

컴퓨터를 이용한 X선 진단 및 영상처리

단국대학교 치과대학 구강악안면방사선학 교실

김 은 경

사회 각 분야의 정보화 추세에 발맞추어 치과계에 서도 컴퓨터의 이용이 급격히 증가하고 있다. 이미 병원에서 환자의 진단과 치료계획에 널리 이용되고 있는 컴퓨터 단층 촬영, 핵의학 검사, 초음파 검사, 자기 공명 영상, 컴퓨터 방사선 촬영과 디지털 공제 혈관 조영술 등과 같은 영상 촬영술이 컴퓨터 테크놀 로지를 이용하고 있다. 치과에서는 1989년에 RadioVisioGraphy(RVG)가 최초의 디지털 치과 방 사선 촬영기기로 소개된 이래¹⁾, 다양한 종류의 직접 디지털 치과 방사선 촬영기기가 개발되어 임상에서 활용이 되고 있으며, 각종 소프트웨어의 개발 및 이 용으로 디지털 방사선 촬영 시스템은 21세기에 치과 에서의 진단과 치료방식을 변화시킬 것으로 기대되고 있다.

이에 본 소고에서는 지난 10여 년간 널리 연구되고 개발된 치과 디지털 영상의 분야 중 소프트웨어적인 측면 즉 디지털 영상 처리(image processing)와 컴 퓨터를 이용한 진단(computer-assisted diagnosis) 에 대해 언급하고자 한다.

I. 디지털 영상 처리

X선 영상은 기존의 방식으로 촬영, 현상한 필름을 스캐너나 디지털 카메라를 이용하여 간접적으로 디지 털 영상화하거나, 직접 디지털 치과 방사선 촬영기기 로 촬영하여 디지털 영상으로 컴퓨터에 저장된다. 일 단 X선 영상이 디지털 신호로 변환되면, 소프트웨어 를 이용한 디지털 영상 처리가 가능하다. 디지털 영 상의 장점은 방사선 조사선량의 감소 및 현상액의 미 사용으로 인한 환경오염의 감소(직접 디지털 촬영 기

기 사용시), 환자 교육의 용이함, 영상의 전송으로 원격 진료의 가능, 영상의 분석 및 측정, 영상 증강 등이 있다.

디지털 영상 증강에는 대조도 및 흑화도의 조절, smoothing, sharpening, edge detection, thresholding 등이 있으며, 이와 같은 영상 증강을 통해 판독능을 높여 줄 수 있다. 디지털 영상 증강의 기능을 가지고 있는 프로그램으로 ImageTool(UTHSCSA, USA), NIH Image (NIH, USA), Image Pro(Media Cybernetics, USA), EMAGO(Oral Diagnostic Systems, Netherlands) 등이 있으며, 특히 ImageTool, NIH Image는 무료 프로그램으로, 각각은 <http://macorb.uthscsa.edu/dig/itdesc.html>, <http://rsb.info.nih.gov/nih-image/Default.html>에서 다운로드 받을 수 있다. 이들 대부분의 영상 처리 프로그램은 공간 캘리브레이션(spatial calibration)을 통해 실측치로 길이, 면적, 체적, 각도의 측정이 가능하다.

디지털 공제 촬영술(Digital Subtraction Radiography, DSR)은 시간 간격을 두고 경조직에 서서히 발생한 작은 변화를 진단하는데 가장 좋은 도 구로 간주되고 있다²⁾. Grondahl 등³⁾이 1983년 치주 골 병소의 진단에 있어서 DSR이 유용하다고 발표한 이후 DSR에 대한 많은 연구가 보고되었다. DSR의 임상적 적용 분야로 치주 치료 술식의 효율성 평가, 치아 우식증의 진행 정도 측정, 근관 치료 후 미세한 치근단 변화 평가, 임플란트 시술의 평가, 치조골량 변화의 정량분석 등이 있다²⁾. DSR은 동일한 기하학 적 촬영 조건, 즉 동일한 필름-치아-X선관의 위치에

