63130, USA;  
3. Guizhou Provincial Institute of Cultural Relics and Archaeology, Guizhou 550004; 4. Institute of Mountainous Region Resources Academy of Sciences, Guizhou 550004

**Abstract:** Dental enamel chipping is a specific dental wear feature indicative of behaviors and

收稿日期: 2017-02-21; 定稿日期: 2017-05-05

基金项目: 中国科学院战略性先导科技专项(B类)(XDPA05)、国家自然科学基金(41630102, 41672020)和中国科学院国际合作局对外合作重点项目(132311KYSB20160004)资助

作者简介: 刘武, 中国科学院古脊椎动物与古人类研究所研究员, E-mail: liuwu@ivpp.ac.cn

**Citation:** Liu W, Willman J, Cao B, et al. Tooth enamel chipping of the Late Pleistocene humans from Maomaodong, Guizhou Province, China[J]. Acta Anthropologica Sinica, 2017, 36(4): 427-437

tooth-use during the life of an individual. Enamel chipping provides information on consistency and texture of food, the methods of obtaining and processing food, and the use of dentition for non-masticatory behaviors. Despite the utility of dental chipping for reconstructing aspects of prehistoric human lifeways, the prevalence and patterning of enamel chipping for Late Pleistocene humans is especially rare. In the present study, the size, frequency, and patterning of enamel chippings among Late Pleistocene humans from the Maomaodong site, Xingyi, Guizhou Province in Southwest China are analyzed. The results show that enamel chipping occurs on the post-canine dentitions of two of the three individuals. The small sample does not allow extensive comparisons, but the rates of chipping are similar to those documented in other foraging groups. The chips were found exclusively on molars of the more heavily worn dentitions. Similarly, there is an age-related component to the presence of periodontal disease, whereby only the two older adults exhibit periodontal disease (in addition to enamel chipping). We suggest that enamel chipping is primarily related to the inclusion of small, hard items in the diet. The chips are numerous, but relatively small – probably related to dietary grit and food processing techniques. Periodontal disease is indicative of a relatively high morbidity in older adults from Maomaodong. In addition, multiple occurrences of enamel chippings on nearly all enamel chipped molars suggest a long time consumption of rough and hard foods by the Maomaodong humans.

**Key words:** Tooth enamel; Enamel chipping; Late Pleistocene; Paleoanthropology; Diet; Maomaodong

## 1 引 言

牙齿崩裂 (tooth chipping) 是指牙齿遭受迅速的外部压力, 导致釉质或本质断裂或破碎, 形成形状不规则的坑凹或片状断裂面, 一些学者称之为微型创伤 (microtrauma)<sup>[1-2]</sup>。牙齿崩裂与牙齿磨耗 (tooth wear) 的产生机制有所不同。牙齿磨耗是由于上下颌对应或左右邻接牙齿在咬合、咀嚼过程中相互接触, 以及牙齿与外来物质 (如食物) 接触造成的牙齿釉质及本质进行性减少的生物力学过程。因此牙齿磨耗造成的牙齿釉质或本质减少是一个相对长期的逐渐过程。虽然牙齿崩裂和牙齿磨耗都可能通过上下颌对应牙齿咬合接触或左右相邻接牙齿接触所致的牙齿摩擦 (dental attrition), 以及牙齿与食物、食物中包含的颗粒、或非食物性外来物质接触造成的牙齿磨损 (dental abrasion) 两种方式实现, 但相比于牙齿磨耗, 牙齿崩裂主要是牙齿强力咬合或研磨坚硬物质 (如食物中的颗粒或其它坚硬物品) 形成的压力所致的牙齿釉质或本质磨损。一些学者认为牙齿崩裂属于特殊类型的牙齿磨耗, 将其称为“压力崩裂 (pressure-chipping)”, 以区别于正常的牙齿磨耗<sup>[3]</sup>。因此, 广义上讲, 牙齿崩裂也属于牙齿磨耗。一些情况下, 牙齿遭遇外伤也可能造成釉质或本质崩裂<sup>[4]</sup>。

人类牙齿磨耗, 尤其是釉质崩裂, 除与咬合方式及牙齿健康状况有关外, 在很大程度上还与食物来源与质地、获取与制作食物的方式、人类为适应生存环境而采取的某些行为方式、生活习俗有关<sup>[5-6]</sup>。许多研究都发现前部牙齿釉质崩裂与化石人类及古代居民行

为方式密切相关，如使用牙齿啃咬、刁衔物品等将牙齿作为工具使用的行为。而后部牙齿（前臼齿和臼齿）咬合面边缘釉质崩裂往往是咀嚼和研磨坚硬食物或食物中的颗粒所致。相比于牙齿磨耗，作为反映古人类和古代居民食物构成、获取食物方式及相关行为特征的重要指标，牙齿釉质崩裂在以往研究中受到的关注及开展的相关研究还不多<sup>[7-9]</sup>。Wallace 发现大约 14% 的南方古猿具有牙齿釉质崩裂，其出现率在粗壮型和纤细型南方古猿之间没有差别。据此，他否认了 Robinson 提出的两类南方古猿在食物结构上差别的观点<sup>[10]</sup>。Bermudez de Castro 等人注意到尼安德特人和欧洲更新世中、晚期人类牙齿呈现有作为工具使用，或者食物中坚硬颗粒造成的牙齿釉质崩裂痕迹<sup>[8-9]</sup>。一些学者对新石器时代以来古代人群牙齿崩裂现象也开展了一些相关研究<sup>[2-6, 11-15]</sup>。

