

# 파노라마방사선사진에서 석회화가 발견되는 경동맥의 협착 정도

전남대학교 치의학전문대학원, \*전남대학교 치의학전문대학원 보존학교실

\*\*전남대학교 치의학전문대학원 구강악안면방사선학교실, \*\*\*전남대학교 의과대학 영상의학교실

\*\*\*\*미국 오하이오주 케이스웨스턴리저브대학교 치과대학 교정학교실

조소양 · 오원만\* · 윤숙지\*\* · 윤 웅\*\*\* · 이재서\*\* · Juan M. Palomo\*\*\*\* · 강병철\*\*

## Stenosis of calcified carotid artery detected on Panoramic Radiography

So-Yang Cho, Won-Mann Oh\*, Suk-Ja Yoon\*\*, Woong Yoon\*\*\*, Jae-Seo Lee\*\*,  
Juan M. Palomo\*\*\*\*, Byung-Cheol Kang\*\*

School of Dentistry, Chonnam National University

\*Department of Conservative Dentistry, School of Dentistry, Dental Science Research Institute, Chonnam National University

\*\*Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dental Science Research Institute,  
Chonnam National University

\*\*\*Department of Radiology, Medical School, Chonnam National University

\*\*\*\*Department of Orthodontics, School of Dental Medicine, Case Western Reserve University, Cleveland, OH

### ABSTRACT

**Purpose :** This study aimed to investigate the luminal stenosis of the internal carotid artery with calcification detected on panoramic radiographs.

**Materials and Methods :** This study used fifty carotid arteries of 36 dental patients whose panoramic radiograph and computed tomography angiography (CTA) revealed the presence of carotid artery calcification. A neuroradiologist interpreted CTA to determine the degree of stenosis of the internal carotid arteries. The degree of stenosis was stratified in four stages; normal (no stenosis), mild stenosis (1-49%), moderate stenosis (50-69%) and severe stenosis (70-99%).

**Results :** Among the fifty carotid arteries with calcification detected on both panoramic radiography and CTA, 20 carotid arteries (40%) were normal, 29 carotid arteries (18%) had mild stenosis, 1 carotid artery (2%) had moderate stenosis, and there was none with severe stenosis.

**Conclusion :** Sixty percent of the carotid arteries with calcification detected on both panoramic radiography and CTA had internal luminal stenosis, and two percent had moderate stenosis. When carotid atheroma is detected on panoramic radiograph, it is possible that the dental patient has luminal stenosis of the internal carotid artery. (*Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2009; 39 : 157-61)

**KEY WORDS :** Carotid artery; Calcification; Panoramic radiograph; Stenosis

## 서 론

내경동맥은 척추동맥과 함께 뇌로 혈류를 공급하는 중요한 역할을 한다. 내경동맥은 동측의 뇌반구과 눈 및 부속기관들에 혈류를 공급한다. 내경동맥 내강이 플라크에

의해 협착되거나 폐쇄되면, 일시적인 허혈 또는 뇌졸중이 유발된다. 내경동맥의 협착 및 폐쇄는 주로 플라크에 의한 것이며, 죽상 플라크에 칼슘이 침착되면 경동맥석회화가 발생하여 일반방사선사진에서 방사선불투과상으로 관찰된다.<sup>1</sup>

경동맥내의 죽상 플라크는 주로 외경동맥과 내경동맥으로 갈라지는 분지부에서 발생하며, 경동맥 분지부가 파노라마방사선사진 촬영 범위에 들어가기 때문에, 경동맥석회화는 치과에서 환자들의 일반적인 검사를 위해 촬영하는 파노라마방사선사진에서 발견이 가능하다. 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화는 불규칙한 형태의 점상 또는 결절

접수일 (2009년 6월 30일), 수정일 (2009년 7월 20일), 채택일 (2009년 7월 23일)

Correspondence to : Prof. Suk-Ja Yoon

Department of Oral and Maxillofacial Radiology, School of Dentistry, Dental Science Research Institute, Chonnam National University, 77 Yongbongro, Bukgu, Gwangju 500-757, Korea

