대한영상의학회지 2007;57:97 - 104

World Wide Web을 이용한 단순흉부촬영에서의 폐 결절 진단 능력 향상을 위한 대화형 교육 콘텐츠의 개발[1]

엄준영 · 김진환 · 김성수 · 한기태 · 안영섭 · 신병석 · 배경태[2]

목적: 단순흉부촬영 상에서의 폐 결절 진단 능력을 향상시키도록 웹을 이용한 교육용 콘텐츠를 개발하고, 웹사이트를 디자인, 구축하고자 하였다.

대상과 방법: 증례는 팩스를 이용하여 수집하였다. 데이터베이스는 정상, 결절, 위양성(결절 유사음영)으로 대분류 하였다. 결절은 난이도에 따라 평이, 보통, 난해, 위음성의 4군으로 분류하였고, 방사선학적 소견에 따라 경계가 분명한 결절, 경계가 불분명한 결절, 희미한 음영, 다른 질환과 동반된 결절, 정상 구조물과 중첩된 결절로 분류하였다. 내용은 Study section, Test section, Record section, Information등으로 구성하였다.

결과: Study section은 학습형태이며 section I은 결절의 난이도에 따라, section II는 결절의 방사선학적 소견에 따라 학습할 수 있게 하였다. Test section은 난이도에 따라 level I - III까지 3가지 수준으로 하여 참여자가 난이도를 선택하여 결절 진단 능력을 알아볼 수 있도록 하였다. 대화형으로 구성하여 결과를 즉시 확인할 수 있으며 본인의 학습 효과를 알 수 있도록 프로그래밍하였다.

결론: 인터넷을 이용한 폐결절 진단을 위한 교육 프로그램은 새롭고 효과적인 교육도구가 될 것이며, 본 연구를 통하여 축적된 기술과 경험을 바탕으로 방사선과학의 다른 분야 및 다양한 분야의 의학 교육 프로그램의 개발에 이용될 수 있을 것이다.

폐암은 미국을 포함한 선진국에서 암 사망 1위를 차지하며 우리나라에서도 그 빈도가 증가하여 발생률 2위, 사망률 1위를 차지하고 있는 암이다. 폐암의 평균 5년 생존율은 지난 20년간 14%에서 크게 향상되지 않고 있으나, IA 병기에서 수술을 시행한 경우는 75%(67% - 84%)까지 높아지므로(1 - 6) 조기 폐암 진단에 의한 적절한 치료가 폐암으로 말미암은 사망률을 감소시키는 데 매우 중요하다고 볼 수 있다. 최근에는 조기폐암 진단을 위해 저 선량 전산화단층촬영술(Low Dose Computed Tomography, LDCT)을 이용한 폐암 검진이 증가하고 있으나 LDCT는 고 위험 군에서 권장되고 있는 검사방법이며(7 - 12) 폐암 위험 인자가 적은 사람이나 호흡기 증상이 있는 환자를 진단하는 경우 단순흉부촬영이 가장 먼저, 그리고 널리 이용되고 있는 진단방법이다.

폐암은 단순흉부촬영에서 폐 결절의 형태로 나타나는 경우가 전체 폐암의 약 60%이다(13). 고 위험 군을 대상으로 하여 단순흉부촬영을 이용한 조기폐암의 선별검사(Screening Test)에서, 후향적으로 영상을 재고한 결과 주변부 폐암의 90%, 중심부 폐암의 75%에서 흉부단순촬영상에 폐암이 있었음에도 발견을 못하였다는 보고를 비롯하여 단순흉부촬영상에서 폐암을 놓치는 경우에 대한 다양한 보고들이 있다(14 - 19). 이렇게 폐 결절을 정확히 발견하지 못하는 것이 조기 폐암 진단을 늦추는 가장 큰 원인임과 동시에 미국에서는 방사선과 의사 과실에 관한 법률 소송 중 유방암에 이어 두 번째로 흔한 경우이다(20). 의사가 폐 결절을 진단하는 능력은 경험에 따라 다르며, 폐암을 조기에 진단하려면 폐 결절 진단을 위한 적절한 교육을 받는 것이 무엇보다 중요하다고 할 수 있다.

지금까지의 폐 결절 진단을 위한 교육방법으로는 강의, 임상증례토의, 집담회, 책, 학술잡지, 콤팩트디스크(compact disc, CD) 프로그램, 비디오 등이 이용되었다. 그러나 이러한 방법들은 시간 공간적으로 교육매체로의 접근성에 한계가 있고 피교육자의 수준에 맞출 수 없이 일정한 대중을 대상으로 하며 일방적인 정보의 전달만 가능하다. 이에 반해 인터넷을 이용하면 시간과 장소에 제약을 받지 않으면서 피교육자의 수준에 맞는 맞춤식 교육을 할 수 있다. 1990년대 후반부터 인

[1]충남대학교 의과대학 영상의학과교실
[2]Radiology and Biomedical Engineering, University of Pittsburgh
이 논문은 2007년 2월 20일 접수하여 2007년 5월 16일에 채택되었음.

터넷을 이용한 의학교육이 여러 분야에서 시도되어 왔으나 (21 - 29), 단순흉부촬영 상에서 폐 결절 진단을 위한 교육 프로그램은 없었다. 따라서 이번 연구에서는 (1) 월드와이드웹 (World Wide Web, 이하 WWW)을 이용하여 단순흉부 촬영상에서 폐 결절 발견 능력 향상을 위한 효과적인 인터넷 기반 교육 콘텐츠를 개발하고, (2) 의과대학생, 영상의학과 전공의, 개원의, 영상의학을 전공으로 하지 않은 의사를 포함한 피교육자에게 본인의 수준에 맞는 폐 결절의 형태 및 난이도를 선택하여 학습할 수 있는 교육 장소를 웹상에서 구축하고자 하였다.

