

# 牙磨耗评价的临床应用和研究进展

蓝凯文 戴驰 聂嘉祺 刘俊良 陈琳灵 阎英

中山大学附属口腔医院, 光华口腔医学院, 广东省口腔医学重点实验室, 广州 510055

通信作者: 阎英, Email: yanying2@mail.sysu.edu.cn



阎英

**【摘要】** 牙磨耗的检查评估一直备受关注, 近年来以牙磨耗评估系统为代表的指数分级测量法为牙磨耗的临床诊疗提供了重要的参考依据, 数字化技术的进展又为牙磨耗面的三维定量测量提供了有利条件。本文通过探讨牙磨耗指数分级测量法和精细定量测量法的应用和优缺点, 为牙磨耗评价的临床应用和研究进展提供思路。

思路。

**【关键词】** 牙磨耗; 数字化技术; 牙磨耗评估系统; 指数分级测量法; 精细定量测量法

**引用著录格式:** 蓝凯文, 戴驰, 聂嘉祺, 等. 牙磨耗评价的临床应用和研究进展[J/OL]. 中华口腔医学研究杂志(电子版), 2021, 15(5):267-271.

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.05.002

## Clinical application and research progress on tooth wear

Lan Kaiwen, Dai Chi, Nie Jiaqi, Liu Junliang, Chen Linling, Yan Ying

Hospital of Stomatology, Guanghua School of Stomatology, Sun Yat-sen University, Guangdong Provincial Key Laboratory of Stomatology, Guangzhou 510055, China

Corresponding author: Yan Ying, Email: yanying2@mail.sysu.edu.cn

**【Abstract】** The inspection and evaluation of tooth wear have attracted much attention. In recent years, the index grading method, represented by the tooth wear evaluation system, has provided an important reference for the diagnosis and treatment of tooth wear. The progress of digital technology provides favorable conditions for the three-dimensional quantitative measurement of tooth wear surface. This article discussed the advantages, disadvantages, and applications of the index grading method and the fine quantitative measurement, so as to provide evidence for the clinical application and novel targets of further study on the evaluation of tooth wear.

**【Key words】** Tooth wear; Digital technology; The

tooth wear evaluation system; Index grading method; Fine quantitative measurement

DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2021.05.002

牙磨耗/磨损是口腔诊疗中常见的临床表现<sup>[1]</sup>。牙磨耗是由物理或化学因素造成的牙齿表面损失, 且与龋病和外伤无关。磨耗程度在相应年龄的生理水平之内, 称为生理性牙磨耗; 如果牙磨耗超出了生理水平并且影响患者生活质量, 则应定义为病理性牙磨耗<sup>[2]</sup>。病理性牙磨耗会继发多种病症, 包括牙本质暴露、临床牙冠变短和咀嚼肌功能紊乱等<sup>[3]</sup>。

牙磨耗的检查对于分析磨耗程度、确定病因具有重要意义。目前, 临床上牙磨耗的诊断主要依靠Smith分级法<sup>[4]</sup>。这种方法的优点是方便、快捷, 尤其适用于临床上大量患者的口内观察; 缺点是有很强主观性, 且不易发现早期牙磨耗改变。近年来, 牙磨耗评估系统的提出为牙磨耗的临床诊疗提供了重要的参考依据。同时, 口腔数字化技术的进展为研究牙磨耗提供了有利条件, 基于数字化扫描技术得到的牙体三维图像可以精确、完整地反映牙磨耗面的不规则外形, 实现各类复杂和精密的定位和计算, 有利于评价磨耗参数。本文通过回顾牙磨耗指数分级测量法和精细定量测量法的最新进展, 探讨牙磨耗评价的临床应用与前沿进展。

