

인류학적 관점에서 개발된 치아 마모도의 분석 방법 검토

전채린¹, 우은진², 박순영¹

¹서울대학교 사회과학대학 인류학과 생물인류학실험실, ²세종대학교 인문과학대학 역사학과

Review of Previous Studies on Dental Wear Method

Chae Lin Jeon¹, Eun Jin Woo², Sunyoung Pak¹

¹Bioanthropology Lab, Department of Anthropology, College of Social Sciences, Seoul National University

²Department of History, College of Liberal Art, Sejong University

Abstract : Tooth wear records valuable information ranging from diets to cultural behaviors such as using teeth as a tool. However, methods analyzing tooth wear in archaeological skeletal remains have been designed and developed with subjective standards and processes. In addition, the definition of measuring range is different by each method and some have not specified it exactly. For this reason, there are limits to attempt a comparison between studies using different types of tooth wear methods even though data on tooth wear in ancient populations have been accumulated for many years. To solve this problem, it is needed to establish a method that can objectively diagnose tooth wear. This study aims to examine systematically a variety of tooth wear methods which have been developed from an anthropological point of view and to consider limitations of each method. A total of 20 research papers which describe a new dental wear method or advanced one were included in this review and then classified into two categories based on the properties of the measurement value, which means both qualitative and quantitative methods of dental wear. Qualitative wear methods were examined according to two subdivisions (① entire pattern on the occlusal surface, ② sum of quadrants on the occlusal surface). On the other hand, quantitative wear methods were divided into three classifications (① angle, ② height ③ area) and each category was reviewed. This approach enables to help understand the trend about methods for analyzing tooth wear, and would contribute to establishing an objective tooth wear method by more standardized criteria in the near future.

Keywords : Human teeth, Teeth wear, Dental anthropology, Physical anthropology

서론

저자(들)는 '의학논문 출판윤리 가이드라인'을 준수합니다.

저자(들)는 이 연구와 관련하여 이해관계가 없음을 밝힙니다.

Received: November 1, 2018; **Revised:** February 18, 2019; **Accepted:** February 19, 2019

Correspondence to: 박순영 (서울대학교 사회과학대학 인류학과)

E-mail: suny@snu.ac.kr

치아는 처음 맹출한 이후 여러 가지 원인들로 인해 경조
직이 지속적으로 손실되면서 마모된다. 일반적으로 치아 마
모의 원인은 치아와 치아 간의 마찰에 의한 교모(attrition),

음식물이나 칫솔과 같은 외부 물질과의 기계적 마찰에 의한 마모(abrasion), 여러 가지 화학물질의 치아 부식 작용에 의한 침식(erosion)으로 구분된다[1-3]. 이외에 치아 발달 순서, 교합면의 교두 형태, 턱뼈에 가해지는 생체역학적 특징 등 생물학적 요인이나, 칫습관 및 도구의 사용과 같은 문화적 요소들도 치아 마모의 원인으로 지목된다[4-6]. 따라서 치아의 마모 정도와 그 형태를 분석하면 개체의 사망 연령을 추정할 수 있고[7-9], 섭취한 음식에 대한 정보와 칫습관을 통시적, 공시적으로 파악할 수 있으며, 또한 치아를 이용한 문화적 행위의 흔적도 유추할 수 있다[10].

인류학적 관점에서 이루어진 치아 마모에 관한 연구는 주로 아메리카 원주민, 이누이트족, 호주 원주민 집단을 대상으로 한 것이 가장 많고[5,7,9,11-15], 그 밖에 유럽, 중동, 아프리카, 동남아 등 다양한 지역의 집단을 대상으로 한 공시적, 통시적 연구도 있다[1,2,8,10,16-19]. 그리고 이와 함께 치아 마모를 분석하는 다양한 방법들이 19세기 후반부터 지속적으로 개발되고 발전되어왔다. 그러나 치아 마모도를 분석하는 방법들은 대개 제한된 표본을 가지고 실험자의 주관적인 판단과 기준에 따라 만들어진 것이기 때문에 서로 다른 방법으로 분석하여 측정된 치아 마모도를 비교하는 것은 쉽지 않다. 즉 치아 마모 양상을 정확하게 진단할 수 있는 객관적인 기준과 방법이 마련되어 있지 않아 관찰자 간의 연구가 일관성 있게 유지되지 못하고, 그 결과 또한 신뢰하기 어렵다는 것이다. 이와 더불어, 국내에서는 고가의 장비를 도입하여 치아 마모도를 더욱 정교하게 측정할 수 있는 방법을 개발하기도 했지만[3,6,20], 이는 현대인 치아를 대상으로 한 임상의학 연구들이고, 고고학 유적지에서 발굴된 사람 뼈로 치아 마모도를 분석하는 연구는 여전히 제한된 범위에서 이루어지고 있다. 따라서 치아 마모를 객관적으로 진단할 수 있는 방법에 대한 토대를 마련하기 위해서는 우선 치아 마모도 분석 방법들에 대해서 구체적으로 살펴볼 필요가 있다.

