

史前考古学中骨骼表面人类齿痕特征的鉴定、研究及其意义

韩诣深

1. 北京大学考古文博学院, 北京 100871; 2. 北京大学中国考古学研究中心, 北京 100871

摘要 骨骼上的人类齿痕对于研究史前人类生计方式具有重要意义, 但由于其特征模糊、不易辨别, 国内学者对此问题研究较少。人类齿痕的发现始于民族学观察, 其鉴定特征主要由实验总结, 并在如人类肉食资源获取方式、食人习俗的确认等问题中得到了应用。人类产生齿痕动作的目的可分为消费肉食和消费骨髓油脂, 留下凹坑、穿刺等原生痕迹和剥离、折弯末端等次生痕迹。由于消费模式的不同, 人类齿痕与其他食肉动物齿痕的主要区别在于其组合和分布位置。本文通过对骨骼表面人类齿痕研究历程的梳理, 对人类齿痕的鉴定特征进行总结, 对其研究意义和未来发展进行展望, 以期引起学界对此现象的重视并为鉴定提供参考。

关键词 人类齿痕; 生计模式; 动物考古学; 埋藏学

1 引言

随着动物考古学研究的进展和埋藏学研究的深入, 考古遗址出土的骨骼(包含动物骨骼及人骨)表面的各种痕迹的研究和区分越得到研究者的重视, 因其可以阐释骨骼所经历的人类改造过程、动物对骨骼的影响程度以及人类与食肉动物之间的关系等问题^[1-3]。在多数案例中, 研究者一般将工具所产生的痕迹例如切割痕迹、刮削痕迹、敲砸痕迹等归因于人类作用, 而将骨表齿痕包括凹坑、线状痕迹等归因于食肉动物的啃咬^[4]。然而, 随着民族学观察和实验考古的深入, 部分研究者意识到将齿痕完全归因于动物啃咬是一种“偏见”: 难道人类从不啃咬骨骼吗?^[5]人类齿痕与食肉类动物的齿痕具有较高的相似性^[6], 这说明已有研究中可能存在相当一部分的人类齿痕并未被区分, 影响了基于骨表痕迹进行研究的准确性。

首先, 对人类齿痕特征的鉴定、研究具有重要意义。它是人类消费肉食的直接证据, 可以补充切割痕迹所不能直接体现的消费对象和过程。长期以来, 古人类的肉类资源获取方式, 即人类属于“狩猎者”还是“食腐者”, 是动物考古学家关注的重点^[6-11], 但以往研究将齿痕完全归因于动物, 这导致部分情况下动物参与的比例被高估。因此,

收稿日期: 2023-09-22; 接受日期: 2024-09-13

作者简介: 韩诣深, 博士研究生, 主要从事旧石器时代考古学研究。E-mail: yishenh97@163.com

从齿痕中鉴别出人类消费过程的齿痕有助于对人类肉类资源获取模型的准确描绘。

其次，对人类齿痕的鉴定可以拓宽研究的证据范围。在工具尚未被大量使用以及猎物（例如鼠类等小型动物）不适合或不必要利用工具进行屠宰的情况下，人类齿痕是判断消费对象和消费方式的依据；在食人习俗的研究中，则可以通过人类齿痕直观判断人类是否成为消费对象；食物是否经过烹饪也会影响人类齿痕的特征，因而人类齿痕在一定程度上可以反映古人用火技术与烹饪方式的改变和进步。

此外，对于人类是否消费骨髓、骨脂的问题，以往研究多关注敲骨取髓痕迹、为提取骨髓而粉碎的骨骼碎片特征等现象^[12]，而敲骨取髓和粉碎骨骼提取骨髓主要是对较大型骨骼的骨髓骨脂的利用方式。对于肋骨等扁骨或小型动物骨骼，直接咬开骨体吸取骨髓、咀嚼骨松质消费骨脂可能是更方便的方式。此种利用方式下人类齿痕特征的可辨识性比敲砸痕迹更强，对其进行研究可以拓宽骨髓、骨脂利用的证据范围，准确判断资源利用的强度：若髓腔很小的腓骨也经历了被咀嚼以提取骨髓的过程，便可反映资源利用强度较高。

国内的动物埋藏学研究总体更重视人类工具痕迹的鉴定和辨识^[7]，对动物改造尤其是食肉动物齿痕的研究更多情况下是为了对照人类工具痕迹的比例，以推断人类对肉食资源的获取方式^[13]或死亡年龄模式^[14]，动物改造在遗址埋藏研究实际应用方面较为薄弱^[7]。事实上，国际上人类齿痕的研究范式来源于动物齿痕研究。尽管人类齿痕代表考古学者们更为关注的人类行为，但由于国内动物齿痕研究相对较少，人类齿痕辨析缺乏足够的方法论基础。因此，尽管学者已经意识到人类也可以通过撕扯、啃咬等方式消费肉食，但是“由于相关动作很难在骨骼表面形成可辨的痕迹”，所以对人类改造行为的研究目前更多地局限于石器痕迹^[10]。

鉴于上述重要意义，本文拟通过对人类齿痕发现和研究历程的梳理，总结目前研究所得出的人类齿痕的鉴定特征及其影响因素，期望提升其在国内埋藏学研究中的受重视程度，为相关问题的辨识和研究提供参考。

2 民族学研究对人类啃咬骨骼现象的发现及观察

2.1 人类啃咬骨骼现象的发现

对于人类啃咬骨骼的现象，学界很早就已经发现。1871年，著名作家马克·吐温就曾经提到，当时的古生物学家已经尝试分辨人类齿痕和鬣狗齿痕，以证明原始人类存在食人行为，但这种认定缺少明确的依据^[15]。1976年，Charles Kimberlin Brain在对纳米比亚平原地区霍屯督（Hottentot）人群的民族学观察中发现，该人群有能力在食用过程中对骨骼表面造成“相当可观”的伤害^[16]。随后，Lewis Roberts Binford也在对纽纳米特（Nunamuit）人群的生态学观察中发现了类似的现象^[17]。他在随后的研究中指出，“人类有能力，并且几乎一定会啃咬骨骼”，且通常情况下人类的啃咬行为不太可能与典型食

肉动物的消费模式一致, 应当是可辨认的^[18]。

Diane Gifford-Gonzalez对东非图尔卡纳湖东北侧的大三尼奇(Dassanetch)人群进行了民族学研究^[19], 发现带有齿痕的骨骼上具有工具切割痕迹, 齿痕分布的部位与该人群豢养的犬类和其他食肉动物的消费习惯并不相符, 且该居住点齿痕数量远多于同地区仅被野生动物啃咬的骨骼的齿痕数量。通过此类间接证据, 他认为该居住点的骨骼齿痕有较大比例属于人类啃咬形成。

此阶段民族学研究中, 研究者们逐渐通过田野调查和间接性证据意识到人类啃咬骨骼行为现象的存在, 但对人类与动物齿痕的具体区别未进行详细的分析^[20]。例如, 在James S. Oliver对奥杜威峡谷FLK Zinj遗址的人类消费模式的研究中, 尽管他已经意识并观察到人类啃咬骨骼的行为^[21], 但由于缺少可供辨析的实验数据, 他依然将所有齿痕均归因于食肉动物^[6]。

2.2 民族考古学区分人与动物齿痕的尝试

在发现人类可以在骨骼表面产生齿痕的现象以后, 民族考古学研究者进而对人类齿痕的特征进行了观察。Matthew John Landt对中非地区博菲(Bofi)人群进行了民族考古学研究^[22,23], 发现从频率上看, 除鼠类之外的动物骨骼上的人类齿痕主要分布于躯干骨部分, 这可能与人群狩猎和分配猎物的方式有关; 而鼠类骨骼较低的齿痕频率则可能是由于消费鼠类的过程不需要较大的咬合力。此外, 由于大型食肉动物很难在小型动物(鸟类、啮齿类等)骨骼表面留下齿痕(而是会完全吞下), 所以在非粪便遗存的背景下发现的小型动物骨骼表面齿痕有更大可能是人类造成的。在小型动物的范畴内, 他认为人类和食肉动物齿痕在形态和尺寸上是相似的, 区别则在于损伤模式, 包括痕迹位置和痕迹类型分布等。这项区别实际上缘于消费方式的不同。

