

# 실험 교흔 조직의 경과시간에 따른 in vitro 3차원 디지털 분석 연구

## A Study on the Three Dimensional Digital Analysis of Experimental Bite-marks with the Progress of Time

배은정\*, 홍승표\*\*, 임종연\*

동국대학교 기계로봇에너지공학과\*, 동국대학교 스마트 커뮤니티 폴리싱 시스템(Googi) 개발 연구센터\*\*

Eun-Jeong Bae(bej1119@naver.com)\*, Seung-Pyo Hong(humanhsp@dongguk.edu)\*\*,  
Joong Yeon Lim(jylim@dongguk.edu)\*

### 요약

이 연구의 목적은 돼지피부에 형성된 교흔의 시간 경과에 따른 차이를 비교하는 것이다. 이와 같은 연구의 목적을 달성하기 위해 돼지피부에 성인 교합압으로 하중을 가했을 때 생긴 교흔을 시간경과에 따라 3차원으로 분석하였다. 시간은 교흔 발생 직후부터 1시간 간격으로 3시간까지 측정하였다. 측정된 결과를 분석하기 위해 root mean square(RMS)로 계산하고, 이에 대한 결과값은 1-way ANOVA test를 실시하여 도출하였다( $\alpha = 0.05$ ). 분석 결과 교흔 발생 직후와 1시간이 경과한 이후에는 0.899mm로 나타났고, 1시간에서 2시간 경과에서는 0.717mm, 마지막으로 2시간에서 3시간 경과에는 0.506mm로 나타났으며 결과에는 유의미한 차이가 나타나는 것으로 확인되었다( $P < 0.05$ ).

결론적으로 교흔은 시간 경과에 따라 압박흔에 차이가 있는 것으로 나타났으며, 시간대별 차이는 교흔직후와 1시간 경과에서 가장 큰 것으로 나타났다. 시간이 경과됨에 따라 교흔의 변화 양상은 줄어드는 것으로 분석되었고, 모든 치연 중에서 특히 전치부가 교흔이 뚜렷한 것으로 관찰되었다.

■ 중심어 : | 교흔 | 시간경과 | 돼지피부 | 디지털 분석 | 3차원 분석 |

### Abstract

The objective of this study was to analyze time-dependent changes in bite marks on pig skin. Bite marks produced by the average bite force of adults were analyzed three-dimensionally for 3 hours directly after its formation, at 1-hour intervals. The measured values were calculated by root mean square (RMS) and statistically analyzed by one-way ANOVA test ( $\alpha = 0.05$ ). The average bite sizes were 0.899 mm, 0.717 mm and 0.506 mm at the first, second and third intervals, respectively, and were significantly different between the three intervals ( $P < 0.05$ ).

A bite mark showed time-dependent changes in the compression level, showing the greatest change in the first interval. Changes in bite marks decreased over time, and bite marks were observed most prominently generated by the anterior dentition.

■ keyword : | Bite Mark | Time-Dependent | Pig Skin | Digital Analysis | Three-Dimensional Analysis |

\* 이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2018R1A5A7023490)

접수일자 : 2020년 05월 21일

심사완료일 : 2020년 06월 30일

수정일자 : 2020년 06월 18일

교신저자 : 임종연, e-mail : jylim@dongguk.edu

## I. 서론

치아는 사람에 따라 독창적인 특징을 가지고 있으며, 법치의학적 관점에서 상처 입은 피부 또는 음식 등에 남은 치열을 분석하여 증거로 사용하고 있다[1]. 이처럼 어떠한 대상이나 물체에 남아 있는 치열의 흔적을 교흔(bite mark)이라고 하며, 이를 분석하기 위해 혐의자의 치아에서 실물크기의 오버레이를 만들어서 피해자의 신체에 남겨진 교흔과 비교하는 방법이 가장 일반적으로 쓰이고 있다[2].

사람 피부는 일정 수준의 탄력을 가지고 있기 때문에 피부조직에 남은 교흔은 시간이 지나면서 열어지거나 사라지기도 한다[3]. 이와 같은 특성에 따라 범죄사건 등에서 교흔이 발생될 경우 경과시간에 따라 그 흔적이 변화할 가능성이 존재한다. 따라서 이러한 특성을 반영하여 교흔이 발생한 시간을 추정하는 것은 범죄학적으로, 그리고 법치학적으로 의미가 있다고 할 수 있으며, 실제 범죄 수사 현장에서도 용의자 특정 및 확인을 위해 활용되고 있다.