서 동일 촬영 각도로 촬영되고, 동일한 대조도를 보이는 한 쌍의 영상을 필요로 한다. 실제로 동일한 대조도의 사진을 얻기가 불가능하기 때문에 촬영 후 소프트웨어로 보정하기 위해 robust digital contrast correction method⁴⁾, 알루미늄 스텝 웨지를 이용한 optical density thickness function method⁵⁾ 등의 프로그램이 사용된다. 동일한 기하학적 촬영 조건을 유지하기 위해서는 개인별로 제작된 교합제(bite-block)가 부착된 필름 유지 장치(Fig.1)로 표준화된 방사선 사진을 촬영하는 것이 필요하다. 그러나 이와 같이 기계적으로 표준화시키는 방법은 현실적이지 못하기 때문에 일반적인 방법으로 촬영 후 컴퓨터 프로그램을 이용하여 기하학적으로 보정하는 방법이 연구, 이용되고 있다. 즉 특징적 포인트를 map하기 위한 3차원적 기하학의 알고리즘⁶⁾, simulated annealing에 기초한 image-mapping algorithm⁷⁾과 IDL(Interactive Data Language)로 쓴 geometric warping procedure⁸⁾ 등이 제안되었다. 디지털 공제

의 기능을 가지고 있는 프로그램으로 ImageTool(UTHSCSA, USA), NIH Image (NIH, USA), EMAGO(Oral Diagnostic Systems, Netherlands), DSR(Electro Medical Systems, USA) 등이 있다. 이중 앞의 두 가지 무료 소프트웨어는 단순한 공제만 가능하며, 뒤의 두 가지 프로그램은 공제 전에 기하학적인 보정이 가능한 프로그램이다. EMAGO에 대해서는 <http://www.radiology.acta.nl/frset7.htm>에서, DSR에 대해서는 <http://www.dsr-ems.com/>에서 정보를 얻을 수 있다.

Fig. 2는 본 교실에서 기하학적 보정 후 공제하기 위해 IDL 프로그래밍 언어로 쓴 geometric warping procedure를 이용한 연구 결과 사진이다. A는 표준화 방사선 사진 쌍의 공제 상을 보여주며, B는 비표준화 방사선 사진 쌍의 공제 상을 보여 준다. C는 비표준화 방사선 사진 쌍을 IDL로 쓴 프로그램으로 대조도 보정 후 기하학적 보정하여 공제한 상을 보여준다. 이는 기계적으로 고정하여 표준화시킨 사진 쌍의 결과인 A와 유사한 것을 알 수 있다. Fig. 3은 ImageTool 프로그램에서 공제된 상을 보여 주며, Fig. 4는 DSR 프로그램에서 공제된 상을 보여 준다.

디지털 영상 처리의 또 다른 영역은 영상 재구성이다. CT, MRI, 초음파 영상이 삼차원 영상 재구성에 사용되는데, 이는 움직임 없이 촬영된 일련의 얇은 슬라이스를 필요로 한다. 원래 삼차원 영상 재구성은

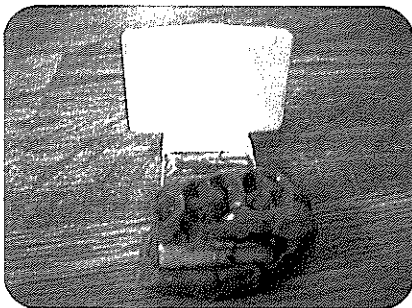


Fig. 1 환자의 교합면이 인기된 개인별로 제작된 XCP 필름 유지장치의 교합제를 보여준다.



Fig. 2 B. 비표준화 방사선사진 쌍의 공제 결과이다.

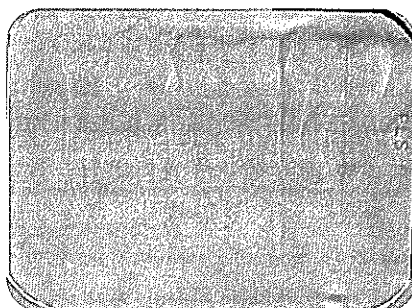


Fig. 2 A 개인별로 제작된 교합제의 필름 유지 장치를 이용하여 촬영된 표준화 방사선사진쌍의 공제 결과이다.

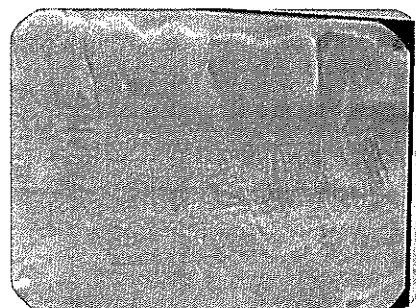


Fig. 2 C. 비표준화 방사선 사진 쌍을 IDL로 쓴 프로그램으로 대조도 및 기하학적 보정한 후 공제한 결과이다.