Gustavo Martínez则对亚马孙丛林的努卡克(Nukak)人群所消费的猴子和豪猪等猎物的骨骼进行了民族考古学研究^[24]。他发现, 努卡克人群的消费习惯中存在咀嚼骨骼末端以取食骨髓的行为。尽管努卡克人群存在豢养犬类的习惯, 但犬类的消费会对骨骼造成更严重的破坏; 且由于人类消费的过程较快, 丢弃骨骼残余的肉量少, 对食肉动物缺少吸引力, 所以该骨骼遗存所表现的应当是人类消费骨骼的特征。然而, Martínez同样承认, 仅基于努卡克人群的研究并不足以总结出清晰的人类咀嚼模式。

3 人类齿痕特征的实验研究

尽管人类造成齿痕的现象由民族考古学研究发现, 但鉴于民族考古学证据存在人群本身消费习惯和猎物种类的特殊性, 实验考古学研究在总结出在考古学实践中更具指导意义的普遍特征上更为有力。

3.1 实验考古学研究历程

关于人类齿痕特征的实验考古学研究始于对灵长类的动物考古学实验研究。基于石器尚未被广泛使用之时人类的消费方式可能与猿类相近的假设, Travis Rayne Pickering对猩猩咀嚼骨骼产生的痕迹进行了实验研究^[25]。尽管结果倾向于猩猩的齿痕与食肉动物较为相似, 但他的研究依然揭示了由于行为模式的不同, 灵长类与通常的食肉类动物齿痕存在区别。Martha Tappen和Richard Wrangham则对猩猩粪便中残余的骨骼上包括齿痕在内的特征进行了研究, 其中齿痕与食肉动物的相似但尺寸更小, 同时消化程度更轻^[26]。

Dolores Elkin和Mariana Mondini较早地直接引入人类进行了咀嚼实验并与狐狸进行了对比^[27]。该研究认为人类和狐狸的齿痕在形态上具有相似性, 但他们同时指出, 鉴于人类会使用工具, 人类的齿痕多样性应当少于食肉动物。Colleen Delaney-Rivera等在对牙齿凹坑尺寸与动物种类和体形关系的实验研究中引入了人类作为实验动物的一种^[28], 其结果显示人类齿痕与不同体形的食肉动物和杂食动物齿痕在尺寸和形态上均有重叠。尽管人类食用样本经过烹煮, 本应更容易产生较大的齿坑, 但实际研究发现人类齿坑尺寸与体形的比值比预期更小。Miriam Andrés等进一步对凹坑的观察研究显示, 人类齿坑与小型动物更为接近, 但齿坑大小主要的影响因素是骨骼本身的尺寸^[29]。

上述研究进一步证明了人类齿痕与食肉动物齿痕总体的相似性, 强调了已有研究遗漏人类齿痕的可能, 但未总结出人类齿痕的一般性特征。2011年, Yolanda Fernández-Jalvo和Peter Andrews对人类齿痕特征进行了专门实验研究, 使其在考古学实践中的应用价值大大增强^[30]。研究发现的主要齿痕种类包括折弯末端、圆齿状边缘、咀嚼末端(即压碎)、穿刺和线状痕。折弯末端是由于实验者使用颊齿咬住肋骨并持握一端向上或向下弯折以折断骨体取食骨髓而产生的, 受试者表示这是最简单省力的取食骨髓的方式, 通常会伴生剥离, 此现象在猩猩的实验观察中也会出现^[25,31,32]。圆齿状边缘和咀嚼末端同样在猩猩的实验观察中出现, 是通过对骨骺端的咀嚼而产生的。研究者通过对圆齿状边缘的细节观察发现: 双弓形穿刺在其实验材料中多有展示, 这是人类臼齿造成的特殊痕迹; 齿状边缘附近常伴生有三角形穿刺痕迹, 与猩猩的圆形穿刺不同; 当咀嚼幼年个体柔软的骨骼时, 骨骼末端会呈现无法测量特征的完全压碎的形态(图1)。人类门齿对骨表的啃咬会造成肉眼很难辨认的浅线状痕迹, 与食肉动物相比浅且不明显, 而与啮齿类动物具有相似性; 通过扫描电镜观察发现, 这种浅线状痕迹一端有类人门牙产生的半月形凹坑, 痕迹内部有咬合面的不规则形态造成的内部划痕(图2); 尽管踩踏也会产生内部划痕, 但踩踏所造成的划痕丰度更高、分布更为随机。上述齿痕种类并非均为人类特有, 但其组合方式仍然具有可辨识的特征性, 例如凹坑和穿刺常出现在扁骨末端^[33]。这项研究系统地梳理了人类消费肉食产生的骨表齿痕的特征和鉴定方式, 尤其是对人类折断扁骨取食骨髓以及咀嚼骨骺以取食骨髓的痕迹进行了清晰的辨识, 并在考古学材料中获得证实。

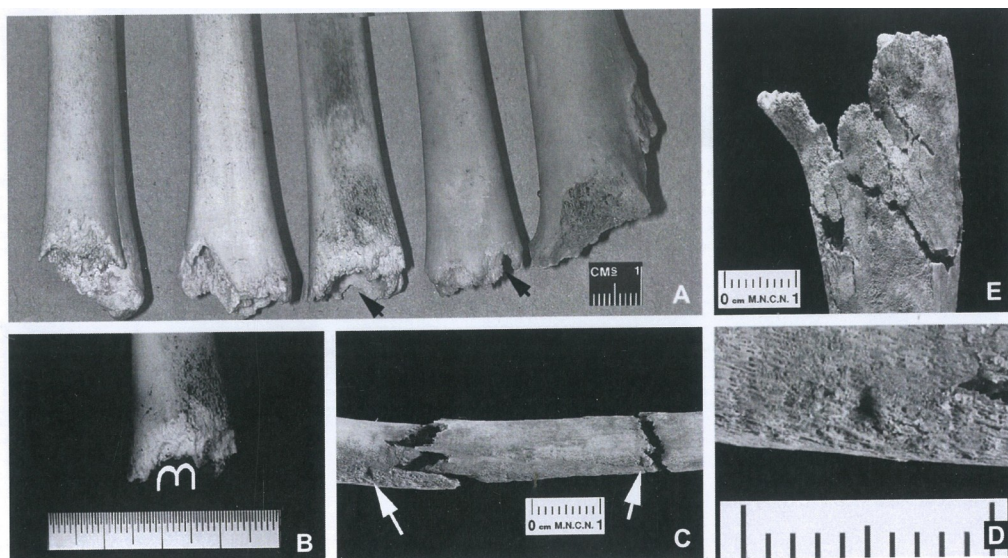


图1 实验和民族学观察所发现的人类齿痕种类及特征^[30]

Fig.1 Types and characteristics of human tooth-mark discovered from experimental and ethological observation^[30]

A. Koi人群咀嚼的长骨远端, 表现出圆齿状边缘, 箭头指向可测量的穿刺痕迹; B. A图中中间的长骨细部可见双弓形穿刺; C. 欧洲实验者啃咬肋骨骨干留下的穿刺痕迹, 为前磨牙折弯骨体取食骨髓时留下; D. C图穿刺痕迹细部, 痕迹呈三角形; E. 欧洲实验者咀嚼幼猪肋骨取食骨髓, 造成压碎

在上述研究的基础上, Palmira Saladié等进一步展开了实验性的定量研究^[34]。进食实验结果显示, 对骨体改造过程参与最多的是门齿(撕下并切分肉食)、犬齿和前臼齿(折断骨骼)。对于骨骺部位表面的沟状痕和掏除骨骺的现象, 研究者认为其代表着不同程度咀嚼骨骺或去除骨骺吸取骨髓造成的损伤; 纵向破裂则多出现在扁骨上, 沿骨胶原线分布, 是对较大平面施加咬合力造成的, 常与凹坑、穿刺或线状痕伴生; 凹坑则常呈新月形。研究同时还提供了实验中各种痕迹的频率与尺寸数据。