교흔을 활용한 개인 식별에서는 용의자의 치아 및 치열이 피해자에 남겨진 교흔과 일치하는 지를 확인하는 것이 일차적인 감정사항이라고 볼 수 있다. 여기서 나아가 교흔이 형성된 배경, 즉 교흔을 남기게 된 동기를 통해 사건과의 연관성을 밝혀냄으로써 수사에 기여할 수 있다. 사건의 개요와 교흔의 일치성이 인정된다면 증거력을 갖게 되며 이를 통해 사건 해결에도 영향을 줄 수 있다.

그러나 교흔에 대한 분석은 이를 분석하는 전문가의 경험이나 교육수준에 따라 식별의 정확도가 달라질 수 있다는 한계점이 존재한다[4]. 즉, 피해자나 가해자의 피부에 생긴 교흔을 법치의학적 증거로 채택하여 분석하고 있지만, 그 해석은 주관적이기 때문에 어려움이 많다고 할 수 있다[5].

또한 교흔이 발생된 이후 경과시간을 추정하기 위하여 전문가의 육안 관찰이나 병리조직학적 연구 및 동물 실험을 통해 교흔으로 인한 아민(amines) 검출 반응 연구가 보고된바 있으나[6][7], 육안 관찰 등을 통한 분석은 경험에 의한 주관적인 판단이 적용될 수 있다는 점에서 한계가 있다. 따라서 교흔의 시간 경과에 대한

주관적인 해석으로 인해 법의학에서 논란이 있을 수 있으며[8], 교흔을 감정하는 기술상의 문제 역시 제기되고 도 한다[9].

위 연구들 모두 시간경과에 따른 교흔의 변화를 보고 하였으나, 연구 기간이 상당히 오래된 것을 감안할 때 주관적인 해석의 개입이라는 한계점에서 자유롭지 못하다고 할 수 있다. 따라서 이러한 한계점을 해결하기 위해서는 최근 발전된 기술을 적용한 새로운 연구가 시도되어야 할 필요가 있다고 할 수 있다. 이와 같은 필요성에 근거하여 Ahn 등은 법치의학적 개인식별 과정을 컴퓨터로 처리함으로써 정확하고 신속한 식별을 위한 연구가 시도되고 있다고 하였고[10], Wood 등도 디지털 영상기술의 발전에 따라 교흔 검사를 더욱 정밀하게 수행하는 연구가 진행 중이라고 보고하였다[11][12].

이 연구는 돼지피부에 성인 교합압의 힘으로 하중을 가했을 때 생긴 교흔을 시간경과에 따라 3차원으로 분석하는 방식을 통해 시간 경과에 따른 교흔의 변화를 확인하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 최근 컴퓨터 소프트웨어와 CAD 프로그램의 발달에 따라 다양한 연구가 진행되고 있는 3차원 디지털 분석 기술을 활용하고자 한다[13]. 특히 치아의 불규칙하고 기하학적인 형태를 비교 및 분석하는 다양한 소프트웨어들이 소개되고 있는데[14], 이를 분석에 활용하였다. 이를 바탕으로 객관적으로 측정 가능한 3차원 프로그램을 통해 교흔 분석을 실시하였고 추후 교흔 분석을 위한 기초자료로 사용하고자 한다. 따라서 교흔 발생 이후의 시간 경과에 따른 차이가 없다는 귀무가설을 설정하여 돼지피부에 형성된 교흔의 시간 경과에 따른 차이를 비교하는 방식으로 연구를 진행하였다. 기존의 선행연구들은 아날로그 방식으로 분석되었으나 본 연구에서는 3차원 분석 방법을 적용했다는 차별성을 가진다.

## II. 관련 연구

### 1. 법치의학 관점에서의 치아

변사체를 발견 했을 경우 시신의 신원 및 사인을 확보하는 것이 가장 우선적으로 시행되고 있다. 가장 보편적으로 신원을 확보하는 방법으로 지문 채취가 사용

되고 있다[15]. 그러나 사망 후 방화나 소각 등으로 인해 상당한 시간이 지체되었거나 백골 상태로 발견될 경우 지문 채취의 어려움이 있다. 이러한 경우에 백골로만 시신의 나이나 성별 및 직업 등을 추정해야 한다.

