

Kodak Insight 구내필름의 치아우식증 진단능에 대한 연구

원광대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실, *경희대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실

윤영남 · 이상래* · 이병도

Diagnostic accuracy of Insight intraoral film on dental caries

Young Nam Yoon, Sang-Rae Lee*, Byung-Do Lee

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Wonkwang University

*Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Kyunghee University

ABSTRACT

Purpose : To compare the diagnostic accuracy of Kodak Insight film with other intra-oral films in the detection of dental caries.

Materials and Methods : Periapical radiographs of 99 extracted human teeth with sound proximal surfaces and interproximal artificial cavities were made on Kodak Ultra speed, Ektaspeed, Agfa Ektaspeed and Kodak Insight films and automatically processed. Six dentists examined the presence of dental caries using a five-point confidence rating scale and compared the diagnostic accuracy by ROC (Receiver Operating Characteristic) analysis and ANOVA test.

Results : The sensitivity of Kodak Ultra speed, Ektaspeed, Agfa Ektaspeed and Insight film were 0.84, 0.77, 0.75 and 0.79 respectively. The specificity of Kodak Ultra speed, Ektaspeed, Agfa Ektaspeed and Insight film were 0.97, 0.95, 0.96 and 0.94 respectively. The mean ROC areas (Az) of Kodak Ultra speed, Ektaspeed, Agfa Ektaspeed and Insight film were 0.917, 0.910, 0.894, 0.909 respectively. There was no significant differences between Az of Insight film and other films ($p=0.178$).

Conclusion : These results suggested that Kodak Insight film have the comparative diagnostic accuracy of dental caries with Ultraspeed and Ektaspeed films. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2004; 34 : 19-23)

KEY WORDS : Diagnosis; Dental Caries; X-Ray Film

서 론

현재 임상에서는 감광도 D군, E군과 더불어 감광도 E 혹은 F군으로 분류되는 Kodak Insight 필름이 사용되고 있으며 그 사용빈도가 증가하고 있는 추세에 있다.^{1,2} 감광도가 높을수록 환자에 대한 X선 조사시간을 감소시킬 수 있기 때문에^{3,4} 감광도가 높은 필름을 이용하는 것이 방사선방어 측면에서는 유리하다고 할 수 있으나 고감광도 필름일수록 할로겐화는 입자의 크기가 상대적으로 증가하기 때문에 그 영상질 (image quality)은 저하된다는 보고들이 있었으며^{5,6} 실제로 임상가들 중에는 E군에 비해 감광도가 떨어지는 D

군 필름을 선호하는 경향이 있었는데 D군의 방사선사진 영상질이 뛰어나다는 것이 선호의 이유였다.^{7,8} 영상질을 평가하는 방법에는 MTF(modulation transfer function)법을 이용하여 흐림정도(blur)를 평가하거나 해상력을 측정하는 방법, 입자성 등을 평가하는 RMS(Root Mean Square)법 등의 객관적인 방법이 있으며,⁹ 주관적인 방법에는 ROC(Receiver Operating Characteristics)법 등이 있다.¹⁰ 이 중 ROC법은 의학영상이나 치과방사선학 분야에서 진단용 영상시스템의 진단능을 비교 평가하는 방법으로 널리 이용되어지고 있으며 특이도와 민감도를 구하고 ROC 곡선 하방의 면적을 측정하여 진단능을 구하게 된다.^{11,12} 감광도가 상이한 구내 필름들의 진단능에 대해서는 그동안 많이 연구되어 감광도 E군 필름이 D군 필름에 비해 상대적으로 영상질이 저하되어 보이거나^{6,13,14} 비슷한 영상을 보인다는 보고들이 있었으며^{15,16,17} 1994년에 도입된 Ektaspeed Plus 필름은 보다 우수한 영상을 보인다고 알려져 있다.¹⁸

접수일: 2003년 11월 14일; 심사일: 2003년 11월 17일; 채택일: 2004년 1월 8일
Correspondence to: Prof. Byung-Do Lee
Department of Oral and Maxillofacial Radiology, College of Dentistry, Wonkwang University, 344-2, Shinyong dong, Iksan city, Chunbuk, Korea 570-711
Tel) 82-63-850-1912, Fax) 82-63-857-4002
E-mail) eebydo@wonkwang.ac.kr

최근에는 국내에서 코닥사(Eastman Kodak Co., U.S.A.)의 Insight 필름이 광범위하게 사용되고 있으며 D군이나 E군 필름에 비해 향상된 필름 감광도, 그리고 만족할만한 필름 대조도 등을 보인다고 보고되고 있다.² 이러한 Insight 필름의 영상질(image quality)에 대한 평가는 필요한 일이라고 사료되었으며 본 연구에서는 치아 우식증을 대상으로 Insight 필름의 진단능을 비교연구하여 그 영상질을 평가하고자 하였다.

