

인접면 치아우식 진단을 위한 디지털 방사선 조영 공제술

전남대학교병원 치과방사선과
강병철 · 윤숙자

Digital contrast subtraction radiography for proximal caries diagnosis

Byung-Cheol Kang, Suk-Ja Yoon

Department of Dental Radiology, Chonnam National University Hospital

ABSTRACT

Purpose : To determine whether subtraction images utilizing contrast media can improve the diagnostic performance of proximal caries diagnosis compared to conventional periapical radiographic images.

Materials and Methods : Thirty-six teeth with 57 proximal surfaces were radiographed using a size #2 RVG-ui sensor (Trophy Radiology, Marne-la-Vallee, France). The teeth immersed in water-soluble contrast media and subtraction images were taken. Each tooth was then sectioned for histologic examination. The digital radiographic images and subtraction images were examined and interpreted by three dentists for proximal caries. The results of the proximal caries diagnosis were then verified with the results of the histologic examination.

Results : The proximal caries sensitivity using digital subtraction radiography was significantly higher than simply examining a single digital radiograph. The sensitivity of the proximal dental carious lesion when analyzed with the subtraction radiograph and the radiograph together was higher than with the subtraction radiograph or the radiograph alone.

Conclusion : The use of subtraction radiography with contrast media may be useful for detecting proximal dental carious lesions. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2002; 32 : 123-7)

KEY WORDS : dental caries; subtraction technique; radiography, dental, digital; contrast media

서 론

치아우식증은 치과 질환 중에서 발생빈도가 가장 높다. 이러한 치아우식을 진단하기 위하여 전통적으로 치경 및 탐침을 이용한 임상검사와 구내방사선사진이나, 파노라마 방사선사진을 이용하여왔고, 새로운 진단방법으로 비교적 치아우식을 쉽고 조기에 발견하려는 노력이 끊임없이 시도되었다.¹ 교합면 치아우식을 전기전도도에 따라서 깊이를 측정하는 방법,² 그리고 레이저 형광(laser fluorescence)과 같은 방법을 이용하여 매우 민감도(sensitivity)가 높게 검사할 수 있는 방법이 제시되었다. 또한 초음파를 이용하여 치아우식을 진단하는 장치를 개발하였으나, 이는 교합

면과 같은 접근이 가능한 치면의 우식진단에만 이용할 수 있다.³ 육안이나, 탐침 등에 의한 진단이 어려운 인접면 치아우식도 광투과(transillumination)로 잘 관찰이 되기도 하고 이를 실용화한 장비도 실용화되어 있음은 널리 알려진 사실이다. 일반적으로 치아우식은 방사선이 투과하는 치질의 약 40% 정도가 탈회되어야만 방사선사진에서 관찰이 가능하다. 그러나 구치부는 인접면이 넓고, 초기 치아우식이나 침범하는 치아 우식의 변연은 미네랄 소실이 적어 방사선사진에서 변화를 관찰하기 어렵게 한다. 이러한 이유로 실제 치아우식의 깊이는 방사선사진에 나타나는 깊이보다 클 수가 있다.⁴ 또한 치경부 소환, 발달 소와(hypoplastic pits) 또는 치경부 마모에 의한 함몰(concavity)도 치아우식과 유사하여, 아직도 인접면 치아우식 진단은 치과 의사에게 아직도 가장 도전적인 일종의 하나이다.⁴

방사선 공제술은 치과 분야에서 주로 치조골의 흡수, 재생 상태를 관찰하는데 주로 이용되어 왔다. 또한 치근단 병소의 진행이나 골 치유 정도를 측정하는 데도 이용되어 왔다. 일정한 기간이 경과한 후에 인접면 치아우식의 발생

*This paper was supported by Fund (CUHRI) of Chonnam University Hospital Research Institute of Clinical Medicine.

