

치과용 실시간 원격판독시스템의 개발 및 평가

서울대학교 치과대학 구강악안면방사선학교실 및 치학연구소
박태원, 최순철, 이삼선, 허민석

ABSTRACT

Development and evaluation of the real time teleinterpretation system for dentistry

Dept. of Oral and Maxillofacial Radiology & Dental Research Institute
College of Dentistry, Seoul National University
Tae-Won Park, DDS, MSD, PhD, Soon-Chul Choi, DDS, MSD, PhD,
Sam-Sun Lee, DDS, MSD, PhD, Min-Suk Heo, DDS, MSD, PhD

Teleinterpretation is the electronic transmission of radiographic images from one geographic location to another for the purpose of diagnosis. The real time teleinterpretation system that makes use of the internet was developed and evaluated. In addition, the required time for using the system was investigated to evaluate the usefulness during the dental works in dental clinic or hospital. The program was designed for the users or general practitioner and the interpreters or the experts of oral and maxillofacial radiology. The users and interpreters could use the system after downloading the program for teleinterpretation in the homepage using the internet. Several functions were developed for the purpose of the usefulness. The average required time of users from sending the digital image to receiving the result of interpretation of interpreters was 60.5 seconds when one user send an image independently, and 5 minutes 54 seconds when 10 users send an image simultaneously. So it was thought to be an adequate real time teleinterpretation system for dentistry.

Key Words : dentistry, digital image, real time, teleinterpretation

1. 서 론

원격판독은 직접디지털영상이나 방사선사진을 디지털영상으로 전환한 간접디지털영상을 인터넷을 통하여 원격지의 판독자에게 전송하고 그 판독 결과를

전송받을 수 있는 시스템을 의미한다. 의과에서는 1972년에 원격의료영상(teleradiology)이 최초로 소개되었는데 당시에는 비디오와 TV를 이용하여 원격지간에 정보를 전송하고 상담을 하는 방식으로 시도되었다. 최근에는 디지털영상의 획득이 편리해지고,

컴퓨터의 성능이 향상되었으며 네트워크의 고속화 및 인터넷의 발달로 원격판독 뿐 아니라 다양한 분야에서 원격진료가 시도되고 있으며 제한적이기는 하지만 임상적으로 적용되어 원격지 의사들 사이의 상담, 임상적 정보 교류와 협업 및 기타 유용한 정보 공유를 위해 이용되고 있다.²

원격의료영상은 원격진료의 한 분야로 원격지간의 영상 및 판독결과의 전송, 원격지 전문의 사이의 상담 및 방사선사 혹은 학생에 대한 교육과정을 포함한다. 최근에는 여러 국가의 여러 병원간의 정보 교환을 위하여 원격의료영상을 이용하는 등³ 활발한 연구가 진행되고 있고 치의학 분야에서도 원격의료영상을 적용하기 위한 많은 노력이 기울여지고 있으나^{4,7} 아직까지는 임상적으로 적용되고 있지는 못하다.

치의학 분야에서 사용되고 있는 구내 방사선사진은 크기가 작을 뿐만 아니라 판독해야 하는 구조물이 매우 미세하여 진단에 어려움이 있는 경우가 자주 있다. 또한 많은 경우에 치과의사들이 방사선사진을 판독할 때 개개 환자에 대해 관심부위, 즉 주소 부위와 연관될만한 질환의 진단만을 하는 경향이 있어 오진율이 상대적으로 증가할 수 있다. 그러나 전체 치과 의사 수에 비하여 구강악안면방사선학 전공자가 부족할 뿐 아니라 고가의 장비로 촬영되는 방사선사진이 필요할 때 해당 영상장비를 갖추고 있는 경우는 극히 드물어 원격판독의 중요성이 매우 크다.

