

인접면 치근 인공우식병소의 깊이 평가 : 구내 일반 방사선사진과 디지털 방사선사진과의 비교

부산대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실
박현정 · 조봉혜

The radiographic depth of approximal root cavities : A comparative study of conventional and digital radiographs

Hyun-Jung Park, Bong-Hae Cho

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Pusan National University

ABSTRACT

Purpose : To investigate the reproducibility of the conventional and digital radiographs to determine the depth of approximal root cavities.

Materials and Methods : A total of 80 artificial root cavities were prepared in the approximal surfaces of premolars, maxillary and mandibular molars. Standardized radiographs were taken at the baseline (0° horizontal and 0° vertical) and at a horizontal angulation of 10° in both mesial and distal directions. Radiographic cavity depths were measured by both conventional and digital radiographs.

Results : At 0° horizontal angulation, no statistically significant differences could be determined between the results of conventionally and digitally determined radiographic depths with respect to the actual cavity depths in all premolar, maxillary, and mandibular molar groups. All conventional and digital radiographic depths at both 10° mesial and distal angulations showed statistically significant increases in depth compared to the actual cavity depths ($p < 0.05$), with the exception of digital radiographic depth at 10° mesial angulation for premolars. There were no statistically significant differences between conventional and digital radiographic depths for all groups.

Conclusion : The present study suggests that both conventional and digital radiographs provide reproducible assessment of the depth of the approximal root cavity. But horizontal X-ray beam movements are likely to result in increase in radiographic cavity depth. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2003; 33 : 15-20)

KEY WORDS : radiography, dental, digital; dental caries

서 론

치아우식의 진단은 일반적으로 시진, 탐침 등의 임상검사와 더불어 방사선사진 촬영으로 이루어진다. 구내 방사선사진은 특히 임상적으로 관찰이 어려운 인접면 우식진단에 필수적이라고 알려져 있지만,¹⁻⁵ 초기 우식증의 경우 방사선학적 진단능이 낮고⁶⁻¹⁰ 넓은 범위의 관찰자간 및 관찰자내 일치도¹¹⁻¹⁵로 인하여 정확한 진단에 어려움이 있다.

근래에 개발된 구내 디지털 방사선사진은 일반 방사선

사진에 비하여 해상력은 낮지만¹⁶⁻¹⁸ 현상과정에 의한 error가 없고, 환자의 피폭선량이 적으며,¹⁹⁻²¹ 대조도 및 흑화도 조정 등 영상처리가 가능하여 일반 방사선사진의 결점을 극복할 수 있는 영상기법²²⁻²⁴으로 소개되었다. 그리하여 우식진단에 대한 구내 일반 방사선사진과 디지털 방사선사진의 비교연구가 많이 보고되었는데,^{6, 25-40} Price와 Ergul³⁷의 일부 연구에서는 구내 일반 방사선사진의 진단능이 더 높았다고 보고하였으나 그 외 대부분의 연구^{26, 27, 29-31, 33-35}에서는 별 차이가 없었음을 보고하였으며, Svanaes 등⁴⁰은 영상증강 디지털 방사선사진이 구내 일반 방사선사진의 진단능보다 높았다고 보고하였다.

치아우식은 치질의 약 40%가 탈회되어야만 방사선사진에서 관찰이 가능하므로 방사선사진에서의 깊이는 실제보

접수일 : 2002년 11월 15일; 심사일 : 2002년 11월 18일; 채택일 : 2002년 12월 20일
Correspondence to : Dr. Bong-Hae Cho
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Pusan National University, Pusan 602-739, Korea
Tel) 82-51-240-7595, Fax) 82-51-245-8388
E-mail) bhjo@pusan.ac.kr



Fig 1. Radiographic appearance of the approximal root cavities of the same tooth taken at baseline (A), 10° mesial (B) and 10° distal (C) angulations.

다 축소되어 나타나는 경우가 많지만^{30,41-44} 수평각이 주어지면 실제보다 더 크게 나타난다.^{45,46} Chadwick 등⁴⁵은 수평각 변화에 따른 인접면 인공 우식 병소의 방사선학적 깊이를 평가한 결과 수평각도가 커질수록 병소의 깊이가 더 크게 나타났다고 보고하였고, van der Stelt 등⁴⁶은 초기 인공 우식 병소 연구에서 수평각이 치면에 수직으로 입사될 때 가장 진단능이 높았으며 임상적으로 7도까지의 수평각 변화는 허용가능하다고 보고하였다. Benn과 Watson⁴⁷은 산부식 우식 병소 연구에서 수평각은 3도 이하로 주어져야한다고 주장하였다.

