

구내방사선사진의 인접면 치아우식 진단에 대한 유용성 평가

전남대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실

김영희·강병철

The Value of Periapical Radiograph in the Diagnosis of Interproximal Caries

Young-Hee Kim, Byung-Cheol Kang

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Chonnam National University

ABSTRACT

Purpose : To compare the diagnostic performance of clinical and radiologic examination for the interproximal caries on intraoral periapical radiographs and to evaluate the value of periapical radiographs.

Methods : One hundred seven dental patients were examined clinically, with a mouth mirror and an explorer, by a dentist at the department of oral medicine, and the presence or absence of interproximal caries lesion was recorded. The patients were prescribed one or more dental periapical radiographs. Radiographs were assessed for the presence of interproximal caries by three oral and maxillofacial radiologists independantly. Two thousand sixty interproximal surfaces were included in this study. The diagnostic accuracies of clinical and radiologic examinations for interproximal caries were calculated. To assess the degree of agreement between clinical and radiologic examinations, Cohen's coefficient of agreement was computed.

Results : The specificity of clinical and radiologic examination was 0.991, 0.997 and the sensitivity was 0.279, 0.985 respectively. The diagnostic accuracy of radiologic examination was statistically significantly higher than that of clinical examination ($P < 0.05$). Cohen's kappa value of clinical and radiologic examination was 0.335, 0.942 respectively. These results suggested that clinical examination show only fair agreement, whereas radiologic examination show perfect agreement.

Conclusion : The diagnositic performance of the dental periapical radiographs on interproximal caries were higher than that of clinical examination, thus this study showed the validity of periapical radiographs for detecting interproximal caries lesion without bitewing radiograph. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2000 ; 30 : 49-54)

KEY WORDS : interproximal caries, radiography; periapical

서론

치아탈회에 의해 발생하는 치아우식을 기록하여 진단하기 위해서는 방사선사진이 필요하다. 임상검사에서는 발견되지 않던 인접면 치아우식은 구내방사선사진을 통하여 50% 이상 더 발견될 수 있다.¹

1933년에서 1987년까지 치아우식에 관한 29개 연구발표는, 인접면 치아우식은 임상검사만 시행했을 때보다 교익방사선검사를 시행한 경우에 50%-1300%의 진단율 증가

가 있어 인접면 치아우식을 진단하는데 교익방사선검사가 필수적이라고 하였다.² 임상검사에 비해 전악구내방사선검사를 하면 80% 이상 더 인접면 치아우식을 발견할 수 있다고 한다.³

구내방사선사진으로 치아우식을 진단하는데 영향을 미치는 요소에는 촬영조건, 방사선사진상의 질, 판독조건, 관찰자 등이 있다.^{4,6} 1981년 이후로 그 전보다 감광도가 높은 필름(E speed)을 사용하므로 노출시간이 짧아 환자의 움직임에 의한 상의 흐림이 적게 나타났다.^{7,8} 현재는 대부분 E-speed plus 필름을 사용하므로 D-speed 필름을 사용한 연구결과와는 다른 진단결과를 예상할 수 있다. 현상액의 농도, 현상시간, 온도, 현상액의 종류에 따라 상의 질이 달라⁹ 우식진단결과에 영향을 미칠 수 있다. 우식진단에 적절한 65-75 kVp를 벗어나게 되면 대조도가 낮아 우식을 진

접수일 : 1999년 12월 7일 채택일 : 2000년 1월 6일
Correspondence to : Young-Hee Kim
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, Chonnam National University,
Dongku, Hak 1 dong 8, Kwangju, 501-190
Tel) 062-220-5426, Fax) 062-228-2924
E-mail) cnuomfr@cuh.chonnam.ac.kr

단하는데 부적절할 수 있다.¹⁰ 그러나 관전압, 여과, 노출조건 등의 영향도 중요하지만 관찰자나 판독실의 조명과 분위기 등이 우식진단에 더 영향을 미칠 수 있다.⁵ 또한 병소가 큰 경우 작은 병소보다 더 잘 발견되기 쉬워서 우식병소의 크기에 따라 진단율이 달라질 수 있다.^{12,13}