강력하고, 비싼 워크 스테이션에서 수행되었으나, 최근 저가의 강력한 개인용 컴퓨터의 발달로 개인용 컴퓨터에서도 가능하다. 영상 재구성의 임상 적응증으로 두개 안면 기형, 외상, 두경부 종양, 악관절 질환, 악교정 수술, 임플란트의 식립 술전 치료 계획 등이다. 영상 재구성 프로그램으로 Alice(Parexel Co., USA), V-works(Cybermed Lab, Inc., 한국), NIH Image 등이 있다. Alice 와 V-works 프로그램은 삼차원 재구성, 다평면 재구성의 기능을 가지고 있으며, NIH Image 는 삼차원 재구성 기능은 없고, 다평면 재구성, animation 기능을 가진다.

다음에 언급하는 내용은 Tuned Aperture Computed Tomography (TACT)에 대한 것으로, TACT는 1997년 Weber 등⁹⁾에 의해 소개된 광학 구경 이론(optical aperture theory)에 기초한 새로운 3차원 방사선사진 데이터 획득 방법이다. 이는 "단층 합성"으로 더 잘 알려진 방법을 일반화시킨 것이다. Fig. 5는 상악 제1대구치의 TACT 상의 예로,



Fig. 5 상악 제1대구치 부위의 Ortho-TACT 상으로 후방 왼쪽의 사진은 협축 1/3 후방 오른 쪽의 사진은 구개축 1/3 단면상을 보여 준다.

후방 왼쪽의 사진은 협축 1/3, 후방 오른 쪽의 사진은 구개축 1/3의 상으로 치아의 단면상을 보여 준다. 단순한 TACT 시스템은 CommCat 단층 촬영장치와 같은 이동 가능한 X선원, 기준점으로 사용될 직경 1mm 의 납 구슬, CCD 검출기와 컴퓨터로 구성 가능하며, 상품화가 많이 진행되어 곧 핀란드 Instrumentarium Imaging사 (국내에서는 대명실업에서 취급)의 Ortho-TACT가 시판될 예정이다. Ortho-TACT에 대한 정보는 <http://www.instrumentarium.fi/imaging/> 에서 얻을 수 있다. TACT의 유망한 적응증으로 임플란트 주위의 골 병소, 치주질환에서 골소실과 형성, 치근단 병소, 근관 치료시 근관의 3차원 상, 치관 파절과 재발성 우식증 등이 제시되고 있다.



Fig. 3 ImageTool 프로그램에서 공제된 상을 보여 준다.

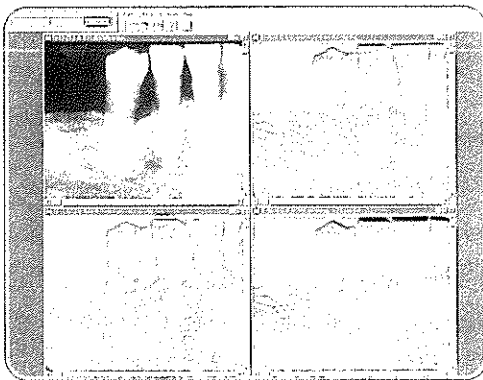


Fig. 4 DSR 프로그램에서 공제된 상을 보여 준다.

II. 컴퓨터를 이용한 진단

컴퓨터를 이용한 진단은 근래 아주 활발히 연구되고 있는 디지털 영상의 한 분야로, 치아 우식증, 치주 질환, 치근단 병소, 임플란트, 교정, 골다공증, 구강 병소 진단 등에 활용 가능하다. 치아 우식증 분야가 가장 앞서 있어, 1998년부터 프랑스 Trophy Radiologie사에서 치아 우식증을 자동으로 발견해 주는 상용 프로그램을 직접 디지털 방사선 촬영시스템인 RadioVisioGraphy의 옵션 소프트웨어로 시판하

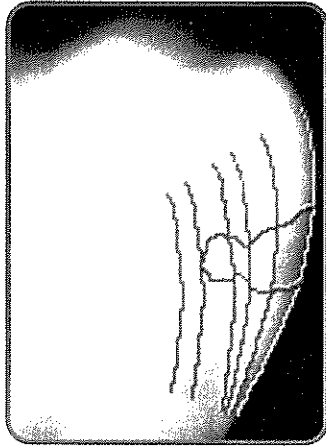


Fig. 6 Logicon Caries Detector 프로그램이 자동으로 치아 인접면의 방사선 투과상의 외형을 그려 주는 모습을 보여 준다.