재료 및 방법

1. 연구 재료 및 모형제작

인접면이 건전한 총 99개의 발거된 소구치, 대구치를 실험 대상으로 하였다. 이 중 무작위로 3개의 치아들을 선택하여 중앙부가 일직선이 되며 인접면이 접촉되도록 위치시킨 다음 석고 블록에 매식하였다. 위치 이동 없이 재식립을 용이하게 하기 위해 치아의 협설, 근원심에 일직선으로 치아 및 석고 블록에 선을 그었으며 33개의 치아군을 형성하였다(Fig. 1). 인공 치아 우식증 형성 전에 특별히 제작된 평행촬영 기구(XCP, Rinn Co. Japan)에 필름을 장착하여 초점과 필름과의 거리를 32 cm으로 유지하고 연조직 효과를 얻기 위해 20 mm의 아크릴판을 위치시켰다. 초점과 필름사이의 거리를 32 cm로 설정한 이유는 이 거리에서 비교적 적절한 방사선사진확화도를 보였기 때문이었다.

2. 인공치아우식증 형성

총 198개의 인접면 중 99면에 무작위로 #1/2과 #1 치과용 바(bur)를 이용해 접촉점 직하방에 인공 인접면치아우식와동을 형성하였고 나머지 99면에는 병소를 형성하지 않았다. 와동은 법랑질부위에 국한을 시켰으며 되도록 최소한의 깊이로 형성되도록 하였다. 병소를 형성한 와동에 60% perchloric acid를 12시간 동안 적용시켜 치아를 부식 시켰고 인공 치아우식증의 변연부위가 되도록 미만성으로 형성되게 하였다

3. 필름 및 X선 노출

70 kVp, 8 mA, 0.7×0.7 mm 초점크기의 Trophy 구내촬영기(Trophy Radiology S.A., France)로, No. 2 Ultra speed 필름(DF-58, Eastman Kodak Co., U.S.A.), Kodak Ektaspeed 필름, Agfa Ektaspeed 필름(Dentus M2), Kodak Insight 필름(IP-21)을 대상으로(Fig. 2) 위의 치아들을 촬영하고 PRO-200(Young Han Co., LTD, Korea) 자동 현상기로 현상하였다. 동일한 방사선사진 확화도 조건 하에서 치아우식증을 판별하기 위해 Photodensitometer(Model 07-443, Nuclear Associates, Victoreen, 2 mm diameter circular aperture)를 이용한

치아상아질의 방사선사진 확화도가 1에 근접 되게끔 X선 촬영기의 노출시간을 Insight 필름은 0.25초, Ektaspeed 0.32초, Ultra speed 필름은 0.5초로 설정하였다.

4. 판독 및 통계처리

빛이 차단된 실내의 판독대(view box)에서 구강악안면 방사선과 전공의 2명과 일반 치과의사 4명이 치아우식 병소의 유무를 판독하였다. 인접면이 건전한 치아들과 인공 우식 병소를 형성한 치아들의 방사선사진을 무작위로 뒤섞었으며 각 판독자들은 50%의 치아들이 인공 우식 병소가 형성되어 있다는 것을 사전에 알고 있었다. 판독방법은 각 인접면에 대해 우식 병소의 유무를 등급에 따라 평가하도록 하였으며 등급은 인공 우식 병소가 1. 분명히 없다 2. 없는 것 같다 3. 확실치 않다 4. 있는 것 같다 5. 분명히 있다



Fig. 1. Teeth block with sound proximal surfaces and interproximal artificial cavities.