대상과 방법

데이터베이스

자료 수집과 저장

문제 은행에 저장될 자료의 수집은 팩스(영상저장 및 전송체계)(Picture Archiving and Communication System, 이하 PACS)가 구축된 3개의 의료기관에서 행하였다.

자료 수집을 전담한 2명의 영상의학과 전문의가 매일 매일의 임상 진료와 주 1회 시행하는 폐암 집담회를 이용하여 적합한 증례를 선정하였다. 모든 증례는 단순 흉부 촬영 후 전면, 측면 사진 및 전산화단층촬영(Computed tomography, CT)을 모두 시행하고, 고립성 폐 결절 또는 종괴가 있는 경우를 대상으로 하였다. 선정된 증례는 PACS에서 JPEG(Joint Photographic Experts Group) 파일(file)로 전환하여 저장하였다. 저장된 증례 각각에 대하여 단순흉부촬영 후 전면, 측면 사진은 ACDsee 5.0(The digital imaging company, Sannichton, BC, Canada)프로그램을 이용하여 너비를 800 픽셀로 일정하게 크기를 재조정하였으며, 정답화면을 위해 같은 영상을 하나 더 복사하였다. PowerPoint 2002 (Microsoft, Redmond, WA)상에서 화살표를 만든 후, Photoshop 7.0(Adobe, San Jose, California, U.S.A.)을 이용하여 복사된 영상에 화살표가 결절 혹은 종괴를 표시하도록 정답 영상을 재구성하였다. 이렇게 준비된 문제와 정답 영상은 파일이름에 각각의 증례에 대한 환자 및 영상정보를 표시하여 파일 이름을 통한 구분을 할 수 있도록 함과 동시에 파일손상 및 시스템이상에 따른 대비를 할 수 있도록 하였다. 이렇게 준비된 영상은 Access 2002(Microsoft, Redmond, WA)프로그램을 데이터베이스로 이용하여 저장하였다.

자료의 분류

증례는 크게 정상, 결절, 결절 유사음영을 보이는 세 개 군으로 분류 하였으며, 결절은 난이도에 따라 평이(easy), 보통(intermediate), 난해(difficult), 위 음성(false negative = likely missed)의 네 개 군으로 분류하였다. 분류 기준은 결절의 크기와 주변 구조물에 따라 다음과 같이 하였다. (1) 크기가 1.5 cm이상이고 어떠한 구조물에도 가려지지 않은 병변이거나, 비록 1.5 cm 미만의 결절이지만 음영이 뚜렷하여 쉽게 발견될 수 있는 결절은 평이 군(easy group)으로, (2) 크기가 1.5 cm 이하이면서 어떠한 구조물에도 가려지지 않았거나, 비록 크기는 1.5 cm 이상이지만, 뼈, 심장, 횡격막, 혈관, 동반된 병변 등에 의해 70% 이상 가려진 경우는 보통 군(intermediate group)으로, (3) 크기가 1.5 cm 미만이면서 음영이 뚜렷하지 않아 발견하기 어려운 결절이나, 크기가 1.5 cm 미만이면서 뼈, 심장, 횡격막, 혈관, 동반된 병변 등에 의해 70% 이상 가려진 경우는 난해 군(difficult group)으로 분류하였다. (4) 연구에 참여한 3명의 영상의학과 전문의가 흉부 단순촬영 상에서는 발견할 수 없었으나 CT에서 결절을 발견할 수 있었던 경우는 위 음성군(false negative group = likely missed group) 으로 분류하였다.

또한, 피교육자가 취약하다고 생각되는 항목을 세부적으로 학습할 수 있도록 하고자 다음과 같이 7개의 항목(category)으로도 분류하였다; 1) 정상(normal), 2) 경계가 분명한 결절(well - defined nodule), 3) 경계가 불분명한 결절(nodule with ill - defined or irregular margin), 4) 희미한 음영(faint opacity), 5) 정상 구조물과 중첩된 결절(nodule overlapped over normal structure), 6) 다른 질환과 동반된 결절(nodules associated with other pathology), 7) 결절 유사음영(opacity mimic nodule).

분류작업은 세 명의 영상의학과 전문의의 합의로 하였으며, 의견이 일치하지 않는 경우는 2명의 전문의가 합의한 항목으로 분류하였다.

프로그램 개발 및 웹사이트(website) 구축

프로그램은 영상의학과 전문의에 의해 개발되었으며, 상세한 내용은 다음과 같다.

서버 및 프로그램

서버로 사용된 컴퓨터는 Windows XP professional 2002 (Microsoft, Redmond, WA, U.S.A.)를 운영체제로 하며 512 megabytes(MB) 의 random access memory (RAM) 와 2.4 기가헤르쯔(gigahertz, 이하 GHz)의 중앙처리장치를 장착한 인텔사의 펜티엄 4 컴퓨터로 60 gigabytes(GB)의 저장장치가 있다.

프로그래밍 언어로 ASP 3.0(Microsoft, Redmond, WA, U.S.A.), JAVA Script 1.2(Sun Microsystems and Netscape, U.S.A.), HTML tag 4.0 프로그램을 이용하였으며, 데이터베이스는 Access 2002(Microsoft, Redmond, WA, U.S.A.)를 이용하였다. 그 밖에 Power Point 2002 (Microsoft, Redmond, WA, U.S.A.), ACDsee 5.0(The digital imaging company, Sannichton, BC, Canada), Photoshop 7.0(Adobe, San Jose, California, U.S.A.), Hypersnap - Dx(Hyperionics Technology, Murrysville, PA, U.S.A.)등의 소프트웨어를 이용하였다.

프로그램 콘텐츠(contents)

프로그램은 검사항목(Test section), 학습항목(Study section), 기록항목(Record section)으로 구성하였다.

