대한한의진단학회지 제30권 제1호 (2026년 10월)
The Journal of the Society of Korean Medicine Diagnostics. 2026;30(1):415-427.
[원저 Original Article]

소규모 한의 의료기관에서의 오픈소스 PACS 구축 및 운용 경험: 시스템 선정, 워크플로우 설계 및 외부 영상 통합을 중심으로

이승호[1], 최유민[2]*
[1]우석대학교 한의과대학 병리학교실 · [2]우석대학교 한의과대학 침구의학교실

Implementation and Operation of an Open-Source PACS in a Small Korean Medicine Clinic: System Selection, Workflow Design, and Integration of External Imaging Data

Seungho Lee[1], Yoomin Choi[2]*
[1]Dept. of Pathology, College of Korean Medicine, Woosuk University
[2]Dept. of Acupuncture and Moxibustion Medicine, College of Korean Medicine, Woosuk University

Abstract

Objectives : Recent court rulings and a pending amendment to the Medical Service Act have widened the use of diagnostic imaging in Korean medicine practice, yet small clinics still manage ultrasound images, externally acquired X-ray/CT/MRI studies on CD, and clinical photographs with USB drives, optical media, and shared folders. Commercial PACS remain out of reach for such clinics because of cost, space, and expertise. This report describes the design, implementation, and operation of a low-cost, open-source PACS in a small Korean medicine clinic and shares practical guidance for similar settings.

Methods : A single-clinic technical report. Requirements were derived from the pre-existing workflow. An eight-bay network-attached storage unit (Synology DS1821+) ran dcm4chee-arc-light in Docker containers behind a UniFi firewall with VLAN separation, VPN-only remote access, Keycloak role-based access, snapshots, external backups, and a UPS. dcm4chee-arc-light was selected over Orthanc for its built-in modality worklist (MWL), web user interface, and authentication. A watch-folder importer (dcm4che tools, DCMTK, inotify; released on GitHub) was developed to rewrite patient identifiers of external DICOM studies to the clinic's own patient ID and send them to the archive. Smartphones were integrated as both viewing devices and sources of DICOM-wrapped clinical photographs.

Results : All in-house ultrasound, externally imported X-ray/CT/MRI, and clinical photographs were unified under the clinic's patient identifier and could be searched by patient, date, or modality. MWL eliminated manual patient entry at the ultrasound unit and automated image transfer. Importing an external CD was reduced to copying files into a rule-named folder; the tool handled identifier rewriting, transfer, and archiving with a 180-second debounce and complete logging. Over 3 years of operation no service interruption or data loss occurred. Limitations of the importer (Latin-only folder names, rewriting of only two attributes, duplicate imports, non-DICOM CDs) were identified. Software cost was zero and comparable configurations are available from about KRW 1 million.

Conclusions : A NAS-based open-source PACS can give a small Korean medicine clinic standards-based, multi-modality image management with integration of external studies and mobile devices at low cost, provided that network isolation, access control, backup, and documentation are built in from the start. The approach also offers a foundation for standardizing data from Korean medicine-specific diagnostic devices such as tongue and pulse analyzers.

Key words : PACS; open-source software; DICOM; Korean medicine; network-attached storage; modality worklist; medical informatics

---

* 교신저자 : Yoomin Choi. Woosuk University. 61, Seonneomeo 3-gil, Wansan-gu, Jeonju-si, Jeonbuk-do, Republic of Korea.
Tel: +82-63-290-9025, E-mail: choi@yoomin.net
· 원고접수일 : 2026.09.30 / 심사완료일 : 2026.10.12 / 게재결정일 : 2026.10.20.

I. 서론

한의 임상에서 진단용 영상기기의 활용 범위는 최근 몇 년 사이 빠르게 변화되고 있다. 대법원은 2022년 12월 전원합의체 판결에서 한의사가 초음파 진단기기를 진단의 보조수단으로 사용하는 것을 '면허된 것 이외의 의료행위'에 해당하지 않는다고 판시하며, 한의사의 진단용 의료기기 사용에 관한 새로운 판단기준을 제시하였다[1]. 이 기준은 2023년 EEG 사용에 관한 행정소송[2]과 2025년 X선 방식 골밀도측정기 사용에 관한 형사사건의 무죄 확정[3]으로 이어졌고, 그 결과 초음파는 다수 한의 의료기관에서 진단 보조수단으로 자리 잡아 추나요법이나 근골격계 질환 진료 과정에서 환자가 타 기관에서 촬영한 X선, CT, MRI 영상을 CD/DVD로 가져오는 상황도 일상적인 일이 되었다.