이 연구에서는 개체의 연령 및 식생활 습관을 반영하는 지표로서 집단 차원에서 가장 빈번하게 이용되어 온 치아 마모도 분석 방법들을 검토하고자 한다. 즉 인류학적 관점에서 치아 마모를 분석하는 방법에 관해 정성적 측정방법(qualitative method)과 정량적 측정방법(quantitative method), 크게 두 개의 기준으로 분류하고, 각 부류에 속하는 방법들을 통시적 관점에서 살펴본 뒤 각각의 방법들이 가지고 있는 한계를 고찰해보고자 한다. 이러한 시도는 향후 한반도 내 고고학 유적지에서 출토된 사람 뼈의 치아 마모도 분석이 어떠한 방법과 절차에 따라 이루어져야 하는지 그 객관적 기준을 마련하는데 기여할 수 있으리라 본다.

재료 및 방법

이 연구에서는 인류학적 관점에서 고안된 치아 마모도 분석 방법들을 조사하였다. 즉 집단 차원에서 옛 사람 뼈, 수렵채집민을 대상으로 치아 마모 형태를 분석하고 체계적으로 정리한 것들을 중점으로, 어떤 기준을 통해 치아 마모 분석 방법들이 개발되었는지를 분석하였다. 그 중 독창적인 치아 마모도 방법을 제시한 논문을 검토 대상으로 삼았고, 처음 만들어진 방법을 수정 및 보완한 경우도 그 대상에 포함시켜 발전 과정을 함께 살펴보았다.

우선 치아 마모도 방법을 측정값이 가지는 성질에 따라 등급이나 서열로 판별하는 정성적 측정방법, 깊이나 면적과 같은 물리적 속성으로 측정하는 정량적 측정방법으로 나누었다. 그리고 나서 정성적 측정방법을 교합면 부위의 전체적인 형태를 보고 치아 마모도를 분석하는 방법(entire pattern on the occlusal surface)과 교두를 중심으로 교합면을 네 부분으로 나누어 분석하고 그 값을 합산하는 방법(sum of quadrants on the occlusal surface)으로 분류하여 각각 6개와 3개의 논문을 정리하였다. 정량적 측정방법에서는 측정 부위에 따라 세 가지 기준(각도, 높이, 면적)으로 나누었고, 치아머리의 각도를 측정하는 방법에서 2개의 논문을, 교두의 높이를 측정하는 방법에서 5개의 논문을, 교합면 상아질의 노출 면적을 계산하는 방법에서는 총 4개의 논문을 정리하였다. 이 연구에서 검토한 논문은 Tables 1, 2와 같다.

결 과

1. 정성적 측정방법

정성적 측정방법은 마모가 진행된 정도에 따라 등급 또는 점수를 매기는 서열화 방식을 말한다[21]. 즉, 없음(no), 약간(mild), 보통(moderate), 심함(severe) 등을 관찰자가 주관적으로 판단하여 등급을 매기고 이를 토대로 마모 정도를 평가하는 방법이며[6], 이는 크게 두 가지 경향으로 나뉜다. 하나는 교합면에 노출된 상아질을 관찰하여 그 양상을 등급으로 매기는 방법이고, 다른 하나는 큰어금니의 교합면을 네 개의 영역으로 나눈 뒤, 각 영역에서 관찰되는 마모 정도를 점수로 기록하여 네 개의 점수를 합산하는 방법이다(Table 1).

1) 교합면 전체 양상 분석법

Murphy [11]는 인간에게서만 나타나는 고유한 치아의 마모 형태를 파악하기 위한 목적에서 처음으로 치아 마모 양상을 체계적으로 분류하고 이를 그림(pictorial system)으로 정리하였다. 그는 치아를 형태에 따라 앞니와 송곳니, 작은

Table 1. Previous studies on qualitative method on tooth wear.

Subcategory	Reference	Scale	Sample	Subsistence strategy*	Tool	Application
(1) Entire pattern on the occlusal surface	Murphy [11]	8	Australian Aborigines	HG	Naked eye	All teeth
	Molnar [4]	8	North American Indians	HG, A	Naked eye	All teeth
	Smith [10]	8	American Indians, Europeans, Australians, Eskimo	HG, A	Naked eye	All teeth
	Miles [7]	8	Anglo-Saxon	A	Naked eye	Molars
	Brothwell [8]	12	Neolithic to Medieval British	A	Naked eye	Molars
	Lovejoy [9]	10	American Indians	H	Naked eye	All teeth
(2) Sum of quadrants on the occlusal surface	Smith [23]	5	Natufian, Israel	A	Naked eye	Molars
	Scott [12]	11	American Indians	HG, H	Naked eye	Molars
	Dreier [14]	26	Arikara, South Dakota	A	Naked eye, Metric ruler	Molars