FDA (Food and Drug Administration) 지침을 따르는 나라에서는 전악구내방사선촬영으로 전악치근단방사선사진과 교익방사선사진을 함께 포함하고 있다.^{1,7} 이전의 연구들 역시 전악치근단방사선사진과 교익방사선사진 또는 교익방사선사진만으로 인접면 치아우식을 평가해왔다. 그러나 국내에서는 전악구내방사선사진을 촬영할 때 교익방사선사진을 제외하고 치근단방사선사진 14장 만을 촬영하고 있다. 따라서 치근단방사선사진만을 촬영하는 경우에도 인접면 치아우식 진단의 유용성이 있는지 평가해 볼 필요성이 있다.

그러므로 본 연구에서는 전남대학교병원 치과에 내원하는 환자를 대상으로 임상검사와 방사선검사를 시행하여 얻어진 인접면 치아우식의 진단능을 서로 비교하여 구내방사선사진 촬영의 유용성을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구대상 및 임상검사

1999년 4월부터 9월까지 전남대학교병원 치과에 내원한 환자를 연구대상으로 하였다. 이 기간에 내원한 환자 중에서 3명의 구강악안면방사선학 전공의가 동시에 판독할 여유가 있었던 환자를 대상으로 하였으며, 총 107명이었다. 치아우식을 주소로 내원하지 않은 환자도 포함되었다.

전남대학교 치과진료처 구강내과전공의가 치경과 탐침을 이용하여 임상검사를 시행하였으며, unit chair에서 light를 조사해서 검사하였다. 이때 발견된 인접면 치아우식을 구강내 다른 임상소견과 함께 의무기록지에 근·원심면을 구분하여 기록하였다.

2. 구내치근단방사선사진 촬영 및 현상

70kVp, 7mA로 고정된 GX 770 (Gendex Co., IL, USA) 또는 60/70 kV, 7 mA로 조절되는 Oralix DC (Gendex Co., Milano, Italy) 촬영기를 임의로 선택하여 촬영하였다. Ektaspeed plus (Eastman Kodak, Rochester, N.Y., USA) 필름을 필름유지기구 (XCP, RINN Co., IL, USA)에 위치시켜 평행촬영법으로 촬영하였다. 방사선노출량은 환자의 나이, 성별 등에 따라 노출기준표에 따라 정하였다. 촬영한 모든 필름은 DÜRR XR24 Nova (Dürr-Dental Co., Bietigheim-Bissingen, Germany) 또는 Pro 200 (Young-Han Co., Seoul, Korea) 2종류의 자동현상기로 현상하였으며 이들 현상기는 같은 종류의 현상액 (Kodak Readiomatic, Kodak Co., N.Y.,

USA)을 사용하였다. 연구대상에 포함되지 않은 다른 환자들의 구내방사선 필름도 같은 현상기로 현상하였다. 현상액과 정착액은 1주일에 2번 (월·목요일) 교환하였으며, 온도는 29°C (XR24 Nova)와 30°C (Pro 200)로 일정하게 유지시켰다.

3. 구내치근단방사선사진의 판독

현상된 방사선사진은 필름마운터 (Sung-Shin Co., Seoul, Korea)에 넣었다. 구내방사선사진 판독자는 구강악안면방사선과 전공의 3명으로 구성되었다. 판독은 임상검사를 시행한 동일한 날, 동일한 환경에서 이루어졌다.

우식유무를 기록하는 방법을 표준화시키기 위해 판독하기 전에 3명의 관찰자들에게 판독방법을 구두로 설명하여, 인접면이 겹치거나,¹⁴ 보철물, 수복물이 있는 치아,¹⁵ 제3대구치를 제외하고, 백악법랑경계부를 포함하여 치관부에 존재하는 우식만을 기록하게 하였다. 3명의 관찰자 판독은 각각 독립적으로 이루어졌으며 치근단구내방사선사진만을 판독하였으며 우식의 유무만 표기하도록 하였다. 3명의 관찰자 중 2명의 판독자가 우식의 유무를 동일하게 판정한 경우만 방사선검사 결과로 하였다.