此外, 也有学者对烹饪方式对于人类齿痕特征的影响进行了研究。在Saladié等的实验中, 未烹饪的骨骼留下的改造痕迹最多, 但由于其关节处韧带等组织不易食用, 该部齿痕较少; 与消费骨髓和骨脂相关的痕迹更多地出现在烹制后的骨骼上^[34]。Antonio Romero等在研究中将牙齿直接在骨表造成压力或拖拽而产生的凹坑、穿刺和线状痕归类为原生痕迹, 将咀嚼或其他原因产生的齿状边缘、压碎、破裂、沟状痕等归类为次生痕迹。结果显示, 烹饪过的样本有更多的齿痕; 原生痕迹在烤制的标本表面更多见, 这是由于骨骼表面脆性加大、韧性降低, 但未烹饪的骨骼原生痕迹尺寸较大; 破碎、齿状边缘等次生痕迹在未烹饪样本中出现较多, 这是由于生肉对骨骼附着力更强, 牙齿在撕扯肉食的过程中更容易对骨骼造成伤害。实验产生的齿痕尺寸偏大, 可能是非自然条件下的消费行为的缘故^[35]。该实验与Saladié等的实验结果有一定出入, 一部分可能是由于该实验并不包含消费骨髓的过程。Caroline Funk等对经烹饪鸡骨实验显示, 水煮留下的齿痕最多, 烧烤留下的齿痕最少, 这可能是因为烧烤使肉更容易从骨骼上分离, 无须留下齿痕; 此外, 烧烤也会使得掌



图2 Gran Dolina TD6地点发现人骨上的浅线状痕迹, 可见浅新月形凹坑和痕迹内部的划痕^[30]
 Fig. 2 Shallow scores showed on the human bone from Gran Dolina TD6; shallow crescent pit and internal scratches could be observed^[30]

骨和指骨变脆, 人类食用过程中可能会将其整体消费。他们指出, 痕迹的特征和组合与消费个体的饮食习惯有较大相关性, 因而总结一般性规律需要谨慎^[36]。

在人类齿痕的一般特征被总结之后, 部分研究者对标准的泛用性也提出了疑问。Santiago Domínguez-Solera和Manuel Domínguez-Rodrigo对兀鹫消费行为产生的骨表痕迹进行的实验研究, 发现其同样能产生有内部划痕的浅线状痕迹^[37]; 猪也能产生浅线状痕迹^[38]; 而双弓形穿刺则在包括犬类的实验观察中可能出现^[37]。Jordi Rosell等基于熊的磨牙形态和前爪功能与人具有相似性, 对熊消费过程产生的痕迹进行了研究, 结果显示熊造成的剥离痕迹与人类剥离的特征相似。此外, 由于人和熊的主要牙齿结构相似, 新月形凹坑、内部有划痕的线状痕、双弓形穿刺等人类齿痕特征在熊类齿痕中也有发现。从尺寸上来说, 熊造成的线状痕迹总体大于人类, 但其他特征尺寸与人类近似^[39]。

双弓形穿刺曾在Fernández-Jalvo等的研究中被认定为人类齿痕的“金标准”^[30,40]。Domínguez-Solera和Domínguez-Rodrigo声称犬类等也会产生此种痕迹, 但未做详细描述或有图像资料支撑; 熊基于相似的牙齿结构造成的双弓形穿刺, 其形态上呈现不对称性, 与人类相异^[39] (图3)。上文所述兀鹫产生的线状痕, 根据作者提供的照片, 不具备新月形凹坑作为痕迹起点的人类齿痕特征。尽管如此, 需要承认的是现有研究已发现熊类的齿痕与人类具有高度相似性, 其重要原因之一是熊和包括人在内的灵长类动物均可以利

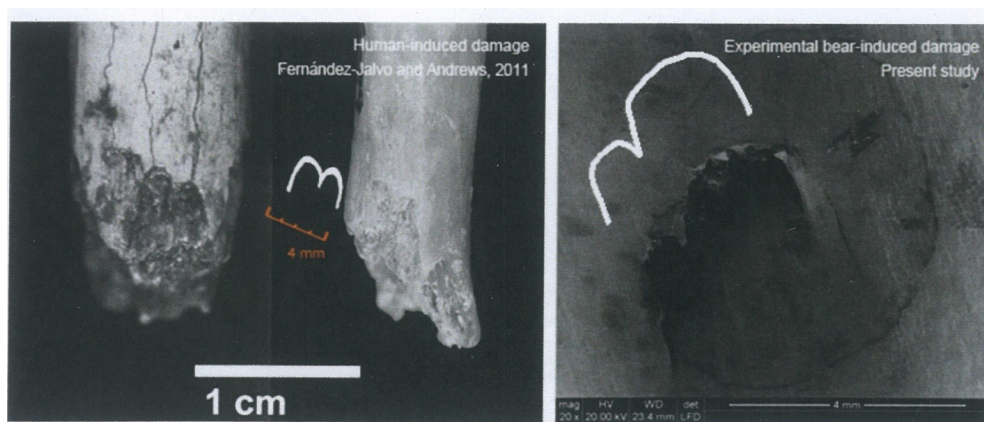


图3 人类(左, 来自Gran Dolina TD6)和熊(右, 实验)造成的双弓形穿刺形状对比^[39]

Fig. 3 The comparison of double arch puncture caused by human (left) and bear (right) ^[39]

用前爪持握骨体, 其他食肉动物则缺少类似的消费方式。

3.2 人类齿痕鉴定特征

基于以上实验研究和认识, 本文将人类消费肉食过程中产生的主要痕迹种类和特征总结如下。该结果可能受各个实验的偶然性影响。

3.2.1 原生痕迹

(1) 凹坑 (pit): 由咬合力在皮质骨硬处施加形成的小坑, 在消费肉食、骨脂、骨髓的过程中均可产生。多种食肉动物均可能产生此类痕迹, 但人类啃咬形成的凹坑较大概率呈现半月形, 亦有三角形或圆形, 有时边缘形状不完整。位置多分布于扁骨、长骨骨骺端, 长骨骨干亦有分布。

(2) 穿刺 (puncture): 由咬合力在骨表脆弱处施加牙齿穿透皮质骨形成, 多种食肉动物均可能产生此类痕迹, 但人类啃咬形成的穿刺部分呈三角形, 有时边缘断裂不完整。位置多分布于扁骨、长骨骨骺端, 长骨骨干亦有分布, 总体数量较其他食肉动物稀少。

(3) 双弓形穿刺 (double arch puncture): 啃咬形成的与牙齿形态符合的穿刺痕迹, 主要在消费骨脂、骨髓的过程中产生。熊可以产生此类痕迹, 但人类啃咬会呈现对称的形态, 与熊相异。位置多分布于骨骺端, 常与圆齿状边缘、穿刺伴生。

(4) 线状痕 (scores/liner marks): 牙齿在骨表拖拽形成浅沟, 在消费肉食、骨脂、骨髓的过程中均可产生。多种食肉动物、啮齿动物均可能产生此类痕迹, 而人类啃咬形成的线状痕尺寸相较大多数食肉动物浅短, 与啮齿类动物近似, 截面形态呈U形或方形而非V形, 一端有半月形凹坑, 内部有浅划痕, 方向与骨轴垂直或斜交。其分布位置与肌肉附着位置相关, 松质骨分布较少但有更大的深度。

3.2.2 次生痕迹

(1) 折弯末端 (bent end): 手折弯骨体以及颊齿咀嚼导致骨体末端折弯形态, 主

要在消费骨髓的过程中产生。猩猩、熊等动物亦可产生此类痕迹。其分布位置常见于肋骨、椎骨棘突或横突，总与剥离伴生，常与凹坑和线状痕伴生。

(2) 剥离 (peeling)：手折弯骨体以及颊齿咀嚼导致骨表剥脱，出露粗糙纤维结构，主要在消费骨髓的过程中产生。猩猩、熊等动物亦可产生此类痕迹。其分布位置常见于肋骨、尺骨，分布频率较折弯末端高，常与凹坑和线状痕同时伴生，有时与凹坑和线状破裂同时伴生。

(3) 圆齿状边缘/锯齿状边缘 (crenulated edge/saw-toothed edge)：牙齿穿刺导致边缘呈现与牙尖符合形态或不规则形态边缘，在消费肉食、骨脂、骨髓等过程中均可产生。多种食肉动物均可产生此类痕迹。人类啃咬产生的此类痕迹多分布于肋骨前侧或后侧缘、肩胛骨颈侧缘、胸侧缘、脊侧缘、长骨远端等位置，常与剥离伴生。