本文部分作者对湖北省郧西黄龙洞更新世晚期人类牙齿使用痕迹的研究发现 7 枚牙齿中有 3 枚牙齿（上颌中门齿、上颌侧门齿、下颌侧门齿）齿冠切缘及其附近具有釉质破损及崩裂痕迹。据此推测当时人类经常使用前部牙齿从事啃咬、刁衔、或剥离坚韧的食物或非食物物品等活动，并可能将前部牙齿作为工具使用<sup>[16-17]</sup>。但相比于国外同类研究，国内学术界对中国古人类和古代人群牙齿崩裂现象开展的研究很少，迄今还没有关于牙齿崩裂专题研究的报道。为进一步对这一问题进行深入研究，本文将对发现于贵州兴义猫猫洞的更新世晚期人类牙齿釉质崩裂痕迹进行观察和分析。在此基础上，探讨与当时人类食物构成、获取食物方式、行为特征有关的问题。

## 2 材料与方法

### 2.1 材料

发现于 1974 年的猫猫洞遗址经过发掘出土了 7 件人类化石（下颌骨 4 件、股骨 3 段）、1000 多件石器，以及骨器、角器、用火遗迹、大量哺乳动物化石。根据地层对比和对动物群组成的分析，确定猫猫洞遗址的时代为更新世晚期<sup>[18-19]</sup>。采用与人类化石相同层位出土的鹿牙齿化石作铀系年代测定获得距今  $14600 \pm 1200$  年数据<sup>[20]</sup>。但根据化石石化程度较深和堆积物分析，这一测年数据有可能偏低，实际年代应该更早<sup>[21]</sup>。

用于本文研究的标本为在猫猫洞发现的 3 件成年人类下颌骨及附着的牙齿（图 1）。猫猫洞人类化石发现后，因保存条件所限以及在下颌骨和牙齿上破坏性地采集古 DNA 测试样品，造成下颌骨及部分牙齿严重破损或缺失。表 1 罗列了附着在 3 件猫猫洞下颌骨上全部牙齿保存、磨耗及釉质崩裂出现情况（见后）。

### 2.2 方法

本文参照相关研究<sup>[10,13]</sup>，对猫猫洞人类牙齿釉质崩裂痕迹进行观察、描述、对比与分析，同时进行相关拍摄。具体观察项目及方法如下：

牙齿釉质崩裂痕迹：本文采用 Wallace 确定的标准<sup>[10]</sup>，将牙齿表面等于或大于 0.1mm 的釉质破损定义为釉质崩裂。个体死亡后，牙齿釉质基质脱水，晶体结构强度减弱，造成釉质容易破损断裂。因此死亡后牙齿与周边物体碰撞等也可能造成釉质崩裂。作者在观察



图 1 用于本文研究的猫猫洞人类下颌骨  
**Fig.1 The Maomaodong human mandibles used in the present study**

表 1 附着在猫猫洞人类下颌骨上的牙齿情况保存、磨耗及崩裂情况  
**Tab.1 Maomaodong preservation considerations for enamel chipping analyses**

下颌骨	牙齿1	磨耗级别2	釉质崩裂3	牙齿保存情况	是否用于本文研究4
GM7502	LC1	4	无	严重死后牙齿破损	否
	LP3	4	无	严重死后牙齿破损	否
	LP4	4	无	严重死后牙齿破损	否
	LM1	-	无	严重死后牙齿破损	否
	RP3	4	无	严重死后牙齿破损	否
	RP4	-	无	严重死后牙齿破损	否
	RM1	5	无	严重死后牙齿破损	否
	RM2	3	无	完整	是
	RM3	2	有	严重死后牙齿破损	是
GM7503	RM1	2	无	完整	是
	RM2	2	无	完整	是
GM7505	LP4	4	无	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
	LM1	7	有	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
	LM2	5	有	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
	RC1	4	无	严重死后牙齿破损	否
	RP3	4	无	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
	RP4	4	无	完整	是
	RM1	7	有	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
	RM2	4	有	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是
RM3	5	有	齿冠完整，但具有多发性破裂或裂纹	是	
				不用于本文研究的牙齿数量	9
				用于本文研究的牙齿数量	12

注：1 仅统计保存有完整或部分齿冠的牙齿。靠近齿根处折断的牙齿纳入统计。2 牙齿磨耗依据 Smith (1984) 标准 [22]。  
 3 记录是否出现生前釉质崩裂不考虑牙齿保存状态。4 具有严重死后齿冠破损的牙齿不纳入出现率统计，除非该牙齿出现生前釉质崩裂。

时特别注意通过颜色和外观形态鉴别区分生前与死后造成的牙齿釉质崩裂<sup>[2]</sup>。生前形成的牙齿釉质崩裂的缺失区域颜色与周边区域接近。此外，由于个体生前釉质破损后需要进行咬合功能活动，因而生前形成的牙齿釉质崩裂边缘光滑或圆钝。相比之下，死亡后造成的牙齿釉质崩裂暴露面颜色较周围区域为浅，断裂暴露的釉质边缘锐利，界限分明。