사람이 사망하여 시신이 백골이 되어 진토 되더라도 가장 최우까지 남아있는 조직 중 하나가 바로 치아이다. 치아는 맹출되는 시기에 따라서 연령을 추정할 수 있기 때문에 개인 식별에서 중요한 요소로 자리잡고 있다. 또한 개개인마다 형태가 다르고, 같은 사람이라도 생활습관이나 유전적인 요인에 의해 좌·우측의 치아형태가 다를 수 있기 때문에 물린 자국으로도 범인 추정이 가능하다. 나아가 시신에서 발견된 치과 진료 및 치료기록은 치아로부터 얻을 수 있는 독특한 특징이 있기 때문에 신원확인에 매우 좋은 수단으로 사용가능하다 [12].

특히 대량 재난이나 참사의 경우 식별을 요하는 시신이 급증하기 때문에 시간소요가 많이 되고 부정확한 결과를 초래할 수도 있다. 이런 경우에 치아를 개인 식별에 활용하는 것은 가능성 있는 후보자를 압축하거나 정확하게 식별을 확인하는데 도움을 줄 수 있다[16].

치아를 통해 얻을 수 있는 법치의학적 정보는 다음과 같다.

- 1) 연령의 특징 : 유치(20개)에서 영구치(32개)까지 치아마다 맹출되는 시기가 다르기 때문에 연령 추정이 가능하다(ref, 유치, 영구치 맹출시기 표로 삽입).
- 2) 성별의 추정 : 성별에서는 남녀에 따라 악과절의 크기와 힘에 차이가 있는 것으로 조사되고 있다.
- 3) 흡연의 유무 : 흡연자의 경우 에나멜에 흡착된 니코틴 등을 통해 흡연 유무를 판별할 수 있다.
- 4) 식습관의 특징 : 치아의 교합면 마모도를 통해 즐겨 먹는 음식의 추정이 가능하고, 변색 여부를 통해 평소 섭취하는 음료 확인이 가능하다.
- 5) 수면의 습관 : 수면 중 발생 가능한 이갈이 습관 등을 치아 마모도를 통해 확인 가능하다.
- 6) 유전자 채취 : 치아 표면인 에나멜은 인체에서 가장 단단한 부분이기 때문에 오랜 시간동안 부식되지 않아 DNA 및 유전자 등을 확보할 수 있다.
- 7) 치과진료의 흔적 : 치아는 한 번 손상되면 재생이 불가능하기 때문에 보철치료가 된 경우 치아나 임플란

트, 발치, 교정, 근관치료 등의 치료 치료 흔적으로부터 개인의 치과진료 기록을 확인할 수 있다.

8) 문명에 대한 정보 : 유골을 통해 얻은 치열의 성장률을 비교하거나 마모 패턴과 치핑(chipping)으로부터 당시의 문명이나 식습관을 파악할 수 있다. 또한 보철 기술에 대한 정보도 확인이 가능하다(예시로 조개껍질, 동물의 이빨이나 뼈를 식립).

## 2. 치아를 통한 개인 식별 사례

1) 세월호 사건 : 2014년 4월 16일에 인천에서 제주로 향하던 여객선 세월호가 진도 인근 해상에서 침몰하면서 전체 탑승자 476명 중 304명의 승객이 사망하거나 실종된 대형 참사이다. 사망자의 유해를 수색 하던 중 발견된 치아를 감정하여 미수습자의 신원을 확인하였다. 신원 확인에서는 법치의학 전문가가 치아와 치열을 육안과 방사선 검사를 통해 분석했으며, 미수습자의 치과진료기록부, 치과방사선 사진을 비교하였다[17].

2) 대구지하철 화재참사 : 2003년 2월 18일에 대구광역시 중구 중앙로역에서 일어난 대형 지하철 화재사고로 50대 중반의 남성이 저지른 방화로 인해 192명의 승객이 사망한 대형 참사이다. 시신의 대부분이 불에 타면서 심하게 훼손돼 유전자 감식의 어려움이 있었기 때문에 개인 식별을 위해 치아 대조 등의 방법이 사용되었다[18].