기존의 연구에서 진행되었던 원격의료영상은 주로 원격지 의사들 사이의 정보 교환을 목적으로 연구되었기 때문에 환자 증례에 대한 토론, 원격지의 장비를 이용하여 영상을 획득한 후 영상을 전송하는 방법으로 개발되었다.⁸ 또한 실시간으로 영상과 음성을 전달하는 방식이 개발되어⁹ 원격지 전문가들 사이의 conference 등에 이용되고 있으나 주로 의사들 사이의 의견 교환을 위하여 개발된 시스템으로 치과의 의료 체계에는 적합하지 않다.

현재 치과 진료 환경에서는 환자가 내원하여 방사선사진을 촬영하고 현상한 후 즉시 진단과 치료계획 수립이 동시에 이루어지는데 이를 고려한다면 기존의 원격의료영상에서 적용되었던 방법은 효과적이지

못하다. 즉 치과의 진료환경을 고려한다면 기존의 의과에서 적용되었던 방법과 같이 촬영된 디지털방사선영상을 모아두었다가 전문가와 상담하는 방식으로 이루어지는 원격판독의 적용은 극히 제한적일 수밖에 없다.

따라서 본 연구에서는 인터넷을 이용하여 구강악안면방사선학 전공자에게 디지털영상을 전송하고 실시간으로 즉시 판독결과를 받을 수 있는 시스템을 개발, 평가하고 실제 진료환경에서 적용할 때 디지털영상을 전송할 때부터 판독결과를 전송받을 때까지의 소요 시간을 평가하여 그 유용성을 검증하고자 하였다.

II. 연구재료 및 방법

원격판독시스템의 개발

원격판독시스템이 치과의 진료 환경에 적합하도록 개발하기 위하여 개인 치과의원과 치과병원의 진료 환경에 대한 정보를 수집하여 가장 적합한 모델을 구성하였다. 모델 구성은 치과의 진료 환경을 고려하여 환자의 디지털영상을 획득한 후 판독을 의뢰하였을 때 10분 이내에 판독 결과를 전송받을 수 있는 시스템을 목표로 하는 실시간 원격판독시스템을 개발하여 효용성을 극대화하는 방향으로 설계하였다. 이와 같은 시스템 개발을 위하여 개발자와 기술적으로 가장 합리적이고 효율적인 방식으로 서버를 구축하였는데 홈페이지 구축을 위한 서버로 Pentium III 1 GHz/256KB cache의 CPU, 256 megabyte의 메모리, 18 gigabyte의 하드디스크를 이용하였고 Windows 2000 server의 운영체제를 이용하였으며 인터넷 환경을 구축하기 위하여 웹호스팅 전문업체의 백분망에 서버를 접속하여 인터넷 이용이 가능하도록 하였다. 또한 원격판독시스템에 적합한 프로그램(RETIS, 10DR Corp., Seoul, Korea)을 개발하였고 판독을 의뢰하는 사용자들이 디지털영상을 획득하는 방식에 따라 차이가 나타나지 않도록 모든 영상 파일 형식을 이용할 수 있도록 프로그램을 구성하여 디지털영상획득장치를 사용하는 경우나 촬영된 방사

선사진을 스캐너를 이용하여 디지털영상을 획득한 경우 혹은 기타 다른 장치를 이용하여 디지털영상을 얻는 경우에도 모두 사용이 가능하도록 개발하였다. 프로그램은 사용자, 즉 판독의뢰자와 관리자, 즉 판독자가 동일한 방식으로 사용할 수 있도록 개발하였다. 환자의 영상 판독에 적합하도록 주소와 병력 등을 기입할 수 있도록 하였고 판독자는 간단한 방법으로 판독결과를 작성하여 사용자에게 전송할 수 있도록 개발하였다. 초기 개발 후 5인의 시험자가 사용자와 판독자로서 프로그램을 사용하였을 때 나타난 오류를 평가하고 이에 대하여 수정을 하였다.

