

치아에 잔존하는 치과재료의 성분분석을 통한 개인식별에의 응용

연세대학교 치과대학 구강내과학 교실

윤중교 · 최종훈 · 김종열

목 차

- I. 서 론
- II. 연구재료 및 연구방법
- III. 결 과
- IV. 총괄 및 고찰
- V. 결 론
- 참고문헌
- 영문초록

I. 서 론

개인식별이란 어떤 사람이 누구인가를 결정하는 것이며 이를 위해서는 그 사람의 성별, 연령, 인종, 직업, 혈액형, 지문 및 치아 등이 열쇠가 된다.⁶⁴⁾ 법의학 분야에서 개인식별은 대단히 중요한 과제이며 법의치과학 전문가들에게 주로 감정의뢰되는 고도의 부패, 탄화, 백골화된 시체나 분쇄되어 단지 극히 일부만 잔존한 시체의 경우, 개인식별감정은 법의치과학적 방법에 의존성이 크다 할 수 있다.⁷⁰⁾

일반적으로 시행되는 개인식별방법은 현장검사와 착의 및 소지품 등에 의한 상황식별, 개체의 외모에 의한 육안식별과 인류학적인 자료를 근거로 연령, 성별 및 신장을 추정하는 방법 등이 있으며 보다 과학적인 방법으로는 시체의 외부 및 내부의 특징에 대한 검사를 실시하는 법의 병리학적 방법, 피부문리검사, 혈액 및 모발검사

등의 법의혈청학적 방법, 방사선학적 방법, 치아와 두개골검사를 통한 성별, 연령감정, 치과치료의 상태분석 및 복안법, 수퍼임포즈 검사 등의 법의치과학적 방법이 있다.^{65,66,71,73)}

이들 방법에 의하여 신원불명 시체에 대한 개인식별을 행함에 있어 시체의 부패와 훼손이 심한 경우, 지문 및 각종 이화학적 검사에 의한 법의감정은 한계를 갖게 되는데, 이 때 가장 보존성, 내구성이 높은 두개골과 치아 및 치과수복물의 분석에 의한 법의치과학적 방법이 감정의 정확도를 높이게 된다.

법의학 영역에 있어 치아를 비롯한 악안면 부위는 개인식별에 응용될 수 있는 특징이 인체의 어느 부위보다 많으며 특히 치아는 파괴에 대한 저항력이 가장 강하여 사후변화, 예컨대 부패로 인하여 연조직은 물론 골조직도 풍화되어 치아 일부만 잔존한 경우에도 그 특성이 남아 있어 성별, 연령, 유전자형, 혈액형을 정확히 검사할 수 있다.^{73, 78)} 즉, 치아 및 그 주위조직에 비하여 다른 장기는 개체 특이성을 갖지 못하고 혈액을 비롯한 연조직은 부패가 빨리 진행되기 때문에 시체 훼손이 심하거나 사후 장시간이 경과한 경우에는 치과소견에만 의존할 수 밖에 없고 이때 치아는 개인을 특정할 수 있는 가장 유용한 열쇠가 된다.^{13,70)}

Collier⁶²⁾는 치아가 개인식별에 매우 유용하다는 것을 숫자적으로 증명하였다. 사람의 구강내에는 32개의 치아가 존재하며 각 치아마다 형태

학적으로 뚜렷이 구분되고 충전치료를 받았을 경우 충전에 사용된 금, 은합금, 파라듐, 레진 등 수복물 종류가 다양하며 치아자체에도 구치부에서는 5면이, 전치부에서는 4면이 있어 치료방법별, 치과재료별, 치면 및 치아별로 확률을 계산할 경우 그 조합은 수십억을 상회하게 되며 단순한 생전의 치과치료기록만 가지고도 개인식별이 가능하다 하겠다.

특히 김⁽⁶⁾은 개인식별과정에서 치과수복재료의 중요성을 강조하고 치과수복재료의 구강내 증령적 변화, 온도적 변화와 부식 등의 화학적 변화를 연구하고 일련의 대형참사에 이를 응용하여 개인식별을 시행한 바 있다^(65,66,70).

이처럼 화재나 항공기사고 등 대량재해의 경우에는 치아에 의한 개인식별이 유일한 방법인 경우가 흔하며 생존시에 작성한 치과진료기록부와 대조하면서 세밀한 검사를 하는 것은 매우 중요한 일이다. 치과치료에 대한 검사는 육안검사 및 방사선학적 검사에 주로 의존하며 방사선사진검사를 통하여는 치아근관치료 및 계속가공의 치 등의 정보를 얻을 수 있다⁽²⁹⁾.

또한 개인식별 감정을 요하는 신원불명한 변사체가 발견되었을 때, 시체가 외상이나 화재 등 여러 가지 이유로 인하여 치아의 수복물이 훼손 또는 상실되어 이를 생전기록과 비교하고자 해도 개인식별의 결정적인 자료를 찾지 못하고 남아있는 치아의 치과적 소견에만 의존할 수밖에 없는 경우, 치과수복물이 있었을 것으로 추정되는 치아나 인접치아만 남아있는 경우에도 치아에 잔존할 것으로 추정되는 치과재료성분의 분석이 가능하다면 이를 생전기록과 비교함으로써 개인식별의 중요한 자료로서 이용할 수 있으므로 이에 대한 연구가 필요하게 되었다.

현재까지 치과수복물에서의 구성성분의 유리(release)에 관한 연구는 주로 유리된 금속이온의 인체에 대한 부작용에 초점이 맞추어져 진행되어 왔다. 아말감충전의 치수와 치주조직에 대한 영향, 아말감 충전물에서 수은의 유리에 의한 전신독성에 관한 연구^(17,19,28,72) 및 경제적 이유로 전통적으로 사용되어 온 금합금을 대체하기 위한 저금합금과 비귀금속합금에서 유리된 금속이

온에 의한 부작용 및 독성에 관한 연구^(12,15,25,37,38,61) 등과 치과수복물에서의 금속이온 유리과정 및 그 기전과 유리이온의 분포 및 정도에 관한 연구^(10,11,14,22,23,52,56)가 진행되어 왔다.

근간에 들어 법의치과학 영역에서도 금속 등 재료의 성분분석 관련 연구기기의 발달로 이에 관한 연구가 진행되고 있다^(2,21,27,45,48,60). 瀨田과吉野⁽⁶³⁾는 치과학 영역에서 보편적으로 사용되고 있는 아말감, 레진, 은합금 및 도재 등의 치과수복물의 재질분석을 Energy Dispersive X-ray Microanalysis(EDX)를 이용하여 구성성분과 상대적 구성비 등을 연구한 바 있다. 그러나 치과수복물에서 유리되어 치아에 잔존한 금속성분의 분석을 통하여 직접 개인식별에 응용한 연구는 시도되지 않았다.

이에 본 연구에서는 실무영역에 응용이 가능하다고 판단되는 EDX를 이용하여 치과수복물이 존재하였던 치아의 잔존시멘트, 수복물 접촉면과 인접치아의 수복물 접촉면의 표면분석을 시행한 후 이미 존재하였던 수복물 재료의 성분과 비교 분석함으로써 개인식별 감정과정에서 시체의 부패와 훼손으로 인한 치과수복물 탈락 시 기존 치과수복물의 종류를 추정하여 이를 실무에 응용하고자 본 연구를 시행하였다.

II. 연구재료 및 연구방법

1. 연구재료

부검을 통하여 발거된 치아 중 전혀 치과치료를 받지 않은 건전치아와 금전장관 수복치아, 비귀금속전장관 수복치아, 금인레이 수복치아, 아말감 충전치아 각 3개와 이들 수복물에 인접한 치아 각 2개, 인산아연 시멘트, 폴리카복실레이트 시멘트를 실험재료로 선택하였다.

2. 연구방법

가. 시편제작

(1) 대조군(Table 1)

(가) 치과치료를 전혀 받지 않은 건전치아를

Table 1. Specimen of control group

Number	Specimen
1-1	Enamel of sound tooth
1-2	Dentin of sound tooth
2-1, 2-2, 2-3	Gold crown
3-1, 3-2, 3-3	Base metal crown
4-1, 4-2, 4-3	Gold inlay
5-1, 5-2, 5-3	Amalgam
6-1	Zinc phosphate cement
7-1	Polycarboxylate cement

EDX분석을 시행할 수 있도록 치아를 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfinegrit(SF101, SF104R) diamond bur로 법랑질, 상아질 각각을 3×3×2mm의 크기로 절단하여 시편을 제작하였다. 시편제작 후 증류수를 넣은 초음파 세척기에서 세척하고 흐르는 증류수에 재세척하여 건조시켰다.