3) 족속살해 사건 : 1994년 서울에서 한약상을 하던 부부가 흥기에 수십 차례 찢려 사망한 사건이다. 매우 잔인한 살해 수법에 당시 시대적으로 경악을 금치 못했던 사건이었으나 더욱 놀라운 것은 이 사건의 범인이 해외 유학을 떠났던 큰아들이란 사실이었다. 도피성 유학을 떠났던 당시 23세의 박군은 도박에 중독되어 빚을 지게 되었고 이를 갚고자 부모의 유산을 상속받을 생각으로 범행을 저질렀다. 이후 휘발유를 뿌려 사건을 은폐하려고 했으나 아버지가 죽기 전 저항할 때 박군의 종아리를 물면서 상처가 생겼고 이로 인해 범인이 밝혀지게 되었다[19].

이처럼 법치의학은 치의학적 지식과 기술을 법률적 문제에 적용시키는 것으로 치아를 이용한 연령의 감정, 치아에 의해 형성되는 교흔의 분석, 치과진료기록과 파노라마사진 등을 통해 개인 식별을 할 수 있다. 특히 치

아는 인체 조직 중에서 가장 단단하고 비가역적 조직으로 치과치료를 받은 경우 흔적이 남기 때문에 생전의 치과진료기록이나 방사선 사진이 있는 경우 사망자의 치아와 비교하여 신원확인을 할 수 있다. 반면 생전의 치과기록을 얻지 못했는지라도 사망자의 치아를 분석하여 연령을 추정할 수 있고 위생 및 관리 상태로부터 신원확인을 위한 단서를 발견할 수도 있다.

### III. 연구방법

사람과 유사한 피부조직을 가진 동물인 돼지를 이 연구의 실험에 사용하였다. 피하지방이 제거되지 않은 돼지 피부 외면에 모든 치아가 존재하는 치과용 모형용 [그림 1]과 같이 위치시켰다. Lee와 Jung[20], Cho의 연구결과로부터[21] 성인의 평균 교합력(약 445.0N)을 기준으로 crosshead speed 1.5mm/min의 속도로 50kgf의 하중을 가했다.

교흔이 발생된 직후에 치과용 스캐너(E1, 3Shape, Copenhagen, Denmark)로 스캔하였고, 이후 1시간과 2시간 경과 후에도 스캐닝을 실시하였다. 실험은 총 3회 진행되었으며, 스캔된 파일은 stereolithography (STL)로 추출하여 3차원 분석 프로그램(Geomagic Control X, 3D Systems, Cary, NC, USA)으로 비교하였다. 교흔 직후의 데이터를 기준으로 1시간 경과 후와 2시간 경과 후의 교흔 데이터를 초기 정렬하고 베스트 핏 정렬 하여 중첩하였다. 기준 데이터로부터 양(+)과 음(-)으로 차이 나는 값에 대해 root mean square (RMS)로 계산하고 이에 대한 결과 값은 ANOVA와 tukey HSD 분석으로부터 유의수준 0.05에서 검정하였다(IBM SPSS Statistics 23.0; IBM, Armonk, NY, USA).



그림 1. 돼지 피부에 실시한 교흔 실험

### IV. 연구결과

시간 경과에 따라 달라지는 교흔의 양상은 [표 1]과 같다. 교흔 직후를 스캔한 영상과 1시간, 2시간 그리고 3시간이 경과된 후에 스캔한 영상을 중첩하여 비교한 RMS 결과의 평균은 다음과 같다. 교흔 직후와 1시간 경과에서 0.899 mm로 나타났고, 1시간에서 2시간 경과에서는 0.717 mm, 그리고 2시간에서 3시간 경과에서는 0.506 mm로 나타났다.