소요 시간의 측정

판독자 1인이 원격판독을 위한 프로그램을 실행하여 항상 판독이 가능하도록 준비하였고 개인 치과의원에서 근무하는 사용자 10인이 일정한 시각에 각각 자신이 근무하는 곳에서 디지털영상을 전송하도록 하였다. 모든 디지털영상은 구내방사선디지털영상장치를 이용하여 획득된 영상이었으며 10인에게 각기 다른 시각에 1매의 영상을 보내도록 한 후 판독을 의뢰한 때부터 판독이 완료되어 전송받을 때까지의 소요시간을 측정하였고, 또한 10인의 사용자에게 동일한 시각에 각각 1매의 영상을 전송하도록 한 후 판독을 의뢰한 때로부터 판독이 완료되어 결과를 전송받을 때까지의 시간을 측정하였다. 소요 시간의 측정은 원격판독 프로그램 내에 내장되어 있는 의뢰 시각과 판독 시각 정보를 참조로 하여 구하였다.

사용자가 의뢰한 디지털영상은 Jupiter(CDX-2000HQ, Biomedisys Corp., Seoul, Korea) 혹은 Digora(Soredex Orion Corp., Helsinki, Finland)를 이용하여 획득된 구내디지털영상으로 모두 bmp 형식의 파일이었다. Jupiter를 이용하여 획득된 디지털영상의 크기는 2×3 cm으로 파일크기는 296 kilobyte이었고 Digora를 이용하여 획득된 디지털영상의 크기는 3×4 cm으로 파일크기는 229 kilobyte이었다.

판독자에게는 프로그램 상에서 판독이 의뢰된 순서대로 판독 결과를 작성하여 사용자에게 전송하도

록 요구하였고 판독자는 판독을 위하여 영상을 확대 혹은 축소 기능을 사용할 수 있도록 허용하였으며 필요에 따라서는 화면의 밝기나 대조도를 조절하여 판독하도록 하였다. 판독 장소는 일반적인 방사선사진을 판독하는, 즉 판독 업무가 적합한 곳에서 판독하도록 하여 주위환경이 판독 결과에 영향을 주지 않도록 하였다. 판독자가 사용한 컴퓨터는 Pentium III 750 MHz의 CPU, 256 megabyte 메모리, 32 megabyte 그래픽카드 메모리, 40 gigabyte 하드디스크의 성능을 가진 컴퓨터를 사용하였고 10 Mbps의 LAN을 이용하여 인터넷을 사용할 수 있는 환경에서 원격판독 업무를 시행하도록 하였다.

사용자는 2 Mbps 혹은 10 Mbps 속도의 ADSL을 사용하여 인터넷에 접속이 가능하였고 Pentium II 혹은 Pentium III의 CPU, 128 혹은 256 megabyte의 메모리, 16 혹은 32 megabyte 그래픽카드 메모리의 성능을 가진 컴퓨터를 이용하였다. 사용자가 의뢰하는 구내디지털영상은 사용자가 판독에 적합할 정도의 영상이 되도록 밝기와 대조도를 조절하여 판독을 의뢰하도록 하였으며 환자의 주소와 병력을 기입하도록 하였다.

III. 연구성적

실시간 원격판독시스템을 위한 홈페이지와 프로그램 구성

원격판독시스템을 위한 홈페이지(그림 1)에서

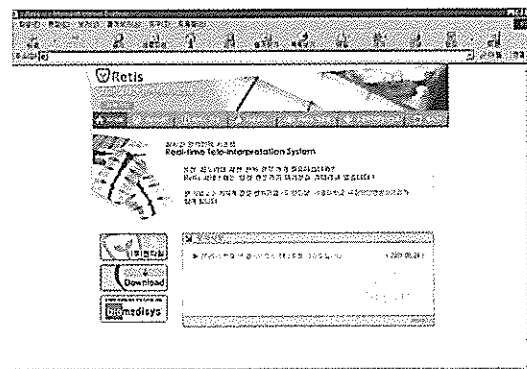


그림 1. 실시간 원격판독시스템의 홈페이지 초기화면

RETIS 프로그램을 사용자의 컴퓨터에 전송받은 후 사용자의 진료실 컴퓨터에 설치하여 원격판독을 위하여 관리자와 직접 연결이 가능하도록 제작하였다. 홈페이지에서는 원격판독의 원리와 배경, 디지털영상을 획득하는 방법, 원격판독을 위한 프로그램을 설치하는 방법에 대한 설명을 볼 수 있도록 구성하였다.