(4) 纵向破裂 (longitudinal cracks)：静态咬合力增大使骨折线沿骨胶原原线扩展，主要在消费肉食的过程中产生。多种食肉动物均可产生此类痕迹。人类啃咬产生的纵向破裂在未经烹饪的骨骼上多分布于扁骨处，经过烹饪的骨骼扁骨和长骨上均可能出现。多个纵向破裂可能伴生骨折，常与凹坑、穿刺、线状痕伴生。

(5) 压碎 (crushing)：咬合力导致皮质骨在集中区域崩毁，在消费肉食、骨脂、骨髓的过程中均可产生。多种食肉动物均可能产生此类痕迹。人类啃咬产生的压碎在未经烹饪的骨骼上多分布于肋骨骨干及骨骺、肩胛骨处，经过烹饪的骨骼主要在长骨骨骺端出现，尤其多出现于如动物幼体的骨骼等强度较低的骨骼上。

(6) 沟状痕 (furring)：咀嚼骨骺导致骨松质沟状缺失，主要在消费骨脂的过程中产生。多种食肉动物均可产生此类痕迹，但人类啃咬产生的沟状痕损伤多轻微。主要出现于小型动物骨骼，多分布于长骨骨骺，也分布于肩胛骨冈盂切迹，常与凹坑、线状痕伴生，有时与纵向破裂、压碎伴生。

(7) 掏除 (scooping-out)：骨骺部分全部掏除，髓腔暴露，主要在消费骨脂、骨髓的过程中产生。多种食肉动物均可能产生此类痕迹。人类啃咬造成的掏除多分布于肋骨，长骨骨骺亦有分布。

需要注意的是，通过孤立的痕迹种类或尺寸并不能充分认定人类齿痕的存在，基于消费模式和生理特征进行的分布和组合分析并结合例如人类工具痕迹、环境及动物群分布等背景信息，才能得出相对可靠的鉴定结果。

3.3 影响人类齿痕特征的主要因素

人类齿痕各项特征影响因素众多，因此辨别人类齿痕与其他食肉动物齿痕的主要指标应当来源于形态学特征之外更本质的区别。从生理特点的角度来看，人类具有灵巧的双手，除了可以加工使用工具外，手在进食行为中也起到重要的辅助作用，例如持握骨体以辅助牙齿分离肉食，或上下拉拽以帮助咬开扁骨末端取食骨髓。由于手具有辅助作用，且人类消费模式较少包括对长骨骨体的直接消费，而存在咀嚼骨骺取食骨脂的行

为, 因此人类齿痕在长骨上更多地分布于骨骺端。以此方式取食骨髓的过程产生的剥离痕迹和折弯末端的特征, 属于包括人类在内的灵长类动物以及熊等少数动物所具有。由于人类会使用工具取食较难打破的长骨中的骨髓, 故齿痕多分布于肋骨等扁骨末端。此外, 人类的牙齿形态与大部分食肉动物具有差别, 因此新月形凹坑、双弓形穿刺、周缘未完全断裂的穿刺痕迹等也是人和熊等区别于其他动物的特征。

不同烹饪方式对特征会产生影响, 但具有一定的不可控性。对于未经烹饪的生骨, 将肉从骨体分离的难度较高, 骨体是否留下齿痕首要取决于消费者的意愿: 若放弃分离贴附于骨体的肉类资源, 则骨表不会留下痕迹; 若花费较大力气将肉类资源完全剔下, 则骨表会留下更多且尺寸更大的凹坑。骨骼经过烹饪后虽然通常其硬度会降低^[41], 更容易留下痕迹, 但肉食资源更容易分离, 这会造成留下的齿痕浅但多。经过烹饪的骨骼上齿痕的分布同样与消费者的食用意愿有较大关系, 如是否消费骨髓、是否消费较细小的骨骼等; 烹饪食物种类的不同也会极大影响人类的消费模式。

相反, 多数研究显示, 痕迹的尺寸尤其是最小尺寸与造成痕迹的物种的种类、体形等关系较小, 而与咬合力度、骨骼尺寸和性质的关系较大, 此结论也被更大样本量的实验证实^[42]。因此, 齿痕的大小不是鉴别是否属于人类齿痕的有效指标。

4 人类齿痕特征在考古学实践中的应用

4.1 不同种类动物遗存中人类齿痕的鉴定

Véronique Laroulandie较早地尝试在考古遗址的动物遗存中辨别人类齿痕^[43]。其对法国旧石器时代晚期部分遗址中出土的鸟骨与现代标本进行对照, 发现遗址标本中存在剥离、凹缺破裂、穿刺等痕迹, 其中穿刺常出现在长骨末端, 且基本不会成组出现。这些痕迹常与切割痕迹伴生, 且不出现在跖骨上, 作者认为可以排除埋藏后的因素影响, 因此人类齿痕最有可能是这些痕迹产生的原因。Ruth Blasco在对西班牙博洛莫(Bolomor)洞穴陆龟遗骸进行的研究中, 认为所有齿痕符合前人所描述的人类齿痕特征: 尺寸较小, 常位于肢骨边缘部分, 并伴有剥离^[44]。Jessica Thompson和Christopher Henshilwood对南非布隆波斯(Blombos)洞穴遗址陆龟遗骸进行了研究, 同样发现有剥离、压碎和凹坑组合的齿痕, 这些齿痕主要分布于较小甲壳碎片边缘或肢骨边缘, 且常伴有磨光, 被认为可能是舔舐所致^[45]。

Pickering等在对奥杜威峡谷Bell's Korongo地点羊肋骨遗存的研究中^[46], 将遗址标本与现代民族学标本进行了比较, 着重探讨了剥离痕迹的意义。他们将剥离细分为三种: ①典型剥离(classic peeling): 肋骨腹侧、背侧或两侧皮质骨层呈条状缺失, 多位于胸骨端, 常见于从尸体中取出肋骨等屠宰过程; ②总体剥离(general peeling): 肋骨腹侧或背侧某段长度内的皮质骨完全剥离, 露出骨小梁, 主要在由斧、刀具、人类咀嚼

以去除皮质骨或在折弯末端的过程中出现；③初期剥离（incipient peeling）：皮质骨层条状剥离，但并未脱离骨体，由于是骨折的伴生现象，造成原因多样，缺少鉴定价值。因此，典型剥离和总体剥离是人类行为结果的重要鉴定特征（图4）。同时他们指出，食肉动物由于缺少灵巧双手，其消费对象更多的是长骨而非弯曲的肋骨。因此，有典型剥离、总体剥离和切割痕迹等人类行为特征伴生的肋骨上的齿痕应当是120万年前的古人类齿痕，古人类咀嚼骨髓提取营养的难度可能被高估。此外，在西班牙格兰多利纳（Gran Dolina）遗址的研究中，研究者辨析了有蹄类和人类遗骸上齿痕的种类，其结果显示：人类先于食肉动物接触到肉食资源；食肉动物对人类消费的有蹄类动物的残余进行过消费，但对人类食人行为消费的人类遗骸并未进行改造^[47]。这项研究证实了辨析人类齿痕对古人类取食方式是狩猎还是食腐的研究具有重要意义。

中国的相关研究总体较少。在关于水洞沟遗址第12地点鸟类骨骼的相关研究中，研究者发现有46.43%的标本中出现皮质骨的剥离现象，是遗址中鸟类骨骼最为常见的骨表改变，并认为部分属咀嚼长骨取食骨髓所致^[48]。在广西左江流域新石器时代贝丘遗址的研究中，研究者也尝试对人类齿痕的存在进行过鉴别^[49]。对作者提供的标本照片（图5）