표 1. 시간 경과에 따른 교흔의 RMS 기술통계 결과(단위:mm)

Time (hr)	N	Mean	Standard Deviation	Standard error	Minimum	Maximum
0-1	3	.899	.014	.008	.884	.913
1-2	3	.717	.056	.032	.666	.778
2-3	3	.506	.016	.009	.489	.521
Total	9	.708	.173	.058	.489	.913

시간 경과를 그룹으로 묶어 비교해본 결과는 0-1시간, 1-2시간, 2-3시간 그룹 모두에서 유의한 차이가 있는 것으로 나타났다( $p < 0.05$ ). 그룹 간 평균 차이가 가장 큰 그룹은 0-1시간과 2-3시간이 0.394 mm로 나타났다. 이를 아래 [표 2]에 제시하였다.

표 2. 시간 경과에 따른 교흔의 RMS 평균비교 결과(단위:mm)

(I) Groups	(J) Groups	(I-J)	Standard error	p-value	95% Confidence interval	
					Lower limit	Upper limit
0-1	1-2	.182*	.029	.002	.095	.270
	2-3	.394*	.029	.000	.306	.481
1-2	2-3	.211*	.029	.001	.124	-.299

\*. Tukey HSD: The mean difference is significant at the 0.05 level.

교흔 직후를 확인한 결과는 아래 [그림 2]와 같다. 교합면(절단면)이 상대적으로 얇은 전치부가 구치부에 비해 교흔이 뚜렷한 것을 볼 수 있었다.

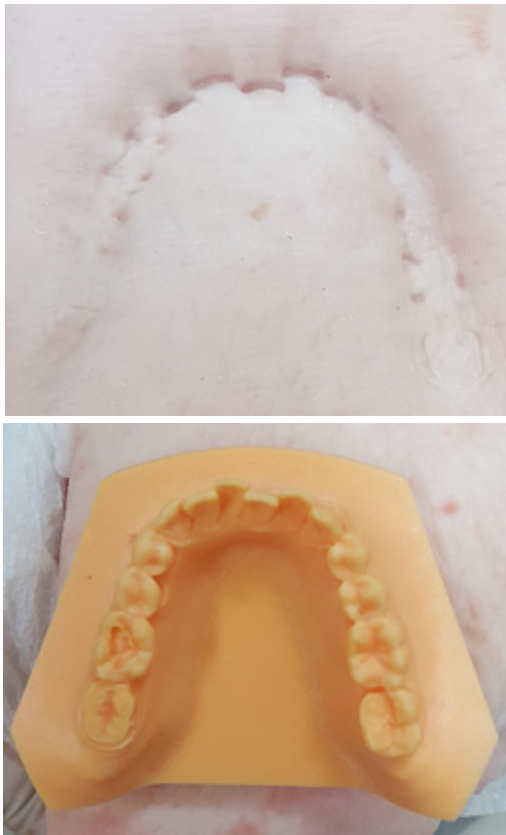


그림 2. 하중이 가해진 직후의 교흔(위)과 실험에 사용된 치아 모형(아래)

[그림 3]은 시간대별로 측정된 영상을 중첩하여 3차원으로 분석한 결과이다. 빨간색에 가까울수록 기준 데이터에서 양의 값으로 벗어나는 것을 의미하며, 파란색

에 가까울수록 음의 값으로 벗어나는 것을 의미한다.

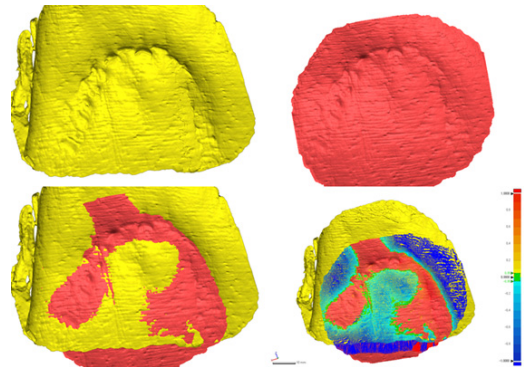


그림 3. 교흔의 3차원 분석 실시 과정

### V. 고찰 및 결론

시간 경과에 따라 교흔의 변화에는 차이가 없다는 귀무가설은 연구 결과로부터 기각되었다.