접수일: 2002년 6월 11일 채택일: 2002년 7월 19일
Correspondence to: Prof. Byung-Cheol Kang
Department of Dental Radiology, Chonnam National University Hospital, 8
Hakdong, Donggu, Gwangju 501-190 KOREA
Tel) 82-62-220-5429, Fax) 82-62-228-2924
E-mail) bckang@chonnam.ac.kr

이나 진행정도를 찾아내고, 측정하기 위하여 방사선 공제술이 이용되기도 하였다.⁵ 그리고 불소(SnF_2)를 우식 와동에 도포하여, 인공적으로 방사선투과성을 감소시키고, 이를 불소도포 이전의 방사선사진과 공제하여, 인접면 치아우식 부위에 불소가 침윤되어 흑화도가 증가되게하고 디지털 방사선 공제 영상을 얻어 치아우식을 발견하는 방법이 제시되었다.^{6,7} 그러나 이러한 연구들은 그 과정이 복잡하여 실용성이 떨어지므로, 실제 임상에서 이용되지는 않고 있다. 이에 연구자는 타액선 조영술과 같은 방사선을 흡수하는 조영제를 이용하여 이 조영제가 우식와동에 스며들면 방사선사진상의 방사선불투과성이 증가하는 것을 예비시험으로 조사하여, 진단이 어려운 인접면치아우식 진단에 이용하려는 노력을 시도하게 되었다. 즉 조영제를 이용하면 인접면 치아우식 와동으로 조영제가 스며들어, 이 방사선사진을 조영제를 이용하기전의 방사선사진과 공제하면, 그 차이를 기록할 수 있다.

이 연구의 목적은 치아표본을 조직검사를 위한 시편으로 제작하여, 조직학적으로 입증된 실제 치아우식 상태를 진양성으로 할 때, 공제술에 의한 인접면 치아우식 진단 결과와 공제술을 이용하지 않을 때의 진단결과와 비교하여 진단율의 향상이 있는지의 여부를 규명하는 것이다.

재료 및 방법

여러 치과로부터 시술 중에 발거한 치아들 중에서 아주 심한 치아우식이 있거나 파절이 심한 치아는 제외하고, 임상적으로 비교적 초기 치아우식을 가진 치아를 임의로 36개 치아를 선정하였고, 이는 전치 3개, 견치 3개, 소구치 18개, 대구치 12개로 구성되어 있었다.

연구대상 치아의 치근 부위를 왁스로 코팅하여 치근막을 재현하고, 악골을 재현하기 위하여 톱밥을 넣은 석고에 각각 2개의 치아를 심어 18개의 석고 모델을 만들었다. 이 모델들을 디지털 방사선사진 촬영을 하였다. 디지털 촬영은 RVG-ui #2 센서 (Trophy Radiology, Marne-la-Vallee, France)를 이용하였다. CCD 센서와 방사선원과의 거리는 42cm였고, 센서는 치아모델과 접촉한 상태였다. 방사선 촬영

영기 (Trophy CCX: Trophy Radiology, Marne-la-Vallee, France)를 70 kV, 8 mA로 조정하고, 노출시간을 0.05-0.12초 사이로 조정하며 촬영하였다. 이때 RVG-ui CCD sensor와 치아 석고 모델을 일정한 관계로 재현성이 유지되도록 위치시키기 위한 석고 틀(plaster mold)을 만들고, 이 석고 틀은 X-선 관구와 석고틀을 방사선원-치아-디지털 센서의 일정한 위치와 각도로 유지하기 위한 고정장치(optical bench)에 위치시켰다.

석고 모델은 용기에 담긴 수용성 조영제 (Telebrix 30 Meglumine (300 mgI/ml): Guerbet, Roissy, France)에 넣어 두 세 번 흔들면서 10초간 담그었다. 그리고 즉시 용기에 담긴 수돗물로 2초 정도의 시간에 두 번 흔들어 수세하였다. 최저 5분 정도의 시간동안 실온에 방치한 후에, 고정장치에 위치시키고 조영제를 이용하지 않은 경우와 같은 조건으로 방사선사진 촬영하였다.

공제술을 시행하기 위하여 Scion Image Beta 4.02 (Scion-corp. USA) 소프트웨어를 이용하였다. 공제술은 "Image Math"의 몇 가지 공제 방법 중에서 "real result"를 이용하였다.