(나) 금 전장관 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아, 아말감 충전치아에서 각 수복치아를 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfine grit(SF 101, SF104R) diamond bur로 수복치아에서 수복물을 분리하여 수복물 각각을 EDX분석을 시행할 수 있도록 3×3×2mm 시편을 제작하고 증류수를 넣은 초음파 세척기에서 세척하고 흐르는 증류수에 재세척 후 건조시켰다.

(다) 인산아연 시멘트, 폴리카복실레이트 시멘트를 경화시킨 후 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfine grit(SF 101, SF104R) diamond bur로 각각을 EDX 분석을 시행할 수 있도록 3×3×2mm 시편을 만든 후 증류수를 넣은 초음파 세척기에서 세척하고 흐르는 증류수에 재세척하여 건조시켰다.

(2) 실험군(Table 2)

(가) 금 전장관 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아에서 수복물을 제거한 후 시멘트가 남아있는 부위를 EDX분

Table 2. Specimen of experimental group

Number	Specimen
8-1, 8-2, 8-3	Remaining cement of gold crown tooth
9-1, 9-2, 9-3	Remaining cement of base metal crown tooth
10-1, 10-2, 10-3	Remaining cement of gold inlay tooth
11-1, 11-2, 11-3	Gold crown tooth
12-1, 12-2, 12-3	Base metal crown tooth
13-1, 13-2, 13-3	Gold inlay tooth
14-1, 14-2, 14-3	Amalgam tooth
15-1, 15-2	Adjacent tooth of gold crown
16-1, 16-2	Adjacent tooth of base metal crown
17-1, 17-2	Adjacent tooth of gold inlay
18-1, 18-2	Adjacent tooth of amalgam

석을 시행할 수 있도록 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfine grit(SF101, SF104R) diamond bur로 3×3×2mm 시편을 만든 후 흐르는 증류수에 재세척하여 건조시켰다.

(나) 금 전장관 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아, 아말감 충전치아에서 수복물을 제거하고 각 수복치아를 초음파 스켈러를 이용하여 잔존 세멘트를 제거한 후 EDX분석을 시행할 수 있도록 치아를 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfine grit(SF101, SF104R) diamond bur로 3×3×2mm 시편을 제작하고 증류수를 넣은 초음파 세척기에서 세척하고 흐르는 증류수에 재세척 후 건조시켰다.

(다) 금 전장관, 비귀금속 전장관, 금 인레이, 아말감과 인접한 치아의 수복물 접촉면에서 접촉부위를 표시 후 각각을 EDX분석을 시행할 수 있도록 치아를 증류수로 수세하고 diamond coated separating disc와 superfine grit(SF101, SF104R) diamond bur로 세밀히 이를 분리하여 3×3×2mm 시편을 제작하고 증류수를 넣은 초음파 세척기에서 세척하고 흐르는 증류수에 재세척하여 건조시켰다.

나. 성분분석을 위한 EDX 분석

대조군, 실험군의 각 시편을 carbon specimen mount에 부착시키고 KEVEX high vacuum evaporator에서 진공상태로 400Å 탄소 coating과정을 시행한 후 주사전자현미경(SEM)상에서 20 kV의 beam accelerating voltage, 200picoAmps의 beam current, 21mm의 working distance, tilt angle은 0도, takeoff angle은 35도의 scanning mode로 검사하고, EDX spectrum은 KEVEX energy dispersive spectrum를 이용하여 관찰하였다. 각 시편의 spectrum은 0-10 keV의 electron energy 범위에서 기록되었고 결과는 주로 K α -line을 분석하였다.

III. 결 과

1. 대조군

가. 건전치아

법랑질 : Ca과 P가 주로 검출되었고 그 외 기타 성분도 검출되었다(Fig. 1).

상아질 : 법랑질에서와 같이 Ca, P 등이 검출되었다(Fig. 2).

나. 금 전장관

Au, Ag, Cu 등 금합금의 구성성분이 모두에서 검출되었다(Fig. 3).

다. 비귀금속 전장관

모두에서 Ni, Cr, Cu, Fe 등 Ni-Cr합금의 구성성분이 검출되었다(Fig. 4).

라. 금 인레이

Au, Ag, Cu 등이 모두에서 검출되었다(Fig. 5).

마. 아말감

Hg, Ag, Sn, Cu 등 아말감합금의 구성성분이 검출되었으며 검출원소의 강도는 시편에 따라 다소 다른 양상을 보였다(Fig. 6, Fig. 7).

바. 인산아연 시멘트

Zn, P, Na, Mg, Ca, Al이 검출되었다(Fig. 8).

사. 폴리카복실레이트 시멘트

Zn, Na, Mg, Ca이 검출되었다(Fig. 9).

2. 실험군

가. 금 전장관 수복치아의 잔존시멘트

Zn, Na 등 시멘트의 구성성분과 금합금의 구성성분인 Cu 등이 검출되었으며 Au는 검출되지 않았다(Fig. 10).

나. 비귀금속 전장관 수복치아의 잔존시멘트

Zn, Na, P 등 시멘트의 구성성분과 Ni, Cr 등

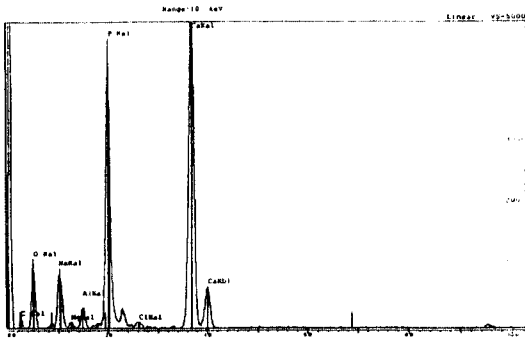


Fig. 1. EDX spectrum from enamel of sound tooth

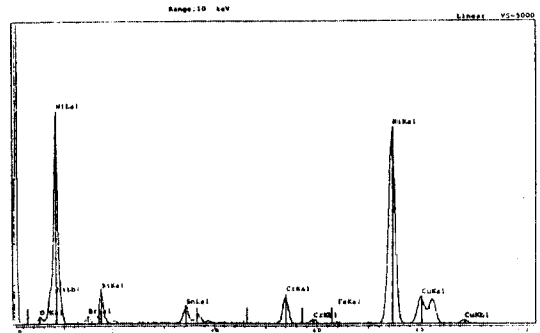


Fig. 4. EDX spectrum from base metal crown

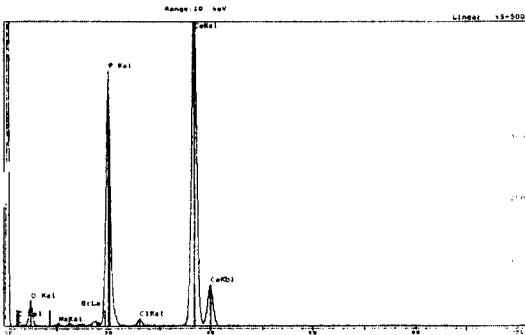


Fig. 2. EDX spectrum from dentin of sound tooth

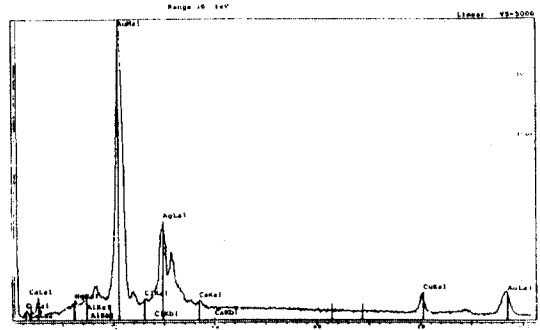


Fig. 5. EDX spectrum from gold inlay

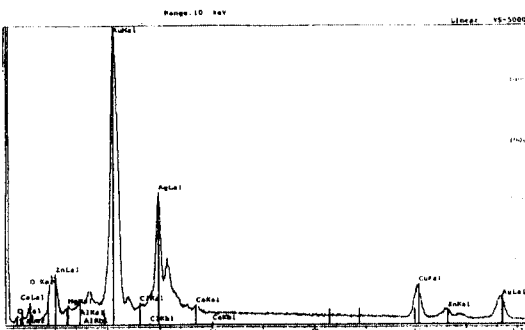


Fig. 3. EDX spectrum from gold crown

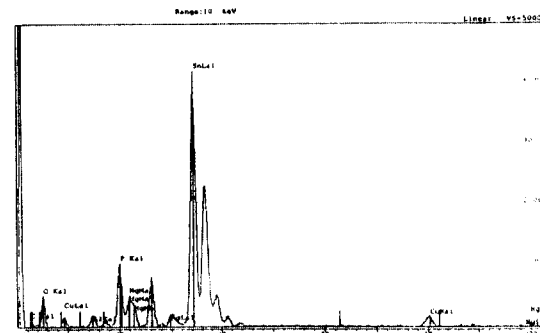


Fig. 6. EDX spectrum from amalgam(1)