영상 활용이 늘어난 만큼, 소규모 한의 의료기관은 '폭발적으로 증가하는 영상 데이터를 어떻게 안정적으로 보관하고 찾아 쓸 것인가'라는 새로운 문제에 직면하게 되었다. 상당수 기관은 영상을 장비 내부 저장소에 보관하거나 USB 메모리, 외장 하드디스크, CD/DVD, 혹은 단순 네트워크 공유 폴더로 옮기는 전통적 방식에 의존한다. 그러나 이러한 방식은 데이터가 축적될수록 명확한 한계가 존재한다. 특정 환자의 과거 영상을 찾는 데 시간이 걸리고, 물리적 저장 매체의 손상과 분실로 인한 유실 위험이 존재하며, 장비별로 흩어진 자료를 환자 단위로 묶어 보기 어렵다. 외부에서 반입된 CD 영상은 전용 뷰어로만 열리거나 반입 자체가 누락되기 쉬워 체계적인 관리가 요구된다.

대형 의료기관은 이러한 문제를 이미 수십 년에 걸쳐 DICOM (Digital Imaging and Communications in Medicine) 표준과 PACS (Picture Archiving and Communication System)라는 정립된 방법으로 해결해 왔다[4,5]. 그러나 상용 PACS는 수천만 원에 이르는 초기 도입 비용과 지속적인 유지보수 비용, 설치 공간, 운영에 필요한 기술적 전문성을 요구하므로, 한의원과 같은 소규모 의원에서는 현실적으로 도입하기 어렵다. 이에 대한 대안으로 오픈소스 소프트웨어의 가치는 영상의학 분야에서 일찍부터 논의되어 왔으며[6], dcm4chee[7]와Orthanc[8] 같은 오픈소스 DICOM 아카이브는 중소 수의 병원[9], 교육·훈련 환경[10], 저자원 국가의 의료기관[11], 그리고 네트워크 결합 저장장치(network-attached storage, NAS)에 기반한 저비용 구성[12] 등 다양한 환경에서 그 실용성이 보고되었다. 특히 Costanza 등은 보급형 NAS에 dcm4chee 패키지를 설치하여 1년간 장애 없이 운용한 경험을 보고하였다[12]. 그러나 이러한 사례는 대부분 수의학이나 영상의학과 중심의 환경이며, 한의 의료기관에 오픈소스 PACS를 적용한 사례는 아직 보고된 바 없다. 또한 기존 보고들은 원내 장비의 영상 아카이빙에 집중하고 있어, 소규모 의원에서 실제로 큰 부담이 되는 외부 반입 영상의 통합 관리와 접수-촬영-판독으로 이어지는 진료 워크플로우에의 적합성은 충분히 검토되지 않았다.

본 연구는 한 소규모 한의 의료기관에서 NAS 기반의 오픈소스 PACS를 구축하고 운용한 경험을 기술한 기술 보고이다. 구체적으로 (1)도입 전 영상 관리 현황과 요구사항, (2)오픈소스PACS 소프트웨어의 선정 근거, (3)하드웨어·네트워크·소프트웨어 구성, (4)외부 반입 영상을 자동으로 표준화하여 PACS에 통합하는 임포트 도구의 개발과 공개, (5)모달리티 워크리스트(Modality Worklist, MWL)와 모바일 기기 연동을 통한 워크플로우 개선, (6)비용·보안·법규 측면의 고려사항과 한계를 정성적으로 정리하였다. 본 연구는 정량적 성과 지표를 측정한 평가 연구가 아니라, 제한된 자원과 예산 안에서 소규모 의원이 현대적 영상 관리 시스템을 어떻게 구축하고 운영할 수

있는지에 대한 실행 가능한 지침을 제공하고, 나아가 한의 의료기관에서 의료정보 표준을 적용하고 확장해 나가기 위한 논의의 출발점을 마련하는 데 목적이 있다.