치근 우식증은 백악-법랑 경계부 하방에 발생하는 우식증으로 협설면보다 인접면에서 더 흔히 발생한다.^{48,49} 치근은 무기질 함량이 낮은 상아질로 주로 구성되어있어 법랑질보다 우식에 더 민감하며 또한 두께도 얇아서 우식증 발생시 치수와 근접해 나타나는 경우가 많다.⁵⁰ 그러므로 치근 우식의 경우 정확한 깊이 평가가 필요한데 현재까지 대부분의 방사선학적 우식 연구²⁵⁻⁴⁰는 우식 유무에 대한 진단능 연구로서 실제 우식 깊이에 대한 방사선학적 우식 깊이 연구⁴⁵는 아주 드물다.

본 연구의 목적은 인접면 치근 우식증에 있어서 방사선 사진이 얼마나 정확히 그 깊이를 평가하는가를 알아보기 위한 것으로 인공 우식 병소를 형성하여 수평각 변화에 따른 구내 일반 및 디지털 방사선사진에서의 우식 깊이를 비교, 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 실험재료

인접면이 건전한 단근치의 소구치 42개, 3개의 치근을 가진 상악대구치 42개 및 2개의 치근을 가진 하악대구치 36개, 모두 120개의 치아를 이용하였다.

2. 실험방법

1) 인공 우식 병소의 형성 및 매물

실험에 사용된 각 치아는 #1 round bur를 이용하여 인접면의 백악-법랑 경계부에서 하방으로 최대 폭경 및 고경이

각각 3×2 mm인 타원형 병소 내에 0.5 mm-1.5 mm의 다양한 깊이를 가지는 U형의 병소를 형성하였다. 한 블록 당 동일군의 3개의 치아를 배정하여 중앙에 위치한 치아의 근원심면에 병소를 형성하였다. 병소 수는 각각 소구치 28면, 상악 대구치 28면 및 하악 대구치 24면, 총 80면이었다.

3개의 치아를 인접면이 모두 접촉되게 하여 톱밥이 첨가된 석고 블록 내에 매몰하였다. 이때 치근 우식과 유사하게 인공 우식 병소의 하연과 석고상부는 2mm 떨어지게 하여 방사선사진상에서 겹치지 않게 하였다.

2) 구내 일반 및 디지털 방사선사진 채득

수직각 및 수평각 각각 0도로 기준 방사선사진을 촬영하였고, 근심 및 원심으로 각각 10도의 수평각을 주어 2매의 방사선사진을 촬영하여 각 블록 당 3매, 총 120매의 구내 일반 및 디지털 방사선사진을 촬영하였다(Fig 1). 구내 일반 방사선사진은 No. 2 INSIGHT film (Eastman Kodak Co., Rochester, NY, USA)과 Heliodont-DS (Siemens, Bensheim, Germany)을 사용하여 60kVp DC, 7.0 mA, 방사선원-물체간 거리 40 cm, 치아-필름간 거리 1 cm, 0.2초의 노출시간으로 표준화하여 연조직 효과를 내기 위하여 피사체와 관구 사이에 2 cm의 아크릴판을 위치시켜 치근단 표준 촬영법으로 촬영하였으며 A/T2000XR (Air Techniques Inc., Hicksville, NY, USA) 자동현상기로 동일한 조건에서 현상하였다.

디지털 방사선사진은 CCD type의 Jupiter (CDX2000HQ, Biomedisys Co., Seoul, Korea)를 이용하여 노출시간(구내 일반 방사선사진의 1/2인 0.1초)을 제외한 모든 조건을 구내 일반 방사선사진과 동일하게 하여 동시에 촬영하였다. CCD 센서의 active receptor area는 30 mm×20 mm, pixel matrix는 672×448로 windows bitmap 파일로 저장되었고 파일크기는 295 kilobyte였다.