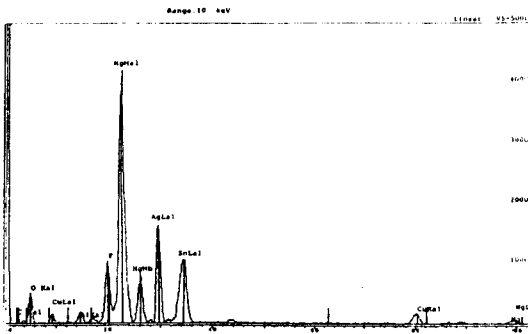


Fig. 7. EDX spectrum from amalgam(2)

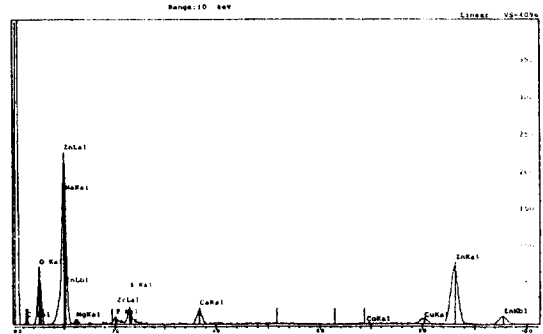


Fig. 10. EDX spectrum from remaining cement of gold crown

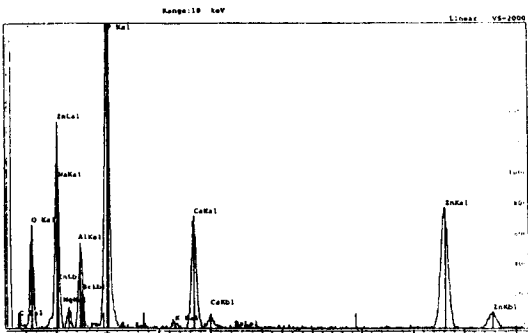


Fig. 8. EDX spectrum from zinc phosphate cement

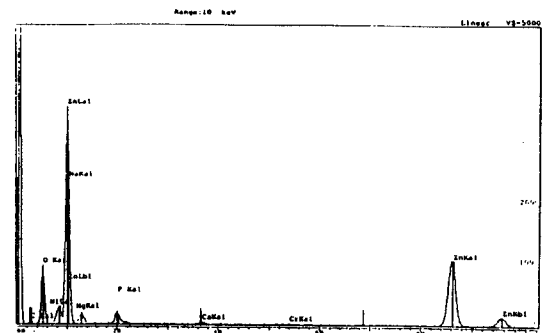


Fig. 11. EDX spectrum from remaining cement of gold crown

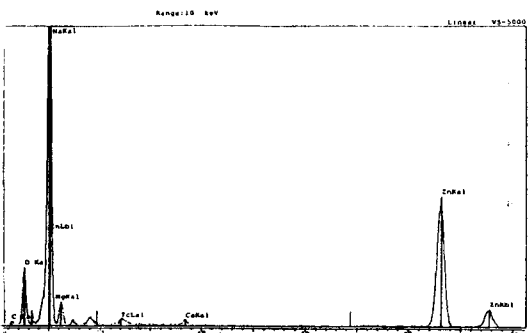


Fig. 9. EDX spectrum from polycarboxylate cement

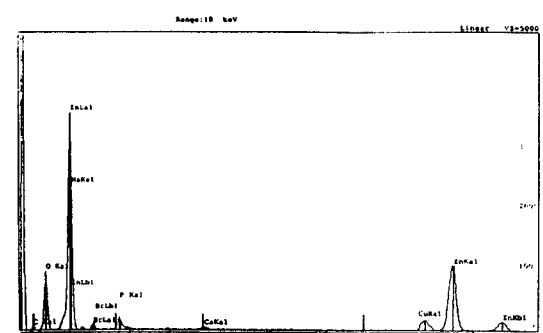


Fig. 12. EDX spectrum from remaining cement of gold inlay

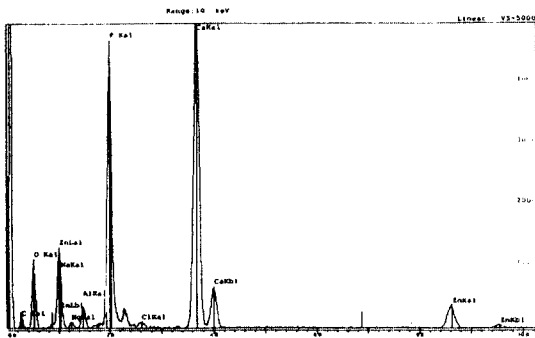


Fig. 13. EDX spectrum from gold crown-restored tooth

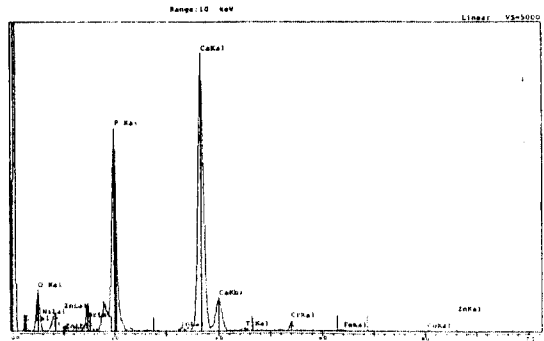


Fig. 14. EDX spectrum from base metal crown-restored tooth

Table 3. Result of EDX from control group.

Specimen	Detected element
Sound tooth	Ca, P
Gold crown	Au, Ag, Cu
Base metal crown	Ni, Cr, Cu, Fe
Gold inlay	Au, Ag, Cu
Amalgam	Ag, Hg, Sn, Cu
Zinc phosphate cement	Zn, P, Na, Al, Ca
Polycarboxylate cement	Zn, Mg, Ca, Na

Table 4. Result of EDX from remaining cements.

Specimen	Detected element
Remaining cement of gold crown tooth	Zn, Na, Cu
Remaining cement of base metal crown tooth	Zn, Na, P, Ni, Cr
Remaining cement of gold inlay tooth	Zn, Na, Cu

Ni-Cr합금의 구성성분 일부가 검출되었다(Fig. 11).

다. 금 인레이 수복치아의 잔존시멘트

Zn, Na 등 시멘트의 구성성분과 금합금의 구성성분인 Cu 등이 검출되었으며 Au는 검출되지 않았다(Fig. 12).

라. 금 전장관 수복치아

Ca, P 등 치아의 고유성분과 Zn, Na 등의 시멘트 성분이 검출되고 Au, Ag, Cu 등 금합금의 구성성분은 검출되지 않았다(Fig. 13).

Table 5. Result of EDX from restored teeth.