원격판독은 프로그램을 설치한 후에 사용이 가능하며 BMP, TIF, GIF, JPG 등 모든 형식의 영상파일을 전송할 수 있도록 프로그램이 제작되었다. 프로그램은 사용자(판독의뢰자)와 관리자(판독자)를 구분하여 다소 기능의 차이가 있도록 구성하였다. 사용자의 경우에는 프로그램을 이용하여 간단한 조작으로 판독자에게 원하는 영상을 전송할 수 있고 전송하고자 하는 디지털영상 파일을 쉽게 검색할 수 있으며 화면을 확대하거나 축소할 수 있는 기능이 포함되어 있고 전송하려는 영상에 환자의 주소, 병력 등을 작성하여 첨부할 수 있도록 제작하였다. 또한 판독자로부터 판독 결과를 전송받았을 때에는 프로그램에서 경고음과 화면의 깜빡임 기능을 부여하여 의뢰한 판독 결과를 전송받았다는 것을 쉽게 인식할 수 있도록 하였다 (그림 2).

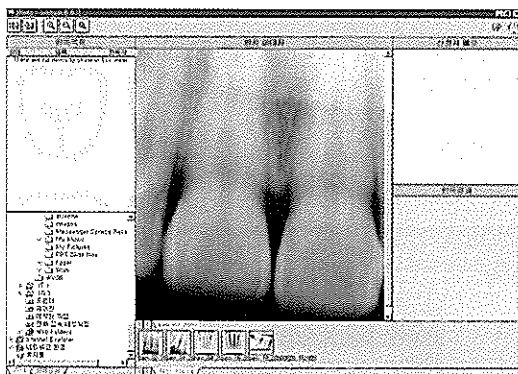


그림 2. 사용자가 프로그램을 실행시킨 화면

판독자의 경우에도 전용프로그램의 기본적인 화면의 구성과 기능은 동일하지만, 판독 결과를 작성할 수 있는 부분을 두어 판독결과를 작성한 후 판독을 의뢰한 사용자에게 전송할 수 있도록 하였으며 판독

의 편리함을 위하여 영상의 확대 혹은 축소가 가능하도록 하였다. 의뢰받은 판독 증례를 순서대로 배열하여 쉽게 인식할 수 있도록 화면이 구성되었고 의뢰받은 증례와 판독 결과를 전송한 증례를 쉽게 구분할 수 있으며 사용자 화면에서와 마찬가지로 새로운 증례가 의뢰된 경우에는 경고음과 화면의 반짝임 기능을 부여하여 이를 쉽게 인식할 수 있도록 하였다. 또한 의뢰받은 증례의 의뢰 시각과 판독이 끝난 후 사용자에게 결과를 전송한 시각을 확인할 수 있으며 의뢰자와 판독자에 대한 정보를 확인할 수 있도록 구성하였다 (그림 3).