II. 재료 및 방법

1. 연구 설계와 대상 기관

본 연구는 단일 소규모 한의 의료기관에서 오픈소스 PACS를 구축하고 운용한 과정을 기술한 기술 보고(technical report)이다. 대상 기관은 전북 지역 한방병원의 일개 진료 과로, 원내에서 생성되는 영상은 주로 Samsung HS50 초음파 영상이며, 이에 더해 환자가 외부 의료기관에서 촬영해 온 X선, CT, MRI 영상(CD/DVD)과 피부 병변 등의 임상 사진이 관리 대상에 포함된다. 시스템은 2024년에 구축하여 3년여 동안 운용 중이다. 본 연구는 환자 개인정보나 영상 데이터를 분석하지 않고 시스템 구성과 운용 경험만을 기술하였다.

2. 도입 전 영상 관리 현황과 요구사항

도입 전에는 원내에서 생성된 영상이 각 장비의 내부 저장소에 보관되다가, 필요할 때 또는 주기적으로 USB 등 이동식 저장매체로 옮기거나 장비의 SMB 전송 기능으로 진료용 PC의 폴더 트리(환자명·일자별 폴더)에 저장·관리되었다. 외부 반입 CD 영상은 CD에 포함된 전용 뷰어로 그때그때 열람하거나 영상 파일만 폴더에 복사해 두는 방식이었다. 영상 모달리티가 늘고 외부 영상의 비중이 커지면서 일자별·모달리티별·환자별 조건 검색, 환자 단위의 통합 열람, 중복·누락 관리, 백업 등 효율적으로 수행하기 어려워졌고, 새로운 시스템의 도입이 요구되었다. 도입 전 현황을 바탕으로 정리한 요구사항은 표1과 같다.

표 1. 시스템 요구사항과 구현 방식

번호	요구사항	배경	구현 방식
R1	DICOM 표준 기반의 통합 저장과 환자·일자·모달리티 단위 검색	폴더 트리 방식의 검색 한계	오픈소스 DICOM 아카이브(dcm4chee-arc-light)
R2	초음파·외부CT/MRI/X선·임상 사진 등 다중 모달리티 수용	장비별로 흩어진 영상	모달리티별 AE (application entity) 등록, 비DICOM 영상의 DICOM 변환
R3	외부 반입 영상을 원내 환자번호로 정합하여 통합	타 기관 환자 ID로 기록된CD 영상	감시 폴더 기반 자동 임포트 도구(dicom-importer)
R4	접수 정보와 촬영의 연계로 수기 입력 오류 제거	장비에서 환자정보 직접 입력	DICOM 모달리티 워크리스트(MWL)
R5	진료실·치료실·모바일 어디서나 열람	영상이 특정 PC에 종속	웹 기반 뷰어, 내부망·VPN 접근
R6	백업·장애 내성·접근 통제	매체 손상에 의한 유실 위험, 보존 의무	RAID, 스냅샷·외부 백업, UPS, 계정별 권한, 네트워크 분리
R7	상시IT 인력 없이 운영 가능한 저비용 구성	소규모 의원의 인력·예산	NAS 일체형 구성, 컨테이너 기반 배포
R8	교육·연구 활용을 위한 비식별화 경로(향후)	캡처 가공 시 화질 열화와 개인정보 노출	DICOM 비식별화 프로파일 기반 익명화, 교육용 아카이브 AE(계획)

3. 시스템 구축 환경

시스템은 NAS 한 대에 PACS와 부속 서비스를 모두 집약하는 구성으로 설계하였다. 별도의 서버 공간과 관리 인력을 둘 수 없는 소규모 의원의 조건을 고려한 선택이며, NAS는 PACS 외에도 진료용 PC의 파일 공유와 백업 등 다목적으로 활용되므로 저장 용량과 메모리를 여유 있게 확보하였다. 주요 구성 요소는 표2와 같다.