本文采用 Bonfiglioli 等建立的标准<sup>[13]</sup>，按照釉质破损的大小和深度，将牙齿釉质崩裂分为三个级别（图 2）：

级别 1：轻微的釉质破损或断裂，大小 0.5mm，仅造成釉质片状缺失；

级别 2：不规则的方形釉质破损面，大小 1mm，波及的釉质加深；

级别 3：釉质破损面大于 1 毫米，波及到牙本质，或者破损面更大，形成不规则的断裂，直至破坏整个牙齿。

作者在对猫猫洞人类牙齿釉质崩裂观察时分别记录每一枚牙齿釉质破损或崩裂面数量、出现部位、大小、形状、表面质地、与磨损面的关系。

牙周病：考虑到以往研究注意到古人类及古代人群牙周病的发生往往与牙齿食物粗糙或将牙齿作为工具使用等有关<sup>[5, 23]</sup>，作者也对牙周病在猫猫洞标本出现情况进行观察记录。本文对牙周病的观察记录采用 DeWitte and Bekvalac<sup>[24]</sup>建立的标准：齿槽缘与牙釉质-牙骨质界限 (cemento-enamel junction CEJ) 之间的距离大于 2 mm。

本文对牙齿釉质崩裂及牙周病的观察，在肉眼及放大镜（4 倍）观测的基础上，使用具有数字照相功能的体视显微镜 (Olympus SZX10) 在不同放大倍率（×6.3 倍 -×50 倍）条件下对牙齿表面特征进行观察、测量及拍摄。本文对牙齿方位（上、下、近中、远中）的描述均以正常解剖位置为准。

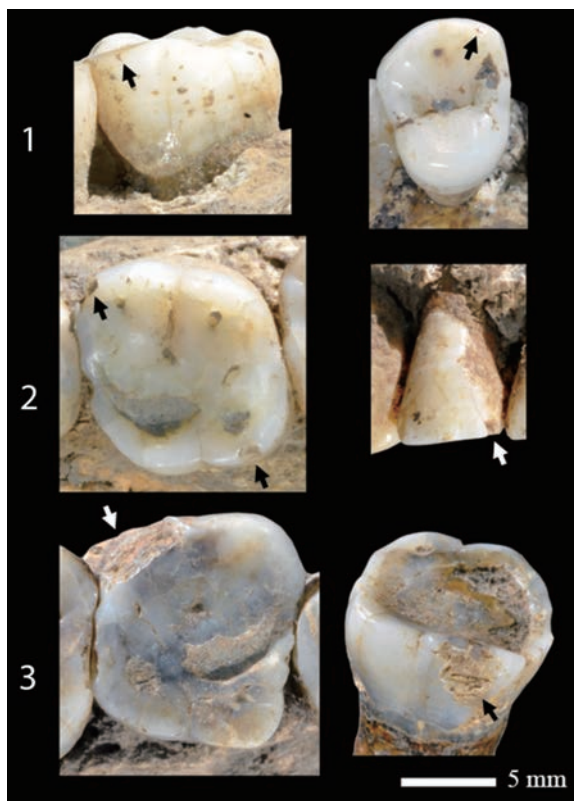


图 2 本文牙齿崩裂观察分级标准（根据 Bonfiglioli 等 [13]）  
Fig. 2 The grading standard for the tooth enamel chipping (after Bonfiglioli et al[13])

1: grade 1; 2: grade 2; 3: grade 3

## 3 结果

### 3.1 猫猫洞人类牙齿釉质崩裂观察

本文研究的 3 件猫猫洞人类下颌骨附着有 17 枚可供进行釉质崩裂观察的牙齿。作者在其中 2 件下颌骨 (GM7502 和 GM7505) 上 6 枚牙齿表面发现有不同程度的釉质崩裂痕迹。

**GM7502 下颌骨：**这件下颌骨有 6 枚牙齿的保存状态可供进行釉质崩裂观察。除右侧第二臼齿保存完整外，其余 5 枚牙齿均有不同程度的死后齿冠釉质破损或缺失。这些破损部分是否具有釉质崩裂已无法确定。作者对这 6 枚牙齿的观察发现，在右侧第三臼齿保留的齿冠咬合面边缘可见两处明显的釉质崩裂痕迹（图 3）。

第一处釉质崩裂痕迹位于齿冠咬合面颊侧 - 远中角切缘。釉质破损面呈不规则方形，大小约 1.2mm×0.9mm。崩裂面明显凹陷，底面高低不平，局部有齿质暴露。破损面底部及四周边缘有很多小的破损或断裂面，但呈现磨圆痕迹。按照 Bonfiglioli 的牙齿釉质崩裂分级标准，属于 3 级。在破损面舌侧附近的齿冠咬合面可见有明显的釉质磨耗痕迹，但尚无齿质暴露。