### 一、牙磨耗指数分级测量法

指数分级是一种半定量和描述性的记录手段, 通过统一的磨耗指数分级标准反映不同程度的牙磨耗<sup>[5]</sup>。科学、统一的牙磨耗标准是诊断磨耗的第一步。根据不同的评价标准和适用范围, 有不同的指数分级法<sup>[6-7]</sup>。目前, 应用最广泛且最具有代表性的是Smith等<sup>[4]</sup>提出的5级分类法。该方法根据牙釉质形态特征是否丧失、牙颈部外形是否缺失、牙本质暴露的比例及牙髓是否暴露, 将牙磨耗分为5级。

牙体磨耗评估系统(the tooth wear evaluation system, TWES)<sup>[6]</sup>是指指数分级测量法近几年较受关

注的新方法,可以识别磨耗病因(确认磨耗类型),并对其严重程度进行分级量化,以便监控磨耗进展,选择修复治疗的时机和方式、预估治疗难度。TWES在咬合面和切端根据磨耗界面、临床牙冠高度的损失对磨耗进行分级,在非咬合和非切端(即唇/颊侧或舌/腭侧)则根据磨耗界面、面积进行分级。TWES将口内分为6个区段(上颌前牙+双侧后牙;下颌前牙+双侧后牙),每个区段的各种分数均单独记录,不求和,记录每区段最高分数。这样可以更有效地发现磨耗较严重、得分较高的区段。当牙本质暴露在一个或多个区段中、磨耗评分2级或以上,则需进一步精细量化。该系统将牙磨耗的分级分类与临床治疗相结合,是一个模块化的临床指南,有助于临床医生明确病因和半定量评估牙磨耗,优化治疗方案。

牙体磨耗评估系统的升级版TWES 2.0<sup>[7]</sup>将牙磨耗的评估与病理性诊断的鉴别相结合。与TWES 1.0相比,TWES 2.0包括一个更简化的牙磨耗筛选方法,和一个更详细的牙磨耗状态评价,能早期识别牙磨耗并诊断可能的原因,有助于医生采取相对应的预防、治疗措施(图1)。但由于该方法尚未获得大量的临床验证,其可靠性和有效性仍有待进一步检验。

指数分级法虽然不需要特殊的设备即可方便快速地获得大量资料,适用于临床大量病例的直接口内观察,但是指数分级法仍存在主观性的偏差,无法得到精确量化的数值。并且,由于指数分级方法的多样性导致其标准化的缺乏,使不同研究的结

果不能进行直接比较。因此,牙磨耗需要更精确可靠的精细定量测量法。

## 二、牙磨耗精细定量测量法

精细定量测量法分为口外法和口内法。口外测量法多应用于模拟口腔环境进行的体外实验以评价各类修复材料的性能<sup>[8-9]</sup>。口内法常用于天然牙磨耗的宏观分析,可以得到磨耗精确量化的数值。以往定量测量包括线性测量和二维测量。线性测量通过直接测量牙冠高度和牙尖高度的变化来反映磨耗程度<sup>[10-11]</sup>,二维测量则是运用数码相机等设备获取二维图片后,再将其转换成数字化图形,继而借助计算机的运算得到牙齿磨耗面的面积和周长<sup>[12]</sup>。以往定量测量由于存在操作难度大,精度较低,缺乏必要的检测设备等问题,未能广泛应用于临床研究中。近年来,口腔数字化扫描技术的进步使得定量测量方法大大优化<sup>[13]</sup>,且所需仪器在临床更为常见<sup>[14]</sup>,实现了牙齿磨耗面的数字化分析,其过程可总结为数字化扫描、三维模型配准和磨耗参数分析3个步骤。

1. 口内数字化扫描系统:数字化扫描系统的应用是实现牙磨耗数字化分析的首要条件,其通过光源照明、数字传感器捕捉等多方面技术获取并反映口内软、硬组织情况的光学信息,再将该信息输入到计算机中,在信息的整合叠加下形成数字化三维模型。其能够完整、准确地重现牙体外形,实现磨耗面精确定量(图2)。随着计算机及扫描仪器的发展和应用,数字化扫描系统逐渐成熟<sup>[15]</sup>。以往的牙磨耗研究文献中常用的数字化扫描系统包括Cerec