Skrzeckes에 의해 교흔 연구가 보고된 이후 교흔을 이용한 범죄 혐의자 식별 및 가해자 또는 피해자 신체에 남은 교흔을 법과학적 증거로 채택하기도 하였다[5]. 법치의학적 관점에서 경과시간에 따른 교흔을 분석하는 방법으로 육안적 관찰, 조직병리학적 분석, 효소학적 그리고 생화학적 방법으로 확인할 수 있으나 어느 정도 추정이 가능하며 일부 불확실한 결과를 초래하기도 한다[22]. 그리고 교합력의 크기나 조직의 탄성도, 피하조직의 양 등 개인별 차이가 있기 때문에 육안적 관찰은 정확도가 낮을 수밖에 없다. 따라서 교흔 감정 시 교흔의 개인 식별 뿐 만 아니라 경과 시간을 감정하는 것은 법치의학적 관심사로 자리 잡고 있다.

본 연구결과 시간 경과에 따라 교흔의 차이를 RMS로 비교했을 때 가장 차이가 큰 것은 교흔 직후와 1시간 경과 후였다. 피부 조직은 일정한 탄성을 가지는 만큼 시간이 지날수록 원래대로 복원이 된다. Masson's trichrome 염색법에서 압착 현상으로 손상이 야기된 이후에 지방대는 소실되었으나 손상 10분 후부터 다시 지방대가 형성되었고, 시간이 경과함에 따라 점점 회복되는 경향을 보였다고 보고하였다[22]. 본 연구결과에서도 0-1시간과 1-2시간을 비교했을 때 0-1시간은

0.899 mm의 변화양상을 보였으나, 1-2시간은 0.717 mm로 그리고 2-3시간은 0.506 mm로 그 차이가 줄어들어 드는 것을 알 수 있었다.

윤리적 이유로 사람에게 직접 실험이 어려운 점을 감안하여 본 연구는 돼지 피부 조직에 교흔 실험을 실시하였다. Martin-de las Heras 등[23]은 사후의 새끼 돼지를 사용하였으며, Kim과 Lee[24]도 돼지 둔부에 교흔을 형성한 후 즉시 희생시켜 실험을 진행하였다. 돼지를 사람 피부 대신하여 실험한 연구는 시체 피부 잠재지문 현출 실험 등 다양한데 이는 돼지 피부가 사람의 피부와 해부 생리학적으로 가장 유사하기 때문이다[25].

본 연구는 3시간동안 4번을 측정하는 다소 짧은 시간을 관찰하였다. Yoon과 Kim[22]은 교흔 직후부터 48시간 경과까지 10번의 시간 경과에 따라 관찰하였고, Kim과 Lee[24]도 형성 직후부터 24시간까지 7번 관찰하였다. 다만 Yoon과 Kim[22]의 연구는 살아있는 개체에 실험을 진행하면서 생체의 방어 기전을 염두에 두고 경과 시간에 따른 변화 양상을 확인하였으며, Kim과 Lee[24]도 교흔 형성 직후 희생시켜 사전에 희생된 군과 비교하여 혈액순환과 생리적 반응 유무를 확인하는 연구였기에 사후에 실시된 본 연구와는 차이가 있다. 다만, 본 연구를 통해 실험 결과를 일반화시키기 위해서는 더 많은 실험 횟수가 필요할 것이다.

본 연구는 위의 연구들과는 다르게 육안 관찰이 아닌 3차원 스캔 형상으로부터 분석했다는 점에서 객관성을 가지며, 본 연구와 유사하게 접근한 Thali 등[26]에서는 컴퓨터 visualisation을 통해 교흔을 측정하고 3차원으로 분석하였으나 중첩한 데이터가 서로 일치하는지는 육안으로 비교하면서 본 연구와 차이점을 가진다. 본 연구에서 사용한 3차원 분석 프로그램은 레퍼런스 데이터로부터 측정되는 데이터에서 발생하는 오차량의 값과 음의 값으로 확인할 수 있다. 3차원으로 확인했을 때 교합면이 상대적으로 얇은 전치부가 구치부에 비해 교흔이 뚜렷한 것을 볼 수 있었다. 하중을 부여했을 때 면적과 반비례하여 패이는 현상이 나타난다. 특히 하악 전치의 치열이 고르지 못할 경우 응력이 집중되기도 한다는 연구로부터[27][28] 본 연구 역시 유사한 결과가 나타났다.