第二处釉质崩裂位于齿冠咬合面近中切缘大约中央 1/3 区域。该釉质崩裂痕迹呈半月形凹陷状，颊 - 舌方向长 2.2mm，近 - 远中方向最大深度 0.5mm，釉质破损面从切缘向下延伸分布约 0.2mm。釉质破损面上部边缘区域（靠近咬合面）较平滑，呈现明显磨耗痕迹。但在该区域的舌侧部有一小的不规则形粗糙凹陷，从咬合面向下一直延伸到釉质崩裂痕迹的底部。与上述第一处

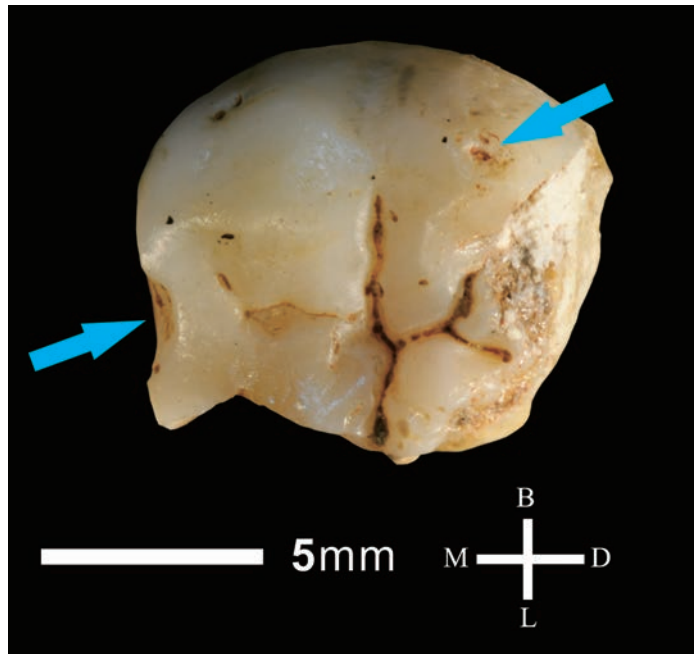


图 3 猫猫洞人类下颌骨 (GM7502) 右侧下颌第三臼齿的釉质崩裂  
Fig.3 The tooth enamel chippings on the right lower third molars of the Maomaodong human mandible (GM 7502)

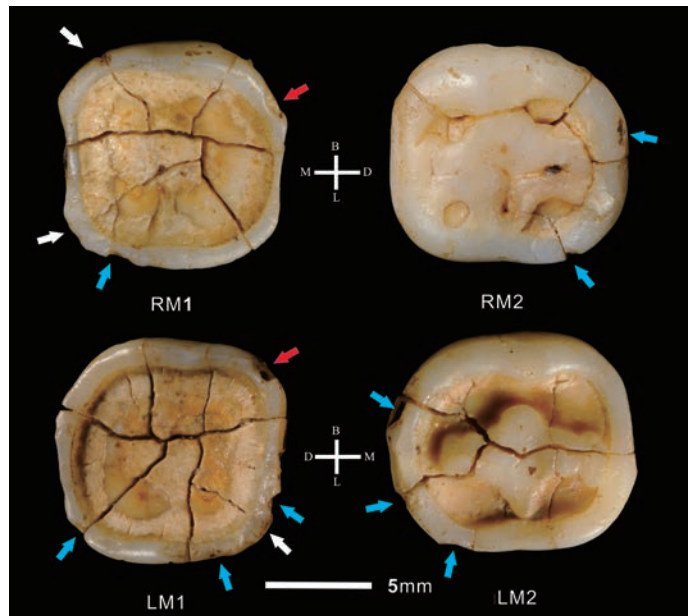


图 4 猫猫洞人类下颌骨 (GM7505) 牙齿上的釉质崩裂  
Fig.4 The tooth enamel chippings on the lower molars of the Maomaodong human mandible (GM 7505)  
(LM1: 左侧第一臼齿; LM2: 左侧第二臼齿; RM1: 右侧第一臼齿; RM2: 右侧第二臼齿; RM3: )

釉质崩裂痕迹的表现相似，这个釉质崩裂痕迹的内面和底部高低不平，局部区域有齿质暴露。这个釉质崩裂痕迹也属于 Bonfiglioli 分级标准的三级。

**GM7505** 下颌骨：这件下颌骨保存 9 枚可供进行釉质崩裂观察的牙齿，包括 5 枚臼齿、3 枚前臼齿、1 枚犬齿。作者对这 9 枚牙齿的观察发现，5 枚臼齿咬合面边缘（切缘）都呈现有不同数量和表现程度的釉质破损，形成牙齿明显的釉质崩裂痕迹（图 4）。而在犬齿和前臼齿未发现釉质破损痕迹。在 5 枚具有釉质崩裂的臼齿中，有 3 枚臼齿各自都呈现尺寸大于 1mm，达到 Bonfiglioli 分级标准 3 级的釉质崩裂痕迹。具体表现为：左侧第一臼齿和左侧第二臼齿各具有 3 个，右侧第一臼齿具有 2 个这样的釉质崩裂痕迹。右侧第二臼齿有 1 个达到 Bonfiglioli 分级标准的 3 级的釉质崩裂痕迹。这些釉质崩裂痕迹都出现在齿冠咬合面边缘的切缘部位，表现为半月形（凹陷状）釉质破损面，破损面粗糙不平，局部有齿质暴露。右侧第三臼齿仅在咬合面远中 - 颊侧边缘部位呈现若干轻微的釉质破损痕迹（相当于 Bonfiglioli 分级标准的 1-2 级）。此外，在左侧第一臼齿、左侧第二臼齿、右侧第一臼齿、右侧第二臼齿咬合面边缘区域可见有多个轻微的釉质破损痕迹（相当于 Bonfiglioli 分级标准的 1-2 级，详见图 4）。