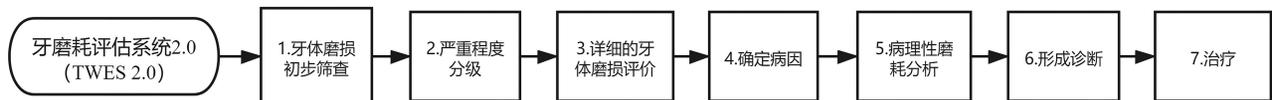


图1 牙磨耗评估系统2.0流程

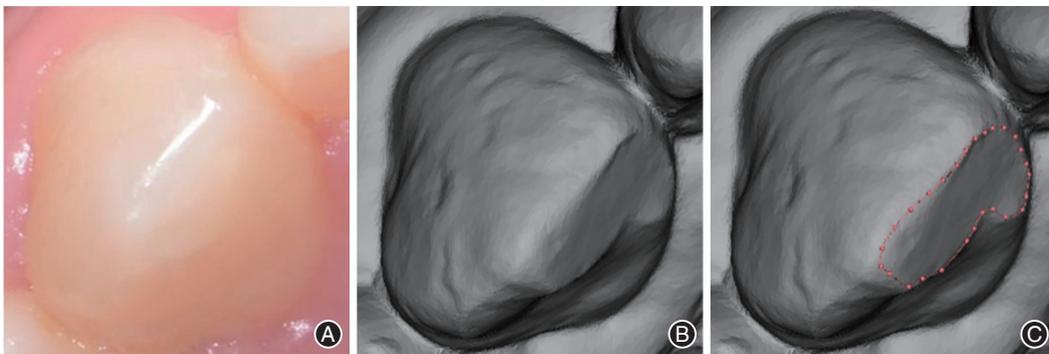


图2 右上尖牙磨耗面精细定量测量法 A:口内照片;B:采用数字化口内扫描系统扫描得到的磨耗面三维模型;C:磨耗面边缘标记

表1 4种常用数字化扫描系统

系统名称	基本原理	临床应用特点	是否需要喷粉	数据开放性
Cerec	基于激光的三角测量技术 <sup>[16]</sup>	一种经典的椅旁数字化扫描系统,具有连续成像技术,可连续获得影像并形成完整的3D模型 <sup>[17]</sup>	否	开放
iTero	平行共焦成像技术 <sup>[18]</sup>	一种兼容 Invisalign 隐形矫治系统的口内扫描系统 <sup>[19-20]</sup> ,获得数据清晰度高,可以重现大部分细节,但因采用逐层扫描,扫描速度相对较慢 <sup>[17]</sup>	否	开放
Lava	主动波前采样技术 <sup>[21]</sup>	除了常规的牙体扫描外,还可应用于获取软组织信息重建面部三维轮廓,以及牙颌面畸形的正颌外科矫治分析 <sup>[22]</sup>	是	半开放
Trios	共焦显微成像技术 <sup>[23]</sup>	临床应用广泛,适用于正畸、修复、种植等多方面 <sup>[17,24]</sup>	否	开放

(Dentsply Sirona, 美国)<sup>[16-17]</sup>、iTero(Align Technology, 美国)<sup>[17-20]</sup>、Lava(3M, 美国)<sup>[21-22]</sup>、Trios(3 Shape, 丹麦)<sup>[17,23-24]</sup> 4种系统,其不同系统的扫描原理及临床应用特点见表1。值得注意的是,不同牙磨耗研究中使用的数字化扫描系统的差异是否会影响研究结果仍不得而知,因此制定针对牙磨耗的数字化扫描方法的统一标准将提高研究结果之间的可比性。

2. 数字化三维图像的配准:目前认为,评价磨耗的最佳方法是比较牙体不同时间点的三维图像的差异。而三维图像配准对齐的准确性是研究者常面临的挑战,尽管少有文献讨论,但是配准对齐引入的误差不容忽视,其很可能影响研究结果的真实性。