3) 구내 일반 및 디지털 방사선사진의 계측

3명의 치과방사선 전공자가 Vernier Calipers (Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)를 이용하여 치아 외면과 수직을 이루는 인공 우식 병소의 최대 깊이를 0.05 mm 단위로 계측하였으며 한달 후 재 계측하였다. 이때 모든 구내 일반 방

Table 1. Mean (SD) difference (mm) of the radiographic depth with respect to the actual depth

Tooth type	Conventional			Digital		
	Horizontal angulation			Horizontal angulation		
	0	10 (mesial)	-10 (distal)	0	10 (mesial)	-10 (distal)
Premolar	0.12 (0.09)	0.17 (0.18)	0.20 (0.16)	0.14 (0.10)	0.19 (0.15)	0.17 (0.16)
Upper molar	0.11 (0.08)	0.29 (0.20)	0.31 (0.28)	0.13 (0.11)	0.30 (0.20)	0.28 (0.30)
Lower molar	0.14 (0.10)	0.16 (0.17)	0.22 (0.20)	0.15 (0.09)	0.13 (0.13)	0.20 (0.18)
Total	0.12 (0.09)	0.21 (0.19)	0.24 (0.22)	0.14 (0.09)	0.21 (0.17)	0.22 (0.22)

Table 2. Mean percentage depth (SD) of the radiographic cavity with respect to the actual depth

Tooth type	Conventional			Digital		
	Horizontal angulation			Horizontal angulation		
	0	10 (mesial)	-10 (distal)	0	10 (mesial)	-10 (distal)
Premolar	98.9 (17.4)	112.1 (28.4)	116.0 (22.2)	97.3 (21.1)	108.1 (28.6)	112.7 (25.3)
Upper molar	100.4 (14.1)	127.4 (25.1)	128.5 (31.6)	101.4 (17.5)	125.1 (28.9)	126.0 (34.0)
Lower molar	101.4 (21.0)	109.2 (24.8)	117.9 (21.2)	98.7 (19.9)	107.1 (18.4)	114.2 (22.8)
Total	100.2 (17.3)	116.8 (27.1)	121.0 (26.0)	99.2 (19.4)	113.9 (27.3)	117.9 (28.4)

사선사진은 통상적으로 마운트하고 일정한 광도의 판독대에서 2배 확대한 상태로 계측하였으며, 디지털 방사선사진은 17" 모니터 (해상력 1024×768 high color 16 bit) 상에서 일반 방사선사진보다 5.5배 확대된 상태로 프로그램에 내장된 caliper를 이용하여 계측하였다. 이때 대조도 및 흑화도는 가장 적절한 상태로 유지하였다.

4) 실제 인공 우식 병소 깊이 계측

실제 인공 우식 병소의 깊이는 Vernier Depth Gage (Mitutoyo Co., Kawasaki, Japan)로 0.05 mm 단위로 계측하였다.

5) 결과 분석

각 치아군별로 실제 인공 우식 병소 깊이와 각 촬영법에 따른 계측 깊이간의 절대 차 및 백분율을 구하였으며, 각각 쌍체 t-test를 실시하여 계측정확도를 평가하였다. 또한 구내 일반 방사선사진 및 디지털 방사선사진 계측시의 관찰자간 및 관찰자내의 변동계수⁵⁾를 구하였다.

결 과

1. 실제 인공 우식 병소 깊이와 각 방사선사진의 계측 깊이간의 절대 차

실제 인공 우식 병소와의 계측 차이는 구내 일반 및 디지털 방사선사진 모두에서 수평각이 0도였을 때 각각 평균 0.12 mm 및 0.14 mm로 가장 작은 차이를 나타내었으며 근원심으로 10도의 수평각을 주었을 때 평균 0.21 mm-0.24 mm로 그 차이가 커졌다 (Table 1).

Table 3. The results of the paired t-test between the actual and radiographic cavity depths

Tooth type	Conventional			Digital		
	Horizontal angulation			Horizontal angulation		
	0	10 (mesial)	-10 (distal)	0	10 (mesial)	-10 (distal)
Premolar	NS	*	*	NS	NS	*
Upper molar	NS	*	*	NS	*	*
Lower molar	NS	*	*	NS	*	*
Total	NS	*	*	NS	*	*

*statistically significant ($p < 0.05$)

NS; not statistically significant

2. 실제 인공 우식 병소 깊이와 각 방사선사진의 계측 깊이간의 백분율

실제 인공 우식 병소 깊이에 대한 각 방사선사진의 계측 깊이를 백분율로 환산하였을 경우 수평각이 0도였을 경우는 약간 축소되거나 실제와 유사한 크기를 보였으나 근원심으로 10도의 수평각이 주어졌을 때는 병소의 깊이를 평균 13.9-21.0% 과대평가 하였다 (Table 2).