공제된 방사선사진에서 치아우식의 진행 정도를 주 연구자와 2명의 구강악안면 방사선학을 전공한 치과의사가 함께 판단하였다. 세 치과의사 중 2인 이상의 동의로 우식 유무를 판별하였다. 판독 순서에 의한 "reading-order effect"를 배제하기 위하여 조영제 영상만으로 인접면 치아우식을 판독한 후 2달이 지난 후에 조영제 공제술 영상과 방사선사진상에서 판독하고 다시 2개월이 지난 후 방사선사진만을 보고 판독하여 그 결과들을 기록하였다.

치아우식 상태에 대한 진양성을 구하기 위하여, 치근을 절단한 후에 각각의 치관부를 투명한 레진에 포매하였다. 이 포매된 치관을 diamond-wafering blade (Buehler Ltd., Lake Bluff, Illinois, USA)를 이용하여 치아 장축에 평행하게 76 μm 의 두께로 잘랐다. 표본은 inverted metallurgical microscope (EPIPHOTO-TIME, Nikon Inc., NY., USA)을 이용하여 15배로 확대하여 관찰하였다.

치아우식에 의한 탈회는 불투명하거나 갈색으로 변색된 것을 하였으며 0에서 2까지의 숫자로 나타내었다.² 조직



Fig. 1. Cavitated proximal caries confined within enamel.

Fig. 2. Proximal caries extended into dentine without definite cavity formation.

표본에서 인접면 치아우식의 진행을 0: 치아우식이 없는 건전 인접면 (Fig. 1) 1: 상아질-법랑질 경계부위 직전까지 진행된 우식 (Fig. 2) 2: 상아질-법랑질 경계를 포함하여 상아질에 진행된 인접면 치아우식 (Fig. 3)의 3단계로 나누어 기록하였다.

건전 인접치면, 인접면 치아우식, 법랑질 치아우식, 상아질 치아우식 등에 대한 특이도와 민감도를 계산하고, 각각의 차이를 Z-test를 이용하여 진단영상에 따른 특이도와 민감도의 차이 여부를 검증하였다.

결 과

38개 치아의 76개 인접면 중 파절, 충진물, 치수까지의 심한 우식이 있는 면을 제외한 57개의 인접면만을 연구에 포함시켰다. 이 중 17개의 인접면은 치아우식이 없는 건전 치면이고, 40개의 치면은 인접면 치아우식을 가지고 있었다. 조직 표본상의 인접면 치아우식을 가진 치면 중에서 26개 치면은 법랑질에 치아우식이 국한되어 있었고, 14개 치면은 상아질에까지 치아우식이 확장되어 있었다 (Table 1).

공제술 방사선사진 (Figs. 3, 4)만으로 진단한 경우는 17개의 건전한 인접치면 중 2면을 치아우식으로 진단하였고, 40개의 인접면 치아우식 중 14개의 치면만을 치아우식으로 진단하여 특이도 88.2%, 민감도 35%였다 (Table 2, 3). 방사선사진과 공제술 방사선사진을 동시에 관찰하여 진단한 경우에는 17개의 건전치면 중 2개를 우식치면으로 진단하였고, 40개의 우식치면 중 22개의 치면을 우식으로 진단하여, 특이도 88.2%, 민감도 0.55%이었다 (Table 2, 3).

방사선사진만으로 판독한 경우에는 치아조직 표본상의 건전 인접치면 17개 중 3면을 치아우식으로 진단하였고, 법랑질 치아우식 17면 중 4면만을 치아우식으로, 40개의 인접면 치아우식 중 11면만을 치아우식으로 진단하여, 특이도 76.5%, 민감도 27.5%이었다 (Table 2, 3).

건전치면을 건전치면으로 진단하는 비율인 민감도는 (Table 2) 공제술영상, 방사선사진영상과 공제영상, 그리고 방사선사진만을 이용하여 진단할 결과들과 서로 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

인접면 치아우식 진단의 민감도는 (Table 3) 공제술 방사

Table 1. The histologic findings of the fifty-seven proximal surfaces and the proximal caries diagnosis on each modalities

Histologic finding	No caries (0)		within enamel (1)		DEJ and dentin (2)	
	no caries	caries	no caries	caries	no caries	caries
Diagnosis						
No of diagnostic results from the subtraction radiograph	15	2	21	5	5	9
No of diagnostic results from the subtraction radiograph and the radiograph	15	2	17	9	1	13
No of diagnostic results from the radiograph	13	4	21	5	8	6