Tel) 82-62-530-5686, Fax) 82-62-530-5689, E-mail) yoonfr@chonnam.ac.kr

상의 방사선불투과성 덩어리로 관찰되거나 내부모양이 균일하지 않은 수직선 형태 방사선불투과상으로 관찰된다. 경동맥 분지부가 위치하는 제3경추와 제4경추 사이 전방에 존재하며, 하악 우각으로부터 1.5-2.5 cm 후하방 떨어진 위치에서 관찰된다.<sup>2,4</sup> Friedlander와 Lande<sup>5</sup>는 처음으로 파노라마방사선사진 경동맥 분지부 해당 부위에서 연조직 석회화가 발견된다고 보고하였다. 50-75세 이상 1,000명 환자의 파노라마방사선사진 2%에서 방사선불투과상이 경동맥 분지부에 해당하는 위치에서 발견되었으며, 그 중 88%가 후전방경부방사선사진과 측방경부방사선사진을 통해 경동맥석회화로 진단되었다.

파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견된 환자들은 고령, 남성, 고혈압, 흡연, 비만, 고지혈증, 고혈당증 등 뇌졸중 위험인자를 갖고 있었다.<sup>6</sup> 경동맥석회화가 발견된 환자들은 대조군에 비해 후속적으로 심근경색, 일시적 허혈, 뇌졸중, 협심증 등의 심각한 혈관질환을 보일 확률이 통계적으로 유의하게 높았다.<sup>7,8</sup> 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 진단된 환자들의 초음파촬영상에서 내경동맥 협착이 확인되었다.<sup>6,9,10</sup> Friedlander 등은 파노라마방사선사진 경동맥석회화가 진단된 65명 환자 103개 경동맥에 대한 초음파촬영상 연구에서 모든 경동맥에서 내경동맥 내강 협착을 보였고, 22% (21개 경동맥)는 50% 이상의 내강 협착이 확인되었다고 보고하였다.<sup>10</sup> 이러한 연구 결과에 근거하여 미국치과의사협회는 치과 진료목적으로 촬영된 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화를 판독하도록 권장하고 있으며, 경동맥석회화가 의심되는 환자를 내과 의사에게 의뢰할 것을 추천하고 있다.<sup>11</sup>

태국에서 파노라마방사선사진에서의 경동맥석회화 유발율에 관한 연구를 시행한 결과 2.5%의 유발율을 발표하였는데,<sup>12</sup> 이는 미국인 대상 연구에서 발표된 유발율과 유사하다.<sup>6</sup> 그러나 미국 이외의 국가에서의 경동맥석회화의 임상적 의미에 대한 연구보고가 아직까지 없었다. 국내에서는 치과환자 전산화단층촬영 (CT)에서의 경동맥석회화 유발율이 20%라는 보고가 있었으나,<sup>13</sup> 파노라마방사선사진 또는 CT에서 경동맥석회화가 발견된다는 것이 향후 혈관질환을 예고할 수 있는지 연구는 되어 있지 않다.

내경동맥의 협착에 의해 혈류 속도가 증가된 경우 향후 뇌졸중 위험이 있다고 판정될 수 있으므로, 본 연구의 목적은 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견되는 경우에서의 내경동맥 내강 협착도를 CTA를 사용하여 연구하였다.

## 재료 및 방법

CTA에서 경동맥석회화가 확인되고 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 판독되는 경우를 본 연구의 대상으로 하였다. 염증 또는 중양 진단을 목적으로 2003년 11월에서

2005년 12월 사이 전남대학교병원 치과에 방문한 50세 이상 환자 중 파노라마방사선사진과 CTA를 촬영한 204명 중 두 진단영상에서 모두 경동맥석회화가 판독된 경우는 36명이었다. 36명 환자의 경동맥석회화가 확인된 50개의 경동맥을 본 연구의 대상으로 하였다.

남자 환자는 26명이었고, 연령대는 50-81세였으며, 평균 연령은 64.5세였다. 여자 환자는 10명이었고, 연령대는 63-84세였으며, 평균 연령은 74.3세였다. 14명에서 양측 경동맥에 석회화가 보였고, 22명에서 편측 경동맥에 석회화가 관찰되어 총 50개의 경동맥이 본 연구의 대상이 되었다.