3. 실제 인공 우식 병소 깊이와 각 방사선사진의 계측 깊이간의 쌍체 t-test 결과

모든 치아군에서 수평각이 0도인 경우는 실제 인공 우식 병소 깊이와 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다. 근원심으로 10도의 수평각이 주어진 경우 소구치의 근심 10도 수평각의 디지털 방사선사진군을 제외한 모든 군에서 실제 인공 우식 병소 깊이와 유의성 있는 차이를 나타내

Table 4. The results of the paired t-test between conventional and digital radiographic cavity depths

Tooth type	Horizontal angulation		
	0	10 (mesial)	-10 (distal)
Premolar	NS	NS	NS
Upper molar	NS	NS	NS
Lower molar	NS	NS	NS
Total	NS	NS	NS

NS; not statistically significant

Table 5. The coefficients of variations for inter- and intra observer variabilities

	Coefficient of variation (%)	
	Conventional	Digital
Interobserver variability	8.35	7.49
Intraobserver variability	6.41	5.47

었다 ($p < 0.05$) (Table 3). 구내 일반 및 디지털 방사선사진의 계측 비교시 모든 항목에서 유의성 있는 차이를 나타내지 않았다 (Table 4).

4. 관찰자간 및 관찰자내 변동계수

구내 일반 방사선사진에 대한 관찰자간 및 관찰자내 변동계수는 각각 8.35% 및 6.41%이었고 디지털 방사선사진에 대한 관찰자간 및 관찰자내 변동계수는 각각 7.49% 및 5.47% 이었다 (Table 5).

고 찰

일반적으로 방사선사진에서의 우식 병소의 크기는 실제보다 축소되어 나타나나,⁴¹⁻⁴⁴ 수평각이 주어지면 우식 병소의 확대가 나타난다⁴⁵⁻⁴⁶ 고 알려져 있다. 본 연구에서도 수평각이 치면에 수직으로 입사한 경우에는 병소의 깊이가 약간 축소되거나 실제와 유사한 깊이를 나타낸 반면, 근원심으로 수평각이 주어졌을 때 병소의 깊이가 과장되어 나타났다. 결과적으로 수평각이 0도였을 경우에는 구내 일반 및 디지털 방사선사진의 모든 군에서 실제 병소 깊이와 유의성 있는 차이를 나타내지 않았으나 10도의 수평각이 주어졌을 경우는 소구치의 근심 10도 수평각의 디지털 방사선사진군을 제외한 모든 군에서 실제 깊이와 유의성 있는 차이를 나타내었다 ($p < 0.05$). 소구치의 근심 10도 수평각의 디지털 방사선사진군이 실 계측치와 차이를 보이지 않은 이유는 명확히진 않지만 치아의 형태나 협설폭경이 영향을 주었으리라 판단된다. 수평각 변화에 대하여 상악 대구치가 가장 큰 변화를 보였는데 이것은 상악 대구치가 3개의 치근을 가져 수평각 변화시 치아의 형태에 의해 인

접 건전 치질의 외형이 바깥쪽으로 확대되어 병소의 깊이가 더 깊게 계측되었기 때문인 것으로 생각된다. 그러나 본 연구에서 10도의 수평각 변화에 대하여 실제보다 약 20% 확대된 병소 깊이를 보여 Chadwick 등⁴⁵의 연구와 비교시 확대 정도가 상당히 작았다. Chadwick 등⁴⁵은 인공 우식 깊이 평가에 있어서의 수평각 변화의 영향 연구에서 와동 형태에 따라 확대율이 다르며 와동 깊이가 얕을수록 왜곡정도가 더 크게 나타났다고 보고하였다. 본 연구의 경우 우 병소 깊이는 0.5-1.5 mm로 알았지만 병소의 형태가 타원형으로 직사각형 혹은 실린더형 병소에 비하여 수평각 변화에 영향을 덜 받았고, 치근에 병소를 형성하여 접측면에 형성하였을 경우보다 치질이나 치수의 중첩이 적어 판독에 어려움이 없었기 때문인 것으로 생각된다.