### 3.3 牙周病

作者采用齿根在齿槽面暴露等于或大于 2 mm 的标准作为判定牙周病的标准<sup>[24]</sup>，对猫猫洞人类下颌骨的观察发现所有 3 件下颌骨都呈现有明显的牙周病，波及几乎所有牙齿部位（部分牙齿因为齿槽破损，牙周病情况无法确定）（图 5）。

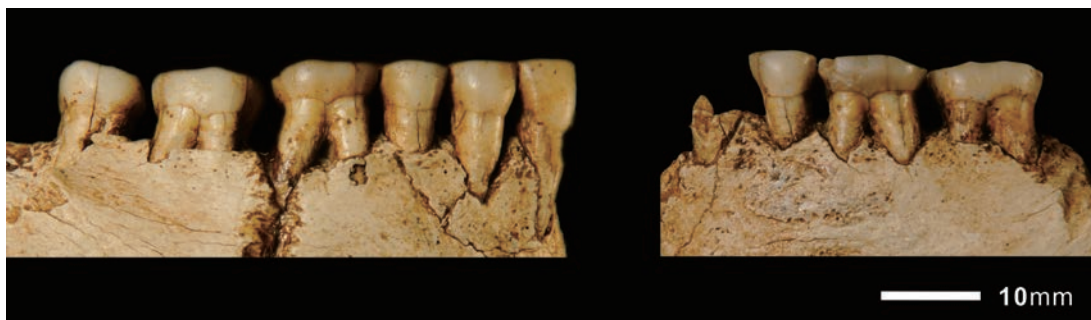


图 5 猫猫洞人类下颌骨 (GM 7505) 的牙周病 (颊侧)

**Fig.5 The periodontal disease on the Maomaodong mandible (buccal side, GM 7505)**

(A: 右侧 C-M3; B: 左侧 P4-M2) (A: right C-M3; B: left P4-M2)

## 4 分析与讨论

### 4.1. 釉质崩裂在猫猫洞人类牙齿的出现情况及表现特点

本文对釉质崩裂在猫猫洞人类牙齿出现和表现情况的观察发现，釉质崩裂现象在猫猫洞人类牙齿表现非常明显。从表 2 归纳总结的情况看，牙齿釉质崩裂在猫猫洞人类化石

的表现具有以下特点:

出现率高, 表现程度明显: 在观察的 12 枚猫猫洞人类牙齿中, 6 枚牙齿具有釉质崩裂痕迹, 出现率 50.0%。所有 6 枚牙齿都至少具有一个达到 Bonfiglioli 分级 3 级的釉质崩裂痕迹。根据作者观测统计的部分古人类牙齿崩裂数据 (表 3), 尼安德特人牙齿釉质崩裂出现率最高 (43.3%), 其次是早期现代人 (23.5%) 和 Krapina (19.7%)。猫猫洞人类牙齿釉质崩裂出现率介于尼安德特人和早期现代人之间。迄今对古代人群牙齿釉质崩裂的研究还不多, 发表的有限数据显示生活在阿拉斯加的古因纽特人具有最高的牙齿崩裂出现率 (63.2%)。因纽特人主要食用食物坚硬并且冷冻的食物, 富含颗粒, 需要强力咀嚼和研磨, 因而造成了高出现率的釉质崩裂<sup>[2]</sup>;

多发性: 所有 6 枚具有釉质崩裂的猫猫洞人类牙齿都呈现有多个大小不等的釉质崩裂痕迹, 其中 5 枚牙齿具有 2 个以上 3 级崩裂痕迹。在这些牙齿上观察到的 1-2 级的微小釉质崩裂痕迹则更多;

釉质崩裂的牙齿分布及出现部位: 由于猫猫洞人类下颌骨上的门齿都已经破损或缺失, 目前已无法确定门齿的釉质崩裂情况。但从保存下来可供观察的犬齿、前臼齿和白齿看, 几乎所有白齿都具有釉质崩裂, 而在保存的犬齿和前臼齿没有发现釉质崩裂。因此, 根据现有的证据推测, 釉质崩裂似乎主要分布在白齿。此外, 几乎所有釉质崩裂都出现在白齿咬合面边缘的切缘位置。