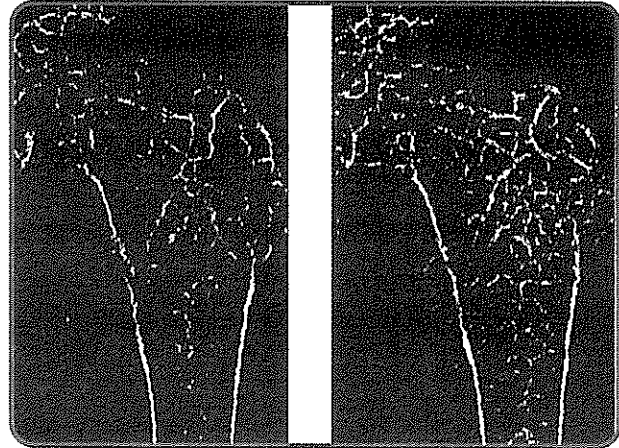


Fig. 7 좌측 영상은 골다공증 환자 대퇴골의 치료 전, 우측은 치료 후 CR 영상의 형태학적으로 필터시킨 영상을 보여 준다.

고 있다. 이는 신경망 기술을 이용하여 인접면의 흑화도를 분석, 조직학적 데이터 베이스에 기초하여 인접면 투과상이 우식증일 가능성(probability)을 수치로 표시하여 준다. Fig. 6은 Logicon Caries Detector 프로그램이 방사선 투과성의 양상을 자동으로 외형을 그려주는 모습이다. 아직은 완전 자동이 아니고, 어느 정도 사람의 상호작용이 필요한 단계이나 멀지 않아 완전 자동 우식증 진단 프로그램이 나올 것으로 예상된다. Logicon Caries Detector에 대한 정보는 <http://www.trophy-imaging.com/netscape/content/logicon.html> 에서 얻을 수 있다. 치주 질환의 자동 진단을 위한 연구를 보면, Hildebolt와 Vannier¹⁰⁹가 1988년 28개의 수학적으로 정의된 특징을 이용하여 치주 질환의 자동 분류를 위한 컴퓨터에 기초한 패턴 인지 시스템을 보고하였고, Ruttimann 등¹¹¹과 Redford 등¹²⁰은 치조골에서의 임상적 변화의 측정치로 프렉탈 차원을 연구 보고하였다. 교정 분야에서는 Baker와 Baumind¹²³가 1994년 두부 계측 방사선사진에서 정상 구조물의 표지(landmark)의 위치를 자동으로 잡아주기 위해 인공신경망 방법을 사용하였다. 골다공증 진단 분야로, Kumasaka 등¹¹⁰은 1997년 골소주 패턴의 추출을 위해 일종의 소프트웨어인 형태학적 필터

(morphological filter)를 이용하였다. Fig. 7은 1997년 Kashima 등¹²¹에 의해 보고된 사진으로, 골다공증 환자의 대퇴골의 치료 전, 후 CR 영상을 형태학적으로 필터시킨 영상이다. 원래 영상에서는 치료후 골구조물의 개선을 인지하기 어려우나, 형태학적으로 필터시킨 치료후 영상에서 골격 패턴의 분포와 밀도가 치료 전 영상에서보다 현저히 달라진 상을 보여준다. 즉 불연속적인, 거친 패턴에서, 연속적이고, 섬세한 망과 같은 패턴으로 변화된 것이 관찰된다. 그외에 디지털 공제술을 이용한 골 소실 또는 골 형성 양을 측정하기 위한 골 밀도 분석에 대한 연구가 활발하다. 그 외에 구강 병소의 진단에 기여할 feature recognition에 대한 연구가 진행 중이며, 최근 구내 디지털 카메라의 사용으로 공간적, 색채 계측학적 분석을 통해 진단 기회가 높아지고 있다.