표 2. 시스템 구축 환경

구성요소	제품·사양	역할
NAS 본체	Synology DiskStation DS1821+	PACS 서버, 파일 공유, 백업
메모리	DDR4 ECC 64GB로 비공식 증설	컨테이너·데이터베이스 동시 구동
저장장치	12TB HDD 8개	영상 저장, 디스크 장애 내성
네트워크	Ubiquiti UniFi 라우터·스위치, 1 GbE 유선	의료기기망 분리, 방화벽, VPN
전원	APC UPS	정전 시 안전 종료
클라이언트	진료실·치료실PC, 태블릿·스마트폰	영상 조회, 임상 사진 촬영

4. 오픈소스 PACS 소프트웨어의 선정

오픈소스 DICOM 아카이브 중 활발히 유지되고 소규모 환경에서의 적용 사례가 축적된 dcm4chee-arc-light[13]와 Orthanc[8]를 후보로 두고, 표준 서비스 범위, 워크플로우 기능, 사용자 인터페이스, 설치·운영 난이도, 자원 요구량, 보안·사용자 관리, 유지·갱신 상태를 기준으로 비교하였다(표3).

표 3. 후보 오픈소스PACS 비교

항목	dcm4chee-arc-light	Orthanc
구현·라이선스	Java(Jakarta EE)/WildFly, MPL 1.1	C++, GPLv3
DICOM 네트워크 서비스	C-STORE/C-FIND/C-MOVE/C-GET, 저장 확약, DICOMweb(QIDO/WADO/STOW-RS) 내장	C-STORE/C-FIND/C-MOVE/C-GET, DICOMweb(플러그인)
모달리티 워크리스트	MWL SCP 내장, 웹UI·REST·HL7 v2(ORM/ADT)로 항목 생성	샘플 플러그인(파일 기반)
사용자 인터페이스	Angular 기반 웹UI(조회·업로드·MWL·내보내기·설정)	Orthanc Explorer(기본), Orthanc Explorer 2
뷰어 연동	Weasis	Stone Web Viewer, OHIF 등(플러그인)
자원 요구	상대적으로 높음(아카이브·DB·LDAP·Keycloak 컨테이너)	매우 낮음(단일 프로세스)
NAS 배포	Synology 공식PACS 패키지(dcm4che 기반)[14] 또는Docker Compose	Docker 이미지

두 시스템 모두 핵심 DICOM 서비스를 충실히 구현하고 있어 단순 아카이빙 용도로는 어느 쪽도 적합하였다. 그러나 본 기관의 요구사항 가운데 접수-촬영 연계(R4)를 위한 MWL이 별

도 개발 없이 웹UI와 REST API로 바로 제공되는 점, 계정별 권한 관리(R6)가 Keycloak으로 내장되어 있는 점, 비DICOM 영상의 업로드·변환과 내보내기·비식별화 같은 운영 기능이 웹UI에 포함되어 있는 점, 그리고 NAS 기반 선행 사례[12]와 Synology 공식 패키지[14]가 존재하여 초기 설치 장벽이 낮은 점을 고려하여 dcm4chee-arc-light를 선정하였다. 자원 요구량이 상대적으로 높다는 단점은 NAS의 메모리 증설로 상쇄하였다. 선정된 소프트웨어는 Synology PACS 패키지 방식으로 설치하였고, 데이터베이스는 MariaDB, 뷰어는 Weasis를 사용하였다.

5. 워크플로우 설계

원내 촬영 워크플로우는 다음과 같다. 접수 단계에서 환자 식별 정보(원내 환자번호, 성명, 생년월일, 성별)와 검사 종류를 MWL 항목으로 등록하고, 초음파 장비는 촬영 전에 워크리스트를 조회하여 해당 환자를 선택한다. 촬영된 영상은 장비에서 PACS로 자동 전송(C-STORE)되며, 진료실 PC와 모바일 기기의 뷰어에서 즉시 열람한다. MWL 항목은 dcm4chee 웹UI 수기 등록 방식으로 생성하였다. MWL을 통해 장비에서 환자 정보를 직접 입력하던 절차가 없어지고, 모든 영상이 원내 환자번호를 기준으로 식별되도록 하였다.