*HG: hunter-gatherer; A: agriculturalist; H: horticulturalist

어금니, 큰어금니의 세 유형으로 나누고, 유형마다 a부터 h 등급까지 총 8개의 등급으로 마모 정도를 기록하였다. 여기에 같은 수준의 마모라고 해도 상아질 노출 부분이 약간 다르게 나타나는 경우는 추가적으로 각 등급마다 알파벳 옆에 숫자를 덧붙여(예를 들어 b₂, d₃ 등) 이 또한 그림으로 나타내었다. Molnar [4]와 Smith [10]는 서로 다른 시기에 Murphy의 방법을 수정 및 보완하여 단순하지만 보다 발전된 형태의 치아 마모도 분석 방법을 제시하였다. Molnar는 치아 마모도를 8등급으로 분류하고, 여기에 치아가 마모된 방향(볼쪽, 혀쪽, 안쪽, 먼쪽)과 마모된 형태(notched or rounded)까지 고려하여 다양한 시각에서 치아 마모도를 분석할 수 있는 방법을 고안했다. Smith는 8단계로 나눈 치아 마모도 분석 방법을 그대로 유지하되, 1부터 8까지의 숫자를 수직으로 나열하고 각 단계에 해당되는 마모도 양상을 그림으로 나타내어 분석 방법을 한 눈에 볼 수 있도록 정리하였다.

한편, 치아 마모의 형태로 개체의 연령을 추정할 수 있는 방법에는 Miles [7], Brothwell [8], Lovejoy [9]의 방법 세 가지가 있다. Miles의 방법은 세 개의 큰어금니가 맹출되는 시기에 기능적 나이(functional age)를 계산하여 연령을 추정하는 것이다. 이 방법을 사용하기 위해서는 먼저 한 집단 내에 정확한 연령이 알려진 6세에서 19세의 청소년 개체들을 대상으로 둘째큰어금니의 맹출 시기에 나타나는 첫째큰어금니의 마모 양상과 셋째큰어금니의 맹출 시기에 나타나는 둘째큰어금니와 첫째큰어금니의 마모 양상을 각각 기록한다. 그리고 나서 이를 바탕으로 연령을 추정할 개체들과 그 마모도를 비교하여 짝을 맞춘 뒤, 여기에 각 큰어금니가 맹출되는 연령을 더한다. 예를 들어 A라는 개체의 둘째큰어금니의 마모 양상이 12살 개체의 첫째큰어금니의 마모도와 유사하다면, 둘째큰어금니가 맹출되는 시기인 12살을 더하여 A 개체의 둘째큰어금니 연령은 24살로 추정된다. 이

와 같은 방식으로 한 개체의 큰어금니 세 개의 연령을 추정 한 뒤 평균을 내면 그 값을 개체의 최종 연령으로 추정한다. 이와 같은 방법은 집단마다 상이한 치아 마모 수준을 반영하여 연령을 추정할 수 있기 때문에 추정의 정확성이 매우 높다는 평가를 받지만[22], 기준이 되는 청소년 개체의 실제 연령을 알아야 하므로 고고학 유적지에서 출토된 집단의 연령 추정 방법으로 사용하기는 어렵다.

Lovejoy는 아메리카 원주민을 대상으로 Miles의 방법을 이용하여 연령을 추정한 후, 안쪽앞니부터 셋째큰어금니까지 일렬로 배치시켜 연령별 마모 양상을 A부터 I단계까지 총 9단계로 분류하였다. 그 중 B단계는 셋째큰어금니의 맹출 여부에 따라 다르게 나타나는 마모 형태를 고려하여 연령 범주는 16~20세로 동일하되, B₁단계와 B₂단계로 구분하였다. Brothwell은 4개의 항목(17~25세, 25~35세, 35~45세, 45세 이상)으로 연령 범주를 나누고, 각 범주에 해당되는 첫째큰어금니, 둘째큰어금니, 셋째큰어금니의 교합면에 나타나는 마모 정도를 그림으로 나타내었다. 또한 큰어금니 교합면의 마모도 변화를 1부터 7까지 총 12개의 등급(1, 2, 2⁺, 3, 3⁺, 4, 4⁺, 5, 5⁺, 5⁺⁺, 6, 7)으로 나누어 도식화하였다. 시대에 상관없이 동일한 수준의 치아 마모도를 보이는 집단을 대상으로 만들어졌기 때문에 이 방법은 보편적으로 쓰이고 있지만, 그럼에도 불구하고 그는 골반으로 추정한 연령을 함께 비교해볼 것을 권고하였다.