伴发严重牙周病: 值得注意的是, 猫猫洞人类下颌骨具有非常的牙周病, 波及几乎所有牙齿 (表 2)。

#### 4.2 猫猫洞人类牙齿釉质崩裂在揭示食物构成方面的意义

多年来, 牙齿磨耗与使用痕迹分析在被广泛用于揭示过去人类的食物构成及相关的行为活动, 许多学者对此开展了大量的研究<sup>[4-9, 11-15, 25-28]</sup>。相比之下, 对牙齿崩裂的关注程度及开展的相关研究明显不足, 尤其缺乏更新世时期人类牙齿崩裂出现率和表现特点方面的数据。近年的一些研究发现, 作为一种特殊形式的牙齿磨耗或使用痕迹, 牙齿崩裂能够为研究过去人类食物构成、获取食物方式以及使用牙齿行为方式等方面提供更多的信息<sup>[2, 13, 22]</sup>。试验研究证实, 牙齿釉质是一种易碎的物质, 在遭遇高负荷压力时非常容易断裂破碎, 形成釉质崩裂痕迹<sup>[29-30]</sup>。这种釉质崩裂通常在较大的坚硬物质与牙齿咬合面边缘部位发生强力接触情况下发生。一般情况下, 尺寸很小的物质与牙齿接触难以造成釉质崩裂。现生猩猩和美洲野猪较高出现率的牙齿釉质崩裂与这些动物大而坚硬食物以及使用较强的咬合力

表 2 猫猫洞人类化石牙齿釉质崩裂及牙周病出现情况

Tab.2 The summary of tooth enamel chipping and periodontal disease on the Maomaodong human fossils

下颌骨	可供观察的牙齿数量	釉质崩裂出现率	不同级别釉质崩裂出现数量*			釉质崩裂出现总数	牙周病出现情况**
			1	2	3		
GM7202	2	50.0% (1/2)	0	2	0	2	有
GM7503	2	0.0% (0/2)	0	0	0	0	无
GM7505	8	62.5% (5/8)	4	9	3	16	有
Count by individual	12	50.0% (6/12)	4	11	3	18	33.3% (2/3)

\* 釉质崩裂级别采用 Bonfiglioli et al. (2004) 标准 [13]。\*\* 牙周病判定采用 DeWitte and Bekvalac (2010) 标准 [24]



处理这些食物的现象吻合。相比之下, 牙齿釉质崩裂在大猩猩和黑猩猩较低的出现率提示它们不常食用这类坚硬食物<sup>[29]</sup>。由于牙齿釉质崩裂痕迹外观形态及形成机制与普通磨耗及微磨耗明显不同, 并且崩裂痕迹保存时间持久, 因而通过对釉质崩裂痕迹的分析能够获取普通磨耗和微磨耗无法获得的特殊食物或处理食物方式的信息。例如, 造成釉质崩裂的坚硬食物或食物中的颗粒尺寸明显较造成微磨耗的食物颗粒为大, 因而能够提供不同于微观察磨耗类型食物的信息。此外, 微磨耗痕迹随着牙齿磨耗会迅速消失, 失去提供食物信息的功能。最近, Ungar 等人<sup>[31]</sup>的研究发现南方古猿鲍氏种后部牙齿呈现釉质崩裂痕迹, 提示生前食用粗糙和坚硬的食物。但对这些牙齿的微磨耗分析未能检测到坚硬食物的证据。此外, 釉质崩裂痕迹分析作为一种新的研究方法, 还能获得牙齿咀嚼和颌骨咬合力方面的信息。

如前述, 本文对猫猫洞更新世晚期人类牙齿釉质崩裂现象的观察发现几乎所有白齿咬合面边缘位置都见有多发性的釉质崩裂痕迹, 个别严重者波及到牙本质。按照牙齿出现率统计, 猫猫洞人类牙齿釉质崩裂出现率与尼安德特人接近, 高于早期现代人。作者认为出现在猫猫洞人类白齿咬合面边缘的釉质崩裂主要是由于强力咀嚼和研磨坚硬物体所致。推测当时人类的食物粗糙, 坚硬, 富含颗粒(如坚果、种子等)。在猫猫洞下颌骨上观察到的波及几乎全部牙齿的牙周病也为对猫猫洞人类严酷生活环境和粗糙食物的推测提供了一定程度的支持。此外, 几乎所有具有釉质崩裂的白齿都呈现多发性釉质崩裂的表现特点提示猫猫洞人类食用这种粗糙、坚硬食物的数量多, 持续时间长, 因而在这些白齿咬合面边缘留下众多釉质崩裂痕迹。以往实验研究发现, 牙齿崩裂除与咀嚼咬合力有关外, 还与牙齿本身的硬度或矿化程度有关。在等同咀嚼力情况下, 营养不良、矿化程度低的牙齿容易崩裂<sup>[29]</sup>。作者推测, 生活在更新世晚期的猫猫洞人营养状态欠佳, 在一定程度上也促发牙齿釉质崩裂。

Scott 等<sup>[2]</sup>对生活在北极地区的史前因纽特人及欧洲历史时期农业人群牙齿崩裂情况的

表 3 牙齿釉质崩裂在猫猫洞及部分古人类及近代人群出现率

Tab.3 Dental chipping frequencies (by individual and by tooth) in Maomaodong and comparative samples