검사항목(Test section)

검사항목은 난이도에 따라 level Ⅰ - Ⅲ까지 3가지 수준으로 하였으며 level Ⅲ가 가장 어려운 경우이다. "Level Ⅰ"은 평이 50%, 보통 30%, 난해 10%, 정상 5%, 위 양성(false positive) 5%의 비율로 하였으며, "Level Ⅱ"는 평이 35%, 보통 35%, 난해 20%, 정상 5%, 위 양성 5%의 비율로 구성하였으며, "Level Ⅲ"는 평이 20%, 보통 40%, 난해 30%, 정상 5%, 위 양성 5%의 비율로 구성하였다. 원하는 수준을 선택할 수 있도록 하였으며 위 구성 비율에 맞추어 문제은행에서 무작위로 추출될 수 있도록 프로그램을 구성하였다.

한 번의 검사(test)당 20문항으로 하였으며 검사 종료 후 수험자가 단순흉부촬영 후전면 상에 표시한 위치는 작은 적색의 정사각형, 결절의 유무와 위치를 표시한 정답화면에서는 정답이 화살표로 표시되도록 하여 비교해 볼 수 있도록 하였다. 정답 화면에서는 폐 측면 사진이나 컴퓨터전산화단층촬영 등의 정보를 제공하였다. 또한, 테스트가 끝난 후 전체 20문항 중 정답과 오답의 개수를 알 수 있으며 각 문항별로 정, 오답을 표시하여 문항 번호를 선택하면 사진을 다시 볼 수 있도록 하였다.

학습항목(Study section)

이 항목은 Study Ⅰ과 Ⅱ로 나누어 "Study Ⅰ"에서는 난이도에 따라 정상, 평이, 보통, 난해, 위 음성, 위 양성 항목으로 구분하였으며, "Study Ⅱ"에서는 1 - 2 에서 언급한 7개의 세부항목으로 구분하여 사용자가 자유롭게 선택할 수 있도록 하였으며, 시작화면에서 검사항목과는 독립적으로 이 항목부터 시작할 수 있도록 하였다.

기록항목(Record section)

회원인증을 받은 사용자들의 검사항목에 대한 학습결과를 확인할 수 있도록 하였다.

사용자 등록 및 설문작성

피교육자의 기본적인 정보를 스스로 입력할 수 있는 회원가입 난을 만들어, 향후 이 프로그램에 대한 피교육자의 이용 후 미리 준비된 설문과 함께 프로그램 이용의 만족도 등 이용 전반에 대한 분석을 할 수 있는 장치를 마련해 두었다.

결 과

본 연구에서 구축한 웹사이트는 http://educhest.mp.to 이다. 초기화면(Fig.1)에서는 회원가입난을 비롯하여 이 프로그램의 개략적인 항목을 볼 수 있도록 하였다. 회원가입 후 로그인 화면 에서는 이용자의 확인과 함께 방문 횟수를 표시할 수 있도록 하였으며, 로그인하기 전에는 보이지 않던 Q/A 게시판 항목을 볼 수 있도록 하였다.

"STUDY Ⅰ" 항목을 선택하면 STUDY Ⅰ 항목의 새로운 초기화면(Fig. 2A)을 볼 수 있다. 이 화면 상단에는 정상(Normal), 평이(Easy), 보통(Intermediate), 난해(Difficult), 위음성(False Negative=likely missed), 위양성(False Positive) 항목이 배열되어 있으며, "STUDY Ⅱ"항목(Fig. 2B)에는 7개의 Category [정상(normal), 경계가 분명한 결절(well - defined nodule), 경계가 불분명한 결절(nodule with ill - defined or irregular margin), 희미한 음영(faint opacity), 결절 유사음영(opacity mimic nodule), 다른 질환과 동반된 결절(nodules associated with other pathology), 정상 구조물과 중첩된 결절(nodule overlapped over normal structure)]에 따라 원하는 항목을 선택할 수 있도록 배치하였다.

이 중 한 항목으로 선택하여 들어가면 위에서 언급된 분류기준에 따라 문제은행에 저장된 증례가 배열된 화면을 만나게 된다.

여기서 다시 나열된 숫자를 클릭하면 본 증례로 들어가게 된다(Fig. 2C). 학습양식에서는 시간제한은 없으며 정답이라고 생각하는 곳에 마우스를 움직여 클릭하면 자동으로 정답화면으로 이동하여 자신이 기재한 조그마한 빨간색 정사각형으로 표시된 부위와 함께 정답을 표시하고 있는 화살표를 볼 수 있다(Fig. 2D).

또한, 우측 하단에 있는 돋보기 모양을 더블클릭하면 관심부위를 확대해서 볼 수 있는 기능을 넣었다. 확대경은 기본적으로 포함된 영역을 1.5배 확대하여 볼 수 있으며, 확대경의 우측 하단에 있는 좌, 우측의 조그만 확대경을 클릭하면 확대경의 배율을 높이거나 낮출 수 있도록 하였고, 영역의 크기도 조절할 수 있도록 하였다.

"TEST"항목을 선택하면 검사항목의 새로운 초기화면을 만날 수 있다(Fig. 3A). 이 화면에는 사용자의 이해를 돕고자 각각의 레벨에 따른 난이도의 결절 구성 비율을 설명해 놓았다.

각자의 수준에 맞는 레벨을 정하여 들어가면 각각 20개의 문제를 풀 수 있도록 하였으며, 한 증례 당 40초의 시간을 주게 된다(Fig. 3B).