파노라마방사선사진은 Cranex3+ 또는 Scanora (Soredex, Helsinki, Finland) 를 사용하여 촬영하였다. 파노라마방사선사진 필름은 Kodak TmatG 필름 (Eastman Kodak, Rochester, NY) 을 사용하였다. 노출된 필름은 FPM 3000 (Fuji Co., Tokyo, Japan) 자동필름현상기를 사용하여 제조사의 지시대로 현상하였다. CTA 촬영은 나선형전산화단층촬영기인 Lightspeed QX/i 또는 HiSpeed Advantage (GE Medical systems, Milwaukee, Wis, USA) 를 사용하였다. 조영제 120 mL 를 2.5 mL/sec 속도로 주입 후 나선형전산화단층영상을 획득하였다. 단면두께 2.5 mm, 회전 당 3 mm의 table 이동, 촬영시간 12-15초의 촬영 조건으로 CTA를 획득하고, 모든 CTA 영상 데이터는 Picture Archiving and Communication System (PACS)에 DICOM (Digital Imaging and Communication in Medicine) 파일로 저장하였다.

CTA 판독은 진단방사선과의사가 시행하였으며 혈관 내에서 130 HU보다 큰 밀도로 관찰되는 방사선불투과상을 경동맥석회화로 진단하였다.<sup>14</sup> CTA에서 경동맥석회화가 확인된 환자들의 파노라마방사선사진을 구강악안면방사선과의사가 판독하여, 경동맥석회화가 파노라마방사선사진에서 판독가능한지를 검사하였다. 제3경추와 제4경추 사이 전방 바로 아래 또는 그 부근에 관찰되는 방사선불투과성 결절상이나 수직선상의 덩어리로 보이는 경동맥석회화를 판독하였다.<sup>2,4</sup>

CTA와 파노라마방사선사진, 두 진단영상에서 경동맥석회화가 판독되는 환자의 CTA에서 내경동맥의 협착도가 평가되었다. 진단방사선과의사는 NASCET (The North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial) 기준에 따라, 원심축의 내경동맥 부위에 대한 최대 협착 부위의 직경 비율로 측정하는데, 이 때 원심축 내경동맥 부위는 혈관벽이 서로 평행한 위치가 되도록 한다. 협착의 정도는 없음 (0%), 경도 (1-49%), 중등도 (50-69%) 및 중증 (70-99%)의 4가지로 분류하였다.<sup>15</sup>

## 결 과

CTA와 파노라마방사선사진, 두 가지 진단영상에서 경동맥석회화가 진단된 36명 환자의 50개 경동맥을 대상으로



Fig. 1. Panoramic radiographs and CTA of a side of the neck of a 73 year-old woman with carotid artery calcification. A. Calcification is distinctive as an amorphous radiopacity, B. 3D volume-rendered image shows calcification on the carotid artery.

**Table 1.** The luminal stenosis was measured in the internal carotid arteries with atheroma detected on both panoramic radiograph and computed tomography angiography

	Stenosis of the internal carotid artery				Total
	0%	1-49%	50-69%	70-99%	
No. of internal carotid arteries	20	29	1	0	50

본 연구를 시행하였다(Fig. 1). CTA상에서 경동맥석회화가 관찰된 50개의 경동맥 중 협착이 없는 경우는 20개 (40%), 경도 협착은 29개 (18%), 중등도 협착은 1개 (2%)에서 관찰되었으며, 중증 협착을 보이는 경동맥은 없었다(Table 1).

### 고 찰

경동맥분지부에 주로 발생하는 죽상경화증은 뇌졸중의 일반적인 원인으로 알려져 있다. 죽상경화증의 원인이 되는 플라크가 어떻게 시작되는지는 아직까지 정확히 알려져 있지 않다. 다만 내피에 발생한 상처가 플라크의 시발 원인으로 생각되고 있다. 고혈압, 흡연, 경동맥분지부에서 혈액 흐름의 변경 등에 의해 내피에 상처가 발생하는 것으로 생각된다. 혈관내막과 하부평활근 내에 작은 콜레스테롤 결정체가 침착되면서 플라크의 죽상경화가 시작되며, 시간이 경과되면서 결정체는 점차 커지고 응집되어 판상의 결정체가 된다. 또한 주위의 섬유조직과 평활근조직이 증식되어 플라크가 더욱 커지면, 플라크가 동맥 내강 내로 커지면서 혈관내강의 협착 또는 폐쇄가 발생하게 된다. 플라크의 섬유아세포에 의해 치밀한 결합조직이 과다 축적되면서 섬유화 및 경화가 심화되어 동맥은 딱딱하게 변성되며, 여기에 칼슘이 침착되면 뼈처럼 단단한 석회화가 유발된다.<sup>16,17</sup>