Specimen	Detected element
Gold crown tooth	Ca, P, Zn, Na
Base metal crown tooth	Ca, P, Zn, Ni, Cr, Fe, Cu
Gold inlay tooth	Ca, P, Zn, Na
Amalgam tooth	Ca, P, Hg, Ag, Sn, Cu

마. 비귀금속 전장관 수복치아

Ca와 P 등 치아의 고유성분과 Zn 등 시멘트 성분과 함께 Ni, Cr, Fe, Cu 등 Ni-Cr합금의 성분도 검출되었다(Fig. 14). 그러나 시편 12-3에서

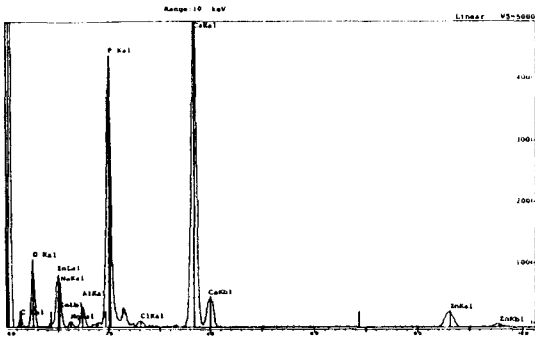


Fig. 15. EDX spectrum from gold inlay-restored tooth

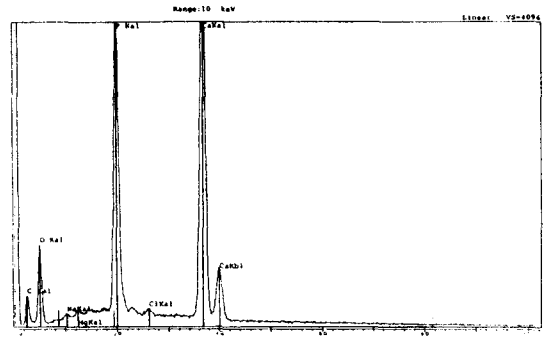


Fig. 18. EDX spectrum from adjacent tooth of gold crown

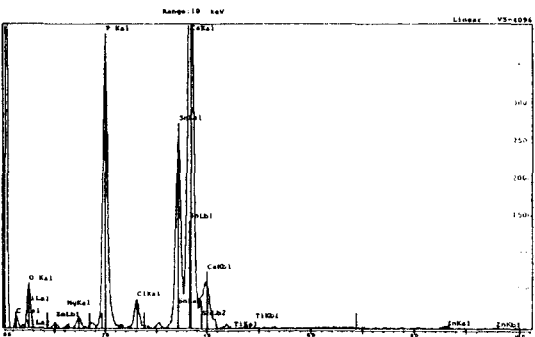


Fig. 16. EDX spectrum from amalgam-restored tooth(1)

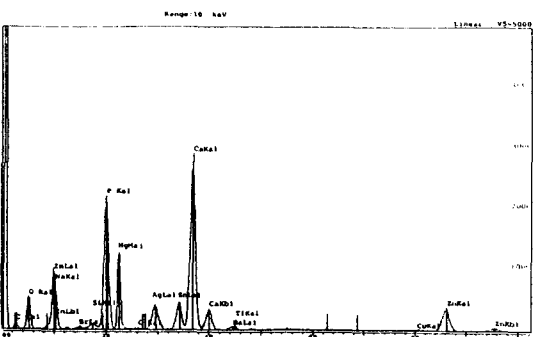


Fig. 17. EDX spectrum from amalgam-restored tooth(2)

는 Ca과 P가 주로 검출되었고 비귀금속 합금의 구성성분은 검출되지 않았다.

바. 금 인레이 수복치아

Ca과 P 등 치아의 고유성분과 Zn, Na 등 시멘트 성분이 검출되었고 Au, Ag, Cu 등 금합금의 구성성분은 검출되지 않았다(Fig. 15).

사. 아말감 충전치아

Ca과 P 등 치아의 고유성분과 함께 Hg, Ag, Sn, Cu 등 아말감 합금의 성분이 검출되었다(Fig. 16, 17).

아. 금 전장관 인접치아

Ca과 P 등 치아의 성분이 주로 검출되었고 금합금의 구성성분은 검출되지 않았다(Fig. 18).

자. 비귀금속 전장관 인접치아

Ca과 P 등 치아의 성분이 주로 검출되었고 비귀금속합금의 구성성분은 검출되지 않았다(Fig. 19).

차. 금 인레이 인접치아

Ca과 P 등 치아의 성분이 주로 검출되었고 금합금의 구성성분은 검출되지 않았다(Fig. 20).

Table 6. Result of EDX from adjacent teeth of restoration.

Specimen	Detected element
Adjacent tooth of gold crown	Ca, P
Adjacent tooth of base metal crown	Ca, P
Adjacent tooth of gold inlay	Ca, P
Adjacent tooth of amalgam	Ca, P, Hg, Ag, Sn

Table 7. Detection of remaining element from EDX

specimen material	cement	tooth	adjacent tooth
Gold crown	+	-	-
Base metal crown	+	+	-
Gold inlay	+	-	-
Amalgam		+	+

+ : detected

- : non-detected

카. 아말감 인접치아

Ca과 P 등 치아의 성분과 함께 Hg, Ag, Sn 등 아말감합금의 성분도 검출되었다. 검출강도는 아말감 수복치아에 비해 상대적으로 낮은 편이었다(Fig. 2).

IV. 총괄 및 고찰

치아는 인체의 기관 중 가장 단단한 기관으로 법랑질, 상아질, 백악질 등의 경조직으로 구성되어 있어 외부의 다양한 환경으로부터 물리적, 화학적 저항성이 높고 열과 부패에 가장 오래 견딜 수 있기 때문에 법의학분야에서 개인식별시 매우 중요한 증거물이 되며 치아와 관련된 많은 정보가 보다 정확한 개인식별을 가능케 하였다¹³⁾. 일반적으로 치과학 전역에 걸쳐 임상법의학과

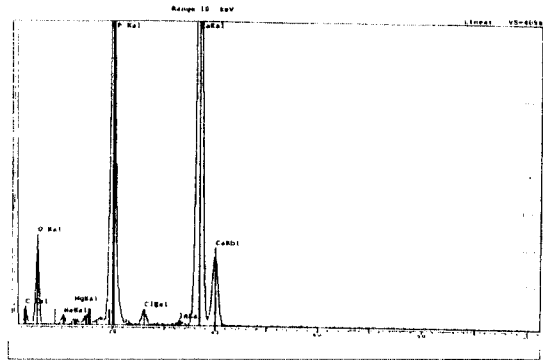


Fig. 19. EDX spectrum from adjacent tooth of base metal crown

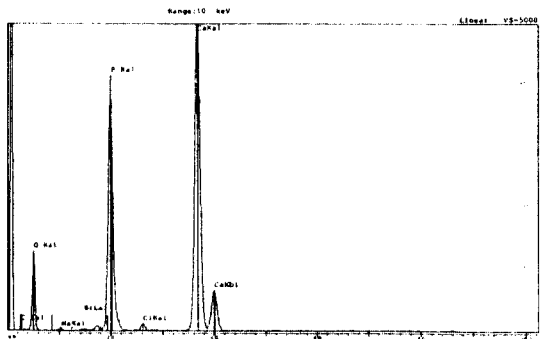


Fig. 20. EDX spectrum from adjacent tooth of gold inlay

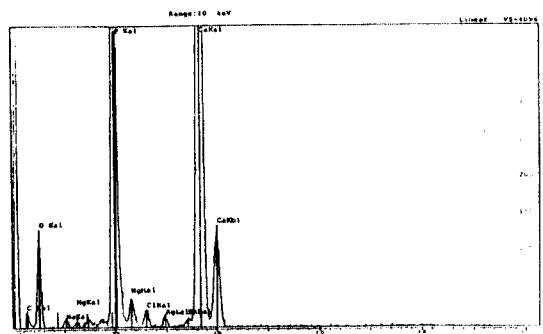


Fig. 21. EDX spectrum from adjacent tooth of amalgam

밀접한 관계를 갖고 있음은 물론 특히 개인식별 감정을 요하는 신원불명의 변사체가 발견되었을 때 그 변사체의 구강내에서 관찰, 발견되는 다양한 치과수복물들이 개인식별의 귀중한 자료로서 이를 단서로 수사에 결정적 역할을 담당한 사례가 국내외적으로 수 없이 보고된 것은 주지의 사실이다^{24,26,30,49,53,54,55,69)}.