目前,数字化三维图像常用的配准方法包括基于特征点、分割面和体素3种<sup>[13]</sup>。通过牙体三维模型上不易受磨耗影响的特征点、分割面进行的配准,操作简便、计算速率高且较为准确<sup>[25]</sup>。但是点配准受研究者主观因素和读图水平影响较大,存在定点不易统一及视角差异的问题。分割面配准的缺点在于图像被分割导致数据量大大下降,影响配准精度。体素的配准方法利用了CT图像的灰度信息,相比其他两种方法,其突出优点是精度高,无需事先进行分割重建等预处理,自动实现配准,缺点是体素配准计算量非常大、效率低。因目前自然牙CT扫描的精确度较低,该方法较少应用于自然牙的配准<sup>[26-28]</sup>。Kong等<sup>[29]</sup>指出图像的配准需要结合具体的解剖结构特征进行分析,才能让配准结果与实际相符。然而,对于上述的配准方法,目前仍没有共识认为某种方法更能反映真实情况<sup>[13]</sup>。

3. 不同牙磨耗定量参数的探索:磨耗的定量分析方法多用于体外修复材料的分析评价。量化修复体磨耗的首选定量参数是体积,已形成共识<sup>[8]</sup>。通过比较连续三维图像的差异,来定量评价修复体

在这一段时间内损失的体积。但针对天然牙的磨耗评价两次检查间隔需要较长,必须考虑患者随访的依从性因素,且通常无法获得患者磨耗前的数据,因此用体积来分析评价自然牙列的磨耗较为困难。以往研究者应用深度和面积作为主要磨耗指标,用于修复体或天然牙的研究。但其代表的是间接磨耗,受咬合因素的影响,且不同磨耗区域的融合重叠可能影响对磨耗程度的判断。所以有学者提出开发其他定量评价的参数,可以在单次检查时即时得到具有临床意义的牙磨耗定量评价,有助于病理性牙磨耗的早期诊断和干预。

(1)角度、距离、高度:Lee等<sup>[30]</sup>建立了90人上下颌第一磨牙的数字化三维模型,再利用参考点生成向量和虚拟咬合平面。该研究开发了两个向量之间的夹角、两个平面的高度和距离作为牙磨耗测量参数。研究表明,上颌牙的所有角度或高度参数和下颌牙颊侧的角度或矢量高度参数,都可以作为定量磨耗研究的有意义的参数。

近来, Lee等<sup>[31]</sup>进一步改进了实验,更新减少了参考点的定义和数量,对现有的角度参数进行修正,形成新的磨耗评价参数。为了更好地检验参数的有效性,研究者在青年组和老年组中进行比较,发现以连接颊、舌尖的向量为基础的角度参数是具有代表性的磨耗评价参数。

以上所述的角度、距离和高度参数,不仅可以纵向评价单个受试者的牙磨耗情况,还可以用于横向比较多个受试者牙磨耗的差异。但是这些参数也具有局限性,标记的参考点太多,参数与磨耗面之间没有精确的对应关系,无法解释磨耗面的形成,临床指导价值有限。

(2)牙尖的面积和体积:一般情况下,上下颌功能尖磨耗较快。通过评价快速磨耗牙尖的相关参数,可以更直观地反映牙磨耗的真实情况,具有实

际临床意义。Kim等<sup>[32]</sup>选择牙尖作为参考点构建虚拟咬合平面,然后将该平面自功能尖垂直下降0.2、0.4、0.6和0.8 mm,分别在各个高度测量截取牙尖的体积和横截面面积,并将其相加,用以判断牙磨耗程度。

该评价方法通过测量从牙尖下降一定距离的横截面积和体积,间接反映牙尖因磨耗而下降的高度。Kim等<sup>[33]</sup>将其探索开发的新参数应用于牙磨耗与年龄关系的临床研究中,得到了可用于预测不同年龄下生理性磨耗速度的线性方程。需要指出的是,该团队开发的新参数虽反映了每个牙尖不同的磨耗状态,但该方法没有考虑下颌运动咀嚼规律对牙磨耗的影响,因此不能反映准确的牙磨耗程度。