2) 교합면 네 개 영역의 합 분석법

이 방법은 Scott [12]의 어금니 마모도 평가 방법(Scott's molar wear scoring system)으로 알려져 있지만, 가장 처음 시도한 사람은 Smith [23]다. 그는 큰어금니의 교두 4개가 마모된 정도를 1에서 5의 척도로 점수를 부여하고, 이를 모두 합산한 값을 어금니 한 개의 최종 마모도로 판정하였

다. 이후 Scott [12]은 계산하는 방식은 그대로 유지하는 대신 교합면을 네 개의 영역(quadrant)으로 나누었고, 각 영역에 부여되는 점수 체계를 5등급에서 10등급으로 확장시켰다. Dreier[14]는 5가지 기준(① 사기질 마모면, ② 노출된 상아질의 면적, ③ 치아의 높이, ④ 교합면 치아머리 테두리의 두께, ⑤ 치아속질공간의 노출된 정도)을 종합적으로 고려하여 25단계의 치아 마모 분석 방법을 만들었다. Scott와 마찬가지로 각 영역 안에서의 치아 마모도에 따라 0에서 25 사이의 점수를 부여한 뒤 이를 모두 합산하면 그것이 어금니 한 개의 최종 마모도가 된다. 위와 같은 방법은 교합면 전체 양상을 파악하는 방법과 비교했을 때 마모도를 좀더 세밀하게 측정할 수 있다는 장점이 있다[24]. 즉 전자의 방법을 이용하면 큰어금니의 마모 정도를 최대 8등급까지 나타낼 수 있지만, Scott의 방법은 최대 40등급(10×4), Dreier는 최대 100등급(25×4)으로 마모도를 평가할 수 있다. 따라서 교합면을 세부 영역으로 나눠 판단하는 방법을 사용하면 교합면 전체로서 판단하는 방법을 사용하는 것보다 개체 간의 차이를 잘 드러낼 수 있다. 실제로 Scott은 자신의 방법과 Molnar의 방법을 비교하였는데, 그 결과 Scott의 방법에서 동일한 마모도를 가진 개체의 수가 훨씬 적었다.

2. 정량적 마모도 측정방법

정량적 마모도 측정방법은 현미경, 사진, 컴퓨터, 3D 스캐너, CT 등과 같은 여러 가지 장비를 이용하여 깊이나 부피 또는 마모면의 면적과 같은 물리적 측정을 통해 치아의 마

모도를 양적으로 측정할 수 있는 방법이다[6,25]. 측정 부위에 따라 치아머리의 각도를 재는 방법, 치아머리나 교두의 높이를 측정하는 방법, 치아의 교합면 전체에서 상아질이 노출된 면적을 구하는 방법, 총 세 가지 기준으로 구분하여 살펴보았다(Table 2).

1) 각도 측정법

치아머리의 각도를 재서 치아 마모의 양상을 알아보는 것은 위턱과 아래턱의 교합 양상, 식이 습관, 연령에 따라 큰어금니의 마모 형태가 다르게 나타난다는 가설(helicoidal plane of dental occlusion)에서 출발했다. 그 예로 Butler [26]는 교두의 가장 높은 지점에 각도기를 수평으로 놓고, 큰어금니 교합면의 경사도를 측정하였다. 이때 같은 치아를 5번 반복하여 측정한 뒤 그 평균치를 최종 각도로 기록하였다. 이를 통해 그는 연령마다(18세 이하, 18세 이후부터 30세, 30세 이후) 치아가 마모되는 방향이 다르다는 사실을 밝혔다. Smith [10]도 Butler와 측정방법이 유사하다. 다만 플라스틱 각도기보다 정확성이 더 높은 금속 각도기를 사용하였고, 생계 방식에 따라 치아 마모 경사도(obliqueness)에 뚜렷한 차이가 있음을 입증하였다.

2) 높이 측정법

교두나 치아머리의 높이를 구하는 방법은 시멘트사기질경계(Cementoenamel junction, 이하 CEJ)에서부터 교두끝(cusp tip)까지의 높이를 재는 것이 가장 일반적이다. Metha와 Evans [27]는 치아 계측기로 모든 치아의 CEJ에서부터 각 교두끝까지를 측정하였고, 큰어금니의 경우 안

Table 2. Previous studies on quantitative method on tooth wear.

Subcategory	Reference	Measuring range	Sample	Subsistence Strategy [†]	Tool	Application
(1) Angle	Butler [26] Smith [10]	Slope of occlusal surface	American Indians American Indians	Unknown HG, A	Plastic protractor Metal protractor	First molars All teeth
	Metha & Evans [27] Mays et al. [30] Mays & Pett [31]	CEJ*~cusp tip	Arkansas Indians Romano-British Medieval England	HG A A	Dental caliper Digital caliper Image J	All teeth Molars Deciduous molars
	Tomenchuk & Mayhall [28] Mayhall & Kageyama [33]	Central pit~ cusp tip	Igloodik, Hall Beach Australian aborigines	HG HG	Sliding capler, Depth gauge Moiré contourography	Maxillary molars Maxillary first molars
(3) Area	Walker[34] Richards & Brown [35] Kambe et al. [36] Clement [1]	Exposed dentine	Santa Rosa Island, Santa Barbara Australian aborigines Modern Japanese Medieval England	HG HG M A	Polar planimeter Digitizer Image Analyzer computer Image analysis program	Maxillary first molars Molars All teeth All teeth