법의치과학영역에 있어 치과치료에 사용된 수복재료의 종류와 수복물의 형태는 사회경제적 상태와 치료시기 등 개인식별과 관련된 중요한 정보를 제공해 줄 수 있다. 또한 구강내에서 발견되는 치과재료, 특히 치과용 금속류를 분석하여 극적으로 변사체의 신원이 밝혀지는 경우 외에도 치과용 합금들의 음료나 식사습관에 의한 변화는 현장감식상 시체의 생전의 생활양식을 추정할수 있는 한 요소로서 출현되고 있어서 이러한 점을 응용하는 경우가 적지 않다⁶⁹⁾. 그 예로 김^{65,66,70)} 등은 일련의 대형참사의 개인식별시 시체의 구강내에 잔존한 보철물의 재료성분, 형태, 마모도, 활택도, 질감 등과 사용된 시멘트의 상태 분석을 통해 결정적 역할을 한 바 있다. 최근에는 치과 수복물의 성분을 분석함으로써 법의치 과학적 개인식별 감정에 이를 이용할 수 있게 되었다.

일반적으로 법의치과학 분야에서 관심사가 되고 있는 치아와 치과수복용 합금의 구성성분을 살펴보면 치아를 구성하는 화학적 성분은 대부분이 무기성분으로 Ca, P이며 여기에 미량의 Na, Mg, Cl 등이 포함되어 있다. 본 연구의 결과에서도 이와 일치하는 성분이 검출되었다⁶⁴⁾(Fig. 1, Fig. 2).

재질의 우수하여 오랜기간동안 사용되어온 금합금(gold alloys)의 구성 성분은 Pd, Pt, Zn 등 여러 가지 원소가 첨가되어 있지만 기본적으로는 금, 은, 동(Au, Ag, Cu) 3원계의 합금이다. 본 연구의 결과에서도 이와 일치하는 성분이 검출되었다⁶⁴⁾(Fig 3, Fig 5).

비귀금속합금(base metal alloys)은 경제적이기 때문에 치과영역에서 금합금을 거의 대체하고 있다. Co-Cr합금을 조성하는 금속의 구성은 제조회사에 따라 약간의 차이가 있지만 공통적

으로 Co, Cr, Ni이 주성분을 이루고 있으며 Mo, Fe가 포함되기도 하며 탈산효과나 기계적 성질을 개선하는 것을 목적으로 C, Si, Mg, P, Al, Mn, W, Be 등의 미량원소가 첨가되기도 한다. Ni-Cr합금은 Co-Cr합금에 비해서 유연하고 연성이 큰 것이 특징이다. 주조관용 Ni-Cr합금의 조성을 보면 Ni이 78-85%, Cr이 8-12%으로 주성분을 이루고 있고 이밖에 Cu, Mo, Sn, In, Al, Fe 등의 미량성분으로 구성되어 있다. 본 연구의 결과에서도 Ni-Cr합금의 구성과 일치하는 성분이 검출되었다⁶⁴⁾(Fig 4).

아말감 수복물은 구강내에서 시간이 지남에 따라 치아수복물 경계를 따라 부식이 생기는 독특한 성질을 가지고 있으며 이때 발생하는 화합물은 해로운 물질의 침투에 대한 기계적 방어벽으로 작용한다. 아말감합금은 주로 Ag, Hg, Sn으로 구성되어 있으며 Cu, Zn, Pd 등의 원소들이 포함되기도 하고 최근의 아말감에서는 Cu가 중요한 구성성분이 된다⁶⁸⁾. 본 연구의 결과에서도 아말감합금의 구성성분과 일치하는 성분이 검출되었다⁶⁴⁾(Fig 6).

구강내에서 사용되는 금속수복물은 다양한 원인에 의해 부식이 발생하게 되는데 교합압에 따른 응력의 발생, 음식물에 의한 온도변화와 그에 따르는 열팽창 및 수축현상 그리고 산도변화 등을 겪게 되며 수복물의 조성차이, 미세조직상의 차이, 표면거칠기 등 다양한 부식요인이 상존하고 있는 가운데 수복물로서의 주어진 역할을 수행하고 있는 관계로 부식의 가능성이 높게 나타나고 있다. 또한 구강내에서 발생하는 금속수복물의 부식과정은 이종금속간의 전위차에 의한 부식과정 뿐 아니라 타액과 상아세관액(dentinal fluid)간의 조성차이에 기인한 전위차에 의한 부식 등 다양한 가능성을 가지고 있다^{5,47,67)}.

최근에 들어 치과용 금속에서 부식에 의한 구성성분의 유리에 대한 지속적인 연구^{1,16,31,44,46,51)}가 진행되고 있는데, 이들 연구들은 유리된 구성성분이 국소조직에 해로운 생물학적인 역할을 할 가능성이 높다는 점에서 출발하고 있다. 아말감합금에서의 수은유리에 의한 독성작용은 이미 오랜 연구가 있어 왔으며 최근에는 금 합금을 대

체하고 있는 저금합금과 비귀금속합금에 유리된 금속이온에 의한 독성 및 부작용에 관한 연구가 집중적으로 이루어지고 있다.

특히 치과재료의 구성성분의 유리 및 치아로의 이동에 관한 연구를 보면 Arvidson과 Wroblewski^{3,4)}는 base metal post를 구성하는 Cu와 Zn의 성분이 시멘트와 주변 상아질 뿐 아니라 백악질과 치은에서도 검출되며 base metal post와 인접한 시멘트와 상아질에서 검출되는 금속이온의 성분비가 base metal post의 성분비와 일치하였고 구강내에서 귀금속 합금과 비귀금속 합금의 혼용은 부식과 같은 전기화학적 반응을 촉진시켜 재료성분의 악화를 가속화 한다고 보고하였다. 또한 Mohammad 등³⁹⁾은 EDX를 이용하여 root canal sealer의 구성성분을 분석하였고 Ashrafi 등⁶⁾은 zinc oxide cement로부터 상아질의 Zn의 확산(diffusion)을 x-ray microanalysis를 통해 분석하고 시멘트에서 멀어짐에 따라 확산된 양이 감소함을 보고한 바 있다.

치과용으로 사용되는 금속에서의 금속이온의 유리에 관한 연구로는 Bergman과 Ginstrup⁹⁾이 치과용 금납착재에서 Cd, Cu, Zn의 유리를 보고하고 유리되는 비율은 적용된 전위차에 관계가 있다고 하였고 Brune^{10,11)}은 다양한 치과용 합금의 표면 부식에 의한 금속이온의 유리가 표면의 구성을 전기적 부동태로 변화시키지만 계속되는 자극으로 인해 표면은 다시 부식과정을 시작한다고 하였다. Johansson 등³²⁾은 인공타액 내에서 비귀금속합금으로부터 Ni과 Be의 유리가 낮은 pH와 경과시간에 따라 증가함을 보고하였고 Lappalainen^{33,34)}은 금합금과 아말감에서 부식으로 구성원소가 유리될 때 금합금에서 Zn의 유리는 매우 빠르며 Au와 Ag의 유리는 상대적으로 낮고 천천히 일어나며 아말감에서도 역시 Zn의 유리가 빠르고 지속적으로 나타나는 반면 Cu는 상대적으로 낮게 나타나나 그 양은 초기에 집중된다고 하였다. Wataha와 Malcolm의 연구³⁸⁾에 따르면 금합금이 높은 금합금에서는 주로 Cu의 유리가 관찰되었고 Zn는 미량 검출되었으며 해리되는 대부분의 양이 초기에 집중되고 있으며 저금합금에서는 주로 Cu가 검출되고 미량의 Ag

와 Zn이 발견되었으며 해리되는 시간이 연장되었다. 금이 전혀 들어있지 않은 합금에서는 Cu와 Ag가 주로 검출되었고 낮은 정도의 Pd와 Zn이 검출되었으며 해리되는 시간도 더욱 연장되었다. Niemi 등^{41,42)}은 이온의 유리과정에 대한 연구에서 Au와 Pd가 주성분인 귀금속합금에서 유리되는 금속이온의 대부분은 Cu 등의 비귀금속 원소가 대부분임을 관찰하고 이러한 선택적인 부식과정에 의한 이온의 유리⁴³⁾는 금속이온의 nobility(고귀성)와 관계가 있다고 주장하였다. 이밖에 합금조성과 유리되어 검출되는 원소비율과의 관계에 관한 일련의 연구에 따르면 이원 또는 삼원계합금내에서 일부 비귀금속 원소의 유리 비율이 합금조성과 일치함을 나타내기는 했지만 현재 사용되고 있는 치과용 합금을 대상으로 한 연구를 보면 그 조성이 다양하고 조성비율과 유리되는 원소 사이에 일정한 관계를 설명할 수 없다. 그러나 많은 연구에서 비교적 안정된 표면구성에 주된 역할을 하는 Au, Pd 등의 귀금속 원소 등에서는 유리되는 정도가 미약하고 상대적으로 불안정한 구성을 보이는 Cu, Cr, Co 등의 비귀금속 원소의 유리가 많음이 보고되고 있다³⁹⁾.