(3)牙磨耗面的面积、周长、倾斜程度角和倾斜方向角:咬合指纹分析(occlusal fingerprint analysis, OFA)<sup>[34]</sup>是目前较为成熟的殆面磨耗宏观分析方法,其对磨耗面进行三维测量并提供磨耗面位置、方向、大小等信息,可帮助理解磨耗面形成机制<sup>[35-38]</sup>。

OFA是一种利用牙冠的三维数字模型来量化牙齿磨耗面特征的分析方法,其通过人为体外模拟特定的下颌运动,观察牙体磨耗面的形态特征与出现部位,从而推理、总结出磨耗面与下颌运动的关系。

利用OFA方法分析牙齿三维模型的磨耗面形态,得到每个磨耗面的4个定量参数:周长、面积、倾斜程度角及倾斜方向角。其中,周长和面积用于量化磨耗面的形态大小;倾斜程度角用于描述磨耗的程度;倾斜方向角反映产生该磨耗面的优势下颌运动方向。目前,OFA被研究者广泛应用于人类考古学领域,但其对于现代牙科的临床指导意义仍不明确。

### 三、总结与展望

综上所述,评价牙磨耗的方法众多,但指数分级方法目前仍是临床上分析牙磨耗的主要手段,其中以TWES 2.0为代表的牙磨耗评估系统对临床诊疗的指导更为系统和完善。针对复杂、严重的牙磨耗患者,笔者建议临床医生采用牙磨耗评估系统指导临床检查、诊断和治疗决策。

精细定量测量法是目前比较先进和精准的牙磨耗测量方法。口腔数字化技术的进展为牙磨耗的精细定量测量提供了有利条件。精细定量测量法更适用于分析牙磨耗细节特征,以及修复体材料的临床研究。其中,OFA方法将牙磨耗的分析与下颌运动方向相结合,更能反映磨耗面与下颌生理功

能的联系,是目前较为理想的自然牙磨耗的分析方法,但其临床实际应用的可操作性仍需进一步研究和验证。

**利益冲突** 所有作者均声明不存在利益冲突

### 参 考 文 献

- [1] Bartlett D, O' Toole S. Tooth wear: Best evidence consensus statement [J]. J Prosthodont, 2021, 30(S1): 20-25. DOI: 10.1111/jopr.13312.
- [2] Schlueter N, Amaechi BT, Bartlett D, et al. Terminology of erosive tooth wear: Consensus report of a workshop organized by the ORCA and the cariology research group of the IADR [J]. Caries Res, 2020, 54(1): 2-6. DOI: 10.1159/000503308.
- [3] Watts MW, Tan EK, Jankovic J. Bruxism and cranial-cervical dystonia: Is there a relationship? [J]. Cranio, 1999, 17(3): 196-201. DOI: 10.1080/08869634.1999.11746095.
- [4] Smith BG, Knight JK. An index for measuring the wear of teeth [J]. Br Dent J, 1984, 156(12): 435-438. DOI: 10.1038/sj.bdj.4805394.
- [5] 阎英, 凌均荣. 牙齿磨耗的测量方法 [J]. 国际口腔医学杂志, 2009, 36(4): 476-478. DOI: 10.3969/j.issn.1673-5749.2009.04.030.
- [6] Wetselaar P, Lobbezoo F. The tooth wear evaluation system: A modular clinical guideline for the diagnosis and management planning of worn dentitions [J]. J Oral Rehabil, 2016, 43(1): 69-80. DOI: 10.1111/joor.12340.
- [7] Wetselaar P, Wetselaar-Glas MJM, Katzer LD, et al. Diagnosing tooth wear, a new taxonomy based on the revised version of the tooth wear evaluation system (TWES 2.0) [J]. J Oral Rehabil, 2020, 47(6): 703-712. DOI: 10.1111/joor.12972.
- [8] Delong R. Intra-oral restorative materials wear: Rethinking the current approaches: How to measure wear [J]. Dental Materials, 2006, 22(8): 702-711. DOI: 10.1016/j.dental.2006.02.003.
- [9] Jakovljevic IV, Todorovic A, Budak I, et al. Measurement of dental crown wear: *In vitro* study [J]. Dent Mater J, 2020, 39(1): 126-134. DOI: 10.4012/dmj.2018-280.
- [10] Molnar S, Mckee JK, Molnar IM, et al. Tooth wear rates among contemporary Australian Aborigines [J]. J Dent Res, 1983, 62(5): 562-565. DOI: 10.1177/00220345830620051101.
- [11] Tomenchuk J, Mayhall JT. A correlation of tooth wear and age among modern Igloolik eskimos [J]. Am J Phys Anthropol, 1979, 51(1): 67-77. DOI: 10.1002/ajpa.1330510109.
- [12] Restrepo C, Peláez A, Alvarez E, et al. Digital imaging of patterns of dental wear to diagnose bruxism in children [J]. Int J Paediatr Dent, 2006, 16(4): 278-285. DOI: 10.1111/j.1365-263X.2006.00756.x.
- [13] Wulfman C, Koenig V, Mainjot AK. Wear measurement of dental tissues and materials in clinical studies: A systematic review [J]. Dent Mater, 2018, 34(6): 825-850. DOI: 10.1016/j.dental.2018.03.002.