3차원으로 분석한 교흔 증거를 법적인 증거로 채택하기 위해서는 상당한 유효성 평가와 기존의 과학수사 기법에 비해 얼마나 높은 정확도를 가지는지에 대한 비교 연구가 필요하다. 연구의 한계점은 있으나 범죄가 지능화 되고 첨단화 되어 가고 있는 현 시대에서 단 하나의 증거라도 기여할 수 있다는 점에서 본 연구의 중요성을 알리며, 향후에도 디지털 분석기법의 필요성은 증대될 것으로 사료된다.

본 연구는 3차원 디지털 분석 기술을 적용하여 교흔이 발생된 직후부터 시간의 경과에 따라 변화되는 양상을 조사하여 교흔을 법치의학적 기초자료로 활용하고자 하였다.

본 연구에서 교흔이 발생된 직후부터 1시간, 2시간 그리고 3시간이 경과된 후를 측정한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 교흔은 시간 경과에 따라 압박흔에 차이가 있는 것으로 나타났다.
2. 교흔의 시간대별 차이는 교흔직후와 1시간 경과에서 가장 큰 것으로 나타났다.
3. 시간이 경과됨에 따라 교흔의 변화 양상은 줄어들어 가는 것으로 분석되었다.
4. 모든 치열 중에서 특히 전치부가 교흔이 뚜렷한 것으로 관찰되었다.

## 참 고 문 헌

- [1] 차병집, *교흔감정을 위한 상하악 전치부 치열상태에 관한 연구*, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 1984.
- [2] K. P. Hermsen and J. D. Johnson, "A model for forensic dental education in the predoctoral dental school curriculum," *Journal of dental education*, Vol.76, No.5, pp.553-561, 2012.
- [3] 서대현, 권태은, 한지현, 권오상, 박경찬, 조광현, 은희철, "정상 한국인 성인에서의 피부 탄력성질 측정," *대한피부과학회지*, 제37권, 제9호, pp.1296-1304, 1999.
- [4] D. Sweet and I. A. Pretty, "A look at forensic dentistry-Part 2: teeth as weapons of violence-identification of bite mark perpetrators,"

- British dental journal, Vol.190, No.8, pp.415-418, 2001.
- [5] Y. B. Eom, "Microbial Forensics: Human Identification," Biomedical Science Letters, Vol.24, No.4, pp.292-304, 2018.
- [6] 김성욱, *실험교흔조직에서 생물학적 amines 정량에 의한 수상 후 경과시간 판정에 관한 연구*, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 1984.
- [7] 윤창륙, *실험교흔 조직의 수상후 경과시간에 따른 병리조직학적 변화에 관한 연구*, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 1985.
- [8] J. C. Dailey and C. M. Bowers, "Aging of bitemarks: a literature review," Journal of Forensic Science, Vol.42, No.5, pp.792-795, 1997.
- [9] D. K. Whittaker, K. Watkins, and J. Wiltshire, "An experimental assessment of the reliability of bite mark analysis," International Journal of Forensic Dentistry, No.3, pp.3-7, 1975.
- [10] Y. W. Ahn, C. H. Ko, K. Y. Huh, S. S. Lee, S. M. Ok, J. Y. Huh, and S. H. Jeong, "Consideration to the role of forensic odontology in determination of unidentified human body," Journal of Oral Medicine and Pain, Vol.35, No.2, pp.111-117, 2010.
- [11] R. E. Wood, P. A. Miller, and B. R. Blenkinsop, "Image editing and computer assisted bitemark analysis: a case report," The Journal of forensic odonto-stomatology, Vol.12, No.2, pp.30-36, 1994.
- [12] 안용우, 노창세, 옥승준, 고명연, "개인식별에 있어서의 법치의학의 역할과 증례 보고," Journal of Oral Medicine and Pain, Vol.31, No.4, pp.317-326, 2006.
- [13] J. H. Kim and K. B. Kim, "Evaluation of dimensional stability of digital dental model fabricated by impression scanning method," Journal of dental hygiene science, Vol.14, No.1, pp.15-21, 2014.
- [14] K. B. Kim, J. K. Jung, and J. H. Kim, "Accuracy of digital impression made from different elastomeric impression materials: three-dimensional superimpositional analysis," Journal of dental hygiene science, Vol.14, No.2, pp.94-100, 2014.
- [15] 윤광상, 최용복, 성낙도, "변사자의 지문채취 기법에 관한 사례: 지문 채취용 다기능 접착식 테이프의 다양한 적용," 과학수사학회지, Vol.8, pp.283-290, 2014.
- [16] 김종열, 이동주, "개인식별 (Individual Identification) 감정에 관한 소고," 항공우주의학, Vol.7, No.4, pp.7-15, 1997.
- [17] <https://m.post.naver.com/viewer/postView.nhn?volumeNo=7752285&memberNo=29949587&vType=VERTICAL>, 2020.05.04.
- [18] <https://www.nocutnews.co.kr/news/397223>, 2020.05.04.
- [19] <http://www.dailydental.co.kr/news/article.html?no=41882>, 2020.05.04.
- [20] M. R. Lee and S. J. Jung, "Influencing factors on bite force of adults in twenties," Journal of Korean society of Dental Hygiene, Vol.14, No.3, pp.303-310, 2014.
- [21] 조영균, *식품 섭취 설문지를 이용한 저작능력평가와 Dental Prescale을 이용한 교합력 간의 상관관계*, 연세대학교 대학원, 석사학위논문, 2006.
- [22] 윤창륙, 김종열, "실험교흔조직의 수상 후 경과시간에 따른 병리학적 변화에 관한 연구," Journal of Oral Medicine and Pain, Vol.10, No.1, pp.41-52, 1985.
- [23] S. Martin-de las Heras, A.Valenzuela, A. Javier Valverde, J. C. Torres, and J. D. Lunardel-Castillo, "Effectiveness of comparison overlays generated with DentalPrint© software in bite mark analysis," Journal of forensic sciences, Vol.52, No.1, pp.151-156, 2007.
- [24] 김창규, 이승우, "실험적 교흔에 관한 연구," Journal of Oral Medicine and Pain, Vol.8, No.1, pp.5-31, 1983.
- [25] W. J. Kim and J. S. Cheong, "Discovering latent fingerprints from skin of carcass using pig skin," Korean Police Stud Assoc, Vol.11, pp.93-122, 2012.
- [26] M. J. Thali, M. Braun, T. H. Markwalder, W. Brueschweiler, U. Zollinger, N. J. Malik, and R. Dirnhofer, "Bite mark documentation and