검사항목에서는 20개의 문제를 모두 푼 후에 각각의 문제에 대한 정답, 오답을 표시하여 우측 하단에 나타나도록 하였

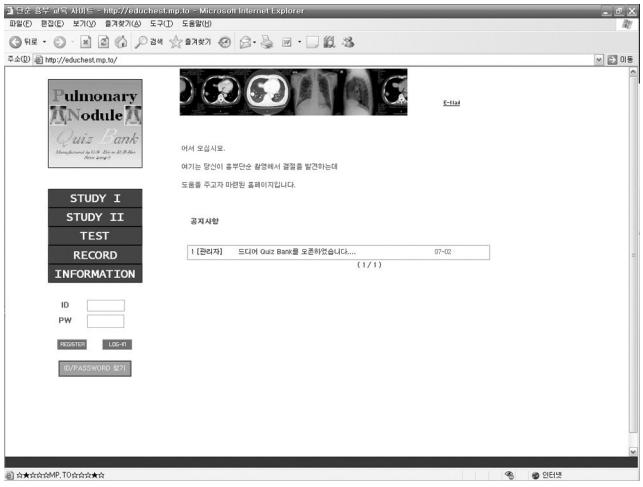


Fig. 1. Homepage of the module of pulmonary nodule detection

으며, 각각의 문제를 클릭하면 학습항목과 같은 정답화면을 볼 수 있도록 하였다(Fig. 3C).

검사항목에서 기록된 성적은 기록항목을 누르면 그동안의 성적을 날자 별로 볼 수 있도록 하였다. 정보항목(Information) 에서는 지금까지 언급한 사용법에 대한 설명을 해 놓았다. "Q/A" 게시판 항목은 사용 중에 발생할 수 있는 여러 가지 문제점 등을 운영자에게 알리고 사용자 간의 정보 교환을 위해 구성하였다.

기록항목에서 객관적으로 표시되는 사용자의 흉부 단순 촬영 상 폐 결절 발견 능력의 향상 정도와는 다르게 프로그램에 대해 사용자가 느끼는 호감도와 프로그램을 이용하기 전, 후의 학습능력의 차이가 있는지에 대한 사용자의 주관적인 만족도 등을 알아보고자 회원등록이 된 사용자가 첫 번째, 네 번째, 일곱 번째, 열한 번째, 학습을 위해 방문했을 때 자동으로 간단한 설문이 주어지도록 구성하였다.

고 찰

지금까지의 방사선과 교육은 교육자와 피교육자의 교류 없이 교육자의 의도에 따른 일방적인 지식 전달로만 이루어졌으며, 피교육자가 반드시 정해진 시각과 장소에 참여해야 하는 단점이 있었다. 이에 본 연구에서는 인터넷을 이용하여 피교육자 중심의 교육프로그램을 개발하여 각자의 수준에 맞고, 관심이 있는 분야를 스스로 선택하여 학습할 수 있는 효과적인 방사선 교육 방안을 제시하고자 하였다.

흉부에 대한 방사선학적 검사방법은 단순흉부촬영상을 비롯

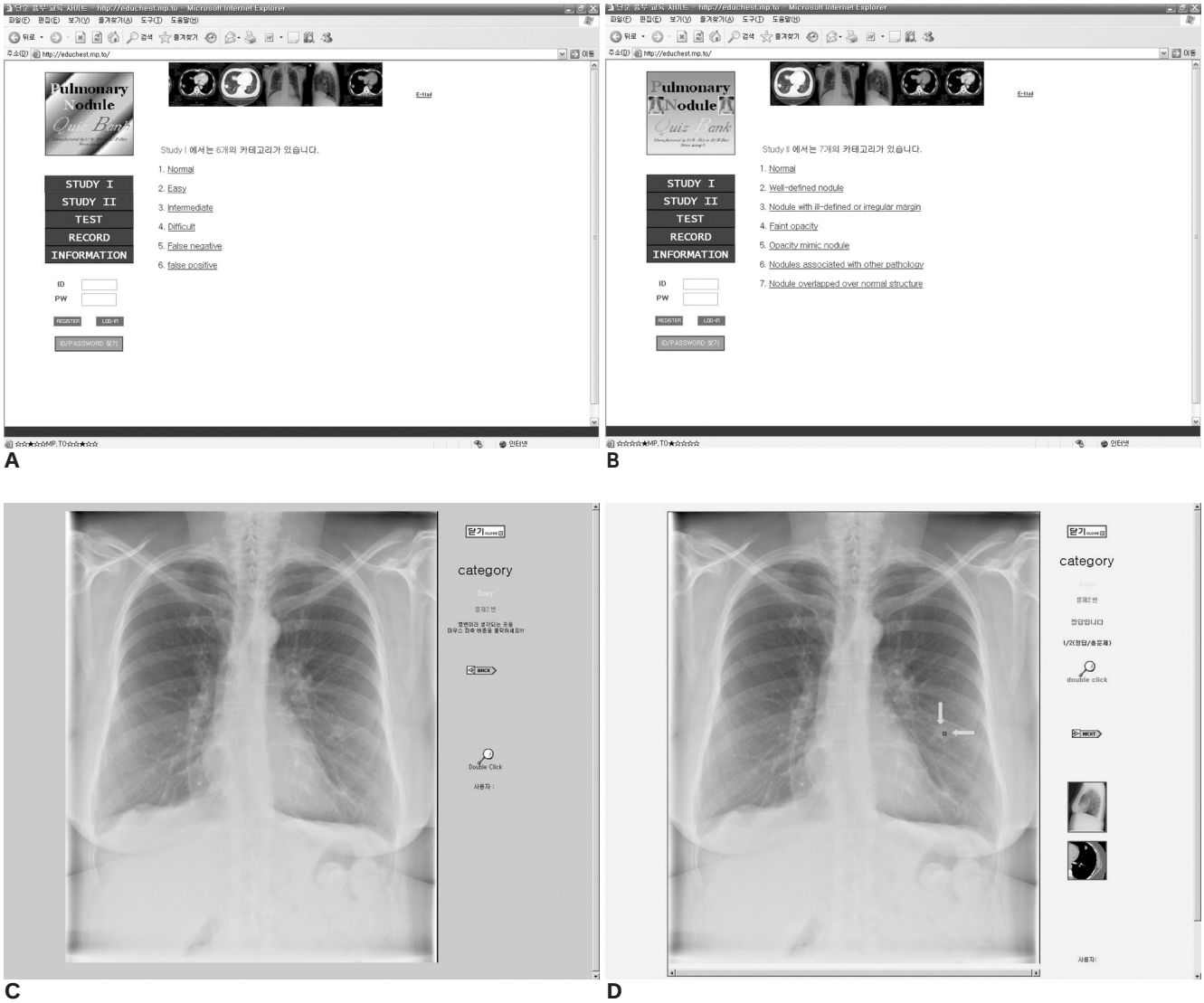
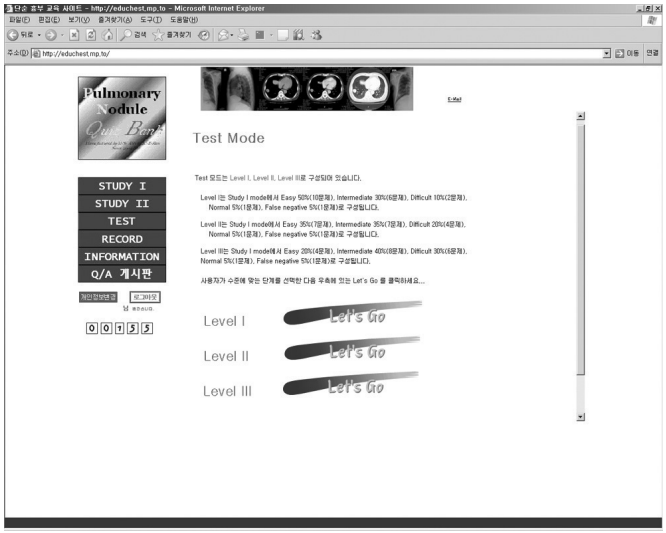
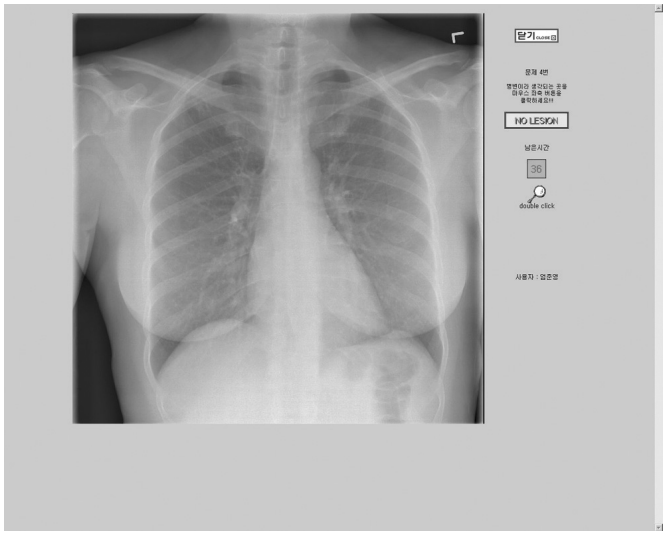