样本	釉质崩裂出现情况				数据来源
	个体出现率	牙齿出现率	后部牙齿出现率	白齿出现率	
猫猫洞	33.3% (n=3)	50.0% (n=12)	50.0% (n=12)	66.6% (n=9)	本文
早期现代人	-	23.5% (n=40)	23.5% (n=187)	-	Willman, 2016 <sup>[25]</sup>
尼安德特人	-	43.3% (n=73)	43.3% (n=180)	-	Willman, 2016 <sup>[25]</sup>
Krapina	-	19.7% (n=15)	19.7% (n=76)	-	Willman, 2016 <sup>[25]</sup>
河南西山仰韶文化	49.5% (n=99)	5.6% (n=2037)	6.9% (n=175)	-	Pechenkina et al, 2013 <sup>[26]</sup>
阿拉斯加因纽特人(公元17世纪)	97.0% (n=67)	63.2% (n=809)	68.7% (n=625)	67.4% (n=426)	Scott and Winn, 2010 <sup>[2]</sup>
挪威St. Gregory's 地点(公元14世纪)	56.9% (n=167)	21.9% (n=1508)	13.9% (n=1052)	9.1% (n=643)	Scott and Winn, 2010 <sup>[2]</sup>
西班牙Santa Maria 地点(公元18世纪)	24.1% (n=241)	5.9% (n=1721)	4.0% (n=1057)	2.8% (n=568)	Scott and Winn, 2010 <sup>[2]</sup>
摩洛哥Taforal 地点(12000-11000年前)	93.9% (n=33)	29.2% (n=571)	32.8%	-	Bonfiglioli et al., 2004 <sup>[13]</sup>
意大利 Quadrella 地点(公元前3世纪)	100.0% (n=64)	48.4% (n=1053)	40.8% (n=660)	-	Belcastro et al., 2007 <sup>[27]</sup>
意大利Vicenne-Campochiaro 地点(公元10世纪)	97.6% (n=84)	38.9% (n=1582)	30.9% (n=976)	-	Belcastro et al., 2007 <sup>[27]</sup>

研究发现,食物结构和生活方式与釉质崩裂的牙齿分布密切相关。因纽特人除具有较高的釉质崩裂出现率(无论个体出现率,还是牙齿出现率)外,釉质崩裂的牙齿分布也与欧洲农业人群明显不同。因纽特人牙齿釉质崩裂主要发生在后部牙齿的臼齿,而欧洲农业人群牙齿釉质崩裂主要出现在前部牙齿的门齿。Scott 等将这一现象分别称为“臼齿主导类型(molar dominant)”和“门齿主导型(incisor-dominant)”。Scott 等认为以狩猎-采集为主要生活方式的人群的食物粗糙坚硬(如因纽特人食物冷冻、坚硬富含颗粒),需要强有力的后部牙齿(前臼齿和臼齿)研磨力量。这种需求甚至超过了对前部牙齿进行准备食物及将牙齿作为工具使用的功能,因而造成高出现率的臼齿釉质崩裂。相比之下,农业人群处理及食用食物对门齿的依赖更大,造成相对高出现率的前部牙齿釉质崩裂。由于猫猫洞下颌骨门齿缺失,无法确定前部牙齿釉质崩裂情况。但对保存的犬齿、前臼齿和臼齿的观察显示全部釉质崩裂都出现在臼齿,并且几乎全部表现为多发性釉质崩裂痕迹。作者据此推测虽然还不能确定猫猫洞人类牙齿釉质崩裂为臼齿主导型,但至少可以认定猫猫洞人类臼齿具有高出现率及多发性的釉质崩裂痕迹。提示当时人类食物粗糙,坚硬,含有较多的砂砾或碎石。

迄今对中国古人类牙齿釉质崩裂的唯一报道是在湖北郧西黄龙洞更新世晚期人类牙齿观察到的釉质破损崩裂痕迹<sup>[16-17]</sup>。黄龙洞人类3枚前部牙齿(上颌中门齿、上颌侧门齿、下颌侧门齿)都呈现有明显的釉质崩裂痕迹。根据这些釉质崩裂痕迹分布在靠近切缘的上颌门齿唇面及下颌门齿舌面的情况,推测生活在黄龙洞的更新世晚期人类经常使用前部牙齿从事啃咬、叼衔、或剥离等动作,并可能将前部牙齿作为工具使用。由于发现于黄龙洞的7枚人类牙齿全部为单个牙齿,无法确定在3枚门齿观察到的釉质崩裂痕迹是否属于“门齿主导型”。而猫猫洞人类下颌骨上的门齿全部缺失,目前也无法与出现在黄龙洞前部牙齿的釉质崩裂痕迹进行比较。因此,对于中国更新世晚期人类牙齿釉质崩裂是否具有“臼齿主导型”或“门齿主导型”需要未来更多保存化石发现来证实。而釉质崩裂的牙齿分布在不同古人类之间的差别与食物结构、获取或处理食物方式、生活环境,以及相关的行为活动之间的关系则需要更为深入细致的研究来论证。