Table 2. Specificity for 17 sound tooth surfaces

No of diagnostic results from the subtraction radiograph	88.2%
No of diagnostic results from the subtraction radiograph and the radiograph	88.2%
No of diagnostic results from the radiograph	76.5%

Table 3. Sensitivity for 40 proximal caries lesions

No of diagnostic results from the subtraction radiograph	35.0%
No of diagnostic results from the subtraction radiograph and the radiograph	55.0%
No of diagnostic results from the radiograph	27.5%

선사진과 방사선사진영상을 함께 판독한 경우가 방사선사진만으로 판독한 경우보다 유의하게 높았다 ($p < 0.05$).

인접면 치아우식이 법랑질에만 국한된 경우 인접면치아우식 진단의 민감도는 (Table 4) 공제술 방사선사진과 방사선사진영상을 함께 판독한 경우에 공제술 방사선사진만으로 판독하거나, 방사선사진만으로 판독한 경우에 비하여 유의한 차이가 없었다 ($p > 0.05$).

인접면 치아우식이 상아질까지 침범한 경우에는 (Table

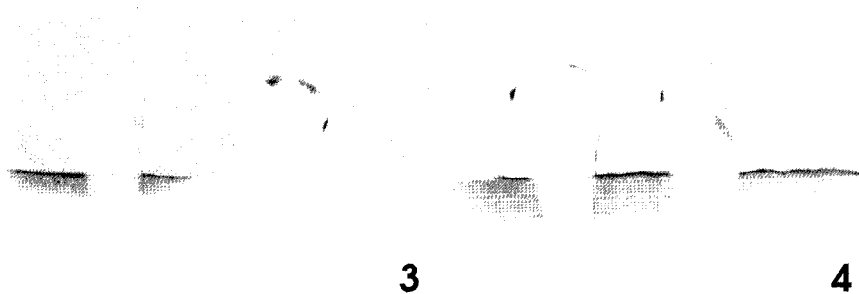


Fig. 3. Digital subtraction radiographs with contrast media. The contrast media filled in the proximal caries into dentine. The dark outer surface of the adjacent tooth shows contrast media on sound surface.

Fig. 4. Digital subtraction radiograph utilizing contrast media. The extensive defect of the right tooth was not included in this study.

Table 4. Sensitivity for 26 enamel caries lesions

No of diagnostic results from the subtraction radiograph	19.2%
No of diagnostic results from the subtraction radiograph and the radiograph	34.6%
No of diagnostic results from the radiograph	19.2%

Table 5. Sensitivity for the 14 dentinal caries lesions

No of diagnostic results from the subtraction radiograph	64.3%
No of diagnostic results from the subtraction radiograph and the radiograph	92.9%
No of diagnostic results from the radiograph	42.9%

5) 공제술 방사선사진과 방사선사진을 함께 판독한 경우에는 공제술 사진만으로 판독하거나 방사선사진만으로 판독한 경우에 비하여 유의하게 민감도가 높았다($p < 0.05$). 또한 공제술 방사선사진만으로 판독한 경우에도 방사선사진만으로 판독한 경우보다 민감도가 유의하게 높았다($p < 0.05$).

고 찰

1982년 Webber, Ruttimann, Grondahl 등의 NIH 연구팀은⁸ 방사선사진상의 일정한 시간 경과 후의 치조골의 변화를 공제술을 이용하여 그 변화를 기록하고 평가할 수 있음을 연구하였고, 그 후 이를 치아우식 진단에도 이용하여, 일정한 시간이 경과한 후 우식이 더 진행하거나, 새로 발생한 경우에, 공제술을 이용하여 우식병소를 찾아낼 수 있는 가능성을 제시하였다. 이러한 방사선 공제술은 변하지 않은 해부 구조물을 공제 영상에서 지워서, 관심이 있는 모든 변화된 부분을 보여주고 관찰이 어려운 부위도 그 변화양상을 인지하기 쉽게하여 준다.