*CEJ: cementoenamel junction

[†]HG: hunter-gatherer; A: agriculturalist; M: modern

쪽과 면쪽의 평균값으로 볼쪽, 혀쪽의 높이를 비교하였다. Tomenchuk와 Mayhall [28]은 교두의 높이(H), 안쪽면쪽 최대 길이(L), 볼쪽, 혀쪽 최대 넓이(W)를 각각 재고, 이를 주어진 공식($\frac{H}{L \times W}$)에 대입하여 마모도를 알아보는 정량적 측정방법을 시도하였다. 이때 교두의 높이는 교합면 중심작은오목(central pit)에서부터 교두끝을 의미하며 깊이 게이지로 측정되었다. 이를 통해 치아 마모도와 실제 연령간의 높은 상관관계를 확인하였지만 고대사회의 사람 뼈, 특히 연령이 높은 개체는 중심작은오목까지 마모되는 경우가 흔해 위와 같은 방법을 적용하기가 어렵다[29]. 그래서 Mays 등[30]은 Metha와 Evans의 치아머리 높이를 측정하는 방식을 따르되, 위턱과 아래턱의 교합 양상, 식이 습관, 연령에 따라 큰어금니의 마모 형태가 다르게 나타난다는 점을 고려하여 위턱은 CEJ에서부터 안쪽입천장쪽 교두와 면쪽입천장쪽교두의 높이를, 아래턱은 CEJ에서부터 안쪽볼쪽교두와 면쪽볼쪽교두의 높이를 잴다. Mays와 Pett [31]의 방법은 Mays 등[30]의 방법과 동일하지만 측정 도구를 사진기와 컴퓨터 이미지 분석 프로그램으로 대신하여 높이를 측정했다.

한편 80년대 후반에서 90년대 사이에 모아레 등고선 촬영법(moiré contourgraphy)을 이용한 치아 마모도 분석 연구가 잠깐 등장하기도 했다. 모아레 등고선 촬영법은 영상 촬영 기법 중 하나로, 사진기와 격자 스크린(master screen) 사이에 치아를 두고 촬영한 다음에 가장 높은 위치에서 시작해 가장 낮은 지점까지 등고선의 개수를 세어 그 높이를 측정하는 방법이다[32,33]. 등고선의 간격이 2 mm로 매우 치밀하기 때문에 교두 높이를 정교하게 측정할 수 있지만, 보편적인 방법으로 자리잡지는 못했다.

3) 면적 측정법

컴퓨터 기술이 발달하지 않았던 70년대에 Walker [34]는 치아 씹는면이 보이도록 촬영한 사진을 인화하고 이를 종이(Vidalon drafting paper) 위에 70배의 크기로 확대 및 투사한 뒤, polar planimeter로 상아질 노출 정도를 측정하여 치아 마모도를 알아보았다. Richards와 Brown [35]은 polar planimeter 대신 digitizer (Hewlett Packard 9874A, Fort Collins, Colorado, USA)를 사용하여 노출된 상아질 테두리의 윤곽을 잡아 그 면적을 계산하였다. 이후 Kambe 등[36]과 Clement [1]는 컴퓨터로 이미지를 분석하는 프로그램인 LUZEX 5000 (Nireco Cooperation Co. Ltd., Tokyo, Japan)과 Sigma Scan Pro 5 (Systat Software, Inc., Chicago, USA)를 각각 활용하여 위와 같은 작업을 수행하는데 소요되는 시간을 단축시켰다. 또 실험자 간 오차를 최소화하고, 집단

차원에서 정량적으로 치아 마모 데이터를 축적할 수 있어 현재까지 사용되고 있다[15,37-39].

Clement [1]가 설명하는 구체적인 방법은 다음과 같다. 우선 분석할 치아 면적에 대한 왜곡을 최소화시키기 위해 카메라 렌즈의 광축을 교합면이나 절단면과 수직이 되도록 하고, 카메라를 삼각대로 고정시켜 평행을 유지시킨 뒤 치아 교합면과 절단면이 보이도록 촬영한다. 그리고 나서 촬영한 사진을 컴퓨터로 옮기고, 이를 이미지 분석 프로그램(Sigma Scan Pro 5, Systat Software, Inc., Chicago, USA)과 그래픽 태블릿을 이용하여 분석한다. 분석 방법은 태블릿 펜으로 치아 교합면 전체의 윤곽을 잡으면 이미지 분석 프로그램으로 해당 면적의 픽셀 개수를 계산하는 것이다. 상아질 노출 면적 또한 동일한 방법을 적용하여 측정한다. 단, 교합면에 보이는 상아질 노출 부분이 산발적으로 나타난 경우 흩어져있는 상아질 노출 부분을 개별적으로 계산한 후에 그 값을 합산한다. 이렇게 측정한 값을 공식($\frac{\text{상아질 노출 면적}}{\text{전체 교합면 면적}} \times 100$)에 대입하면 그 값(%)이 치아가 갖는 최종 마모도가 된다.