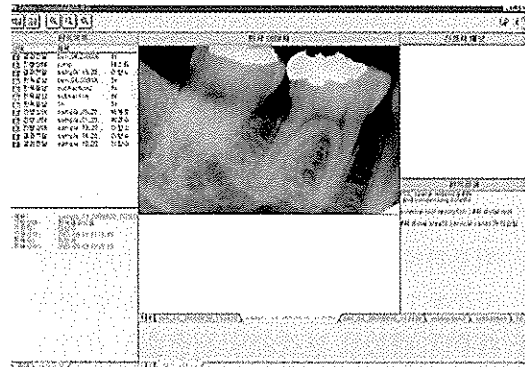


그림 3. 관리자가 프로그램을 실행시킨 화면

실시간 원격판독시스템의 사용 평가

원격판독시스템을 위한 전용 프로그램을 이용함으로써 사용이 비교적 용이하였으며 인터넷을 사용할 수 있는 환경에서는 어느 곳에서도 이용이 가능하였다. 사용자가 의뢰하고자 하는 디지털영상 파일을 하드디스크에서 직접 찾아서 전송할 수 있고 선택된 영상을 화면에서 확인할 수 있어서 전송하고자 하는 영상파일을 찾는데 오류가 없었고 판독을 원하는 디지털영상을 전송한 후 판독 결과를 전송받았을 때에는 정상적으로 경고음과 화면의 깜빡임으로 전송결과를 받았다는 것을 확인할 수 있었으며 화면에서도 의뢰한 파일에 대한 현재 판독 진행상황이 “신청했음”, “진행상태”, “결과있음”, “판독끝남” 등으로 화면상에서 확인할 수 있었다. 신규 파일을 전송한 경우 “신

청했음"으로, 판독자가 그 영상을 확인할때는 "진행상태", 판독결과를 전송받은 후 "결과있음", 그 판독결과를 사용자가 확인하면 "판독끝남"으로 표시가 되었으며 판독을 의뢰한 시간과 판독결과를 전송받은 시간을 프로그램 내에서 확인할 수 있었다. 또한 새로운 판독을 요청하고자 할 때에도 즉시 다시 다른 영상을 전송할 수 있었다.

판독자의 화면에서는 의뢰된 판독 요청의 진행상태에 따라 "신규요청", "진행상태", "결과전달", "판독끝남" 등으로 확인이 가능하였는데, 새로운 의뢰를 받은 경우 "신규요청", 판독을 진행하고 있을 때에는 "진행상태", 판독 결과를 사용자에게 전송하면 "결과전달", 사용자가 판독결과를 확인하면 "판독끝남"으로 화면에 나타났으며 판독 의뢰 시각과 사용자가 판독결과를 전송받은 시각을 프로그램에서 확인할 수 있었다. 또한 사용자가 디지털영상을 전송한 시각과 판독자에게 의뢰된 시각은 일치하여 전송에는 시간의 지체가 없었으며 판독자가 판독 결과를 전송한 시각과 사용자가 전송받은 시각 사이에도 같은 결과를 얻었다.

대부분의 전송된 디지털영상의 크기는 적절하였으나 일부의 영상은 크기가 커서 축소 기능을 이용하여 영상을 조절하여 판독하였고 의뢰된 모든 영상은 밝기나 대조도가 판독에 어려움이 없을 정도로 만족할 만한 영상이었다.

실시간 원격판독을 위한 소요시간의 측정

사용자가 각각 서로 다른 시각에 1매의 구내방사선 디지털영상을 전송하여 판독자가 판독결과를 작성하고 사용자에게 결과를 전송할 때까지의 소요시간은 최소 26초, 최대 96초로 평균 60.5초였으며 사용자 10인이 동시에 1매의 영상을 전송하여 10매의 영상을 판독자가 동시에 받아 순서대로 판독 결과를 작성하고 사용자에게 판독결과를 전송할 때까지의 소요시간은 최소 70초에서 최대 10분 5초로 평균 5분 54초가 소요되었다.

판독이 의뢰된 증례는 치아의 이차우식증 유무 판정 2건, 치아의 외흡수 판정 2건, 치근단 병소의 유무

판정 3건, 동통 원인 판정 2건, 부종의 원인 판정 1건이었다.