4. 병소유무결정

실제 인접면 치아우식의 존재여부에 대한 절대기준 (Gold standard)은 구내치근단방사선사진을 기초로하여¹⁶ 임상기록소견을 참조한 후 방사선사진을 판독한 것으로 정하였다. 구강악안면방사선학 전공의 3명 중 2명이 우식이 있다고 진단한 경우를 진양성 (true positive)으로, 우식이 없다고 진단한 경우를 진음성 (true negative)라고 정하였다.

5. 결과분석

SPSS version 8.0 (SPSS Inc., Chicago, Ill., USA)의 two-by-two tabular presentation을 이용하여 임상검사와 방사선검사의 진양성 (true positive), 위양성 (false positive), 진음성 (true negative), 위음성 (false negative)을 구하였다 (Table 1).^{17,18}

민감도 (sensitivity), 특이도 (specificity), 양성, 음성예측도 (predictive value), 그리고 진단정확도 (diagnostic accuracy)를 산출하였다.¹⁷

Table 1. 2 × 2 crosstabulation between gold standard and clinical or radiologic examination

Test		Gold standard	
		Positive	Negative
Positive	Positive	TP	FP
	Negative	FN	TN

TP : true positive TN : true negative
FP : false positive FN : false negative

Table 2. Results of clinical examination

		Gold standard		
		Caries	No caries	
Clinical exam.	Caries	19	22	41
	No caries	49	2,470	2,519
		68	2,492	2,560

Table 3. Results of radiologic examination

		Gold standard		
		Caries	No caries	
Radiol. exam.	Caries	67	7	74
	No caries	1	2,485	2,486
		68	2,492	2,560

Table 4. Sensitivity, Specificity, Predictive value, and Overall agreement

	Sensitivity	Specificity	Predictive value (+)	Predictive value (-)	Overall agreement
Clinical exam.	0.279	0.991	0.463	0.991	0.972
Radiol. exam.	0.985	0.997	0.905	0.999	0.997

이들은 다음과 같이 표시된다.¹⁸

Sensitivity (percentage of existing lesions detected) = TP / (TP + FN) = TP%

Specificity (percentage of normal cases identified) = TN / (TN + FP) = TN%

Positive predictive value (percentage of positive diagnoses that are correct) = TP / (TP + FP)

Negative predictive value (percentage of negative diagnoses that are correct) = TN / (TN + FN)

Diagnostic accuracy (percentage of correct diagnoses) = (TP + TN) / TP + FP + TN + FN)

또한 우식치면과 건전치면에 대한 임상검사와 구내치근 단방사선검사간의 진단을 차이를 비교하기 위해 McNemar test를 시행하였으며 (Table 5, 6) 양성, 음성예측도 차이를 비교하기 위해 Chi-squared test를 시행하였다 (Table 7, 8).¹⁹ 절대기준에 대한 임상검사와 방사선검사의 신뢰도를 평가하기 위해 Cohen's kappa value를 구하였다 (Table 9).²⁰ 이론적으로 kappa value의 범위는 +1.00에서 0.00 (zero)이며 kappa value가 0.8보다 크면 완전한 일치 (perfect agreement), 0.6에서 0.8이면 상당한 일치 (substantial agreement), 0.4에서 0.6이면 중등도 일치 (moderate agreement), 0.2에서 0.4이면 낮은 일치 (only fair agreement)를 나타낸다.²¹

Table 5. 2 × 2 table on clinical versus radiologic examination for carious interproximal surface

		Gold exam.	Radiol. exam.	
Gold standard	sound	19	67	86
	caries	22	7	29
		41	74	115

$\chi^2 = 21.8 > 3.841 (\alpha = 0.05)$

Table 6. 2 × 2 table on clinical versus radiologic examination for sound interproximal surface