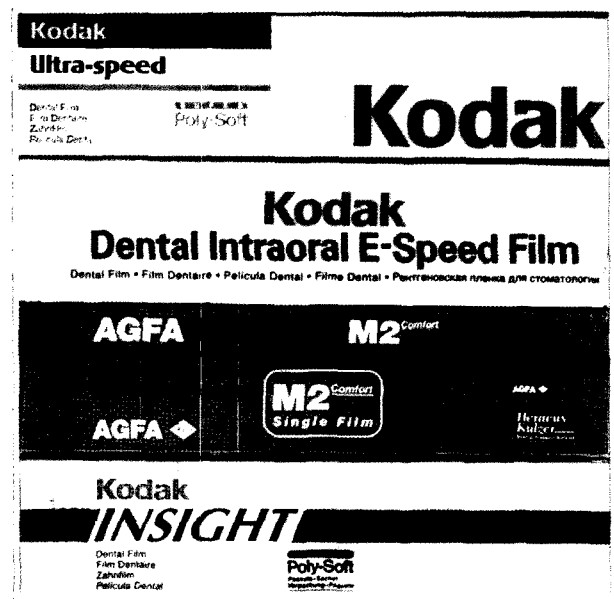


Fig. 2. Intra-oral films used in this study.

등의 5등급으로 분류하였으며, 관찰자 6인이 인접 198면을 대상으로 2주일 간격으로 동일한 조건에서 4회 판독을 하여 그 평균값을 취하였다. ROCKIT software (0.9B, β version, The University of Chicago)를 이용하여 ROC 곡선 하방 면적(Az)을 Maximum likelihood 법에 따라 구하였고 영상법 간의 진단능 차이를 ANOVA (SPSS 프로그램)를 이용하여 검증하였다. 또한 각 필름의 판독 결과를 실제 상태 (gold standard)와 비교하여 민감도 (sensitivity)와 특이도 (specificity)를 구하였는데 등급 1, 2, 3은 우식 병소가 없다고, 등급 4, 5는 우식 병소가 있는 것으로 설정하여 평가하였다.

결 과

각 필름의 치아 우식 병소 평가등급에 대한 민감도와 특이도의 평균값은 각각 Ultra speed 필름 0.84, 0.97, Ekta-

speed 필름 0.77, 0.95, Agfa Ektaspeed 필름 0.75, 0.96이었고 Insight 필름의 민감도와 특이도 평균값은 0.79와 0.94이었다 (Table 1).

각 영상법에 대한 ROC 면적을 구하였을 때 곡선 하방 면적(Az)은 Ultra speed 필름 0.917, Ektaspeed 필름 0.910, Agfa Ektaspeed 필름 0.894이었고 Insight 필름의 Az는 0.909 이었으며 (Table 1, Fig. 3) 각 필름 종류 간의 통계적으로 유의한 차이는 없었다 ($p=0.178$).

고 찰

X선 사진 판독 시 흐림 (blur)현상이 최소화되면 X선사진의 선예도가 좋아지기 때문에 판독하기가 좋은 양질의 X선 사진이 생성된다.¹⁹ 이러한 흐림 현상은 초점-피사체간의 거리 및 피사체와 상수용기 간의 거리 등의 요인과 피사체 동요 그리고 상수용기 자체의 문제에 의해 야기될 수 있다. X선사진 촬영 시 피사체 동요가 없게 하고 초점-피사체-필름간의 거리를 일정하게 하였을 때 상수용기인 필름자체 차이에 의해 특정 질환에 대한 판독능이 차이가 날 수 있으며 필름자체의 차이인 필름 할로겐화는 입자의 크기 및 모양 등이 변수가 된다고 알려져 있다.^{3,4} 이러한 필름의 입자크기와 영상질 (image quality)에 대한 연구는 다양하게 보고되어 왔다.

Frommer 등^{6,13,14}은 D군 필름에 비해 감광도가 향상된 E군 필름의 영상질이 저하되어 보인다고 하였으나 Frykholm 등^{15,16,17}은 D군과 E군 필름간에 영상질의 차이가 거의 없다고 보고한 바 있으며 필름의 할로겐화는 입자 크기가 커지게 되면 영상질의 저하가 우려되기 때문에 1994년에 출시된 Ektaspeed plus 필름은 T-grain 공법을 채택함으로써 감광도를 향상시키는 물론 영상질이 우수하다는 평가를 받은 바 있다.^{18,20} 필름 감광도와 영상질의 관계에 대해서 Ludlow 등²⁰이 연구한 바에 따르면, 필름의 감광도가 증가될수록 적절한 상을 향상시키기 위해 필요한 X선 양자 (quanta)의 수가 감소하며, 이로 인해 수많은 X선 광자들이 가지는 다양한 에너지수준이 평균화 되는 기회를 상실하기 때문에 적절한 상이 형성되지 않는다는 가설을 제시한 바 있다.