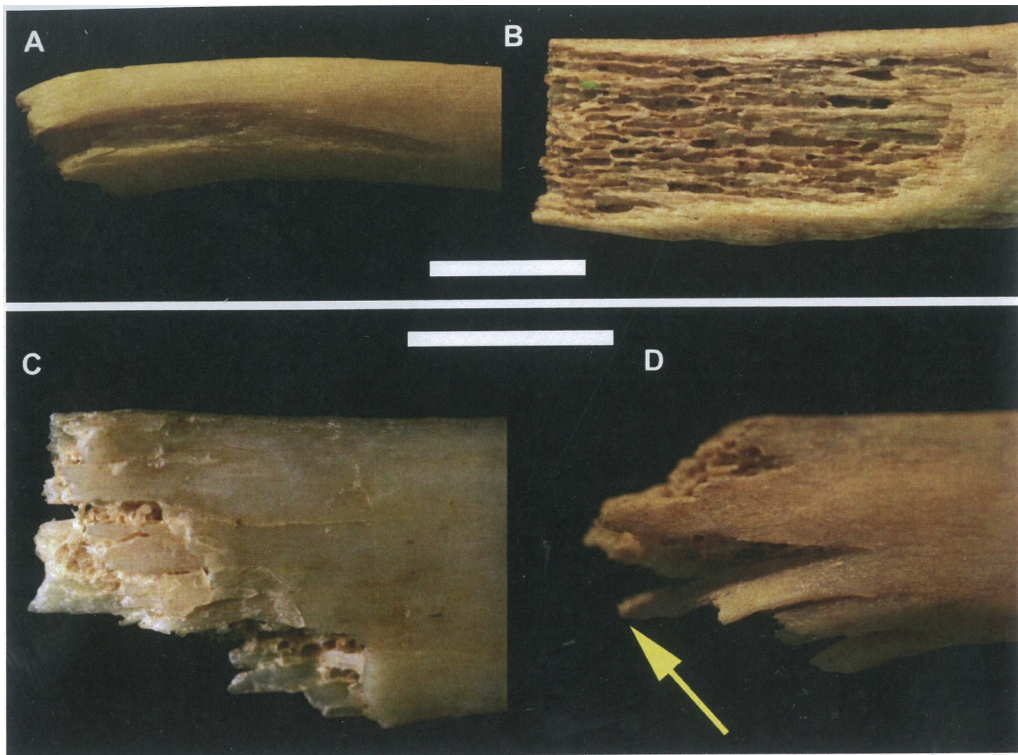


图4 Khoikhoi牧民屠宰、咀嚼羊肋骨产生的不同形态的剥离（比例尺=1cm）^[46]

Fig. 4 Different types of peeling on the goat ribs butchered and eaten by Khoikhoi pastoralists (scales = 1cm)^[46]
A. 典型剥离；B. 总体剥离；C. 压碎末端，右侧伴生凹坑、线状痕迹和浅裂缝；D. 咀嚼、压碎后产生的折弯边缘，这种边缘可以用手指或牙齿抓住并向肋骨另一侧拉扯，造成剥离痕迹

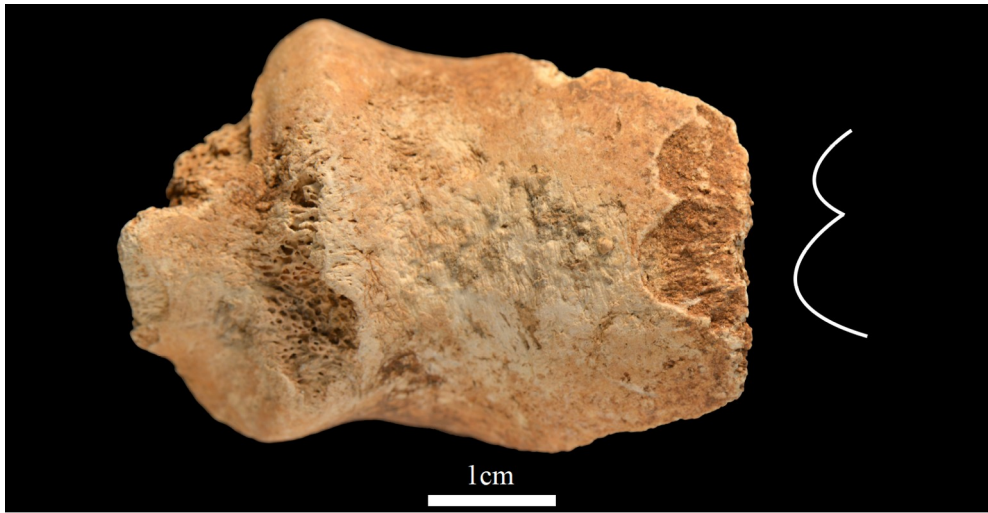


图5 广西左江流域新石器时代贝丘遗址动物遗存中发现的具有双弓形特征的“疑似人类齿痕”
(照片由陈曦授权)

Fig. 5 “Possible human tooth-mark” with double arch feature from animal remains in Beiqiu site in Neolithic age from Zuojiang Valley, Guangxi (Copyright of CHEN Xi)

进行分析观察可以发现：标本痕迹呈现较对称的双弓形的形态特征，但并未形成穿刺；痕迹内部似有浅划痕；痕迹位于长骨的远端。总体而言，该痕迹总体与人类齿痕的形态和位置特征有相似之处，但现有信息难以判断痕迹的组合情况，存在是一次孤立的啃咬行为的可能，亦不排除为其他因素所致。我们期待未来对该标本以及更多动物遗存进行全面的痕迹分析，进而确认人类对骨骼啃咬行为的存在与否。

4.2 人类齿痕鉴定在食人习俗研究中的应用

食人习俗在全世界多处遗址中已有发现。根据Saladié和Antonio Rodríguez-Hidalgo的统计，欧洲发现的青铜时代及之前的遗址中有18处辨识出食人现象，其中10处有人类齿痕的存在，这可以“确凿无疑地肯定食人行为”^[50]。如前所述，19世纪的古生物学家已经尝试用人骨上的人类齿痕证明食人习俗的存在——尽管切割痕迹等人类改造可以作为间接证据，但这并不能排除特殊葬仪的可能，而人类齿痕在人骨上的存在是“食人习俗”这一引人入胜的话题最直接的证据。

在鉴别性特征被研究前，人类齿痕大多是在其他证据已经指向食人现象的前提下作为补充性描述而存在的。Tim White在确认科罗拉多州Mancos 5MTUMR-2346地点食人习俗的过程中较早地引入了人类齿痕的辨识过程^[51]。研究中对于食人习俗的认定主要来自工具痕迹、灼烧痕迹等证据；部分标本呈现出人类咀嚼的可能，包括末端完全咀嚼（掏除）；小型哺乳动物骨骼上的浅穿刺等。作者发现遗址内少数人骨长骨远端的齿痕与其他遗址兔子骨骼上的齿痕具有相似性，因此认为人类齿痕在遗存中是存在的，其主要目

的可能是取食骨脂。随后, White和Nicolas Toth在此结论的基础上, 对克拉皮纳(Krapina)的尼安德特人遗存进行了研究, 发现较多腓骨骨骺端缺失的现象, 这与股骨、胫骨利用工具敲骨取髓模式不同, 由此认为是人类咀嚼的结果^[5]。在西班牙埃尔米拉多(El Mirador)洞穴的人类遗存中, 除屠宰痕迹、敲骨取髓的现象外, 同样发现在骨骼破碎边缘处有与猩猩或民族学研究中观察到的人类齿痕相似的痕迹, 同时, 遗存中缺少其他食肉动物的典型改变, 由此研究者认为人类骨骼表面的齿痕是食人行为的又一证据^[52]。此阶段人类齿痕的认定多局限于少数特征组合与实验观察的比较, 且多作为工具痕迹证据的补充, 但这些研究有效地推进了人类齿痕研究受到重视的进程, 其总结的人类消费模式特征也对人类齿痕的辨析具有重要意义。

随着人类齿痕特征在实验研究中被逐步总结, 其在食人行为的研究中逐渐发挥重要作用, 其中高夫洞穴的研究非常具有代表性。高夫洞穴最早在20世纪20年代末被发掘^[53], 20世纪30年代即有学者提出遗址存在食人行为的可能^[54], 随后其存在长期受到广泛的讨论和争议^[55,56]。后来, 对于高夫洞穴人类遗骸上的切割痕迹^[53]、将人类头骨制成头盖杯行为^[57]、人骨艺术加工改造^[58]的发现强化了高夫洞穴“仪式性食人”的可能, 同时证明了洞穴遗骸受到的埋藏后的改变较少, 保存情况良好。