致谢: 博士研究生贺乐天协助标本拍摄并制作了插图,作者谨致谢意。

## 参考文献

- [1] Hilton S. Dental Anthropology [M]. Cambridge University Press, 1996, 1-366
- [2] Scott R, Winn J. Dental chipping: contrasting patterns of microtrauma in Inuit and European populations [J]. International Journal of Osteoarchaeology, 2011, 21:723-731
- [3] Turner C, Cadien J. Dental chipping in Aleuts, Eskimos and Indians [J]. American Journal of Physical Anthropology, 1969, 31: 303-310
- [4] Lukacs JR. Dental trauma and antemortem tooth loss in prehistoric Canary Islanders: prevalence and contributing factors [J]. International Journal of Osteoarchaeology, 2007, 17:157-173
- [5] Molleson T, Jones K. Dental evidence for dietary change at Abu Hureyra [J]. Journal of Archaeological Science, 1991, 18:525-539
- [6] Lukacs JR, Pastor RF. Activity-induced patterns of dental abrasion in prehistoric Pakistan: evidence from Mehrgarh and Harappa[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1988, 76:377-398
- [7] Wallace JA. Did La Ferrassie use his teeth as a tool? [J]. Current Anthropology, 1975, 16:393-3946
- [8] Bermudez de Castro JM, Bromage TG and Fernandez Y. Buccal striations on fossil human anterior teeth: evidence of handedness in the middle and early Upper Pleistocene[J]. Journal of Human Evolution, 1988, 17:403-412

- [9] Bermudez de Castro JM, Martinon-Torres S, Sarmiento S, *et al*. Rates of anterior tooth wear in Middle Pleistocene hominins from Sima de los Huesos(Sierra de Atapuerca ,Spain)[J]. PNAS, 2003, 100:11992-11996
- [10] Wallace JA. Tooth chipping in the Australopithecines [J]. Nature, 1973, 244:117-118
- [11] Molnar S. Tooth wear and culture: a survey of tooth functions among some prehistoric population [J]. Current Anthropology, 1972, 13:511-526
- [12] Milner GR, Larsen CS. Teeth as artifacts of human behavior: intentional mutilation and accidental modification [A]. In Advances in Dental Anthropology, Kelley MA, Larsen CS (eds) Wiley-Liss: New York, 1991, 357-378
- [13] Bonfiglioli B, Mariotti V, Facchini F, Belcastro MG, Condemi S. Masticatory and non-masticatory dental modifications in the epipalaeolithic necropolis of Taforalta (Morocco) [J]. International Journal of Osteoarchaeology, 2004, 14:448-546
- [14] Molnar P. Dental wear and oral pathology: possible evidence and consequences of habitual use of teeth in a Swedish Neolithic Sample [J]. American Journal of Physical Anthropology, 2008, 136:423-431
- [15] Molnar P. Extramasticatory dental wear reflecting habitual behavior and health in past populations [J]. Clin Oral Invest, 2011, 15:681-689
- [16] 刘武, 武仙竹, 吴秀杰, 等. 人类牙齿表面痕迹与人类生存适应及行为特征 — 湖北郧西黄龙洞更新世晚期人类牙齿使用痕迹 [J]. 第四纪研究, 2008, 28:1014-1022
- [17] 刘武, 武仙竹, 吴秀杰, 等. 湖北郧西黄龙洞更新世晚期人类牙齿磨耗与使用痕迹 [J]. 人类学学报, 2010, 29:1-14.
- [18] 曹泽田. 猫猫洞旧石器之研究 [J]. 古脊椎动物与古人类, 1982, 20: 255-264
- [19] 曹泽田. 猫猫洞的骨器和角器研究 [J]. 人类学学报, 1982, 1: 36-41
- [20] 原思训, 陈铁梅, 高世君. 华南若干旧石器时代地点的轴系年代 [J]. 人类学学报, 1986, 5: 179-190
- [21] 曹波, 贺乐天, 张璞. 贵州兴义猫猫洞出土的人类化石 [J]. 人类学学报, 2015, 34:451-460
- [22] Smith H. Patterns of molar wear in hunter-gatherers and agriculturalists[J]. American Journal of Physical Anthropology, 1984, 63:39-56
- [23] Scott R, Turner C. Dental anthropology[J]. Annual Review of Anthropology, 1988, 17:99-126
- [24] DeWitte SN, Bekvalac J. Oral health and frailty in the medieval English cemetery of St Mary Graces[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2010, 142:341-354
- [25] Willman JC. The Non-Masticatory Use of the Anterior Teeth Among Late Pleistocene Humans. PhD Dissertation[M]. Saint Louis: Washington University in Saint Louis
- [26] Pechenkina EA, Xiaolin M, Wenquan F, et al. Yangshao oral health from West to East: effects of increasing complexity and contacts with neighbors[J]. In: Pechenkina EA, Oxenham MF, editors. Bioarchaeology of East Asia: Movement, Contact, Health. Gainesville: University Press of Florida, 288-322
- [27] Belcastro G, Rastelli E, Mariotti V, et al. Continuity or discontinuity of the life-style in central Italy during the Roman imperial age-early middle ages transition: Diet, health, and behavior[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2007, 132(3): 381-394
- [28] Hinton RJ. Form and patterning of anterior teeth wear among aboriginal human groups [J]. American Journal of Physical Anthropology, 1981, 54: 555-564
- [29] Chai H, Lawn B. A universal relation for edge chipping from sharp contacts in brittle materials: A simple means of toughness evaluation [J]. Acta Materialia, 2007, 55: 2555-2561
- [30] Lucas P, Constantino P, Wood B, et al. Dental enamel as a dietary indicator in mammals [J]. Bioessays, 2008, 30:374-385
- [31] Ungar P, Grine F, Teaford M. Dental microwear and diet of the Plio-Pleistocene hominin *Paranthropus boisei* [J]. PLoS ONE, 2008, 3: e2044