고 찰

이 연구에서는 마모된 정도에 등급을 매기는 정성적 측정 방법과 실제 마모된 양을 측정하는 정량적 측정방법, 두 가지를 중심으로 치아 마모도 분석 방법들을 살펴보았다. 연구에서 검토한 방법들은 옛 사람 뼈나 수렵채집민의 치아 모형을 가지고 시도되었고, 이는 대부분 1900년대 중반부터 후반 사이에 이루어졌다.

정성적 측정방법들은 모두 고가의 장비 없이 육안 분석을 통해 실시되며, 등급에 따른 마모 양상이 그림 체계로 표현되어 있어 숙련자가 아니더라도 쉽고 빠르게 습득할 수 있다는 장점이 있다[1]. 그러나 정성적 측정방법들에 대해선 몇 가지 문제점들이 제기돼 왔다. 첫째 연속적으로 진행되는 치아의 마모를 등급에 따라 범주화하여 분석하는 것은 개체 간 세세한 마모도 차이를 잡아내지 못한다[40]. 둘째 등급이나 점수 체계는 절대적인 기준이 아니라 각 연구자가 한정된 표본으로 자체 개발한 방법이기 때문에 다른 방법을 통해 산출된 결과와의 직접적인 비교가 불가능하다[25]. 셋째 Brothwell [8]이 제시한 표준적인 치아 마모도보다 마모 속도가 빠르거나 느린 집단이 있을 경우 연구자는 개체의 연령을 실제 연령보다 어리게 추정하거나 반대로 훨씬 더 많게 추정할 수도 있다[1]. 가령 수렵채집민 집단의 마모는 농경사회 집단보다 더 빨리 일어나기 때문에 상아질 교합면이 전반적으로 노출되어

있는 경우에도 실제 연령이 20대에서 30대인 경우가 흔하지만, 농경사회에서는 이와 유사한 수준의 마모도가 대개 노년기에서 관찰된다[21]. 마지막으로 교합면의 네 영역을 합산하는 방법은 큰어금니만 분석하기 때문에 다른 치아의 경우 다른 방법을 사용해야 하므로 연구 방법이 복잡해지고, 결과를 해석하기도 까다로워 시간이 많이 소요된다[1].

한편 정량적 측정방법은 치아의 연속성을 반영하여 실제 마모된 양을 측정하기 때문에 다양한 통계 방법을 활용할 수 있고, 집단 혹은 개체 간 미묘한 차이를 관측할 수도 있어[34,36] 정성적 측정방법이 지닌 한계를 어느 정도 극복할 수 있다. 그러나 높이를 측정하는 방법은 측정할 높이에 대한 정의, 즉 어느 지점에서부터 어느 지점까지 측정할지에 대한 기준이 방법마다 조금씩 달라 정성적 측정방법과 마찬가지로 다른 연구 결과와 비교하기 어렵다. 예를 들어 Metha와 Evans [27], Mays 등[30]은 CEJ에서부터 각 교두끝을 측정했지만, Tomenchuk와 Mayhall [28]은 교합면 중심구멍에서부터 교두끝까지를 측정했다. Mayhall과 Kageyama [33]의 경우 네 개의 교두 중 어떤 위치의 교두끝을 계측 정점으로 삼았는지 구체적으로 밝히지 않았다. 따라서 높이를 측정하는 방법은 측정 기준점이 다르기 때문에 객관적 자료라고 보기 어렵다. 또 얼마만큼 마모되었는지에 대한 문제, 즉 일생에 걸쳐 줄어든 교두 높이를 양적으로 파악하기 어렵다는 문제도 있다. 한편 면적을 구하는 방법은 Walker [34]부터 Clement [1]에 이르기까지 그 기준과 절차가 통일성 있게 나타나지만, 노출된 상아질만 계산하기 때문에 사기질의 마모 정도는 알 수 없고, 따라서 상아질이 노출되지 않은 비교적 젊은 연령의 개체들은 분석 대상에서 제외된다.

치아 마모는 치아활의 형태, 치아의 위치, 섭취한 음식에 의한 갈림 현상(abrasiveness), 그리고 이갈이나 도구의 사용과 같은 고의적 행위 등 여러 가지 요인들에 영향을 받아 독특한 양상을 형성한다[1]. 그렇기 때문에 고고학 유적지에서 발굴된 사람 뼈 집단을 이용하여 치아 마모도를 분석하는 연구는 특정 집단의 식이 습관 및 문화적 행위를 추론할 수 있는 정보를 제공한다. 그러나 지금까지 개발된 치아 마모도 분석 방법들은 여전히 주관적이고, 따라서 관찰자 간 결과가 일관성 있게 유지되지 못한다는 공통점을 가진다. 이러한 오류를 최소화하고 자료의 객관성을 확보하기 위해서는 가장 먼저 측정 기준과 구간을 명확하게 정의하고, 이를 바탕으로 치아 마모의 물리적 양을 엄밀하게 측정할 수 있는 방법을 마련해야 한다.