외부 반입 영상 워크플로우는 다음과 같다. 환자가 가져온 CD/DVD·USB의 영상은 접수 담당자가 NAS의 지정 공유 폴더에 '#원내환자번호-환자명'규칙의 하위 폴더를 만들어 복사한다. 이후 과정은 임포트 도구가 자동으로 수행하며, 결과는 원내 촬영 영상과 동일하게 PACS에서 조회된다.

모바일 기기는 두 가지 역할로 연동하였다. 첫째, 열람 기기로서 태블릿·스마트폰의 웹 브라우저로 내부망 또는 VPN을 통해 PACS에 접근하여 치료실이나 이동 중에도 영상을 확인한다. 둘째, 촬영 장비로서 피부 질환 등 육안 소견의 임상 사진을 iOS 스마트폰의 DicomCamera 애플리케이션을 사용하여 촬영한 뒤 PACS에 저장한다. 이로써 임상 사진도 환자번호 기준으로 초음파·외부 영상과 함께 관리된다.

6. 외부 반입 영상 임포트 도구의 설계

외부 기관에서 생성된 DICOM 파일은 환자 식별자(Patient ID)와 성명 표기가 해당 기관 기준으로 기록되어 있어 그대로 PACS에 저장하면 동일 환자가 서로 다른 환자로 등록되는 문제가 생긴다. 상용 PACS는 CD 임포트 모듈에서 수작업 매칭으로 이를 해결하지만, 오픈소스 환경에서는 적절한 도구가 없어 직접 개발하였다. 도구는 dcm4che 도구 이미지(dcm4che/dcm4che-tools 5.31.0)에 DCMTK와 inotify-tools를 추가한 Docker 컨테이너로 NAS에서 상시 구동되며, 세 개의 셸 스크립트로 구성된다[15].

1. 감시·디바운스(file_watcher_and_exec.sh): inotify로 감시 폴더의 파일 생성 이벤트를 실시간 감지하고, 마지막 파일 생성 후 180초 동안 추가 이벤트가 없을 때만 처리 스크립트를 실행한다. CD 복사가 끝나기 전에 처리가 시작되는 것을 막기 위한 설계이며, 원자적 디렉터리 생성(mkdir)을 락으로 사용해 처리 중복을 방지한다.

2. 식별자 재기입·전송·보관(storescu.sh): 하위 폴더명이 정규식 ^#([0-9]+)-([\#^A-Za-z0-9]+)$에 맞으면 환자번호와 성명을 추출하고, 각 파일의 128바이트 오프셋 'DICM' 매직 넘버로 DICOM 파일 여부를 검사한 뒤 DCMTK dcmodify로 Patient ID (0010,0020)와 Patient Name (0010,0010)을 원내 값으로 치환한다. 이어 dcm4che storescu로 PACS에 C-STORE 전송하고, 처리한 원본을 타임스탬프(yyyymmdd_hhmmss) 폴더로 이동하여 보관한다. 전용 뷰어 실행 파일 등 비DICOM 파일은 건너뛴다.

3. 진입점(entrypoint.sh): 컨테이너 시작 시 필요한 패키지를 설치하고 감시 스크립트를 실행한다.

폴더명 규칙만 지키면 접수 담당자가 별도 소프트웨어 없이 파일 복사만으로 반입을 마칠 수 있도록 하는 것, 원본을 삭제하지 않고 보관하는 것, 모든 처리 단계를 실행별 로그와 통합 로그로 남기는 것을 설계 원칙으로 삼았다. 전체 도구는 GitHub에 공개하였다(https://github.com/eseungho/dicom-importer)[15].

III. 결과

1. 구축된 시스템 구성

최종 구성에서 NAS 한 대가 DICOM 아카이브, 데이터베이스, 인증 서버, 임포트 도구, 백업을 모두 수용하였다(그림1). 초음파 장비는 MWL 조회와 C-STORE 전송의 두 경로로 PACS와 연결되고, 외부 반입 영상은 공유 폴더와 임포트 컨테이너를 거쳐 같은 아카이브로 들어가며, 스마트폰 임상 사진은 DICOM으로 변환되어 저장된다. 진료실 PC와 모바일 기기는 웹 뷰어로 동일한 아카이브를 조회한다. 모든 영상이 원내 환자번호를 기준으로 통합되어, 접수 화면에서 환자를 선택하면 모달리티와 촬영 기관에 관계없이 해당 환자의 전체 영상 이력이 한 화면에 나열된다. 운용 기간 동안 PACS 서비스의 중단이나 데이터 손실은 경험하지 않았다.