구내 일반 및 디지털 방사선사진의 계측 비교시 디지털 방사선사진의 경우 모든 항목에서 구내 일반 방사선사진에 비하여 약간 작은 계측값을 보였지만 유의성 있는 차이는 없었다. 구내 일반 및 디지털 방사선사진의 인접면 우식증 진단능에 대한 대부분의 연구에서 서로 차이가 없었다는 보고^{29-31, 33-35}에서 추정되는 바와 같이 디지털 방사선사진의 해상력이 구내 일반 방사선사진에 비하여 낮지만¹⁶⁻¹⁸ 해상력의 차이가 치아우식증의 진단에는 큰 영향을 나타내지 않는 것으로 생각된다.¹ Wenzel 등²³ 및 Nair 등³³은 치아우식증의 진단에는 대조도가 더 중요한 역할을 한다고 보고하였다.

Nair 등,³³ White 등³⁵ 및 Svanaes 등⁴⁰은 인접면 우식 유무에 대한 진단능 연구에서 구내 일반 및 디지털 방사선사진의 관찰자간 및 관찰자내 일치도 평가에서 별 차이가 없다고 보고하였으나 본 연구에서는 디지털 방사선사진에서 약간 더 낮은 관찰자간 및 관찰자내의 변동계수를 나타내었다. 이것은 본 연구에서 구내 일반 방사선사진이 2배로 확대된 상태에서 계측된 것과는 달리 디지털 방사선사진의 경우 5.5배로 확대된 상태로 계측되어 관찰자가 좀더 정확한 계측점을 선택할 수 있었기 때문인 것으로 판단되며, 이는 디지털 방사선사진의 경우 판독에 가장 적당한 크기는 6배 확대라는 Møystad 등⁵²의 보고로 설명된다.

또한 본 연구에서 디지털 방사선사진의 경우 구내 일반 방사선사진 노출시간의 1/2로 촬영하였음에도 불구하고 사진 질의 저하를 관찰할 수 없었다는 것은 디지털 방사선사진이 환자의 피폭선량 감소에는 아주 효과적이라는 여러 연구 결과¹⁹⁻²¹를 뒷받침한다.

본 연구는 인접면 치근우식이 있을 경우 그 깊이를 방사선학적으로 얼마나 정확히 평가할 수 있는가를 파악하기 위한 것으로 그 목적상 인공 우식 병소를 형성하였다. 그러나 인공 우식 병소는 분명한 경계를 가지고 병소 내 공기를 함유하고 있는데 반하여 자연 우식병소는 경계가 불분명하고 다양한 정도의 무기질을 함유하고 있으며,⁵³ 또한 상아질까지 우식이 진행되었더라도 와동을 나타내지

않을 수 있다.^{7,54} 그 결과 Kang 등³⁹의 연구에서와 같이 동일 깊이의 병소인 경우 자연 우식 병소에 비하여 인공 우식 병소의 진단능이 높은 결과를 나타낸다. 그러므로 실제 자연 우식의 경우에는 본 연구결과보다 정확도가 더 낮으리라 예상된다.

결론적으로 구내 일반 및 디지털 방사선사진 모두 인접면 인공우식의 깊이를 잘 재현해 내지만 수평각의 왜곡이 있을 경우에는 실제 깊이보다 방사선학적 깊이가 더 크게 나타난다는 사실을 인식하여야 한다.