		Gold exam.	Radiol. exam.	
Gold standard	sound	2,470	2,485	4,955
	caries	49	1	50
		2,519	2,486	5,005

$\chi^2 = 2,399 > 3.841 (\alpha = 0.05)$

Table 7. 2 × 2 table on clinical versus radiologic examination for positive predictive value

		Gold exam.	standard. exam.	
caries surface	Clinical exam.	19	22	41
	Radiol. exam.	67	7	74
		86	29	115

$\chi^2 = 27.6 > 3.841 (\alpha = 0.05)$

Table 8. 2 × 2 table on clinical versus radiologic examination for negative predictive value

		Gold standard		
		caries	sound	
Sound surface	Clinical exam.	49	2,470	2,519
	Radiol. exam.	1	2,485	2,486
		50	4,955	5,005

$\chi^2 = 45.8 > 3.841 (\alpha = 0.05)$

Table 9. Kappa value between gold standard and clinical or radiologic examination

	Kappa-valu
Clinical examination	0.335
Radiologic examination	0.942

연구성적

총 107명 환자의 인접치면 중 인접면이 겹치거나 보철물, 수복물이 있는 경우를 제외하고 총 2,560개 치면에 대한 임상, 방사선검사 결과만이 연구에 포함되었다. 환자의 연

령분포는 15세부터 84세까지였으며 평균연령은 45세였다. 절대기준(gold standard)에서 치아우식이 없는 건전인접치면은 2,492면, 인접면 치아우식이 있는 치면은 68면이었다.

임상검사 결과 총 68개의 인접면 우식치면 중 19개 치면이 우식이 있다고 진단되었고 총 2,492개의 건전인접치면 중 2,470개 치면이 우식이 없다고 진단되었다. 우식이 있음에도 우식이 없다고 한 경우가 49개 치면이었고 우식이 없음에도 불구하고 우식이 있다고 한 경우가 19개 치면이었다(Table 2).

방사선검사 결과 총 68개의 인접면 우식치면 중 67개 치면이 우식이 있다고 진단되었고 총 2,492개의 건전인접치면 중 2,485개 치면이 우식이 없다고 진단되었다. 우식이 있는데도 우식이 없다고 한 경우가 1개 치면, 우식이 없는데도 우식이 있다고 한 경우가 7개 치면으로 나타났다(Table 3).

임상검사와 방사선검사의 민감도(sensitivity)는 각각 0.279, 0.985로 나타났고 특이도(specificity)는 각각 0.991, 0.997로 나타났다. 양성예측도(positive predictive value)는 각각 0.463, 0.905로 나타났고 음성예측도(negative predictive value)는 각각 0.991, 0.999로 나타났다. 진단정확도를 나타내는 overall agreement는 각각 0.972, 0.997로 나타났다(Table 4).

우식치면에 대한 임상검사와 방사선검사의 진단율을 비교해 보았을 때 방사선검사가 임상검사보다 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$) (Table 5).

건전치면에 대한 임상검사와 방사선검사의 진단율은 방사선검사가 임상검사보다 통계적으로 유의하게 높았으며($P < 0.05$) (Table 6), 양성, 음성예측도 역시 임상검사보다 방사선검사에서도 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$) (Table 7, 8).

임상절대기준(gold standard)과의 상호일치도 평가에서 임상검사와 방사선검사의 kappa value는 각각 0.335, 0.942로써 임상검사에서는 낮은 일치(only fair agreement), 방사선검사에서는 완전한 일치(perfect agreement)를 나타냈다(Table 9).