최근 Lee 등[3]은 3D 스캐너와 이를 분석하는 이미지 소프트웨어를 이용해 치아를 가상 이미지상에서 재구성한 후 워터마크와 아레틱 첫째큰어금니에 총 16개의 표지점을 지정하여 높이, 각도, 양(volume)을 계측할 수 있는 정량적 치아

마모 지표를 개발하였다. 이 방법은 매우 정밀하게 측정이 가능하여 정확한 측정값을 얻을 수 있다는 장점이 있지만, 전문 장비를 갖추어야 하며 높은 숙련도를 요구하기 때문에 일상적으로 사용하기에는 아직 부담이 있다[25]. 따라서 치아 마모 정도의 진단 기준에 대한 유효성을 확보하고 그에 따른 장비가 보급화 된다면, 향후 지속적인 연구 자료의 축적을 통해 객관적인 수준에서 집단 차원의 비교연구가 가능해질 수 있으리라 본다.

REFERENCES

1. Clement AF. A new method for recording tooth wear. In: Zakrzewski SR, White W, editors. Proceedings of the seventh annual conference of the British association for biological anthropology and osteoarchaeology. Oxford: Archaeo Press. British Archaeological Reports International Series. 2007; 1712:72-81.
2. Clement A. Tooth wear patterns in Neanderthals and early modern humans. Doctoral dissertation, University of London. 2008.
3. Lee SP, Nam SE, Lee YM, Park YS, Hayashi K, Lee JB. The development of quantitative methods using virtual models for the measurement of tooth wear. *Clinical Anatomy*. 2012; 25:347-58.
4. Molnar S. Human Tooth wear, Tooth function and Cultural Variability. *Am J Phys Anthropol*. 1971; 34:175-89.
5. Richards LC, Miller SLJ. Relationships between age and dental attrition in Australian Aboriginals. *Am J Phys Anthropol*. 1991; 84:159-64.
6. Nam SE, Park YS, Ryu HR, Lim YS, Lee SP. Comparisons of tooth wear of the first molar in Korean and Japanese using new quantitative measurement parameters. *Journal of Korean Society for Dental Materials*. 2012; 39:241-9. Korean.
7. Miles AEW. The dentition in the assessment of individual age in skeletal material. In: Brothwell DR, editor. *Dental anthropology*. Society for the Study of Human Biology; 1963. p. 191-209.
8. Brothwell DR. *Digging up bones: the excavation, treatment, and study of human skeletal remains*. Cornell University Press; 1981. p. 71-2
9. Lovejoy CO. Dental wear in the Libbean population: its functional pattern and role in the determination of adult skeletal age and death. *Am J Phys Anthropol*. 1985; 68:47-56.
10. Smith BH. Patterns of Molar Wear in Hunter-Gatherers and Agriculturalists. *Am J Phys Anthropol*. 1984; 63:39-56.
11. Murphy T. The changing pattern of dentin exposure in human tooth attrition. *Am J Phys Anthropol*. 1959; 17:167-78.