IV. 총괄 및 고안

필름을 이용하여 방사선사진을 얻는 방식에 비하여 디지털영상을 사용할 때의 장점에는 여러 가지가 있다. X선 노출량을 최소 1/3에서 최대 1/10까지 감소시킬 수 있고 현상액이나 정착액을 사용하지 않아 폐액을 줄일 수 있으며 영상의 보관이 용이하고 영구적이다. 또한 환자의 정보를 체계적으로 정리할 수 있고 필요할 때 빠른 시간 내에 환자의 영상을 확인할 수 있다.¹⁰⁻¹¹

또한 모니터를 사용하므로 큰 영상을 이용하여 판독을 할 수 있어 진단능이 증가하고 PACS를 이용하여 진료 중에 필요한 영상을 컴퓨터가 설치된 곳에서 확인할 수 있다.¹²⁻¹³

본 연구에서는 환자의 구내디지털영상을 인터넷을 이용하여 일반 치과 의원에서 구강악안면방사선 전공자에게 간단한 방법으로 판독을 의뢰하고 짧은 시간 내에 판독결과를 전송받을 수 있는 시스템을 개발하고 실제 임상적으로 적용할 때 소요되는 시간을 측정하여 그 효용성을 검증하고자 하였다.

프로그램의 사용은 컴퓨터의 성능에 따라 다소 속도의 차이는 있었으나 사용자의 컴퓨터 중 최소의 성능이었던 Pentium II의 CPU, 128 megabyte의 메모리, 16 megabyte의 그래픽카드 메모리에서도 본 시스템을 이용하는데 큰 문제가 없는 것으로 나타났으며 하드디스크의 용량은 프로그램을 설치하고 영상을 저장할 정도의 공간만 있다면 원격판독시스템을 사용하기에 적절하였다.

판독을 의뢰했을 때로부터 판독 결과를 전송받을 때까지의 소요시간은 사용자가 각기 다른 시각에 독립적으로 1매의 영상이 의뢰된 경우에는 약 1분 정도의 시간이 소요되었으며 10매가 동시에 의뢰된 경우 6분 이내의 시간이 소요되어 치과의 진료 환경에서 방사선 사진을 얻은 후 진단과 치료계획이 이루어지는 데에 큰 문제가 없을 것으로 생각된다. 판독 완

료 시간을 가장 크게 좌우하는 요소로는 판독이 의뢰된 증례의 난이도, 판독자의 판독 능력과 문서 작성 속도 및 동시 의뢰 건수였다. 본 연구의 결과에 따르면 1매의 영상에 대한 판독 소요시간은 최소 26초에서 최대 96초까지의 분포로 큰 편차를 보였는데 이것은 판독의 난이도에 따라 나타나는 차이일 것으로 생각된다. 또한 동시에 여러 증례가 의뢰되는 경우, 예를 들어 본 연구에서 동시에 10매의 판독 의뢰가 있는 경우 차례로 판독을 하여 10번째 증례를 판독한 경우에는 판독을 의뢰한 시각으로부터 완료하여 전송할 때까지는 10분 5초의 시간이 소요되어 원격 판독에서 사용자가 환자의 디지털영상을 전송하고 판독 결과를 받기까지는 10분 이내에 가능할 것으로 생각된다.

그 외에 판독 완료 시간에 영향을 미치는 요소로는 영상의 전송속도를 고려해야 하는데 전송속도와 가장 크게 관여하는 것은 디지털영상의 파일 크기이다. 본 연구에서 전송한 영상은 모두 구내 디지털영상으로 300 kilobyte 이내의 크기가 작은 파일을 이용하여 전송이 매우 빠르게 이루어졌으나 파노라마디지털영상이나 기타 구외촬영, CT 및 MRI 영상, 그리고 스캐너를 이용하여 고해상도로 획득된 구내 방사선사진의 디지털영상을 전송하는 경우에 파일의 크기가 증가하여 전송속도가 증가할 수 있어 파일의 크기에 따른 판독 완료 시간의 변화에 대해서도 평가가 필요하다. 그리고 판독과정에서 환자에 대한 정보가 있다면 판독 결과를 작성할 때 보다 정확하고 빠르게 판독할 수 있어 사용자가 작성한 환자의 주소 혹은 병력과 관련된 정보도 원격판독 완료 시간에 영향을 줄 수 있다.