또한 부식과정에서의 금속원소의 유리되는 양과 시간 등은 합금의 구성원소와 미세구조, 표면의 활택도, 조성금속원소 사이의 전위차, 노출시간, 조성비율, 조성원소 사이에 상승작용을 하는지 길항작용을 하는지 등 다양한 요소가 개입되어 일괄적으로 이를 설명할 수 없다.

금 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아는 아말감 충전치아와는 달리 시멘트라는 금속성분 이동의 중간단계가 존재한다. Arvidson과 Wroblewski^{3,4)}의 연구와 같이 본 연구에서도 잔존 시멘트에서 치과수복물의 금속구성성분의 일부가 검출되었다. 공통적으로 시멘트의 구성성분인 Zn, Na, Mg는 모두 검출되었고 비귀금속 전장관 수복치아의 잔존시멘트에서는 비귀금속 합금의 상응하는 금속원소가 대부분 검출되었으나 금전장관 수복치아와 금 인레이 수복치아의 잔존시멘트에서는 금 합금의 구성성분의 일부인 Cu등이 검출되었으나 Au성분은 검출되지 않았다(Table 4). 이는 금 합

금 성분에서의 nobility에 따른 선택적 부식에 의한 금속이온의 유리로 설명이 가능하다 하겠다⁸⁾.

금 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아에서는 시멘트의 주성분인 Zn이 공통적으로 검출되었고 비귀금속전장관 수복치아에서는 비귀금속 합금의 주성분이 검출되었다(Table 5). 이는 금속이온의 이동이 시멘트뿐 아니라 치아에까지 이동이 모두 가능함을 보여주었고 Arvidson과 Wroblewski^{3,4)}의 연구와 일치하였다. 그 기전은 일반적인 부식과정과 금속과 치아사이에 존재하는 전위차에 따른 부식으로 인한 것으로 사료되며 일부 시멘트층의 부식으로 인해 치아와 보철물이 직접적인 접촉을 했을 가능성도 배제할 수 없을 것으로 추정된다. 금 전장관과 금 인레이 수복치아에서 금합금의 구성원소가 검출되지 않은 것은 이전의 연구등과 관련하여 볼 때 금 합금 조성의 안정성으로 인해 부식정도가 낮아 금속이온의 검출이 어려웠던 것으로 생각된다.

아말감 충전 치아에서는 수은이 상당량 검출되는 경우가 많이 관찰되었는데 이것은 아말감에서 상당량의 수은이 구강내에서 유리될 가능성이 높다는 사실을 뒷받침해 주고 있으며, 시편 제작시 아말감 분리과정에서 열에 의한 수은의 유리 가속진됨도 관여했을 것으로 보여진다(Fig. 17).

아말감 인접치에서 수은 등의 아말감 성분이 검출된 것은 인접면에서도 성분 검출이 가능하다는 사실을 뒷받침해준다. 그러나 검출된 성분이 모두 접촉에 의해 직접 이동되었는지, 부식에 의해 타액내로 이동되었던 이온이 치아에 침착된 결과가 포함된 것인지에 관해서는 이에 관한 구체적인 연구가 필요하리라 여겨진다(Fig. 21). 비귀금속 전장관, 금 전장관과 금 인레이의 인접치에서 성분이 검출되지 않은 것은 이들 합금에서 유리되는 금속이온의 양이 아말감합금에서 유리되는 이온의 양에 비해 현저히 적다는 사실과 함께 전장관이나 인레이 등의 경우에 수복물 외관의 연마(Polishing)과정을 통해 부식에 대한 저항성을 높아짐으로서 검출가능한 정도의 이온 유리가 어려웠을 것으로 추측된다⁵⁷⁾(Table 6).

또한 비록 금 전장관 수복치아, 금 인레이 수

복치아, 금 전장관의 인접치아, 금 인레이의 인접치아, 비귀금속 전장관의 인접치아에서는 이들의 성분이 검출되지는 않았으나(Table 7) 분석과정에서 가능성 있는 금속이온으로 표시된 이온이 이들 합금의 구성성분과 일치함을 볼 때 실험에 사용한 EDX라는 실험기기의 한계와 관계가 있을 것으로 사료되며 보다 극소량의 검출이 가능한 연구기기를 이용한다면 본 실험에서 검출되지 않았던 금 합금 하방의 치아면과 인접면 및 비귀금속 합금의 인접면에서도 이를 검출할 수 있으리라 사료된다.

본 실험에 사용된 EDX는 표면에 X선을 가함으로써 파생되는 이차 고유X선을 분석함으로써 표면을 구성하고 있는 미세한 양의 원소를 분석하는 기기로서 분석과정이 신속하고 다원소의 동시분석이 가능하며 비파괴적이고 분석결과 객관성, 정밀도가 높으며⁷⁵⁾ 실험에 따른 표본처리과정이 비교적 용이하므로 실무영역에 응용이 가능하다고 하겠다.

이상의 결과를 종합하여 볼때 법의치과학 영역의 개인식별에 있어 치과수복물의 결손시 수복물이 존재했을 것으로 추정되는 잔존치아와 인접치아에서 치과수복물 성분의 정성분석으로 수복물 식별이 가능하리라 보며 치과수복물의 인접치에서도 일부 성분이 검출되었기에, 향후 보다 극소량을 분석하고 깊이에 따른 이온양의 분석과 정량분석이 가능한 분석기기를 이용한다면 종합적인 분석도 가능할 것으로 사료된다. 또한 치아에서의 잔존치과재료의 성분 분석을 통한 수복물의 치료시기의 추정 및 대합치에서의 금속이온 성분검출 등의 계속적인 연구가 이루어지면 법의치과학 영역에서의 개인식별에 많은 도움이 될 것으로 기대된다.

V. 결 론

저자는 법의치과학적 개인식별과정에 있어 훼손에 의한 치과수복물 결손시 수복물이 존재했을 것으로 추정되는 치아와 수복물의 인접치아에서 잔존 치과재료성분을 분석함으로써 수복물 종류를 추정하고 이를 실무영역에 응용코자 부

검을 통해 발견된 금 전장관 수복치아, 비귀금속 전장관 수복치아, 금 인레이 수복치아, 아말감 충전치아와 각각의 인접치아를 EDX를 이용한 성분분석을 시행하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

1. 금 전장관 수복치아의 잔존시멘트에서는 금 합금의 구성성분 일부가 검출되었으나 수복치아와 인접치아에서는 금합금의 구성성분이 검출되지 않았다.
2. 비귀금속 전장관 수복치아의 잔존시멘트에서는 비귀금속 합금의 구성성분이 검출되었고 수복치아에서도 비귀금속 합금 구성성분이 검출되었으나 인접치아에서는 비귀금속 합금의 구성성분이 검출되지 않았다.
3. 금 인레이 수복치아의 잔존시멘트에서는 금 합금의 구성성분 일부가 검출되었으나 수복치아와 인접치아에서는 금 합금의 구성성분이 검출되지 않았다.
4. 아말감 충전치아에서 아말감 합금의 구성성분이 검출되었고 인접치아에서도 아말감 합금의 구성성분 일부가 검출되었다.