Fernandez-Jalvo和Andrews在总结人类造成齿痕的鉴定特征的研究中已经对高夫洞穴人类遗存中的齿痕进行了观察, 认为符合他们实验总结的人类齿痕特征^[30]。Silvia Bello等对高夫洞穴人类遗骸上的痕迹进行了进一步研究^[59], 他们在遗存中发现了折弯末端与剥离、线状痕、掏除、压碎、凹坑、沟状痕和圆/锯齿状边缘等多类人类齿痕特征痕迹, 其中大多数位于扁骨区域。折弯末端和剥离常与凹坑、线状痕和压碎等痕迹伴生; 凹坑多呈新月形; 线状痕基本较浅, 多数不与骨骼长轴平行且少数可观察到内部划痕。这些均符合实验观察到的人类齿痕的形态学特征。高夫洞穴的屠宰痕迹、敲砸痕迹和人类齿痕完整地揭示了人群对于人类资源的消费方式: 头骨部分被从颈椎上分离, 面部被谨慎敲打去除以保持头盖骨的完整性, 头盖骨经剥离头皮制作成头盖杯, 下颌骨经过剔肉和打破取食骨髓, 头骨部分不存在人类齿痕; 长骨部分经过屠宰、剔肉后进行敲骨取髓; 骨骺的缺失与人类齿痕共同显示了人类咀嚼骨骺以消费骨脂的过程; 鉴于例如髓腔很小的腓骨等也经历了骨髓消费的过程, 可以看出高夫洞穴对于人类作为食物资源利用的强度较高。由于高夫洞穴良好的保存环境, 其遗存展示了古人类食人现象较完整的利用方式。而后, 该研究团队又利用扫描电镜和变焦显微镜对一例骨骼表面人类牙齿造成的线状痕与切割痕进行了观察比对^[60], 发现与后者相比, 人类牙齿造成的线状痕底部更宽且粗糙, 总体呈现宽浅的趋势。作者认为扫描电镜在人类齿痕形态研究中具有广阔前景。

高夫洞穴的研究是人类齿痕鉴定体系化实践的典型案例: 由于较好的保存条件, 骨骼埋藏前的各种修饰和改造被良好地保存; 其齿痕与实验观察产生了较好的匹配, 人类齿痕的形态、分布特征、与其他齿痕种类和工具痕迹的组合情况共同揭示了高夫洞穴古人类食人行为的总体流程, 是人类齿痕鉴定模式的一次成功应用。

5 人类齿痕研究的总结和展望

人类可以在骨骼表面产生齿痕的现象至迟自19世纪被提出以来已有多年历史,但其发展出完备的方法论并在考古学实践中得到应用至今不过十余年,其主要原因是人类齿痕与动物齿痕具有较大相似性,为辨析带来了困难。在梳理人类齿痕研究历史的基础上,我们得出如下认识。

5.1 人类齿痕特殊性的原因和表现

从前文可知,目前研究并未发现人类完全特有的齿痕种类。齿痕的本质是牙齿在不同条件下以并非固定的力与骨表产生相互作用,因此形态学特征在不同物种、不同物理性质的骨体上的呈现并不一致。研究者应当认识到,人类齿痕与动物齿痕本质上的区别不在于形态而在于行为方式,单独的痕迹很难成为确凿无疑的鉴定指标。

人类与食肉动物消费模式的区别之一,是人类具有灵活的双手和较高的智慧,因而具有使用火和工具加工肉类资源的能力。从食用肉食本身而言,食肉动物需要用牙齿剥离肉食,而对人类而言,烹饪后的骨骼可以省力地从骨体分离肉食,因而此类骨骼表面人类门牙形成的齿痕呈现浅而小的特征。若人类使用工具将肉食从骨体剔除后进行加工,则骨体仅留下切割痕迹,而齿痕多位于工具难以完全剔除干净的肩胛骨、椎骨等部位。在此情况下,食肉动物齿痕的分布范围和密度会与人类有较大差异。在食用骨脂、骨髓的过程中,对于大型动物具有坚硬厚重皮质骨层的长骨,人类会使用工具敲骨取髓、砸碎骨骺烹煮以取得骨脂^[12],因此人类齿痕在取食骨髓、骨脂的过程中仅存在于较脆弱的肋骨、椎骨突、腓骨、指(趾)骨等部位或小型动物的骨骼上;同时,由于人类具有灵活的双手,人类打破骨体以暴露髓腔的方式与大多数食肉动物存在区别,因而会呈现出剥离等具有特征性的痕迹。

人类消费模式与食肉动物的另一区别,是人类几乎不会完全地消费骨骼。人类留下的齿痕更多的是“消费肉食”的副产品,所以此类齿痕较肉食动物会呈现明显的低频率;而人类取食骨脂的行为是对骨骺本身的消费,此类痕迹则是消费行为的直接反映。因此,不难总结出对于利用工具剔除肉类资源进行烹饪的情况,骨干可能完全不存在肉类消费留下的齿痕,而骨骺端可能出现因取食骨脂、骨髓产生的齿痕;若骨骺端的咀嚼痕迹与骨体表面的切割痕迹伴生,则更可能反映人类的行为。而由于食肉动物可能完全消费骨骼,食肉动物改造可能使小型动物骨骼被严重破坏甚至经过消化过程,因此完整小型动物骨骼上的齿痕属人类改造的可能性相对提升。

基于此,我们可以总结出人类齿痕的几方面特征:从种类上看,双弓形穿刺、折弯末端和总体剥离是在其他食肉动物齿痕中相对少见的种类。从形态上看,人类造成的线状痕和沟状痕多比食肉动物浅短。从分布位置、频率和伴生痕迹来看,人类齿痕多分布于扁骨骨体、长骨骨骺端。小型动物完整骨骼上的齿痕因大型食肉动物所致的可能性较

小,故属于人类齿痕的可能性提升;经过烹饪的骨骼齿痕属于人类的可能性相对提升;齿痕可能与工具痕迹伴生。需要注意的是,使用火和工具加工食物在人类发展过程中是逐渐推进的,因此研究中需要注意遗址的时代背景:在人类起源之初,消费模式可能与猿类更接近,齿痕分布亦如是;对于可能和其他动物混淆的齿痕种类,结合遗址环境的动物群背景来分析也十分重要。

5.2 研究展望

从目前的研究成果来看,人类齿痕尽管有可辨识的特征,但辨析仍具有难度,因此需要更多实验成果提供完备信息。首先,有必要在已有实验基础上建立东亚地区人类消费模式下的人类齿痕特征鉴定方法,并与食肉动物齿痕进行比对。对比研究的过程在实验设计层面需要注意:①人类实验和动物实验的可控性不同,人类实验的实验员受到实验设计和环境的影响,呈现出的结果可能与自然条件下存在区别;②消费行为特征与个体行为有较强相关性,在实验员的选择过程中应当兼顾不同种类(年龄、性别、体形、饮食习惯等)的多样性,并且可能需要独立、多次的实验;③关注不同切割方式和烹饪方式对齿痕的产生带来的影响;④“双弓形穿刺”被以往研究认为是重要的判断标准,但已有研究多关注表面形态,后续可专门对此类痕迹进行更深层次的研究,以判明此类痕迹的判断标准及其与其他痕迹的本质区别。

在应用层面,研究者们需要意识到在现有大量研究的基础上,人类齿痕与动物齿痕依然是容易混淆的,这要求研究者在重新审视过往结论之余,谨慎判定人类齿痕:既不轻易下属于人类齿痕的肯定结论,也不轻易在未能分辨齿痕归属的情况下贸然按传统认识将齿痕全部归因于食肉动物——墨守成规并不等同于“谨慎”。

在田野发掘和资料收集层面,鉴于人类齿痕常分布于小型骨骼的情况,研究者在收集和选取研究对象时不能忽视存在表面改造的小型动物骨骼和较小的骨骼单元,以确保研究结果的准确性;研究过程中引入新的研究工具和方法,例如扫描电镜、三维重建^[55]、GIS分析^[58]等,也是十分有效的方式。

从法医齿科学的角度来看,咬痕的种属鉴定乃至对个体同一性的认定已经取得大量研究成果,但其目前对咬痕检材和样本条件有较高要求^[61],作用于骨骼这种硬质表面的咬痕以现有技术较难进行具有足够特征点的样本采集。不过,随着学科的发展,3D数字化识别、人工智能识别等具有更高识别精度的技术已经逐渐被引入法医学对咬痕的鉴定过程,如果具有特征点的数据可以得到进一步积累,相信未来可以辅助考古学者对人类齿痕进行更准确的判断。