총괄 및 고찰

환자들은 진단목적으로 사용되는 방사선이 인체에 해롭다는 사실 때문에 방사선검사에 대한 거부감을 가지고 있어, 임상가들은 방사선촬영시 환자가 받는 방사선량은 최소화하면서 최대한의 정보를 얻는 것이 중요하다.¹ 방사선 피폭량을 줄이기 위해 직사각형 시준기(rectangular position indicating device or precision film-holding instrument)를 이용하면 환자 피부표면 노출을 60% 이상 감소시킬 수 있으나⁷ 본 연구에서는 일반적으로 사용되는 원형 조사통을 이용하였다. 치근단구내방사선사진을 촬영할 때 평행촬영법

과 등각촬영법이 이용되지만 촬영자간의 촬영방법을 어느 정도 표준화시키기 위해 필름유지기구(XCP)를 사용하여 평행촬영법을 사용하였다. 또한 연구에 사용된 E speed 감도 필름은 D speed 필름과 비교시 인접면 치아우식의 진단율이 통계적으로 유의한 차이를 보이지는 않지만 환자의 방사선 노출량을 40-50%까지 최소화 할 수 있다.²²

대개 환자들이 처음 내원하면 FDA 지침에 따라 전악구 내방사선사진이나 파노라마 방사선사진을 촬영하게 된다.⁷ 파노라마 방사선사진은 적은 방사선 노출로 많은 정보를 얻을 수 있으며 구내방사선사진을 촬영하기 어려운 경우나 병소의 크기가 광범위하여 구내방사선사진으로 관찰하기 어려운 질환을 진단하기 위하여 사용된다. 그러나 인접면 치아우식 병소의 유무를 판단하는데는 치근단방사선사진보다 우식진단율이 더 낮다.²⁰ 크기가 작은 인접면 치아우식을 발견하기 위해서는 교익방사선사진이 필수적²이지만, 구치부에서의 교익방사선사진과 치근단방사선사진의 우식진단율에 대한 민감도(sensitivity)는 유의한 차이가 없다고 한다.²³ 따라서 본 연구에서는 교익방사선사진 대신 구내치근단방사선사진을 이용하였으며, 교익방사선사진과 치근단방사선사진을 함께 촬영하거나 교익방사선사진만을 촬영한 이전의 연구들과 우식진단율에 대하여 비교하고자 하였다. 치아우식을 진단할 때 촬영조건이나 관찰자가 달라서 진단율에 관한 연구결과는 다를 수 있다.^{4,8} 본 연구결과 방사선검사의 인접면 치아우식에 대한 민감도는 0.985로 Pitts, Reis 등 이전의 연구들과 비슷한 결과를 보였다.^{2,3} 특이도는 각각 0.991, 0.997로 나타났으며 양성, 음성 예측도는 각각 0.463, 0.905로 나타났다. 또한 각각의 우식진단율을 비교하였을 때 진단율은 방사선검사에서도 모두 통계적으로 유의하게 높았다($P < 0.05$).

임상검사보다 방사선검사에서도 우식진단율이 높은 것은 여러 요인들과 관련이 있다. 우선 교합면과 협측, 설측 치아우식은 임상검사만으로도 충분히 진단될 수 있으나 인접면 치아우식은 임상검사에서도 발견하기가 힘들다.⁷ 또한 검사 대상인 치아의 상태에 따라 달라질 수 있는데 깨끗이 치면 세마 하고 건조시킨 후 치아를 관찰하면 임상검사에서도 우식이 더 많이 진단될 수 있다.²⁴ 치아우식을 진단하기 위해 light scattering, endoscopic method, laser fluorescence, fibre-optic transillumination, electric resistance를 이용한 방법들이 개발되었으나^{6,24} 비용, 편리성 등의 문제로 널리 이용되고 있지 않다. 따라서 본 연구에서는 실제 임상 진단환경에서 시행되는 치경과 탐침을 이용한 임상검사를 시행하였다.

탐침, 치경, 치주탐침기 그리고 unit chair의 light를 통한 White의 연구에서 임상검사에 대한 인접면 치아우식진단 민감도는 0.56, 특이도는 0.81이었으며,²⁵ 구치부 인접면 치아우식을 진단할 때 fibre-optic transillumination을 사용한 Mitropoulos 연구에서는 민감도가 0.73, 특이도가 0.99로 높

게 나타났다.²⁶ 원인은 설명할 수 없지만 본 연구에서 인접면 치아우식진단에 대한 임상검사의 민감도는 0.279로 예상보다 낮았으며 특이도는 0.991로 다른 연구결과와 비슷하였다.