12. Scott E. Dental Wear Scoring Technique. *Am J Phys Anthropol.* 1979; 51:213-8.
13. Hinton RJ. Form and patterning of anterior tooth wear among aboriginal human groups. *Am J Phys Anthropol.* 1981; 54:555-64.
14. Dreier FG. Age at death estimates for the protohistoric Arizka using molar attrition rates: a new quantification method. *Int J Osteoarchaeol.* 1994; 4:137-47.
15. Clement AF, Hillson SW. Intrapopulation variation in macro tooth wear patterns-a case study from Igloolik, Canada. *Am J Phys Anthropol.* 2012; 149:517-24.
16. Littleton J, Frohlich B. Fish-eaters and farmers: dental pathology in the Arabian Gulf. *Am J Phys Anthropol.* 1993; 92:427-47.
17. Kaifu Y. Changes in the pattern of tooth wear from prehistoric to recent periods in Japan. *Am J Phys Anthropol.* 1999; 109:485-99.
18. Fujita H, Ogura M. Degree of dental attrition with sex and aging among Jomon and Edo people in Japan. *Journal of Oral Biosciences.* 2009; 51:165-71.
19. Górká K, Romero A, Pérez-Pérez A. First molar size and wear within and among modern hunter-gatherers and agricultural populations. *HOMO-Journal of Comparative Human Biology.* 2015; 66:299-315.
20. Kim SH, Park YS, Kim MK, Kim S, Lee SP. Methods for quantitative measurement of tooth wear using the area and volume of virtual model cusps. *J Periodontal Implant Sci.* 2018; 48:124-34.
21. Beach JJ, Schmidt CW, Sharkey RA. Dental aging techniques: a review. In: Latham KE, Finnegan JM, editors. *Age estimation of the human skeleton.* Charles C Thomas Publisher; 2010. p. 11.
22. Kieser JA, Preston CB, Evans WG. Skeletal age at death: an evaluation of the Miles method of ageing. *J Archaeol Sci.* 1983; 10:9-12.
23. Smith P. Diet and attrition in the natufians. *Am J Phys Anthropol.* 1972; 37:233-8.
24. Shykoluk NL, Lovell NC. Enhancement of Scott's molar wear scoring method. *Am J Phys Anthropol.* 2010; 143:482-7.
25. Han BY. Study of tooth wear evaluating method. Doctoral dissertation. Seoul National University; 2013. Korean.
26. Butler RJ. Age-related variability in occlusal wear planes. *Am J Phys Anthropol.* 1972; 36:381-90.
27. Mehta JD, Evans GC. A study of attrition of teeth in the Arkansas Indian skulls. *The Angle Orthodontist.* 1966; 36:248-57.
28. Tomenchuk J, Mayhall JT. A correlation of tooth wear and age among modern Igloolik Eskimos. *Am J Phys Anthropol.* 1979; 51:67-77.
29. Mays S. The relationships between molar wear and age in an early 19th century AD archaeological human skeletal series of documented age at death. *J Archaeol Sci.* 2002; 29:861-71.
30. Mays S, de la Rúa C, Molleson T. Molar crown height as a means of evaluating existing dental wear scales for estimating age at death in human skeletal remains. *J Archaeol Sci.* 1995; 22:659-70.
31. Mays S, Pett J. Wear on the deciduous molars in a Mediaeval English human population: a study using crown height. *J Archaeol Sci.* 2014; 50:394-402.
32. Mayhall JT, Kanazawa E. Three-dimensional analysis of the maxillary first molar crowns of Canadian Inuit. *Am J Phys Anthropol.* 1989; 78:73-8.
33. Mayhall JT, Kageyama I. A new, three-dimensional method for determining tooth wear. *Am J Phys Anthropol.* 1997; 103:463-9.
34. Walker PL. A Quantitative Analysis of Dental Attrition Rates in the Santa Barbara Channel Area. *Am J Phys Anthropol.* 1978; 48:101-06.
35. Richards LC, Brown T. Dental attrition and age relationships in Australian Aborigines. *Archaeology in Oceania.* 1981; 16:94-8.
36. Kambe T, Yonemitsu K, Kibayashi K, Tsunenari S. Application of a computer assisted image analyzer to the assessment of area and number of sites of dental attrition and its use for age estimation. *Forensic Sci Int.* 1991; 50:97-109.
37. Deter CA. Gradients of occlusal wear in hunter-gatherers and agriculturalists. *Am J Phys Anthropol.* 2009; 138:247-54.
38. Clement AF, Hillson SW, Aiello LC. Tooth wear, Neanderthal facial morphology and the anterior dental loading hypothesis. *J Hum Evol.* 2012; 62:367-76.
39. Clement AF, Freyne A. A revised method for assessing tooth wear in the deciduous dentition. In: *Proceedings of the twelfth annual conference of the British Association for Biological Anthropology and Osteoarchaeology.* Oxford: Archaeopress British Archaeological Reports International Series. 2012; 2380:119-29.
40. Behrend GD. Quantitative-evaluation of dental attrition. *Am J Phys Anthropol.* 1977; 47:117.

간추림 : 치아 마모는 과거 사회의 사람들이 어떤 음식을 섭취했고, 어떤 문화적 관습을 행하며 살았는지에 관한 정보를 제공할 수 있다. 그러나 지금까지 치아 마모를 분석하기 위해 만들어진 방법들은 마모를 측정하는 범위에 대한 정의가 매우 상이하며, 이를 측정하는 절차 또한 실험자의 주관적인 판단 하에 분류된 것들이 많아 치아 마모도를 나타내는 객관적 지표라고 평가하기 어려운 점이 많았다. 또 고고학 유적지에서 출토된 사람 뼈를 가지고 치아 마모도를 분석한 연구들은 많지만, 서로 다른 방법으로 마모도가 측정되어서 연구 결과를 비교할 수 없었다. 이 연구에서는 다양한 치아 마모도 분석 방법들을 정량적 측정방법과 정성적 측정방법의 두 흐름으로 나누어 살펴보고, 각 방법들이 가지고 있는 한계를 고찰해보고자 한다. 이를 통해 현재까지 마모도 분석 방법의 동향을 파악할 수 있으며, 이를 바탕으로 향후 치아 마모도 분석에 관한 연구가 어떤 방법과 절차에 따라 진행되어야 하는지 그 객관적 기준을 마련하는데 기여할 수 있기를 기대해본다.

찾아보기 낱말 : 치아, 치아 마모, 사람뼈, 치아 인류학