이상의 결과로 보아 수복물 접촉이 직접 또는 간접적으로 이루어진 잔존 치아에서 훼손부위의 상태추정이 가능하여 개인식별 감정에 유용할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. Addy, M. and Mostafa, P. : Dentine hypersensitivity. I. Effects produced by the uptake in vitro of metal ions, fluoride and formaldehyde onto dentine, *J. Oral Rehabil.*, 15 ; 575-585, 1988.
2. Ahlberg, M. and Akselsson, R. : Proton-induced X-ray emission in the trace analysis of the human tooth enamel and dentin, *Int. J. Appl. Radiat. Isot.* 27 ; 279-290, 1976.
3. Arvidson, K. and Wroblewski, R. : Migration of metallic ions from screwposts into dentin and surrounding tissues, *Scan. J. Dent. Res.*, 86 ; 200-205, 1978.
4. Arvidson, K. and Wroblewski, R. : Surface analysis

- of screwposts, *Scan. J. Dent. Res.*, 87; 155-158, 1979.
5. Arwidson, K. : In vitro corrosion studies of dental gold alloy in contact with cohesive gold and amalgam, *Sven. Tandlaek. Tidskr.* 69 ; 41-47, 1975.
6. Ashrafi, S. H., Waterhouse, J. P., Baretieri, A., Picarelli, A., Somma, F. and Patel, M. : Use of x-ray microanalysis to monitor diffusion of Zn from a cement into human dentin, *J. Oral Path.* 12 ; 199-206, 1983.
7. Ben-Amar, A., Cardash, H. S. and Judes, H. : The sealing of tooth/amalgam interface by corrosion products, *J. Oral Rehabil.* 22 ; 101-104, 1995
8. Bergennoltz, A., Hedegad, B. and Soremark, R. : Studies of the transport of metal ions from gold inlays into environmental tissues, *Acta. Odontol. Scand.*, 23 ; 135-146, 1965.
9. Bergman, M. and Ginstrup, O. : Dissolution rate of cadmium from dental gold solder alloys, *Acta. Odontol. Scand.*, 33 ; 199-210, 1975.
10. Brune, D. : Metal release from dental biomaterials, *Biomaterial.*, 7 ; 163, 1986.
11. Brune, D. : Mechanism and kinetics of metal release from dental alloys, *Int. Endo. J.*, 21 ; 135-142, 1988.
12. Bumgardner, J. D., Lucas, L. C., and Tilden, A. B. : Toxicity of Cu-based dental alloys in cell culture, *J. Biomed. Mater. Res.*, 23 ; 1103-1114, 1989.
13. Burdairon, M. : The resistance of dental restoration and prosthetic materials to calcination and to corrosion in the soil, *Chir. Dent. Fr.*, 43 ; 59-62, 1973.
14. Convington, J. S., McBride, M. A., Slagle, W. F. and Disney, A. L. : Quantization of nickel and beryllium leakage from base metal casting alloys, *J. Prosthet. Dent.*, 54 ; 127-136, 1985.
15. Craig, R. G. and Hanks, C. T. : Cytotoxicity of experimental casting alloy evaluated by cell culture tests, *J. Dent. Res.* 69 ; 1539-1542, 1990.
16. Derand, T. : Corrosion of screwposts, *Odontol. Revy.*, 22 ; 371-378, 1971.
17. Eley, B. M. : The future of dental amalgam : a review of the literature Part 2 : Mercury exposure in dental practice, *Br. Dent. J.* 182 ; 293-297, 1997.
18. Eley, B. M. : The future of dental amalgam : a review of the literature Part 3 : Mercury exposure

- from amalgam restoration in dental patient, Br. Dent. J., 182; 333-338, 1997.
19. Eley, B. M. : The future of dental amalgam : a review of the literature Part 5 : Mercury in the urine, blood and body organs from amalgam fillings, Br. Dent. J. 182 ; 413-417, 1997.
 20. Fusayama, T., Katayori, T. and Nomoto, S. : Corrosion of gold and amalgam placed in contact with each other, J. Dent. Res. 42 ; 1183-97, 1963.
 21. Gettleman, L., Carr, R. F. and Herschaft, E., E. : Identification of a foreign body using energy dispersive X-ray analysis, J. Forensic Sciences, 26(1) ; 58-63, 1981.
 22. Gilbert, J. L., Smith, S. M. and Lautenschlager, E. P. : Scanning electrochemical microscopy of metallic biomaterials : Reaction rate and ion release imaging modes, J. Biomed. Mater. Res., 27 ; 1357-1366, 1993.
 23. Goehlich, V. and Marek, M. : Corrosion behavior of Pd-Cu and Pd-Co alloys in synthetic saliva, Dent. Mater., 6 ; 103-110, 1990.
 24. Haines, D. H. : Identification in mass disasters from dental prostheses. Int. J. Forensic Dent, 1; 11-15, 1973.
 25. Hao, S. Q and Lemons, J. E. : Histology of dog dental tissue with Cu-based crown, J. Dent. Res., 68 ; 322, 1989.
 26. Harvey, W. : Identification from dental data, Br. Dent. J., 131 ; 432, 1971.
 27. Ikeda, N., Wadanabe, G., Harada, A., and Susuki, T. : A scanning electron microscopy and electron probe X-ray microanalysis(SEM-EPMA) of pink teeth, J. Forensic Science, 33(6) ; 1328-1331, 1988.
 28. Isacson, G., Barregard, L., Selden, A. and Bodin, L. : Impact of nocturnal bruxism on mercury uptake from dental amalgams, Eur. J. Oral. Sci., 105 251-257, 1997.
 29. Jablonski, N. G and Shum, B. S. F. : Identification of unknown human remains by comparison of antemortem and postmortem radiographs, Foresic Sci. Int., 42 ; 221, 1989.
 30. Jerman, A. C. : Dental identification, J. Am. Dent. Assoc., 89 ; 1358-1359, 1970.
 31. Johansen, B and Derand, T. : Corrosion of amalgams with special regard to zinc, Scan. J. Dent. Res., 91 ; 320-4, 1983.
 32. Johansson, B. I., Lemons, J. E. and Hao, S. Q. : Corrosion of dental copper, nickel and gold alloys in artificial saliva and saline solution, Dent. Mater., 5 ; 324-328, 1989.
 33. Lappalainen, R. and Knuttila, M. : X-ray diffraction patterns in human dentin, enamel and synthetic apatite related to Zn concentrations, Scand. J. Dent. Res., 89 ; 437-444, 1981.
 34. Lappalainen, R. and Yli-Urpo, A. : Release of element from gold alloys and amalgams in corrosion, Scan. J. Dent. Res., 95 ; 364-8, 1987.
 35. Mahler, D. B. et al. : Microprobe analysis of high Cu amalgam alloy, J. Dent. Res., 56(4) ; 379-384, 1977.
 36. Malhotra, M. L. et al. : X-ray diffraction analysis of $\nu_2(\text{Sn-Hg})$ phases in high copper amalgams of varying mercury content, J. Dent. Res., 60(2) ; 149-153, 1981.
 37. Meryon, S. D. : The influence of dentine on the in vitro cytotoxicity testing of dental restorative materials, J. Bio. Mater. Res., 18 ; 771-779, 1984.
 38. Mezger, P. R., Stols, A. L. H., Vrijhoef, M. M. A. and Greener, E. H. : Metallurgic aspects and corrosion behavior of yellow low-gold alloys, Dent. Mater., 5 ; 350, 1989.
 39. Mohammad, A. R., Younis, O. and Siskin, M. : Scanning x-ray microanalysis of root canal sealers. Oral Med., Oral Surg., Oral Pathol., 48 ; 558-560, 1979.
 40. Min-Gu Kang, et al. : Angel resolved x-ray photoelectron spectroscopic analysis on the surface of wet-etched Copper, Jpn. J. Appl. Phys., .35 ; 3860-3875, 1996.
 41. Muller, A. W. J., Maessen, F. J. M. J. and Davidson, C. L. : Determination of the corrosion rates of six dental Ni-Cr-Mo alloys in an artificial saliva by chemical analysis of the medium using ICP-AES, Dent. Mater., 6 ; 63-68, 1990.
 42. Niemi, L., Minni, E. and Ivaska, A. : An electrochemical and multispectroscopic study of corrosion of Ag-Pd-Cu-Au alloys, J. Dent. Res., 65 ; 888, 1986.
 43. Niemi, L. and Hero, H. : The structure of a commercial dental Ag-Pd-Cu-Au casting alloy, J. Dent. Res., 63 ; 149-154, 1984.
 44. Niemi, L. and Holland, R. I. : Tarnish and corrosion