- [14] Stucki S, Gkantidis N. Assessment of techniques used for superimposition of maxillary and mandibular 3D surface models to evaluate tooth movement: A systematic review [J]. *Eur J Orthod*, 2020, 42(5):559-570. DOI:10.1093/ejo/cjz075.
- [15] 吴哲, 丁焯. 数字化技术在口腔修复中的应用[J/OL]. *中华口腔医学研究杂志(电子版)*, 2019, 13(4):200-203. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-1366.2019.04.002.
- [16] Commer P, Bourauel C, Maier K, et al. Construction and testing of a computer-based intraoral laser scanner for determining tooth positions [J]. *Med Eng Phys*, 2000, 22(9):625-635. DOI:10.1016/s1350-4533(00)00076-x.
- [17] 王勇. 口内数字印模技术[J]. *口腔医学*, 2015, 35(9):705-709. DOI:10.13591/j.cnki.kqyx.2015.09.001.
- [18] 苏庭舒. 口内数字化印模技术[J/OL]. *中华临床医师杂志(电子版)*, 2012, 6(19):5780-5782. DOI:10.3877/cma.j.issn.1674-0785.2012.19.002.
- [19] 胡昊, 白玉兴. 口内直接扫描技术的研究进展[J]. *中华口腔正畸学杂志*, 2014, 21(1):40-42. DOI:10.3760/cma.j.issn.1674-5760.2014.
- [20] Leifert MF, Leifert MM, Efstratiadis SS, et al. Comparison of space analysis evaluations with digital models and plaster dental casts [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(1):16.e1-16.e4. DOI:10.1016/j.ajodo.2008.11.019.
- [21] 奚祺, 吴国锋. 数字化口内扫描技术的发展与应用[J]. *实用口腔医学杂志*, 2021, 37(1):136-140. DOI:10.3969/j.issn.1001-3733.2021.01.031.
- [22] 王珍珍, 周秦, 李生斌, 等. 3D扫描技术在口腔修复专业应用的研究进展[J]. *临床口腔医学杂志*, 2014, 30(2):126-127. DOI:10.3969/j.issn.1003-1634.2014.02.027.
- [23] 黄婉怡, 战德松. 口内扫描数字化印模系统分类及其应用[J]. *中国实用口腔科杂志*, 2017, 10(08):452-457. DOI:10.19538/j.kq.2017.08.002.
- [24] 惠宇, 吴亮颖, 张卫平, 等. 数字化口内扫描印模技术的发展和临床应用研究[J]. *现代医药卫生*, 2019, 35(19):2993-2996. DOI:10.3969/j.issn.1009-5519.2019.19.017.
- [25] Park J, Choi DS, Jang I, et al. A novel method for volumetric assessment of tooth wear using three - dimensional reverse - engineering technology: A preliminary report [J]. *Angle Orthod*, 2014, 84(4):687-692. DOI:10.2319/081113-592.1.
- [26] Cevidanes LHS, Bailey LJ, Tucker JGR, et al. Superimposition of 3D cone-beam CT models of orthognathic surgery patients [J]. *Dentomaxillofac Radiol*, 2005, 34(6):369-375. DOI:10.1259/dmfr/17102411.
- [27] Swennen GRJ, Mollemans W, de Clercq C, et al. A cone-beam computed tomography triple scan procedure to obtain a three-dimensional augmented virtual skull model appropriate for orthognathic surgery planning [J]. *J Craniofac Surg*, 2009, 20(2):297-307. DOI:10.1097/SCS.0b013e3181996803.