Fig. 2. The pages of study I and II section. The first page of each section (**A** and **B**), quiz image (**C**), and answer image (**D**).
A, B. The page shows categories of each section and brief instruction how to use them.
C. Trainee can mark at the site of nodule candidate on quiz image.
D. Answer image shows both trainee's marking (small red square) and correct answer (arrows). Large image of plain lateral radiograph and CT images are can be reviewed by clicking the corresponding images on right lower portion of the page.



A



B

C

Fig. 3. Test section page.
A. Test section consists of level I, II and III. The first page of this section provides brief introduction.
B. Quiz image. After the examinee marks at the nodule candidate, the next case is presented automatically.
C. Examinee can inquire the results and confirm the correct location of nodule by clicking the case number.

하여 전산화단층촬영술, 자기공명영상, 양전자방출단층촬영술에 이르기까지 다양하다. 이중 단순흉부촬영상은 호흡기 증상이 있는 환자뿐 아니라 무증상의 환자에게서도 이용 빈도가 높고, 폐암 위험 인자가 적은 대상 군에서의 폐암검진에도 가장 먼저, 그리고 널리 이용되고 있는 진단방법이다. 더구나 방사선과 전문의가 상주하지 않는 1차 의료기관에서도 많이 이용되는 검사 방법이다. 따라서 흉부단순촬영에서 폐결절의 진단 능력을 향상시키는 것이 국민 보건 향상에 도움이 될 것으로 판단하여 우선적인 콘텐츠(contents)로 선정하였다.

1969년 미국 국방성의 지원으로 미국의 4개의 대학을 연결하고자 구축한 최초의 인터넷인 알파넷(ARPANET)은 1987년 미국 국립 과학 재단 통신망(NSFNET)의 형태를 거쳐 1992년부터 상용 인터넷 시대가 열렸다. 우리나라에서도 1994년 6월부터 인터넷 상용서비스를 시작하여 현재는 초고속 인터넷망이 가장 잘 정비된 나라 중 하나가 되었으며, 의과대학 학생들과 젊은 의사들과 같은 의료 관련 종사자 및 일반인들도 인터넷(world - wide web, WWW)을 이용하여 수많은 정보를 얻고 있다. 따라서 인터넷을 이용한 콘텐츠 개발은 유용하게 이용할 수 있을 것으로 생각되며, 실제로 의학 교육에서도 시대의 변천에 따라 1990년대 후반부터 인터넷을 이용한 의학교육이 여러 분야에서 시도되었으며 그 결과들도 보고되기 시작하고 있다(21 - 31).

초창기 연구에서는 교과내용과 파일 등을 서버에 저장하여 단순히 인터넷을 통한 전달에만 중점을 두었는데, 이는 컴퓨터와 인터넷의 사용에 미숙한 사람들이 많고, 컴퓨터 운영 장치의 다양성 등이 고려대상이 되었기 때문이었다(22, 24).