경동맥의 석회화는 죽상경화증의 공통 요소로서 방사선

사진상에서 쉽게 발견된다. 경동맥석회화를 뇌졸중 예견 표시자로 사용할 수 있는지에 대한 연구가 진행되었다. Friedlander와 Lande<sup>5</sup>가 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견될 수 있다는 연구결과를 보고한 이후, 파노라마방사선사진에서 발견되는 경동맥석회화와 뇌졸중 유발 위험 인자에 대한 많은 연구가 있었다. 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 있는 환자는 55세 이상 고령이었고 대부분이 남자이며, 혈압, 혈당, 흡연, 비만, 고지혈증, 고혈당 등을 보여 뇌졸중 가능성이 높았다.<sup>6,18</sup>

뇌졸중의 위험성은 내경동맥 내강 협착과 관련이 깊다. 협착이 심하여 혈류 속도가 증가되면 혈관내의 플라크가 떨어져나가 가느다란 혈관을 막게 되면 일시적 허혈 또는 뇌졸중이 발생할 수 있다. 내경동맥 내강 협착도는 방사선학회(Society of Radiology)에서 정상(협착 없음), <50% 협착도, 50-69% 협착도, ≥70% 협착도, 거의 폐쇄 및 완전 폐쇄, 여섯 단계로 나누었다.<sup>15</sup> 협착도의 증가와 혈류속도의 증가는 직접적인 상관관계를 갖고 있으며 특히 50% 이상의 협착도에서 혈류속도가 급격히 증가한다.<sup>19</sup> ≥70% 협착은 예방적 동맥혈관절제술을 권장한다. 50-69% 이하 협착이 있는 무증상의 환자는 동맥혈관절제술 후보로 여기며 6-12개월 간격으로 주기적인 추적관찰을 권장한다. 플라크에 의한 <50% 협착이 있는 환자는 매 1-2년 주기로 추적관찰을 권장한다. 협착이 없는 경우라도 뇌졸중 유발 위험 인자가 있는 환자는 3-5년 주기로 추적관찰을 권장한다.<sup>15,19,20</sup>

Friedlander 등은 파노라마방사선사진을 촬영하고 초음파 촬영을 한 환자 중 경동맥석회화가 발견된 65명 환자 103개 경동맥을 대상으로 연구한 결과, 103개 모두에서 내경동맥내의 석회화를 확인하였으며, 이 중 50-69%의 협착증이 17%, 70-99% 이상의 협착증이 4%에서 관찰되었다.<sup>10</sup> 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견된 이후 3-6년

간 추적 한 연구에서는 경동맥석회화를 가진 환자의 41%에서 혈관질환이 후속으로 나타났으며, 연속적인 심각한 혈관질환 발생률은 대조군에서보다 통계적으로 유의하게 높았다. 또한 파노라마방사선사진 경동맥석회화를 가진 환자는 경동맥석회화가 인식된 후 단기간 내에 사망하는 빈도가 높았다.<sup>7</sup> 미국치과의사협회는 파노라마방사선사진 판독 항목 중 하나로 경동맥석회화를 포함하였으며, 경동맥석회화가 발견되는 환자는 내과 의사에게 의뢰할 것을 추천하고 있다.<sup>11</sup> 이처럼 미국치과의사협회에서는 경동맥석회화의 판독의 중요성을 강조하고 있으나 우리나라에서는 아직까지 그 임상적 의의에 대한 연구가 없었다. 본 연구는 국내 치과환자에서 발견된 경동맥석회화의 임상적 의의를 연구하기 위해 시행되었으며, 이를 위해 파노라마와 CTA를 동시에 촬영한 환자를 대상으로 내경동맥 내강 협착도를 연구하였다. 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 진단되는 경우라도 그 정확한 해부학적 위치가 임상적으로 중요한 내경동맥을 포함한 것인지는 알 수 없다. 본 연구에서는 석회화의 정확한 위치를 판독하기 위하여 CTA를 사용하였다. CTA는 또한, 초음파촬영술과 같은 높은 협착도 진단 정확도를 보이고 있어서 이 연구에서 협착도 측정에 사용되었다.<sup>21</sup>