필름에 대한 영상질의 평가시 각 필름의 방사선사진확화도와 대조도를 측정하고 필름 특성곡선을 작성하여 곡선 경사도를 평가할 수 있으며 곡선의 경사도가 클수록 방사선사진대조도가 증가하기 때문에 치아우식증의 진단이 유리하다고 할 수 있다.³ 그러나 최적의 방사선사진 확화도를 찾는 것이 항상 가능한 것은 아니며 관찰하고자 하는 구조물의 종류에 따라 적절한 방사선사진 확화도를 선택하고 방사선사진 대조도를 평가하는 것이 중요하다.

Kaffe 등¹⁶에 의하면 방사선사진확화도가 1 이상 증가되면 치아우식증의 진단능이 증가되었으며 확화도 1 이하에서는

Table 1. The mean values of sensitivity, specificity and area under ROC curve (Az) according to film type

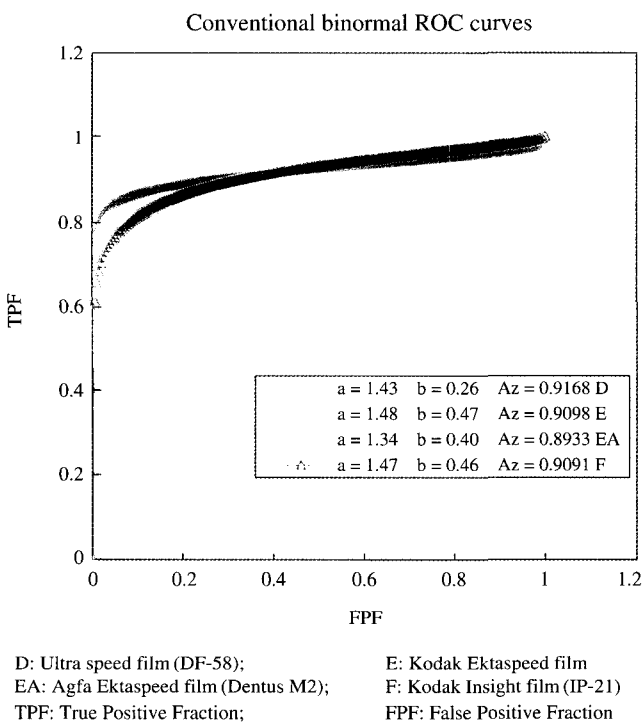
Film	Sensitivity	Specificity	Az
D	0.84	0.97	0.917
E	0.77	0.95	0.910
A-E	0.75	0.96	0.894
IP	0.79	0.94	0.909

Difference significance level: P=0.05

D: Ultra speed film (DF-58);

E: Kodak Ektaspeed film

A-E: Agfa Ektaspeed film (Dentus M2); IP: Kodak Insight film (IP-21)



D: Ultra speed film (DF-58);
EA: Agfa Ektaspeed film (Dentus M2);
TPF: True Positive Fraction;

E: Kodak Ektaspeed film
F: Kodak Insight film (IP-21)
FPF: False Positive Fraction

Fig. 3. ROC curve of each film.

필름간의 우식증 판독능에 대한 평가는 무의미하다고 하였으나 근래에는 치아우식증을 관찰하고자 할 때 방사선사진 흑화도가 0.5-0.8 수준이 적당하다는 연구²¹도 제시되고 있으며 본 연구에서는 4가지 필름에서의 치아상아질 방사선사진 흑화도가 1에 근접되도록 하였다. 구내필름의 필름특성곡선과 대조도에 대한 선행학들의 연구에서 Webber 등^{22,23}은 필름특성곡선 하방부위에서 Ektaspeed Plus와 E군 필름의 기울기가 유사하다는 점은 범랑질 초기병소 탐지에서 서로가 월등할 것이 없다는 점을 암시한다고 하였으며 송 등¹의 연구에서도 감광도 D군과 E군의 필름대조도가 방사선사진 흑화도 1.0 이하에서는 동일하게 나타났고 Insight 필름의 대조도는 이보다 약간 낮게 나타났으나 평균대조도(방사선사진 흑화도 0.67-3.0 구간)는 오히려 D군 필름보다 높게 나타난 바 있다.