- of a commercial dental structure of a commercial dental Ag-Pd-Cu-Au casting alloy, J. Dent. Res. 63 ; 1014-1018, 1984.
45. Pfister, R. : The use of scanning electron microscopy and associate techniques in forensic sciences (a bibliographic update), Scanning Electron Microscopy , Part 3 ; 1037-1042, 1982.
 46. Ravnholt, G. : Corrosion of dental alloys in vitro by differential oxygen concentration, Scan. J. Dent. Res., 94 ; 370-376, 1986.
 47. Schriever, W. and Diamond, L. E. : Electromotive force and electric currents caused by metallic dental fillings, J. Dent. Res., 31 ; 205-229, 1952.
 48. Solheim, T. and leidal, T. I. : Scanning electron microscopy in the investigation of the bite marks in foodsutts, Forensic Science, 6(3) ; 205-215, 1975.
 49. Sopher, I. M. : Dental identification of aircraft-accident fatalities, J. Forensic Sci., 18 ; 356-363, 1973.
 50. Soremark, R. and Samasahl, K. : Gamma-ray spectrometric analysis of elements in normal hyman dentin, J. Dent. Res., 42 ; 603-606, 1962.
 51. Soremark, R., Diab, M. and Arwidson, K. : Autoradiographic study of distribution pattern of metals which occur as corrosion products from dental restorations, Scan. J. Dent. Res., 87 ; 450-458, 1979.
 52. Stenberg, T. : Release of cobalt from cobalt chromium alloy construction and turnover and distribution of cobalt, Scan. Dent. J. 16 ; Suppl. 1-148, 1982
 53. VanWyck, C. W., Kemp, V. D. and Bukofzer, H. : The role of dental identification in Windhock air crash. J. Dent. Assoc. S. Afr., 24 ; 340-345, 1969.
 54. Vestermark, J. : Identification from dental protheses, Int. J. Forensic Dent. 3 ; 7-8, 1975.
 55. Waaler, E. : Personal identification in mass disasters, Bull. NY. Acad. Med., 48 ; 609-626, 1972.
 56. Wataha, J. C., Craig, R. C. and Hanks, C. T. : The release of elements dental casting alloys into cell-culture medium, Journal of Dental Research, 70 ; 1014, 1991.
 57. Wataha, J. C., Craig, R. C. and Hanks, C. T. : The effects of cleaning on the kinetics of in vitro metal release for dental casting alloys, J. Dent. Res., 71 ; 1417, 1992.
 58. Wataha, J. C and Malcolm, C. T. : Effect of alloy surface composition on release of elements from dental casting alloys, J. Oral Rehabil., 23 ; 583-589, 1996.
 59. Wright, D. C., Gallant, R. F. and Spangberg, L. : Correlation of corrosion behavior and cytotoxicity in Au-Cu-Ag ternary alloys, J. Biomed. Mater. Res. 16 ; 509-517, 1997
 60. Wong, Y. S. : Forensic applications of scanning electron microscopy/energy dispersive x-ray analyser in Hong Kong, Scanning Electron Microscopy, Part 2 ; 591-597, 1987.
 61. Yli-Urpo, A. and Parvinen, T. : Metal degradation and tissue accumulation following subcutaneous implantation of combinations of materials, Proc. Finn. Dent Soc., 76 ; 124-128, 1980.
 62. Collier, J. L. : 齒科医 名探 となる. リー ター スタイン エスト, 31(12) ; 85-89, 1976.
 63. 瀬田季茂, 吉野峰生 : 白骨死体の 鑑定 , 321-328, 1989
 64. 山本勝一 저, 김종열, 윤창륙 역 : 법의치과학, 서울, 이우문화사, 82, 1995.
 65. 강신몽, 이원태, 고영창, 최상규, 김윤희, 이홍석, 서재관, 윤중진, 이혜경, 최득린, 김종열, 윤창륙, 변명식, 이장홍 : KAL기 추락에 의한 대량재해의 개인식별, 대한법의학회지, 15(2) ; 13-22, 1991.
 66. 강신몽, 이영석, 이한영, 이원태, 서지석, 서재관, 윤중진, 김종열, 최득린, 이혜경 : 공원묘지 유실에 의한 대량재해의 개인식별, 대한법의학회지, 16(1) ; 16-29, 1992.
 67. 김경남, 이진형, 서용찬, 김명호, 한복섭, 김웅철, 김광만, 이근우, 배태성 : 치과 주조용합금, 서울, 군자출판사, 29-43, 1996.
 68. 김경남, 김교한, 김형일, 박영준, 배태성, 임호남, 조혜원 : 치과재료학, 서울, 군 자출판사, 256-349, 1995.
 69. 김종열 : 치과재료학 영역에서 본 법의학, 대한치과기재학회지, 6(1), 8-10, 1972.
 70. 김종열, 윤창륙, 최중훈 : 삼풍백화점 붕괴 대참사의 법의치과적 개인식별, Annual Report of N.I.S.I., 28 ; 37-71, 1996.
 71. 김하진, 강민구, 최중훈, 김종열 : 컴퓨터 시각 인식기법을 이용한 영상 중첩법에 의한 개인식별, 대한구강내과학회지, 21(1) ; 37-54, 1996
 72. 배현경, 김경남 : 수중치과용 아말감 합금의 세포독성에 관한 연구, 대한치과기재학회지, 15 ; 95-104, 1988.

73. 윤중교, 김종열 : 치아에서의 혈형물질 검출을 위한 low ionic strength solution 과 albumin 사용효과에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 16(2) ; 49-62, 1991.
74. 윤창륙, 김종열 : 치아에서의 DNA 분석에 의한 개인 식별, 대한구강내과학회지, 20(1) ; 229-246, 1995
75. 이용근 : 기기분석입문, 제2판, 서울, 탐구당, 161-178, 1984.
76. 최종훈, 김종열 : 제 2대구치 및 제 3대구치 발육에 따른 연령 감정에 관한 연구, 대한구강내과학회지, 16(1) ; 121-136, 1991.
77. 최종훈, 한면수, 선문숙, 김종열 : 소사체 치아에서의 유전자지문 분석을 위한 실험적 연구, 구강내과학회지, 21(2) ; 351-368, 1996.
78. 허영돈, 안종모, 윤창륙 : 하악 구치 발육을 이용한 연령감정에 관한 연구, 대한 구강내과학회지, 19(2) ; 221-232, 1994

- ABSRTACT -

Analysis of Residual Dental Materials Existing on the Teeth and Its Application to Individual Identification

Joong-Kyo Yoon, D.D.S., M.S.D., Jong-Hoon Choi, D.D.S., M.S.D., Ph.D.,
Chong-Youl Kim, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Dept. of Oral Medicine, College of Dentistry, Yonsei University

In identifying bodies that are severely decayed or damaged, methods using fingerprints and various biochemical tests are known to have its limits. To overcome this, forensic odontological method which is based on the analysis of the cranium, tooth and dental restoration is used to enhance the accuracy of individual identification. For this reason, I have come to analysis of the dental materials that exists between the teeth that is perceived to have been previously restored and the one adjacent to it. By analyzing the constituents of gold crown-restored, non-precious metal-restored, gold inlay-restored and amalgam-restored teeth, and adjacent teeth using EDX(energy dispersive X-ray microanalysis) which was invented to analyze very small amount of elements, the nature of the restoration could be predicted and the results obtained were as follows.

1. Some of constituents of gold alloy was extracted from residual cement of gold crown restoration, but that was not extracted from the restored tooth and the one adjacent to it.
2. Some of constituents of non-precious metal alloy was extracted both in the residual cement on the tooth with non-precious metal restoration and in the tooth with the restoration itself. However, none of its constituents were found in the tooth adjacent to it.
3. Some of constituents of gold alloy were found in the residual cement of gold inlay, but they were not found in the restored tooth and the adjacent tooth.
4. Some of constituents of amalgam alloy were found both in tooth restored with amalgam and in the adjacent tooth.

From the results obtained above, it is possible to utilize the data obtained from analyzing residual dental materials in a more effective way. This data compensates for the lost data due to any harm done to the restorations prior to individual identification and further enhances the accuracy. Therefore, it could be concluded that this process of analyzing residual dental materials could be beneficial to individual identification in the area of forensic odontology.

Key words : individual identification, tooth, residual dental materials, constitutional analysis, EDX