또한 본 연구에서는 모든 영상이 판독하기에 적절한 밝기와 대조도를 보여 판독자가 판독과정에서 영상을 조절해야 하는 경우는 없었으나 이를 조절해야 할 정도로 영상의 질이 떨어지는 경우 영상을 조절하는 시간이 필요하여 원격판독 소요 시간은 더욱 증가할 것으로 예상된다.

본 연구에서 개발된 원격판독시스템의 가장 큰 특징은 실시간으로 이루어진다는 점이며 이와 같은 시스템을 위해서는 항상 판독업무를 담당하고 있는 판독자가 필요하며 원격판독시스템의 속도를 좌우하는 여러 가지 요인들을 고려하여야 이상적인 원격판독시스템이 이루어질 것으로 기대된다.

V. 결 론

원격판독시스템을 위한 서버를 구축하고 홈페이지를 제작하여 원격판독을 위한 프로그램을 사용자의 컴퓨터에 설치한 후 사용이 가능하도록 개발하였다. 개발된 원격판독시스템은 환자 진료 중에 실시간으로 구강악안면방사선 전공자에게 판독 결과를 전송받기에 적합하도록 개발되었다. 또한 본 연구에서는 사용자 10인이 각각 1매의 구내디지털영상을 이용하여 원격판독시스템을 통하여 판독소견서를 받은 결과 각각 다른 시간에 의뢰한 경우에는 60.5초, 동시에 의뢰한 경우에는 평균 5분 54초의 판독 소요 시간이 필요하였다.

따라서 실시간 원격판독시스템은 원격지의 치과에서 환자 진료 중에 실시간으로 디지털영상과 판독 결과를 교환하기에 적당한 것으로 생각한다.

참 고 문 헌

1. Bidgood WD, Staab EV. Understanding and using teleradiology, *Semin Ultrasound CT MR* 1992;13:102-112.
2. Walz M, Brill C, Bolte R, et al. Teleradiology requirements and aims in Germany and Europe: status at the beginning of 2000, *Eur Radiol* 2000;10:1472-1482.
3. Heautot JF, Eichelberg M, Gibaud B, et al. The RETAIN project: DICOM teleradiology over an ATM-based network. *Radiological Examinations Transfer on an ATM Integrated Network*, *Eur Radiol* 2000;10:175-182.
4. Benson BW. Teleradiology, *Dent Clin North Am* 2000;44:359-370.
5. Quintero JC, Trosien A, Hatcher D, Kapila S. Craniofacial imaging in orthodontics: historical perspective, current status, and future developments, *Angle Orthod* 1999;69:491-506.
6. Eraso FE, Scarfe WC, Hayakawa Y, et al. Teledentistry: protocols for the transmission of digitized radiographs of the temporomandibular joint, *J Telemed Telecare* 1996;2:217-223.
7. Hayakawa Y, Farman AG, Eraso FE, Kuroyanagi K. Low-cost teleradiology for dentistry, *Quintessence Int* 1996;27:175-178.
8. Jankharia B. Current status and history of teleradiology in India, *Int J Med In* 2001;61:163-166.
9. Kinosada Y, Takada A, Hosoba M. Real-time radiology--new concepts for teleradiology, *Comput Methods Programs Biomed* 2001;66:47-54.
10. Gr ndahl HG. Digital radiology in dental diagnosis: a critical view, *Dentomaxillofac Radiol* 1992;21:198-202.
11. Colin C, Vergnon P, Guilbaud L, et al. Comparative assessment of digital and analog radiography: diagnostic accuracy, cost analysis and quality of care, *Eur J Radiol* 1998;26:226-234.
12. Seshadri SB, Kishore S, Arenson RL. Software suite for image archiving and retrieval, *Radiographics* 1992;12:357-363.
13. Andriole KP, Avrin DE, Yin L, et al. PACS databases and enrichment of the foler manager concept, *J Digit Imaging* 2000;13:3-12.