analysis: the forensic 3D/CAD supported photogrammetry approach,” Forensic science international, Vol.135, No.2, pp.115-121, 2003.

[27] 문호진, “색소폰 연주자를 위한 양부슈어 보조 도구의 제작,” Restorative Dentistry & Endodontics, Vol.37, No.1, pp.54-60, 2012.

[28] E. Herman, “Orthodontic aspects of musical instrument selection,” American Journal of Orthodontics and Dentofacial Orthopedics, Vol.6, No.5, pp.519-530, 1974.

임 중 연(Joong Yeon Lim)

정회원



- 1987년 : 서울대학교 금속공학과 (공학사)
- 1990년 : U.C. Berkeley 기계공학과(공학석사)
- 1993년 : U.C. Berkeley 기계공학과(공학박사)
- 1996년 ~ 현재 : 동국대학교 기계

로봇에너지공학과 교수

〈관심분야〉 : 재료 및 설계, 융합설계, 지식재산, 스마트치안, 치안과학

저 자 소 개

배 은 정(Eun-Jeong Bae)

정회원



- 2010년 8월 : 고려대학교 보건대학원(보건학석사)
- 2016년 2월 : 고려대학교 대학원(이학박사)
- 2016년 3월 ~ 2019년 3월 : 고려대학교 보건과학연구소 연구교수
- 2016년 7월 ~ 현재 : 동국대학교

기계로봇에너지공학과 연구교수

〈관심분야〉 : 디지털 치과학, 스마트 치안, 치안과학

홍 승 표(Seung-Pyo Hong)

정회원



- 2014년 2월 : 동국대학교 경찰행정학과(경찰학사)
- 2016년 8월 : 동국대학교 경찰행정학과(경찰학석사)
- 2020년 2월 : 동국대학교 경찰행정학과(경찰학박사)
- 2020년 5월 ~ 현재 : 동국대학교

스마트커뮤니티폴리싱시스템(Googi)개발 연구센터 연구교수

〈관심분야〉 : 스마트 치안, 치안과학