- [28] Cevidanes LHC, Heymann G, Cornelis MA, et al. Superimposition of 3 - dimensional cone - beam computed tomography models of growing patients [J]. *Am J Orthod Dentofacial Orthop*, 2009, 136(1):94-99. DOI:10.1016/j.ajodo.2009.01.018.
- [29] Kong L, Ma Y, Ren M, et al. Generation and characterization of ultra-precision compound freeform surfaces [J]. *Sci Prog*, 2020, 103(1):36850419880112. DOI:10.1177/0036850419880112.
- [30] Lee SP, Nam SE, Lee YM, et al. The development of quantitative methods using virtual models for the measurement of tooth wear [J]. *Clin Anat*, 2012, 25(3):347-358. DOI:10.1002/ca.21238.
- [31] Lee SH, Nam SE, Lee SP. Evaluation of the effectiveness of the new tooth wear measurement parameters [J]. *Anat Cell Biol*, 2015, 48(4):284-291. DOI:10.5115/acb.2015.48.4.284.
- [32] Kim SH, Park YS, Kim MK, et al. Methods for quantitative measurement of tooth wear using the area and volume of virtual model cusps [J]. *J Periodontal Implant Sci*, 2018, 48(2):124-134. DOI:10.5051/jpis.2018.48.2.124.
- [33] Kim WH, Nam SE, Park YS, et al. Maxillary first molar wear: A longitudinal study of children [J]. *Anat Cell Biol*, 2018, 51(4):251-259. DOI:10.5115/acb.2018.51.4.251.
- [34] Kullmer O, Benazzi S, Fiorenza L, et al. Technical note: Occlusal fingerprint analysis: Quantification of tooth wear pattern [J]. *Am J Phys Anthropol*, 2009, 139(4):600-605. DOI:10.1002/ajpa.21086.
- [35] Fung S, Lee J, Yong R, et al. A functional analysis of Carabelli trait in Australian aboriginal dentition [J]. *Am J Phys Anthropol*, 2021, 174(2):375-383. DOI:10.1002/ajpa.24120.
- [36] Fiorenza L. Reconstructing diet and behaviour of Neanderthals from Central Italy through dental macrowear analysis [J]. *J Anthropol Sci*, 2015, 93:119-133. DOI:10.4436/JASS.93002.
- [37] Fiorenza L, Menter CG, Fung S, et al. The functional role of the Carabelli trait in early and late hominins [J]. *J Hum Evol*, 2020, 145:102816. DOI:10.1016/j.jhevol.2020.102816.
- [38] Fiorenza L, Benazzi S, Kullmer O, et al. Dental macrowear and cortical bone distribution of the Neanderthal mandible from Regourdou (Dordogne, Southwestern France) [J]. *J Hum Evol*, 2019, 132:174-188. DOI:10.1016/j.jhevol.2019.05.005.

(收稿日期:2021-07-23)

(本文编辑:王嫚)