공제술을 이용한 치아우식 진단은 치아우식이 진행되어 변화가 있어야 하므로, 오랜 시간이 경과한 후에 촬영한 방사선사진과 이전 사진을 정확히 같은 위치에서 촬영하여야 한다.^{5, 9, 10, 11, 12, 13} 인공적으로 탈회한 후 공제술을 이용하여 탈회 정도를 알아낼 수도 있고,¹⁰ 상아질에서 치아우식의 진행정도도 공제술을 이용하여 기록할 수가 있다.¹⁴ 그러나 이러한 연구는 모두 일정한 기간 경과후의 치아우식의 변화, 즉 새로운 치아우식 발생, 기존 치아우식의 진행, 치아우식의 재 석회화 등을 진단하기 위한 것이다. 그리고 우식 진행에 따른 시간 경과는 조사통-치아-필름의 위치 및 각도를 정확히 재현하기에 어려움이 많아서, 짧은 시간후의 변화를 관찰하기 위해 인공적으로 불소를 와동에 침투시켜 방사선 투과성을 변화시켜 공제술을 적용하기 위한 연구들이 시도되었다.^{6, 7}

본 연구자도 시간의 경과에 구애받지 않고 즉시 이용될

수 있는 공제술 방법으로, 치과에서 타액선 조영술이나, 치성낭의 조영을 위해 이용되는 수용성 조영제를 이용하여 연구하였다. 그러나 민감도가 공제술만을 이용한 경우에 35%로 나타나, 모든 인접면 치아우식병소에 조영제가 스며들어 우식 병소를 표시하지는 못한 것으로 여겨진다. 공제술에 의해 명확하게 발견된 인접면 치아우식은 아마도 우식에 의한 공동이 생긴 우식병소들이 조영제 침습으로 공제술에서 쉽게 관찰되었을 것으로 추측된다. 조영제를 이용한 공제술 방사선사진은 조영제가 치아우식 와동으로 스며들어야 하므로, 건전치면에 대한 특이도에는 영향을 주지 않았던 것으로 판단되었다. 인접면 치아우식이 법랑질에만 국한된 경우에는, 인접면 치아우식 진단의 민감도는 공제술 방사선사진과 방사선사진 영상을 함께 판독한 경우가 공제술 방사선사진만으로 판독하거나, 방사선사진만으로 판독한 경우에 비하여 유의한 차이가 없었던 것은 아마도 우식와동이 충분히 형성되지 못한 것이 그 원인일 것으로 추정되었다. 그러므로 우식에 의한 와동이 없는 치아우식은 비록 상아질까지 침범하였다 하더라도 조영제 공제술로는 발견이 어려울 것이다 (Fig. 2).

이러한 결과는 조영제에 담긴 시간이 10초 정도이므로 조영제가 충분히 스며드는데 필요한 시간이 부족하였기 때문일 수도 있다. 그리고 수세하는 과정에서 인접면 치아우식 부위의 조영제를 씻어내었을 수도 있다. 그러므로 향후 조영제 처리시간을 다양하게 하거나 수세 조건을 달리 하여 가장 이상적인 조건을 찾는 일이 필요하리라 하겠다.

실제 예비실험에서 지용성 조영제인 Lipiodol Ultrafluid Telebrix-38 (ioxitalumate: Guerbet, Roissy, France)도 이용하려 하였으나, 수세에 의하여 건전치면의 조영제가 잘 제거되지 않은 단점이 있었다. 즉 지용성 조영제를 이용한 공제영상에서는 수세과정에서 지용성 조영제가 인접면 치아우식이 없는 부위, 치경부, 모델 베이스 등에 많이 묻어 있어 공제술 영상에서 우식을 진단하는데 적당하지 않다고 판단되었다.

조영제 자체가 치아우식 병소에 친화성이 있는 성분을 포함하고, 수세에 잘 씻겨나가지 않는다면 가장 이상적일 수 있다. 향후 연구에서는 치아우식 부위에 친화성이 있는 조영제 개발에 관한 연구가 필요할 것이다.