또 다른 연구에서는 PowerPoint (Microsoft, Redmond, WA, U.S.A.)와 같은 프로그램을 이용한 교육방법을 그대로 인터넷상으로 옮겨와 강의 또는 교육 자료를 서버를 통해 전달하는 방법에다가 채팅을 이용한 교육자와 피교육자간의 실시간 문답이 이루어지는 형태를 더한 방식을 선보였다(27 - 28). 이러한 교육방법의 문제점은 교육자가 피교육자와 항상 일정한 시간에 접속을 해야 한다는 점과 채팅을 통해 제한적인 범위 내에서 문답이 이루어지기는 하지만 교육자가 교육내용을 일방

적으로 선택하여 전달하게 된다는 점에서 기존의 교육방법과 큰 차이를 보이지 않는다는 점, 또한 이러한 교육방법이 기존의 교육방법과 실제적인 학습 효과 면에서 어떤 차이를 보이는지에 대한 평가가 결여된 점이 있다.

최근에는 이러한 단점들을 상당 부분 보완한 연구들이 진행되고 있는데, David 등(29)에 의한 연구에서는 웹을 기반으로 한 피교육자 중심의 대화형 교육프로그램을 선보이고 있다. 이 프로그램에서는 피교육자가 스스로 교육받고자 하는 분야를 선택하여 서버에 미리 저장되어있는 문제들이 퀴즈형식으로 피교육자에게 전달되는 형식으로 교육하게 된다. 이러한 프로그램을 이용한 교육의 효과에 대한 분석도 있었는데, 이 프로그램을 이용한 151명의 의과대학생 중 131명(87%)이 이러한 프로그램이 교육방법으로 매우 유용하다는 평가를 하였다. 그러나 이 프로그램을 사용하기 전과 사용한 후의 피교육자의 교육효과를 평가할 수 있는 장치가 되어 있지 않다는 점이 아쉬운 점이다.

이상과 같은 다양한 연구가 최근 진행되고 있지만, 현재까지는 방사선과 흉부 영역에서 중요한 부분을 차지하는 폐 결절 진단을 위한 교육 프로그램은 보고되어 있지 않다. 따라서 이번 연구에서 지금까지의 이러한 일방적인 교육내용 전달 중심의 인터넷 교육과 교육 후의 교육 효과를 평가, 분석 할 수 있는 콘텐츠를 포함한 교육 프로그램을 개발하고자 하였다.

우선 피교육자가 자신의 수준에 맞는 항목을 선택할 수 있도록 가능한 다양한 콘텐츠를 개발하였다. 이를 위해 크게 난이도에 따른 결절의 분류와 연구에 참여한 3명의 영상의학과 전문의의 경험을 바탕으로 결절의 형태와 결절을 발견하기 어려운 경우에 따랐을 때 등을 고려한 결절의 분류 방법을 적용하여 데이터베이스를 만들었으며, 이는 흉부단순촬영상에서 발견하기 어려운 폐 결절의 경우에 대한 다양한 보고들(32 - 35)을 참고 하였다. 난이도에 따른 분류에서 크기의 기준을 1.5 cm로 하였는데, Sone 등의 보고(32)에 따르면 흉부단순촬영에서 보이지 않았지만 나선형 전산화단층촬영에서 결절이 발견되어 수술로 확진된 경우, 1.5 cm 미만의 결절이 73%를 차지하고 있지만, 1.5 - 2.0 cm 의 결절은 23%, 2.0 cm이상의 결절은 5%에 지나지 않는다는 점을 참고 하였다. 또한, 결절의 크기에 대한 기준과 더불어 난이도를 결정하는 중요한 요소로 결절이 정상 구조물에 가려져 있거나, 다른 폐 병변과 동반된 경우에 발견이 어려워진다는 점을 반영하였다. 결절의 위치와 음영, 형태에 따라 결절 발견율에 많은 영향을 미치는 점을 고려하여, 결절의 위치에 따라 흉부에 정상적으로 존재하는 뼈, 심장, 혈관, 횡격막 등에 가려져 있는 결절과 다른 폐 병변이 동반된 결절을 따로 구분하였고, 결절의 음영과 형태에 따라서는 미세한 음영을 보이는 결절, 경계가 잘 그려지는 결절, 경계가 잘 그려지지 않는 결절 등으로 구분해 놓았다. 그 밖에 결절이 있음에도 정상소견을 보이는 경우와 폐 병변처럼 보이지만 실제로는 폐 이외의 병변에 의해 폐 병변으로 오인될 수 있는 위 양성의 경우를 따로 구분하여 학습의 효과를 높이면서, 피교육자가 다양한 선택을 할 수 있도록 하였다.

교육 후의 교육 효과의 평가와 분석을 위해서 마련된 장치는 우선 처음 방문했을 때 회원등록 절차를 필수적으로 거치도록 하여 회원등록 정보를 이용하여 피교육자의 신분을 알 수 있도록 하였으며, 회원등록을 마친 피교육자가 검사항목을 마쳤을 때에는 자동으로 기록항목 난에 성적이 기록되도록 하여, 학습한 수준과 성적을 통해 방문 횟수와 시간에 따라 객관적으로 피교육자의 폐 결절 능력의 향상 정도를 알 수 있도록 하였다. 또한, 일정한 방문 횟수에 따라 제공되는 간단한 설문은 초기 방문에서는 이 프로그램의 호감도와 처음 프로그램을 접할 당시의 피교육자가 스스로 생각하는 폐 결절 발견 능력의 수준을 체크 할 수 있도록 해 놓았고, 방문 횟수가 높을수록 제공되는 설문의 내용은 피교육자가 프로그램 사용 후 주관적으로 느껴지는 폐 결절 발견 능력의 향상 정도를 체크할 수 있도록 하여, 주, 객관적으로 교육효과를 평가 분석할 수 있도록 하여, 이전에 시도되었던 연구들의 보완책을 마련해 두었다.