III. 결론

이상과 같은 디지털 X선 영상의 하드웨어와 소프트웨어의 발달에 힘입어, 가까운 미래에 치과에서 디지털 X선 영상은 보편화될 것으로 예상된다. 패턴 인지, 인공 지능, 프렉탈 분석, 신경망 이론 등을 이용한 컴퓨터 진단의 발달이 이루어져, 치과의사는 치아 우식증, 치주 질환, 골다공증과 두부 계측 방사선 사진

분석 등에 자동 진단 및 임상적 판단 지지 시스템 (clinical decision support system)을 사용할 수 있을 것이며, 지금은 독립적으로 개발되어 따로 운용되는 여러 디지털 방사선 촬영시스템이 필요한 하드웨어 및 소프트웨어가 모두 통합되고, 이 통합 시스템은 보편적인 표준화 방법으로 더욱 자동화된 공제 분석과 화상 처리에 의한 영상의 질의 개선을 가능하게 할 것이다. 궁극적으로 필름이 없는 치과 병원이 표준이 될 것이며, 그래픽 사용자 환경(Graphic User

Interface)의 잘 디자인된 디지털 영상 소프트웨어로 진단, 치료 계획, 차팅, 치료의 기록, 진료비 청구 및 각종 형태의 영상 등과 같은 모든 임상 정보 시스템이 통합될 것이다. 또한 환자의 진료 및 치과외과의 교육에 원격 치의학 시스템의 활용이 일반화될 것이다. 이러한 디지털 영상 기술의 발달은 방사선학적 정보를 빠짐없이 치과외과에게 제공해 줄 것이며, 기존의 진단을 위한 접근 방식까지 변화시키게 될 것이다.

참 고 문 헌

1. Mouyen F, Benz C, Sonnabend E, Lodter JP. Presentation and physical evaluation of RadioVisioGraphy. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1989;68:238-42
2. Hausmann E. Digital Subtraction Radiography: then(1983) and now(1998). *J Dent Res* 1999;78(1):7-10
3. Grodahl HG, Grodahl K, Webber RL. Digital subtraction radiography for diagnosis of periodontal bone lesions with simulated fast speed systems. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1983;55:313-318
4. Ruttinmann UE, Webber RL, Schmidt E. A robust digital method for film contrast correction in subtraction radiography. *J Periodont Res* 1986;21:486-495
5. Likar B, Pernus F. Evaluation of three contrast correction method for digital subtraction in dental radiography : An in vitro study. *Med Phys* 1997;24:299-307
6. Dunn SM, van der Stelt PF, Ponce A, Fenesy K, Shah S. A comparison of two registration techniques for digital subtraction radiography. *Dentomaxillofac Radiol* 1993;22:77-80
7. Pelka A, Kunzmann KH, Paulus D, Winzen A. Automatic digital subtraction radiography using simulated annealing. *J Dent Res* 1997;73:269
8. 김은경. 디지털 공제술에서 비표준화 방사선사진의 대조도 및 기하학적 보정에 관한 연구. *대한치주과학회지* 1998;28(4):797-808
9. Webber RL, Horton RA, Tyndall DA, Ludlow JB. Tuned-aperture computed tomography (TACTTM). Theory and application for three-dimensional dento-alveolar imaging. *Dentomaxillofac Radiol* 1997;26:53-62
10. Hildebolt CF, Vannier MW. Automated classification of periodontal disease using bitewing radiographs. *J Periodontol* 1988;59:87-94
11. Ruttinmann UE, Webber RL, Hazelrig JB, Ala B. Fractal dimension from radiographs of periodontal alveolar bone. *Oral Surg Oral Med Oral Pathol* 1992;74:98-110
12. Redford M, Webber RL, Horton RA, et al. Fractal dimension as a measure of clinical change in alveolar bone. *J Dent Res* 1994;73:390
13. Baker B, Baumrind E. Neural net approach to landmark location on cephalograms. *J Dent Res* 1994;73:297
14. Kumasaka S, Matsuki T, Kashima I. Skeletal pattern extraction of bone trabeculae using mathematical morphology. *Oral Radiol* 1996;13(1):35-43
15. Kashima I, Sakurai T, Kumasaka S, et al. Imaging modality for maxillofacial diagnosis : a glimpse at the future. *IDAMFR/CMI'97 - Advances in Maxillofacial Imaging* 1997:15-22