연구에 이용된 공제술 프로그램은 NIH Image라고도 불리는 Scion Image Beta 4.02 (Scioncorp. USA) 소프트웨어를 이용하였다. 수용성 조영제를 이용한 공제술에서도 프로그램에 디플트로 되어 있는 공제술 (첫째 영상 - (둘째 영상 $\times 0.5$) + 128 pixel)을 수행하면 배경이 회색조로 나오고, 인접면 치아우식도 밝게 나오지 않아 적당치 않았다. 또한 순수한 픽셀의 가감이 없는 순수한 공제방법을 이용하면 순수하게 조영제 영상만 남아서 치아의 어느 부분인지 정확히 알기가 어려웠다. 그러므로 공제술은 "Image Math"의 몇 가지 공제 방법 중에서 연구 참여자들의 선호

도를 참고로 하여 “real result”를 이용하였으나 공제술 영상방법에 따라 공제상의 정확도가 다르므로, 조영제를 이용한 공제술 영상에 가장 적합한 소프트웨어의 선정에 관한 연구도 필요하다.

결론적으로 조영제를 이용한 공제술 방사선사진은 조영제가 치아우식 와동으로 스며 들어가야 하므로, 건전치면에 대한 특이도에는 영향을 주지 않았던 것으로 판단되었다. 인접면 치아우식이 상아질까지 침범한 경우에는 공제술 방사선사진과 방사선사진을 함께 판독한 경우에는 공제술 사진만으로 판독하거나 방사선사진만으로 판독한 경우에 비하여 유의하게 민감도가 높았고, 공제술 방사선사진만으로 판독한 경우에도 방사선사진만으로 판독한 경우보다 민감도가 유의하게 높아서, 일반적으로 진단이 어려운 인접면 치아우식을 진단하는데, 조영제를 이용한 공제술이 매우 유용한 방법으로 판단되었다.

참 고 문 헌

- Verdonschot EH, Angmar-Masson B, ten Bosch JJ, Deery CH, Huysmans MCDNJM, Pitts NB, et al. Developments in caries diagnosis and their relationship to treatment decisions and quality care. *Caries Res* 1999; 33 : 32-40.
- Huysmans M-ChDNJM, Longbottom C, Hintze H, Verdonschot EH. Surface-specific electrical occlusal caries diagnosis: reproducibility, correlation with histological lesions depth, and tooth type dependence. *Caries Res* 1998; 32 : 330-6.
- Ynikglu FC, Oztu F, Hayran O, Abloui M, Stookey GK. Detection of natural spot caries lesions by an ultrasonic system. *Caries Res* 2000; 34 : 225-32.
- White SC, Pharoah MJ. *Oral Radiology: principles and interpretation*. 4th ed. St. Louis: Mosby; 2000. p.277-9.
- Halse A, Espelid I, Tveit AB, White SC. Detection of mineral loss in approximal enamel by subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 77 : 177-82.
- Halse A, White SC, Espelid I, Tveit AB. Visualization of stannous fluoride treatment of carious lesions by subtraction radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1990; 69 : 378-81.
- Wenzel A, Halse A. Digital subtraction radiography after stannous fluoride treatment for occlusal caries diagnosis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 74 : 824-8.
- Webber RL, Ruttimann UE, Grondahl HG. X-ray image subtraction as a basis for assessment of periodontal changes. *J Perio Res* 1982; 17 : 509-11.
- Dove SB, McDavid WD, Hamilton KE. Analysis of sensitivity and specificity of a new digital subtraction system. *Oral Surg Oral Med Oral Radiol Endod* 2000; 89 : 771-6.
- Nummikoski PV, Martinez TS, Matteson SR, McDavid WD, Dove SB. Digital subtraction radiography in artificial recurrent caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 1992; 21 : 59-64.
- Wenzel A, Anthonisen PN, Juul MB. Reproducibility in the assessment of caries lesion behaviour: a comparison between conventional film and subtraction radiography. *Caries Res* 2000; 34 : 214-8.
- Minah GE, Vandre RH, Talaksi R. Subtraction radiography of dentinal caries-like lesions induced in vitro by cariogenic bacteria. *Pediatr Dent* 1998; 20 : 345-9.
- Eberhard J, Hartman B, Lenhard M, Mayer T, Kocher T. Digital subtraction radiography for monitoring dental demineralization. *Caries Res* 2000; 34 : 219-24.
- Maggio JJ, Hausmann EM, Allen K, Potts TV. A model for dentinal caries progression by digital subtraction radiography. *J Prosthet Dent* 1990; 64 : 727-32.