이상과 같은 시도를 통해 이번 연구를 통해 구축된 인터넷을 기반으로 한 다양한 콘텐츠를 가지는 폐 결절 프로그램을 이용하여 차세대 의료진으로 양성될 의과대학생 및 전공의들과 폐 결절에 대한 적절한 영상의학과 교육을 받지 못한 의사들에게 시간, 장소의 구애 없이 지속적인 교육을 받을 수 있는 환경을 제공할 수 있는 기반을 마련하고자 하였다. 특히 피교육자의 수준에 따라 스스로 증례의 수준을 선택할 수 있는 맞춤형 프로그램으로 교육 효과를 증대시키고자 하였고, 각각의 증례를 부 항목으로 세분화하여 취약한 부분을 보완할 수 있도록 하였다. 이러한 프로그램 및 콘텐츠의 개발은 인터넷을 이용한 효과적인 교육 도구를 개발하는데 필요한 기술과 경험의 기초가 되어 방사선과학의 다른 분야 및 다양한 분야의 의학 교육 프로그램의 개발에 이용될 수 있을 것으로 기대된다.

본 연구에서 보완해야 할 점으로는 첫째, 효과적인 프로그램의 운영과 적절한 교육을 위하여 많은 양의 데이터베이스가 필수이다. 본 연구는 인터넷을 이용한 교육 프로그램 개발을 목적으로 하였으므로 증례의 양이 충분하지 않으므로 향후 지속적인 자료의 추가가 필요하다. 하지만, 자료의 수집 및 처리 과정에서 소요되는 인력과 시간문제를 해결할 수 있는 대안이 필요하다고 생각되며, 운영자들의 확보와 이를 통한 컨소시엄 구성이 하나의 대안으로 생각된다. 둘째, 학생, 전공의, 전문의 등 다양한 숙련도를 가진 이용자에 따른 교육 효과를 분석하고 이를 프로그램에 반영하여야 할 것이다. 셋째, window width와 level을 조절할 수 없어 주어진 영상만으로 판정해야 한다. 따라서 모니터의 종류나 주변 환경의 조도에 따라 달라지는 화질에 대한 적절한 대책이 필요하다.

본 연구를 통해 만들어진 웹을 이용한 폐 결절 진단을 위한 교육 프로그램과 콘텐츠들은 폐결절 진단 능력을 향상시키는데 도움이 될 것이며, 이를 바탕으로 인터넷을 이용한 효과적인 교육 도구를 개발하는데 필요한 기술과 경험을 축적하여 방사선과학의 다른 분야 및 다양한 분야의 의학 교육 프로그램의 개발에 이용될 수 있을 것이다.