이러한 객관적인 자료를 바탕으로 주관적인 평가법인 ROC법을 이용하여 각 필름의 진단능을 비교하는 방법은 보편적으로 받아들여지고 있으며 본 연구에서 이용된 ROC법은 여러 명의 관찰자가 치아우식증의 유무여부를 5등급에 따라 평가하고(1-특이도)값과 민감도 값을 구하여 곡선을 묘사하고 곡선 하방의 면적값(Az)을 필름간에 비교 평가한 Maximum likelihood법을 이용하였다. ROC 면적(Az)을 구한 결과 Ultra speed 필름 0.917, Ektaspeed 필름 0.910, Agfa Ektaspeed 필름 0.894, Insight 필름의 Az는 0.909이었으며 송 등¹의 연구에서 제시된 각 필름간의 대조도 차이와 비슷한 양상의 결과를 보였다. 그리고 Insight 필름의 진단능이 D, E군에 비해 약간 낮게 나타났으나 통계학적으로는 유의한 차이를 보이지 않아 Insight 필름의 진단능은 D군이나 E군 필름에 필적할만한 진단능을 보여주었다. Insight 필름의 치아우식증 진단능에 대한 연구가 거의 이루어지지 않은 상태이지만 선행학^{1,21}의 연구에서 Insight 필름의 대조도 등이 비교적 우수하게 표현되었기 때문에 치아우식증 진단능 또한 비교적 우수하게 나타났다고 생각하며 필름대조도와 치아우식증의 진단능은 밀접한 관련이 있는 것으로 생각된다. Insight 필름은 자동현상기에서 현상시 감광도가 ISO기준 F군으로 분류되고 있으며 Ektaspeed plus 필름에 비해 제조방식이 크게 달라진 점은 없다고 알려지고 있으나²⁰ 감광도가 뛰어나기 때문에 환자에 대한 X선 조사량을 감소시킬 수 있어 앞으로 임상에서 그 효용도가 기대된다.

한편 치아우식증과 같은 특정 병소 판독시 흑화도, 대조도 등의 필름 특성 외에 필름 입자 크기, 입자성 및 MTF 차이²⁴ 등이 추가적으로 영향을 미칠 수 있을 것으로 생각하며 추후 이에 대한 연구가 필요하다고 생각한다. Okano 등²⁵은 D, E군의 치아 인접면우식증 탐지능은 필름종류 뿐만 아니라 방사선 사진 흑화도의 정도, X선 선질(beam quality) 및 촬영각도에 의해서도 영향을 받는다고 하였으며 Conover 등²⁶은 치과 필름을 선택하게 될 때 각 필름의 병소 진단능력, 대조도 등의 필름특성, 구입용이성, 비용 등이 고려요소

라고 주장하여 필름의 진단능 및 특성이 필름선택의 중요요소를 강조한 바 있다.

민감도와 특이도에 대한 본 연구에서는 대체적으로 민감도의 점수가 특이도에 비해 점수가 높지 못하였다. 이는 위음성(false negative)점수가 위양성(false positive)점수에 비해 상대적으로 높았기 때문에 이러한 결과가 나타났다고 생각되며 이는 관찰자들이 방사선사진상에서의 초기우식병소의 확신이 서지 않으면 없는 것으로 처리하는 경향이 있기 때문이라고 사료된다. 민감도와 특이도의 값을 구하고자 할 때는 병소의 유무 결정을 내려야 한다.¹⁰⁻¹² 즉 5등급으로 분류된 치아우식 병소 유무평가를 우식 병소가 “있다” 혹은 “없다”로 양분해야 하는 cut off point를 결정해야 하는데 본 연구에서는 등급 “3”을 치아 우식 병소가 없는 결로 처리하였다.

최근 임상에서 구내 X선사진 촬영빈도가 과거에 비해 증가하고 있으며 CCD (Charge Coupled Device) sensor 등을 이용한 디지털 구내촬영법도 증가하는 추세에 있다. 그러나 CCD sensor 초기구입비용이 과다하다는 점, 센서의 물리적 불편성, 구내필름의 뛰어난 선예도,^{3,4} 임상기들이 필름에 익숙해져 있다는 점 등은 구내 필름 수요증가를 가능케 하는 요인들이다. CCD디지털 영상의 해상도는 업체에 따라서는 20 lp/mm를 상회한다고 주장하고 있으나 많은 임상가들의 느낌은 아직 필름을 이용한 방식에는 그 영상질이 미치지 못한다는 게 중론이다. 이에 대해 MTF(modulation transfer function)를 이용한 객관적인 해상도를 평가하는 연구가 추후 필요하리라고 생각한다.

본 연구에서 Kodak Insight 필름 및 기존에 사용되고 있는 감광도 D군과 E군간의 영상질(image quality)을 평가하기 위해 인접면 치아우식증을 대상으로 그 진단능을 평가한 결과 Kodak Insight 필름의 진단능은 기존의 D군 및 E군 필름과 유사한 결과를 보였으며 Insight 필름의 진단능을 다양하게 평가하기 위해서는 앞으로 치근단 질환, 치주질환 및 치근흡수 등을 대상으로 한 필름들간의 진단능을 비교 평가하는 연구도 흥미 있으리라고 사료된다.