본 연구에서 경동맥석회화가 관찰된 50개의 경동맥 중 협착이 없는 경우는 20개 (40%), 경도 협착은 29개 (18%), 중등도 협착은 1개 (2%)에서 관찰되었으며, 중증 협착을 보이는 경동맥은 없었다. 예방적인 동맥혈관절제술이 필요한 중증 협착은 아니지만, 향후 뇌졸중 예방을 위해서 주기적인 관찰이 요구되는 중증도의 협착이다.<sup>20,22</sup>

국내 치과환자의 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견되는 경우 향후 뇌졸중과 연관될 수 있는 협착도를 갖고 있을 가능성을 배제할 수 없다는 것을 본 연구를 통해 알 수 있다. 미국치과의사협회에서는 경동맥석회화를 판독하기 위한 목적으로 파노라마방사선사진을 촬영할 필요는 없으나, 다만 치과진료를 목적으로 하여 파노라마방사선사진을 촬영하였을 때는 경동맥석회화 유무를 유의하여 판독할 것을 권장하고 있다. 국내 치과의사들 역시 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 진단될 수 있다는 것을 숙지하고 경동맥석회화를 판단할 수 있는 판독능력을 키워야 할 것이다. 파노라마방사선사진의 경동맥석회화 판독 민감도는 22-31%로서 낮은 편이라는 것 역시 주의하여야 한다.<sup>23,24</sup> 파노라마방사선사진에서 경동맥 분지부가 존재하는 위치에는 다양한 해부학적 병리적 방사선불투과상이 존재하여 경동맥석회화의 정확한 진단이 어렵다. 설골, 경상돌기, 경상설골인대, 경상하악인대, 갑상연골, 맥립연골 (triticeous cartilage), 후두덜개, 연구개, 혀, 외이, 경추 등 해부학적 구조물들과 석회화된 임파선, 정맥석, 악하선의 타석, 편도선석 등 병적 구조물들을 감별하여야 한다.<sup>25</sup>

본 연구에는 경동맥석회화가 발견된 환자들의 건강상태

에 대한 검사와 향후 연속적인 혈관질환에 대한 추적조사는 포함되지 않았다. 또한 연구대상 수가 매우 제한적이었다. 파노라마방사선사진에서 발견되는 경동맥석회화가 국내 환자들에게 어떠한 임상적인 의의를 갖는지에 대한 더욱 정확한 연구를 위해, 향후 환자의 병력과 연속적인 혈관질환발생 추적을 포함한 광범위한 연구가 필요하리라 생각된다.

결론적으로, 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 판독되는 환자는 내경동맥 협착 가능성이 있다. 치과치료를 위해 촬영한 파노라마방사선사진에서 경동맥석회화가 발견되는 경우 향후 뇌졸중과 연관될 수 있는 협착도의 가능성이 있음을 알리고, 환자에게 내과를 방문하여 정확한 진단을 받도록 권고할 필요가 있다고 생각된다.