总之,人类齿痕是一种人类行为的直接反映,在研究人类生计方式的过程中应当具有重要地位,它拓宽了动物考古学研究中的证据与思路,使不存在工具痕迹的标本也有潜力发挥阐释人类行为的作用。其特征的本质在于人类独特的行为方式,因此鉴定过程不能仅孤立地关注形态,而要更加注重分布和组合方式,以期完整地复原古人类的消费过程。

致谢 感谢曲彤丽老师在本文写作过程中进行的指导和帮助, 感谢陈曦老师提供照片授权和有益讨论, 感谢张全超老师对本文选题的启发。

参考文献

- [1] LYMAN R L. Vertebrate taphonomy. Cambridge: Cambridge University Press, 1994.
- [2] FISHER J W. Bone surface modifications in zooarchaeology[J]. *Journal of Archaeological Method and Theory*, 1995, 2(1): 7–68.
- [3] 王晓敏, 梅惠杰. 于家沟遗址的动物考古学研究[M]. 北京: 文物出版社, 2019: 84.
- [4] 张双权. 旧石器遗址动物骨骼表面非人工痕迹研究及其考古学意义[J]. *第四纪研究*, 2014, 34(1): 131–140.
- [5] WHITE T D, TOTH N. Carnivora and carnivory: assessing hominid toothmarks in zooarchaeology[G] // PICKERING T R, SCHICK K, TOTH N. Breathing life into fossils: taphonomic studies in honor of C.K. (Bob) Brain. Gosport, IN: Stone Age Institute Press, 2007, 281–296.
- [6] OLIVER J S. Estimates of hominid and carnivore involvement in the FLK Zinjanthropus fossil assemblage: some socioecological implications[J]. *Journal of Human Evolution*, 1994, 27(1–3): 267–294.
- [7] 杜雨薇, 丁馨, 裴树文. 浅议古人类活动遗址的动物埋藏学研究方法[J]. *人类学学报*, 2022, 41(3): 523–534.
- [8] MAREAN C W, KIM S Y. Mousterian large-mammal remains from Kobeh Cave behavioral implications for Neanderthals and early modern humans[J]. *Current anthropology*, 1998, 39(1): S79–S113.
- [9] LUPO K D, O'CONNELL J F. Cut and tooth mark distributions on large animal bones: ethnoarchaeological data from the Hadza and their implications for current ideas about early human carnivory[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2002, 29(1): 85–109.
- [10] 张乐, 王春雪, 张双权, 等. 马鞍山旧石器时代遗址古人类行为的动物考古学研究[J]. *中国科学(D辑: 地球科学)*, 2009, 39(9): 1256–1265.
- [11] DOMÍNGUEZ-RODRIGO M. Hunting and scavenging by early humans: the state of the debate[J]. *Journal of World Prehistory*. 2002, 16(1): 1–54.
- [12] 戴静雯, 张双权, 张乐. 史前人类对动物骨骼油脂的开发和利用[J]. *人类学学报*, 2021, 40(3): 503–512.
- [13] NORTON C J, 张双权, 张乐, 等. 上/更新世动物群中人类与食肉动物“印记”的识别[J]. *人类学学报*, 2007, 26(2): 183–192.
- [14] 张乐, 王春雪, 张双权, 等. 马鞍山遗址动物群的死亡年龄研究[J]. *人类学学报*, 2009, 28(3): 306–318.
- [15] TWAIN M. A brace of brief lectures on science, 1871[G]//NEIDER C. Life as I find it: a treasury of Mark Twain rarities. New York: Cooper Square Press, 2000: 130–139.
- [16] BRAIN C K. Some principles in the interpretation of bone accumulations associated with man[G]// ISAAC G L, MCCOWN E R. Human origins: Louis Leakey and the East African evidence. Menlo Park, Calif.: W. A. Benjamin, 1976: 97–116.
- [17] BINFORD L R. Nunamiut ethnoarchaeology[M]. New York: Academic Press, 1978.
- [18] BINFORD L R. Bones: ancient men and modern myths[M]. New York: Academic Press, 1981.
- [19] GIFFORD-GONZALEZ D. Ethnographic analogues for interpreting modified bones: some cases from East Africa[G] // BONNICHSEN R, SORG M H. Bone modification. Orono: Institute for Quaternary Studies, University of Maine, 1989: 179–246.
- [20] MAGUIRE J M, PEMBERTON D, COLLETT M H. The Makapansgat Limeworks grey breccia: hominids, hyaenas, hystricids or hillwash?[J]. *Palaeontologia Africana*, 1980, 23: 75–98.
- [21] OLIVER J S. Carcass processing by the Hadza: bone breakage from butchery to consumption[G]// HUDSON J. From bones to behavior: ethnoarchaeological and experimental contributions to the interpretation of faunal remains. Carbondale: Center for Archaeological Investigations, Southern Illinois

- University, 1993, 21: 200–227.
- [22] LANDT M J. Investigations of human gnawing on small mammal bones: among contemporary Bofi foragers of the Central African Republic[D]. Pullman: Washington State University, 2004.
- [23] LANDT M J. Tooth marks and human consumption: ethnoarchaeological mastication research among foragers of the Central African Republic[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2007, 34(10): 1629–1640.
- [24] MANTINEZ G. Human chewing bone surface modification and processing of small and medium prey amongst the Nukak (foragers of the Colombian Amazon) [J]. *Journal of Taphonomy*, 2009, 7(1): 1–20.
- [25] PICKERING T R, WALLIS J. Bone modifications resulting from captive chimpanzee mastication: implications for the interpretation of Pliocene archaeological faunas[J]. *Journal of Archaeological Science*, 1997, 24(12): 1115–1127.
- [26] TAPPEN M, WRANGHAM R. Recognizing hominoid-modified bones: the taphonomy of colobus bones partially digested by free-ranging chimpanzees in the Kibale Forest, Uganda[J]. *American Journal of Physical Anthropology*, 2000, 113(2): 217–234.
- [27] ELKIN D, MONDINI M. Human and small carnivore gnawing damage on bones. An exploratory study and its archaeological implications[G]//Kuznar L A. *Ethnoarchaeology of Andean South America: contributions to archaeological method and theory*. Ann Arbor: International Monographs in Prehistory, 2001(4): 255–265.
- [28] DELANEY-RIVERA C, PLUMMER T W, HODGSON J A, et al. Pits and pitfalls: taxonomic variability and patterning in tooth mark dimensions[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2009, 36(11): 2597–2608.
- [29] ANDRÉS M, GIDNA A O, YRAVEDRA J, et al. A study of dimensional differences of tooth marks (pits and scores) on bones modified by small and large carnivores[J]. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2012, 4(3): 209–219.
- [30] FERNÁNDEZ-JALVO Y, ANDREWS P. When humans chew bones[J]. *Journal of Human Evolution*, 2011, 60(1): 117–123.
- [31] PLUMMER T W, STANFORD C B. Analysis of a bone assemblage made by chimpanzees at Gombe National Park, Tanzania[J]. *Journal of Human Evolution*, 2000, 39(3): 345–365.
- [32] POBINER B L, DESILVA J, SANDERS W J, et al. Taphonomic analysis of skeletal remains from chimpanzee hunts at Ngogo, Kibale National Park, Uganda[J]. *Journal of Human Evolution*, 2007, 52(6): 614–636.
- [33] ANDREWS P, FERNÁNDEZ-JALVO Y. How to approach perimortem injury and other modifications[G]//BELL L S. *Forensic microscopy for skeletal tissues: methods and protocols*. New York: Humana Press, 2012: 191–225.
- [34] SALADIÉ P, RODRÍGUEZ-HIDALGO A, DÍEZ C, et al. Range of bone modifications by human chewing[J]. *Journal of Archaeological Science*, 2013, 40(1): 380–397.
- [35] ROMERO A J, DÍEZ J C, SALADIÉ P. Mammal bone surface alteration during human consumption: an experimental approach[J]. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2016, 8: 82–89.
- [36] FUNK C, HOLT E, TAIWALKOSKI A, et al. Avifauna discard packages and bone damage resulting from human consumption processes[J]. *Journal of Archaeological Science: Reports*, 2016, 5: 383–391.
- [37] DOMÍNGUEZ-SOLERA S D, DOMÍNGUEZ-RODRIGO M. A taphonomic study of a carcass consumed by griffon vultures (*Gyps fulvus*) and its relevance for the interpretation of bone surface modifications[J]. *Archaeological and Anthropological Sciences*, 2011, 3(4): 385–392.
- [38] DOMÍNGUEZ-SOLERA S D, DOMÍNGUEZ-RODRIGO M. A taphonomic study of bone modification and of tooth-mark patterns on long limb bone portions by suids[J]. *International Journal of Osteoarchaeology*, 2009, 19(3): 345–363.
- [39] ROSELL J, BLASCO R, ARILLA M, et al. Very human bears: wild brown bear neo-taphonomic signature and its equifinality problems in archaeological contexts[J]. *Quaternary International*, 2019, 517: 67–78.
- [40] FERNÁNDEZ-JALVO Y, ANDREWS P. *Atlas of taphonomic identifications: 1001+ images of fossil and recent mammal bone modification*[M]. Dordrecht: Springer Netherlands, 2016.