참 고 문 헌

- Benn DK. Radiographic caries diagnosis and monitoring. *Dentomaxillofac Radiol* 1994; 23: 69-72.
- 김영희, 강병철. 구내방사선사진의 인접면 치아우식 진단에 대한 유용성 평가. *대한구강악안면방사선학회지* 2000; 30: 49-54.
- de Vries HC, Ruiken HM, Konig KG, van't Hof MA. Radiographic versus clinical diagnosis of approximal carious lesions. *Caries Res* 1990; 24: 364-70.
- Hintze H. Screening with conventional and digital bite-wing radiography compared to clinical examination alone for caries detection in low-risk children. *Caries Res* 1993; 27: 499-504.
- de Araujo FB, Rosito DB, Toigo E, dos Santos CK. Diagnosis of approximal caries: radiographic versus clinical examination using tooth separation. *Am J Dent* 1992; 5: 245-8.
- Hintze H, Wenzel A, Jones C. In vitro comparison of D- and E-speed film radiography, RVG, and visualix digital radiography for the detection of enamel approximal and dentinal occlusal caries lesions. *Caries Res* 1994; 28: 363-7.
- Jessee SA, Makins SR, Bretz WA. Accuracy of proximal caries depth determination using two intraoral film speeds. *Gen Dent* 1999; 47: 88-93.
- Pitts NB. Detection of approximal radiolucencies in enamel: a preliminary comparison between experienced clinicians and an image analysis method. *J Dent* 1987; 15: 191-7.
- Espelid I, Tveit AB. Radiographic diagnosis of mineral loss in approximal enamel. *Caries Res* 1984; 18: 141-8.
- Noar SJ, Smith BG. Diagnosis of caries and treatment decisions in approximal surfaces of posterior teeth in vitro. *J Oral Rehabil* 1990; 17: 209-18.
- Valachovic RW, Douglass CW, Berkey CS, McNeil BJ, Chauncey HH. Examiner reliability in dental radiography. *J Dent Res* 1986; 65: 432-6.
- Espelid I, Tveit AB, Fjelltveit A. Variations among dentists in radiographic detection of occlusal caries. *Caries Res* 1994; 28: 169-75.
- Hintze H, Wenzel A. Clinically undetected dental caries assessed by bitewing screening in children with little caries experience. *Dentomaxillofac Radiol* 1994; 23: 19-23.
- Lazarchik DA, Firestone AR, Heaven TJ, Filler SJ, Lussi A. Radiographic evaluation of occlusal caries: effect of training and experience. *Caries Res* 1995; 29: 355-8.
- Lussi A. Impact of including or excluding cavitated lesions when evaluating methods for the diagnosis of occlusal caries. *Caries Res* 1996; 30: 389-93.
- McDonnell D, Price C. An evaluation of the Sens-A-Ray digital dental imaging system. *Dentomaxillofac Radiol* 1993; 22: 121-6.
- Kullendorff B, Nilsson M, Rohlin M. Diagnostic accuracy of direct digital dental radiography for the detection of periapical bone lesions: overall comparison between conventional and direct digital radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 344-50.
- Welander U, McDavid WD, Sanderink GC, Tronje G, Morner AC, Dove SB. Resolution as defined by line spread and modulation transfer functions for four digital intraoral radiographic systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1994; 78: 109-15.
- Wenzel A. Current trends in radiographic caries imaging. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 80: 527-39.
- Horner K, Hirschmann PN. Dose reduction in dental radiography. *J Dent* 1990; 18: 171-84.
- Horner K, Shearer AC, Walker A, Wilson NH. Radiovisiography: an initial evaluation. *Br Dent J* 1990; 168: 244-8.
- Wenzel A, Fejerskov O, Kidd E, Joyston-Bechal S, Groeneveld A. Depth of occlusal caries assessed clinically, by conventional film radiographs, and by digitized, processed radiographs. *Caries Res* 1990; 24: 327-33.
- Wenzel A, Fejerskov O. Validity of diagnosis of questionable caries lesions in occlusal surfaces of extracted third molars. *Caries Res* 1992; 26: 188-94.
- Wenzel A, Larsen MJ, Fejerskov O. Detection of occlusal caries without cavitation by visual inspection, film radiographs, xeroradiographs, and digitized radiographs. *Caries Res* 1991; 25: 365-71.
- 조영근, 박시승. 디지털방사선 사진과 구내방사선 사진의 인접면 인공우식 진단능에 관한 비교연구. *대한치과보존학회지* 2002; 27: 113-21.
- 오경란, 최의환, 김재덕. Digora영상시스템을 이용한 인접면 인공 치아우식병소의 진단능에 관한 연구. *대한구강악안면방사선학회지* 1998; 28: 415-26.
- Abreu M Jr, Mol A, Ludlow JB. Performance of RVGui sensor and Kodak Ektaspeed Plus film for proximal caries detection. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91: 381-5.
- Hintze H, Wenzel A. Influence of the validation method on diagnostic accuracy for caries. A comparison of six digital and two conventional radiographic systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 44-9.
- Svanaes DB, M ystad A, Risnes S, Larheim TA, Gröndahl HG. Intraoral storage phosphor radiography for approximal caries detection and effect of image magnification: comparison with conventional radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 94-100.
- Syriopoulos K, Sanderink GC, Velders XL, van der Stelt PF. Radiographic detection of approximal caries: a comparison of dental films and digital imaging systems. *Dentomaxillofac Radiol* 2000; 29: 312-8.
- Tyndall DA, Ludlow JB, Platin E, Nair M. A comparison of Kodak Ektaspeed Plus film and the Siemens Sidedix digital imaging system for caries detection using receiver operating characteristic analysis. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 113-8.
- Li G, Yoshiura K, Welander U, Shi XQ, McDavid WD. Detection of approximal caries in digital radiographs before and after correction for attenuation and visual response. An in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 113-6.
- Nair MK, Nair UP. An in-vitro evaluation of Kodak Insight and Ektaspeed Plus film with a CMOS detector for natural proximal caries: ROC analysis. *Caries Res* 2001; 35: 354-9.
- Wenzel A. Digital radiography and caries diagnosis. *Dentomaxillofac Radiol* 1998; 27: 3-11.
- White SC, Yoon DC. Comparative performance of digital and con-