참 고 문 헌

1. 송영한, 이완, 이병도. Kodak Insight 치과필름의 특성에 관한 연구. 대한구강악안면방사선학회지 2003; 33 : 21-6.
2. Price C. Sensitometric evaluation of a new F-speed dental radiographic film. Dentomaxillofac Radiol 2001; 30 : 29-34.
3. 대한구강악안면방사선학교수협의회. 구강악안면방사선학. 제3판. 서울: 나래출판사; 2001. p. 35.
4. White SC, Pharoah MJ. Oral radiology; principles and interpretation. 4th ed. St. Louis: The C.V. Mosby Co.; 1999. p. 78.
5. Havukainen R, Servomaa A, Phil L. Characteristic curves of dental x-ray film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1986; 62 : 107-9.
6. Frommer HH, Jain RK. A comparative clinical study of group D and E dental film. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1987; 63 : 738-42.

7. Nakfoor CA, Brooks SL. Compliance of Michigan dentists with radiographic safety recommendations. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992; 73 : 510-3.
8. Hintze H. Radiographic screening examination: frequency, equipment, and film in general dental practice in Denmark. *Scand J Dent Res* 1993; 101 : 52-6.
9. 김정민, 김성철, 이인자, 고신관, 이경성. 이론과 함께 하는 방사선화상 정보학 실험. 서울: 퍼넬홍; 1999. p. 375-400.
10. Goodenough DJ, Rossmann K, Lusted LB. Radiographic applications of receiver operating characteristics (ROC) curves. *Radiology* 1974; 110 : 89-95.
11. Metz CE, Goodenough DJ, Rossmann K. Evaluation of receiver operating characteristic curve data in terms of information theory, with applications in radiography. *Radiology* 1973; 109 : 297-303.
12. Douglass CW, McNeil BJ. Clinical decision analysis methods applied to diagnostic tests in dentistry. *J Dent Educ* 1983; 47 : 708-14.
13. Thunthy KH, Weinberg R. Sensitometric comparison of dental films of groups D and E. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1982; 54 : 250-2.
14. Silha RE. The new Kodak Ektaspeed dental X-ray film. *Dent Radiogr Photogr* 1981; 54 : 32-5.
15. Frykholm A. Kodak Ektaspeed-a new dental X-ray film. *Dentomaxillofac Radiol* 1983; 12 : 47-9.
16. Kaffe I, Littner MM, Kuspet ME. Densitometric evaluation of intraoral X-ray films: Ektaspeed versus Ultraspeed. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1984; 57 : 338-42.
17. Svenson B, Lindvall A-M, Grondahl H-G. A comparison of a new dental X-ray film, Agfa Gavaert Dentus M4, with Kodak Ektaspeed and Ultraspeed dental X-ray films. *Dentomaxillofac Radiol* 1993; 22 : 7-12.
18. Price C. Sensitometric evaluation of a new E-speed dental radiographic film. *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24 : 30-6.
19. Sprawls P. *The physical principles of diagnostic radiology*. Rockville: Aspen publication; 1977. p. 193-217.
20. Ludlow JB, Abreu M, Mol A. Performance of a new F-speed film for caries detection. *Dentomaxillofac Radiol* 2001; 30 : 110-3.
21. Ludlow JB, Platin E, Mol A. Characteristics of Kodak Insight, an F-speed intraoral film. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2001; 91 : 120-9.
22. Webber RL, Benton PA, Cvar JF, Ryge G. Diagnostic significance of intratissue contrast in bitewing radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1969; 28 : 352-8.
23. Ludlow JB, Platin E. Densitometric comparisons of Ultra-speed, Ektaspeed, and Ektaspeed Plus intraoral films for two processing conditions. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 1995; 79 : 105-13.
24. Maidment AD, Albert M. Conditioning data for calculation of the modulation transfer function. *Med Phys* 2003; 30(2) : 248-53.
25. Okano T, Huang H-J, Nakamura T. Diagnostic accuracy on detection of proximal enamel lesions in nonscreen radiographic performance. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1985; 59 : 543-7.
26. Conover GL, Hildebolt CF, Anthony D. A comparison of six intraoral X-ray films *Dentomaxillofac Radiol* 1995; 24 : 169-72.