실제 치아우식의 존재여부에 대한 기준(gold standard)은 다양하다. 일반적인 방법²⁷과 같이 전공경력이 2년 이상된 구강악안면방사선학 전공의 6명으로부터 병소의 깊이에 따라 일치도가 높은 점수(4인 이상)를 기준으로 정하거나^{11-13,28} 임상적으로는 해당치아를 발거할 수 없으므로 방사선 사진만을 판독하여 정하기도 하였다.¹⁶

또한 실험실 연구에서는 발거한 치아를 절단하여 병리 검사해서 우식의 유무를 정하기도 하였다.^{22,29} 본 연구에서는 실제 환자를 대상으로 하였기 때문에 치아를 발거할 수 없었으며 병소 깊이는 고려하지 않았다. 임상검사를 시행한 후 방사선검사를 하면 방사선검사만 시행한 경우보다 더 많은 정보를 얻을 수 있다.²³ 따라서 임상소견을 참조한 후 방사선사진을 판독한 경우를 절대기준(gold standard)으로 정하였다. 구강악안면방사선학 전공의 3명 중 2명이 우식이 있다고 한 경우를 진양성(true positive)으로, 우식이 없다고 한 경우를 진음성(true negative)라고 정하였다. 우식으로 표기된 부분이 방사선사진상에서는 건전치로 진단되었을 경우에는 방사선사진상에서는 없는데 임상적으로 우식이 나타나 보이는 확률은 낮아서³⁰ 임상검사를 다시 시행하여 확인하였다.

방사선검사에서 0.3%의 위양성진단(false positive)이 있었다. 이는 방사선사진상에서 방사선투과상으로 보인 것이 실제로는 우식이 아니라 치아의 교모나 마모, 파절로 인한 결손 뿐만 아니라 치경부소환인 경우였다. 이러한 방사선투과상은 그 외형이나 위치로써 우식과 구별이 되긴 하지만³¹ 임상검사를 통해 확인하는 것이 필요하였다.

방사선검사에서 인접면 치아우식 병소의 깊이가 깊을수록 진단율이 높아지고,^{12,13} 인접면 치아우식 병소가 상당히 크다면 임상검사에서도 쉽게 발견될 수 있으리라 추정됨으로 차후의 연구는 병소의 깊이에 따른 진단율의 차이를 평가하는 것이 바람직할 것이다.

이 연구결과에 의하면 인접면 치아우식에 대한 임상검사와 방사선검사의 진단율을 비교한 결과 방사선검사의 진단율이 높게 나타나, 이 연구조건에서는 구내치근단방사선 사진이 인접면 치아우식 진단에 매우 유용하다고 생각된다.