- ventional images for detecting proximal surface caries. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 32-8.
36. Naitoh M, Yuasa H, Toyama M, Shiojima M, Nakamura M, Ushida M. et al. Observer agreement in the detection of proximal caries with direct digital intraoral radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1998; 85: 107-12.
 37. Price C, Ergul N. A comparison of a film-based and a direct digital dental radiographic system using a proximal caries model. *Dentomaxillofac Radiol* 1997; 26: 45-52.
 38. Wenzel A, Borg E, Hintze H, Gröndahl HG. Accuracy of caries diagnosis in digital images from charge-coupled device and storage phosphor systems: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24: 250-4.
 39. Kang BC, Farman AG, Scarfe WC, Goldsmith LJ. Observer differentiation of proximal enamel mechanical defects versus natural proximal dental caries with computed dental radiography. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1996; 82: 459-65.
 40. Svanaes DB, Møystad A, Larheim TA. Approximal caries depth assessment with storage phosphor versus film radiography. Evaluation of the caries-specific Oslo enhancement procedure. *Caries Res* 2000; 34: 448-53.
 41. Christensen GJ. Dental radiographs and dental caries: a challenge. *J Am Dent Assoc* 1996; 127: 792-3.
 42. Gratt BM, White SC, Bauer JG. A clinical comparison between xeroradiography and film radiography for the detection of recurrent caries. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1988; 65: 483-9.
 43. Douglass CW, Valachovic RW, Wijesinha A, Chauncey HH, Kapur KK, McNeil BJ. Clinical efficacy of dental radiography in the detection of dental caries and periodontal diseases. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1986; 62: 330-9.
 44. Porter KH, von der Lehr WH. Diagnosing incipient posterior interproximal caries. *Gen Dent* 1986; 34: 138-9.
 45. Chadwick BL, Dummer PM, van der Stelt PF. The effect of alterations in horizontal x-ray beam angulation and bucco-lingual cavity width on the radiographic depth of approximal cavities. *J Oral Rehabil* 1999; 26: 292-301.
 46. van der Stelt PF, Ruttiman UE, Webber RL, Heemstra P. In vitro study into the influence of X-ray beam angulation on the detection of artificial caries defects on bitewing radiographs. *Caries Res* 1989; 23: 334-41.
 47. Benn DK, Watson TF. Correlation between film position, bite-wing shadows, clinical pitfalls, and the histologic size of approximal lesions. *Quintessence Int* 1989; 20: 131-41.
 48. Schaecken MJ, Keltjens HM, van der Hoeven JS. Effects of fluoride and chlorhexidine on the microflora of dental root surfaces and progression of root-surface caries. *J Dent Res* 1991; 70: 150-3.
 49. Fure S. Five-year incidence of coronal and root caries in 60-, 70- and 80-year-old Swedish individuals. *Caries Res* 1997; 31: 249-58.
 50. Gilmour AS, Edmunds DH, Newcombe RG. Prevalence and depth of artificial caries-like lesions adjacent to cavities prepared in roots and restored with a glass ionomer or a dentin-bonded composite material. *J Dent Res* 1997; 76: 1854-61.
 51. De Smet E, Jacobs R, Gijbels F, Naert I. The accuracy and reliability of radiographic methods for the assessment of marginal bone level around oral implants. *Dentomaxillofac Radiol* 2002; 31: 176-81.
 52. Møystad A, Svanaes DB, Larheim TA, Gröndahl HG. Effect of image magnification of digitized bitewing radiographs on approximal caries detection: an in vitro study. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24: 255-9.
 53. Newbrun E. *Cariology*. 3rd ed. Chicago: Quintessence; 1989. p. 250-5.
 54. Ratledge DK, Kidd EA, Beighton D. A clinical and microbiological study of approximal carious lesions. Part 1: the relationship between cavitation, radiographic lesion depth, the site-specific gingival index and the level of infection of the dentin. *Caries Res* 2001; 35: 3-7.