## 참 고 문 헌

1. Standring S. Gray's anatomy: the anatomical basis of clinical practice. 39th ed. Churchill Livingstone: Elsevier; 2005. p. 295-303.
2. Ohba T, Takata Y, Ansai T, Morimoto Y, Tanaka T, Kito S, et al. Evaluation of calcified carotid artery atheromas detected by panoramic radiograph among 80-year-olds. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2003; 96 : 647-50.
3. Almog DM, Horev T, Illig KA, Green RM, Carter LC. Correlating carotid artery stenosis detected by panoramic radiography with clinically relevant carotid artery stenosis determined by duplex ultrasound. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 94 : 768-73.
4. Friedlander AH, Altman L. Carotid artery atheromas in postmenopausal women. Their prevalence on panoramic radiographs and their relationship to atherogenic risk factors. J Am Dent Assoc 2001; 132 : 1130-6.
5. Friedlander AH, Lande A. Panoramic radiographic identification of carotid arterial plaques. Oral Surg Oral Med Oral Pathol 1981; 52 : 102-4.
6. Friedlander AH, Baker JD. Panoramic radiography: an aid in detecting patients at risk of cerebrovascular accident. J Am Dent Assoc 1994; 125 : 1598-603.
7. Cohen SN, Friedlander AH, Jolly DA, Date L. Carotid calcification on panoramic radiographs: an important marker for vascular risk. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2002; 94 : 510-4.
8. Friedlander AH, Cohen SN. Panoramic radiographic atheromas portend adverse vascular events. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2007; 103 : 830-5.
9. Friedlander AH, Gratt BM. Panoramic dental radiography as an aid in detecting patients at risk for stroke. J Oral Maxillofac Surg 1994; 52 : 1257-62.
10. Friedlander AH, Garrett NR, Chin EE, Baker JD. Ultrasonographic confirmation of carotid artery atheromas diagnosed via panoramic radiography. J Am Dent Assoc 2005; 136 : 635-40; quiz 682-3.
11. American Dental Association Council on Scientific Affairs. The use of dental radiographs: Update and recommendations. J Am Dent Assoc 2006; 137 : 1304-12.
12. Pomprasertsuk-Damrongsri S, Thanakun S. Carotid artery calcification detected on panoramic radiographs in a group of Thai population. Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod 2006; 101 : 110-5.
13. Yoon S, Lee J, Yoon W. A CT study of the prevalence of carotid artery

- calcification in dental patients. *Korean J Oral Maxillofac Radiol* 2006; 36 : 151-5.
14. Nandalur K, Baskurt E, Hagspiel K, Finch M, Phillips C, Bollampally S, et al. Carotid artery calcification on CT may independently predict stroke risk. *Am J Roentgenol* 2006; 186 : 547-52.
  15. Grant EG, Benson CB, Moneta GL, Alexandrov AV, Baker JD, Bluth EI, et al. Carotid artery stenosis: Gray-scale and doppler US diagnosis-Society of Radiologists in Ultrasound consensus conference. *Radiology* 2003; 229 : 340-6.
  16. Ross R. The pathogenesis of atherosclerosis-an update. *N Engl J Med* 1986; 314 : 488-500.
  17. Glagov S, Zarins C, Giddens DP, Ku DN. Hemodynamics and atherosclerosis. Insights and perspectives gained from studies of human arteries. *Arch Pathol Lab Med* 1988; 112 : 1018-31.
  18. Friedlander AH, Friedlander IK. Panoramic dental radiography: an aid in detecting individuals prone to stroke. *Br dent J* 1996; 181 : 23-6.
  19. Bluth EI, Stavros AT, Marich KW, Wetzner SM, Aufrechtig D, Baker JD. Carotid duplex sonography: a multicenter recommendation for standardized imaging and Doppler criteria. *Radiographics* 1988; 8 : 487-506.
  20. Barnett H, Taylor D, Eliasziw M, Fox A, Ferguson G, Haynes R, et al. Benefit of carotid endarterectomy in patients with symptomatic moderate or severe stenosis. *N Engl J Med* 1998; 339 : 1415-25.
  21. Leclerc X, Godefroy O, Pruvo J, Leys D. Computed tomographic angiography for the evaluation of carotid artery stenosis. *Stroke* 1995; 26 : 1577-81.
  22. Beneficial effect of carotid endarterectomy in symptomatic patients with high-grade carotid stenosis. North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial Collaborators. *N Engl J Med* 1991; 325 : 445-53.
  23. Madden R, Hodges J, Salmen C, Rindal D, Tunio J, Michalowicz B, et al. Utility of panoramic radiographs in detecting cervical calcified carotid atheroma. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2007; 103 : 543-8.
  24. Yoon S, Yoon W, Kim O, Lee J, Kang B. Diagnostic accuracy of panoramic radiography in the detection of calcified carotid artery. *Dento-maxillofac Radiol* 2008; 37 : 104-8.
  25. Almog D, Tsimidis K, Moss M, Gottlieb R, Carter L. Evaluation of a training program for detection of carotid artery calcifications on panoramic radiographs. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol Oral Radiol Endod* 2000; 90 : 111-7.