참 고 문 헌

- White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; principles and interpretation. 4th ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc; 1994. p. 272.
- Kidd EAM, Pitts NB. A reappraisal of the value of the bitewing radiograph in the diagnosis of posterior proximal caries. Br Dent J 1990; 1689: 195-200.
- Reis IM, Flack VF. Findings of clinical and radiographic caries among several adult age groups. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1998; 86: 760-4.
- Arnold LV. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Part I. The influence of exposure conditions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 64: 221-31.
- Arnold LV. The radiographic detection of initial carious lesions on the proximal surfaces of teeth. Part II. The influence of viewing conditions. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 64: 232-40.
- Pine CM, ten Bosch JJ. Dynamics of and diagnostic methods for detecting small carious lesions. Caries Res 1996; 30: 381-8.
- Goaz PW, White SC. Oral Radiology; principles and Interpretation. 3rd ed. St. Louis: Mosby-Year Book Inc; 1992. p. 306.
- Kaffe I, Gratt BM. E-speed dental films processed with rapid chemistry: A comparison with D-speed film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 64: 367-72.
- Manson-Hing LR, Monnier PY. Radiographic densitometric evaluation of seven processing solutions. Oral Surg 1975; 39: 493-501.
- Langlais RP, Langland OE, Nortje CJ. Diagnostic imaging of the jaws. Malvern: Williams & Wilkins; 1995. p. 179.
- 김수지, 강병철. 구내방사선 사진상의 인접면 치아우식진단능 평가. 대한구강악안면방사선학회지 1998; 28: 37-46.
- Kang BC, Farman AG, Scarfe WC, Goldsmith LJ. Mechanical defects in dental enamel versus natural dental caries: Observer differentiation using Ektaspeed plus film. Caries Res 1996; 30: 156-62.
- Kang BC, Farman AG, Scarfe WC, Goldsmith LJ. Observer differentiation of proximal enamel mechanical defects versus natural proximal dental caries with computed dental radiology. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 1996; 82: 459-65.
- Ruiken HMHM, Truin GJ, K nig KG, Elvers JWH. An evaluation of agreement between clinical and radiographical diagnosis of approximal carious lesions. Caries Res 1986; 20: 451-7.
- Barr JH, Gresham AH. The detection of carious lesions on the proximal surfaces of teeth. JADA 1950; 41: 198-204.
- Flack VF, Atchison KA. Relationships between clinician variability and radiographic guidelines. J Dent Res 1996; 75: 775-82.
- Philips WC, Scott JA, George Blasczynski. Statistics for diagnostic procedures; I. How sensitive is "sensitivity"; How specific is "specificity"? AJR 1983; 140: 1265-70.
- Gelfand DW, Ott DJ. Methodologic considerations in comparing imaging methods. AJR 1985; 144: 1117-21.
- Beth Dawson-Saunders, Trapp RG. Basic and clinical biostatistics; a LANGE medical book. 2nd ed. East Norwalk: Appleton and Lange; 1994. p. 54-8.
- Valachovic RW, Douglass CW. Examiner reliability in dental radiography. J Dent Res 1986; 65: 432-6.
- Landis JL, Koch GG. The measurement of observer agreement for categorical data. Biometrics 1977; 33: 159-74.
- Waggoner WF, Ashton JJ. Comparison of Kodak D-speed and E-speed x-ray film in detection of proximal caries. J Dent Child 1988; 55: 459-62.
- Douglass CW, Valachovic RW, Anila Wijesinha, Chauncey HH, Kapur KK, McNeil BJ. Clinical efficacy of dental radiography in the detection of dental caries and periodontal diseases. Oral Surg 1986; 62: 330-9.
- Pitts NB. Review article The use of bitewing radiographs in the management of dental caries: scientific and practical considerations. Dentomaxillofac Radiol 1996; 25: 5-16.
- White SC, Atchison KA, Hewlett ER, Flack VF. Efficacy of FDA guidelines for ordering radiographs for caries detection. Oral Surg

- Oral Med Oral Pathol 1994;77:531-40.
26. Mitropoulos CM. The use of fibre-optic transillumination in the diagnosis of posterior approximal caries in clinical trials. *Caries Res* 1985; 19:379-84.
27. Marthaler TM, Germann M. Radiographic and visual appearance of small smooth surface caries lesions studied on extracted teeth. *Caries Res* 1970;4:224-42.
28. 윤숙자, 정현태, 강병철. 위터스, 파노라마 방사선사진과 Scanora 방사선사진의 상악동 점막비후 진단 결과의 비교. *대한구강악안면방사선학회지* 1995;25:389-97.
29. Mileman PA, van der Weele LT. The role of caries recognition; treatment decisions from bitewing radiographs. *Dentomaxillofac Radiol* 1996;25:228-33.
30. de Vries HCB, Ruiken HMHM, König KG, van't Hof MA. Radiographic versus clinical diagnosis of proximal carious lesions. *Caries Res* 1990;24:364-70.
31. Pitts NB. The bitewing examination as a preventive aid to the control of approximal caries. *Clin Preven Dent* 1984;6:12-5.