- [41] 柴向华, 何文龙, 吴克刚, 等. 高压蒸煮对鸡骨架骨骼组成结构及硬度的影响[J]. 食品科学, 2013, 34(23): 103–107.
- [42] PETROVIC B, STEFANOVIC S, KOJIC S, et al. A pattern of metatarsal bovine bone surface alterations produced by human permanent teeth - an experimental approach[J]. Journal of Archaeological Science: Reports, 2019, 27.
- [43] LAROULANDIE V. Anthropogenic versus non-anthropogenic bird bone assemblages: new criteria for their distinction[G]//O'CONNOR T. Biosphere to lithosphere: new studies in vertebrate taphonomy. Oxford: Oxbow Books, 2016: 25–30.
- [44] BLASCO R. Human consumption of tortoises at Level IV of Bolomor Cave (Valencia, Spain)[J]. Journal of Archaeological Science, 2008, 35(10): 2839–2848.
- [45] THOMPSON J C, HENSHILWOOD C S. Tortoise taphonomy and tortoise butchery patterns at Blombos Cave, South Africa[J]. Journal of Archaeological Science, 2014, 41: 214–229.
- [46] PICKERING T R, DOMÍNGUEZ-RODRIGO M, HEATON J L, et al. Taphonomy of ungulate ribs and the consumption of meat and bone by 1.2-million-year-old hominins at Olduvai Gorge, Tanzania[J]. Journal of Archaeological Science, 2013, 40(2): 1295–1309.
- [47] SALADIÉ P, RODRÍGUEZ-HIDALGO A, HUGUET R, et al. The role of carnivores and their relationship to hominin settlements in the TD6–2 level from Gran Dolina (Sierra de Atapuerca, Spain)[J]. Quaternary Science Reviews, 2014, 93: 47–66.
- [48] ZHANG Y, DOYON L, GAO X, et al. Birds and prehistoric humans in North China: a taphonomic analysis of the avian assemblage from Shuidonggou Locality 12[J]. Archaeological and Anthropological Sciences, 2022, 14(8).
- [49] 陈曦, 杨清平, 江左其杲. 广西左江流域新石器时代贝丘遗址动物考古学研究[J]. 南方文物, 2019(2): 155–164.
- [50] SALADIÉ P, RODRÍGUEZ-HIDALGO A. Archaeological evidence for cannibalism in prehistoric western Europe: from *Homo antecessor* to the Bronze Age[J]. Journal of Archaeological Method and Theory, 2017, 24(4): 1034–1071.
- [51] WHITE T D. Prehistoric cannibalism at Mancos 5MTUMR-2346[M]. Princeton, NJ: Princeton University Press, 1992.
- [52] CÁCERES I, LOZANO M, SALADIÉ P. Evidence for Bronze Age cannibalism in El Mirador Cave (Sierra de Atapuerca, Burgos, Spain)[J]. American Journal of Physical Anthropology, 2007, 133(3): 899–917.
- [53] ANDREWS P, FERNÁNDEZ-JALVO Y. Cannibalism in Britain: taphonomy of the Creswellian (Pleistocene) faunal and human remains from Gough's Cave (Somerset, England)[J]. Bulletin of the Natural History Museum Geology Series, 2003, 58(S1): 59–81.
- [54] BALCH H E. Mendip: cheddar, its gorge and caves[M]. Bristol: JOHN WRIGHT & SONS. LTD., 1947: 25.
- [55] COOK J. Marked human bones from Gough's Cave, Somerset[J]. Proceedings of the University of Bristol Spelaeological Society, 1986, 17(3): 275–285.
- [56] CURRANT A P, JACOBI R M, STRINGER C B. Excavations at Gough's Cave, Somerset 1986–7[J]. Antiquity, 1989, 63(238): 131–136.
- [57] BELLO S M, PARFITT S A, STRINGER C B. Earliest directly-dated human skull-cups[J]. PLoS ONE, 2011, 6(2).
- [58] BELLO S M, WALLDUCK R, PARFITT S A, et al. An Upper Palaeolithic engraved human bone associated with ritualistic cannibalism[J]. PLoS ONE, 2017, 12(8).
- [59] BELLO S M, SALADIÉ P, CÁCERES I, et al. Upper Palaeolithic ritualistic cannibalism at Gough's Cave (Somerset, UK): the human remains from head to toe[J]. Journal of Human Evolution, 2015, 82: 170–189.
- [60] BELLO S M, GALWAY-WITHAM J. Bone taphonomy inside and out: application of 3-dimensional microscopy, scanning electron microscopy and micro-computed tomography to the study of humanly modified faunal assemblages[J]. Quaternary International, 2019, 517: 16–32.
- [61] 杨超朋, 吕途, 武斌, 等. 人咬痕形态学同一认定研究现状及展望[J]. 刑事技术, 2021, 46(5): 518–523.

The identification, research and implications of human tooth-marks on bone surface in prehistoric archaeology

HAN Yishen

1. School of Archaeology and Museology, Peking University, Beijing 100871;
2. Center for the Study of Chinese Archaeology, Peking University, Beijing 100871

Abstract The identification of human tooth-mark holds significant importance in the examination of subsistence patterns among prehistoric humans. However, due to their ambiguous characteristics and difficulty in discernment, few researchers in China have endeavored to distinguish human tooth marks among animal remains. While all tool marks are human-made, it is precarious to attribute all tooth marks to carnivores. The existence of human tooth-marks was initially revealed through ethological investigations, while subsequent experimental research established identification criteria. These criteria have been applied across various research topics, including meat resource acquisition strategies and the verification of prehistoric cannibalism. Human tooth marks can be produced through meat consumption and/or the ingestion of marrow and bone grease, resulting in primary marks and secondary marks. Primary marks, such as pits, punctures and scores, are directly caused by the force of human teeth leaving imprints on the bone surface. Secondary marks, like peeling, bent ends, crushing and crenulated edge, are generated by chewing and other actions. The scale and shape of tooth-marks are primarily influenced by bone intensity and size, as well as the force of the bite, making it unreliable to distinguish human tooth marks from those of other carnivores, especially small ones, based solely on these features. Therefore, the characteristics of human tooth-marks should primarily be distinguished by differences in consumption patterns between humans and other carnivores. Humans utilize tools and fire in meat and marrow processing, leading to a combination of tooth-marks, cut-marks and burning. In contrast, carnivores use teeth to detach meat from large mammal long bones, extract marrows, and swallow the small bones, resulting in a higher quantity of tooth marks on large bones and fewer on small bones compared to humans. Humans, primates and bears possess flexible hands to hold bone ends when applying teeth to break flat bones, resulting in bent ends, peeling, and occasionally crenulated edges. Double arch punctures can only be created by humans and bears, with those produced by humans being more symmetrical than those made by bears. The identification of human tooth-marks contributes to various topics concerning prehistoric humans, including subsistence economy, diet, consumption intensity, fire usage and cooking techniques. It is essential to note in further research that experiments may not entirely replicate the natural environment as results can be influenced by experimenters' dieting habit. Therefore, repeated experiments involving various experimenters, cooking methods and animals should be required.

Keywords human tooth-mark; subsistence pattern; zooarchaeology; taphonomy