참 고 문 헌

1. Naruke T, Tsuchiya R, Kondo H, Asamura H. Prognosis and survival after resection for bronchogenic carcinoma based on the 1997 TNM-staging classification: the Japanese experience. *Ann Thorac Surg* 2001;71:1759-1764
2. Patz EF Jr, Rossi S, Harpole DH Jr, Herndon JE, Goodman PC. Correlation of tumor size and survival in patients with stage IA non-small cell lung cancer. *Chest* 2000;117:1568-1571
3. Suzuki K, Yokose T, Yoshida J, Nishimura M, Takahashi K, Nagai K, et al. Prognostic significance of the size of central fibrosis in peripheral adenocarcinoma of the lung. *Ann Thorac Surg* 2000;69: 893-897
4. Inoue K, Sato M, Fujimura S, Sakurada A, Takahashi S, Usuda K, et al. Prognostic assessment of 1310 patients with non-small cell lung cancer who underwent complete resection from 1980 to 1993. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;116:407-411
5. Koike T, Terashima M, Takizawa T, Watanabe T, Kutita Y, Yokoyama A. Clinical analysis of small-sized peripheral lung cancer. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998;115:1015-1020
6. Mountain CF. Revisions in the International System for Staging Lung Cancer. *Chest* 1997;111:1710-1717
7. Patz EF Jr, Black WC, Goodman PC. CT screening for lung cancer: not ready for routine practice. *Radiology* 2001;221:587-591
8. Miettinen OS, Henschke CI. CT screening for lung cancer: coping with nihilistic recommendations. *Radiology* 2001;221:592-596
9. Henschke CI, Naidich DP, Yankelevitz DF, McGuinness G, McCauley DI, Smith JP, et al. Early lung cancer action project: initial findings on repeat screenings. *Cancer* 2001;92:153-159
10. Henschke CI, McCauley DI, Yankelevitz DF, Naidich DP, McGuinness G, Miettinen OS, et al. Early Lung Cancer Action Project: overall design and findings from baseline screening. *Lancet* 1999;354:99-105
11. Sone S, Li F, Yang ZG, Honda T, Maruyama Y, Takashima S, et al. Results of three-year mass screening programme for lung cancer using mobile low-dose spiral computed tomography scanner. *Br J Cancer* 2001;84:25-32
12. Kaneko M, Eguchi K, Ohmatsu H, Kakinuma R, Naruke T, Suemasu K, et al. Peripheral lung cancer: screening and detection with low-dose spiral CT versus radiography. *Radiology* 1996;201: 798-802
13. Vigg A, Mantri S, Vigg A, Vigg A. Pattern of Lung Cancer in Elderly. *J Assoc Physicians India* 2003;51:963-966
14. Gomersall LN, Weir J. Radiological diagnosis and staging of primary bronchogenic carcinoma. *Br J Hosp Med* 1993;49:44-50
15. Quekel LG, Kessels AG, Goei R, van Engelshoven JM. Miss rate of lung cancer on the chest radiograph in clinical practice. *Chest* 1999;115:720-724
16. Turkington PM, Kennan N, Greenstone MA. Misinterpretation of the chest x ray as a factor in the delayed diagnosis of lung cancer. *Postgrad Med J* 2002;78:158-160
17. Heelan RT, Flehinger BJ, Melamed MR, Zaman MB, Perchick WB, Caravelli JF, et al. Non-small cell lung cancer: results of the New York screening program. *Radiology* 1984;151:289-293
18. Muhm JR, Miller WE, Fontana RS, Sanderson DR, Uhlenhopp MA. Lung cancer detected during a screening program using four-month chest radiographs. *Radiology* 1983;148:609-615
19. Forrest JV, Friedman PJ. Radiologic errors in patients with lung cancer. *West J Med* 1981;134:485-490
20. White CS, Salis AI, Meyer CA. Missed lung cancer on chest radiography and computed tomography: imaging and medicolegal issues. *J Thorac Imaging* 1999;14:63-68
21. Wallis JW, Miller MM, Miller TR, Vreeland TH. An Internet-based nuclear medicine teaching file. *J Nucl Med* 1996;36:1520-1527
22. D 'Alessandro MP, Lacey DL, Galvin JR, Erkonen WE, Santer DM. The networked multimedia textbook: distributing radiology multimedia information across the Internet. *AJR Am J Roentgenol* 1994;163:1233-1237
23. Richardson ML, Rowberg AH, Gillespy T, Frank MS. An on-line digital Internet radiology teaching file server. *AJR Am J Roentgenol* 1994;162:1239-1242
24. Richardson ML. A World-Wide Web radiology teaching file server on the Internet. *AJR Am J Roentgenol* 1995;164:479-483
25. Mehta A, Dreyer KJ, Novelline RA, Schultz TJ, Bell TV. Facilitating the production of digital radiology teaching files with the radiology annotation and publishing system: a software tool for radiology educators. *Acad Radiol* 1999;6:496-501
26. Tamm EP, Ernst R, Weems W. The virtual lecture: delivery of live and recorded presentations over the Internet. *AJR Am J Roentgenol* 1999;172:9-12
27. Tello R, Davidson BD, Blickman JG. The virtual course: delivery of live and recorded continuing medical education material over the Internet. *AJR Am J Roentgenol* 2000;174:1519-1521
28. Frank MS, Dreyer K. Beyond the electronic textbook model: software techniques to make on-line educational content dynamic. *J Digit Imaging* 2001;14 suppl 1:108-112
29. Foran DJ, Nosher JL, Siegel R, Schmidling M, Raskova J. Dynamic Quiz Bank: a portabla tool set for authoring and managing distributed, web-based educational programs in radiology. *Acad Radiol* 2003;10:52-57
30. Turchin A, Lehmann CU. Active Learning Centre: design and evaluation of an educational World Wide Web site. *Med Inform Internet Med* 2000;25:195-206
31. Wunderbaldinger P, Schima W, Turetschek K, Helbich TH, Bankier AA, Herold CJ. World Wide Web and Internet: applications for radiologists. *Eur Radiol* 1999;9:1170-1182
32. Sone S, Li F, Yang ZG, Takashima S, Maruyama Y, Hasegawa M, et al. Characteristics of small lung cancers invisible on conventional chest radiography and detected by population based screening using spiral CT. *Br J Radiol* 2000;73:137-145
33. Muhm JR, Miller WE, Fontana RS, Sanderson DR, Uhlenhopp MA. Lung cancer detected during a screening program using four-month chest radiographs. *Radiology* 1983;148:609-615
34. Austin JH, Romney BM, Goldsmith LS. Missed bronchogenic carcinoma: radiographic findings in 27 patients with a potentially resectable lesion evident in retrospect. *Radiology* 1992;182:115-122
35. Chotas HG, Ravin CE. Chest radiography: estimated lung volume and projected area obscured by the heart, mediastinum, and diaphragm. *Radiology* 1994;193:403-404

J Korean Radiol Soc 2007;57:97 - 104

Development of a World Wide Web-based Interactive Education Program to Improve Detectability of Pulmonary Nodules on Chest Radiographs[1]

Joon Young Ohm, M.D., Jin-Hwan Kim, M.D, Sung Soo Kim, M.D., Ki-Tae Han, M.D., Young Seob Ahn, M.D., Byung Seok Shin, M.D., Kyongtae T. Bae, M.D, Ph.D[2]

[1]Department of Radiology, Chungnam National University School of Medicine
[2]Radiology and Biomedical Engineering, University of Pittsburgh

Purpose: To design and develop a World Wide Web-based education program that will allow trainees to interactively learn and improve the diagnostic capability of detecting pulmonary nodules on chest radiographs.
Materials and Methods: Chest radiographs with known diagnosis were retrieved and selected from our institutional clinical archives. A database was constructed by sorting radiographs into three groups: normal, nodule, and false positive (i.e., nodule-like focal opacity). Each nodule was assigned with the degree of detectability: easy, intermediate, difficult, and likely missed. Nodules were characterized by their morphology (well-defined, ill-defined, irregular, faint) and by other associated pathologies or potentially obscuring structures. The Web site was organized into four sections: study, test, record and information.
Results: The Web site allowed a user interactively to undergo the training section appropriate to the user's diagnostic capability. The training was enhanced by means of clinical and other pertinent radiological findings included in the database. The outcome of the training was tested with clinical test radiographs that presented nodules or false positives with varying diagnostic difficulties.
Conclusion: A Word Wide Web-based education program is a promising technique that would allow trainees to interactively learn and improve the diagnostic capability of detecting and characterizing pulmonary nodules.

Index words : Internet
Education
Computers, educational aid
Computers, multimedia

Address reprint requests to : Jin-Hwan Kim, M.D., Department of Radiology, Chungnam National University Hospital
640 Daesa-dong, Joong-gu, Taejon 301-721, Korea
Tel. 82-42-280-7333 Fax. 82-42-253-0061 E-mail: michelan@cnu.ac.kr