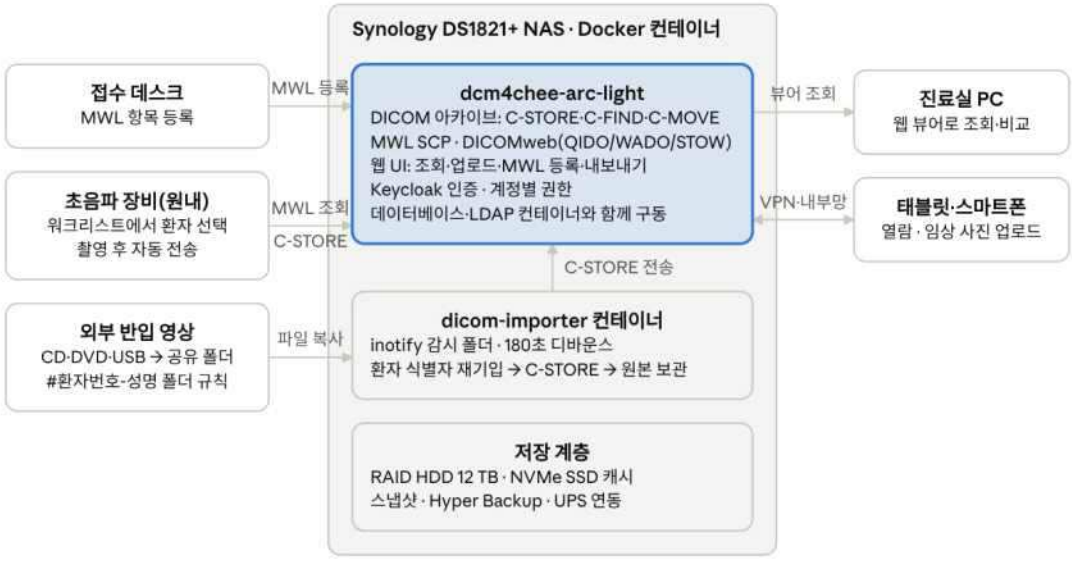


그림1. 시스템 구성도: 입력 3경로, 운영 NAS 1대, 열람 2종

2. 워크플로우의 변화

도입 전후의 가장 큰 차이는 찾는 일이 사라졌다는 점이다. 도입 전에는 과거 영상을 확인하려면 어느 장비 또는 어느 PC의 어느 폴더에 있는지를 기억하거나 탐색해야 했고, 외부 CD는 매번 디스크를 찾아 전용 뷰어를 실행해야 했다. 도입 후에는 단일 진입점에서 환자번호나 성명, 촬영 일자, 모달리티로 조회하면 원내 영상과 외부 영상이 함께 표시되고, 과거 영상과의 비교도 같은 뷰어 안에서 이루어진다.

MWL의 도입도 접수와 촬영을 하나의 흐름으로 묶었다. 장비에서 환자 성명과 번호를 수기로 입력하던 절차가 워크리스트 선택으로 대체되어 입력 오류와 환자 혼동의 여지가 줄었고, 촬영 직후 영상이 자동으로 전송되므로 담당자가 별도로 저장·전송하는 작업이 없어졌다. 진료 중 초음파를 시행하고 곧바로 진료실 화면에서 환자에게 설명할 수 있어 진료 흐름이 끊기지 않는다.

모바일 연동은 열람과 촬영 양쪽에서 공간적 제약을 해소하였다. 치료실이나 입원실 등 PC가 없는 공간에서도 태블릿으로 영상을 확인할 수 있고, 피부 질환처럼 육안 소견의 경과 관찰이 중요한 영역에서는 스마트폰으로 촬영한 사진이 즉시 환자의 영상 이력에 더해져 이전 방문의 사진과 나란히 비교할 수 있게 되었다. 사진이 개인 기기나 메신저에 흩어져 보관되던 문제도 함께 해소 가능하였다.

3. 외부 반입 영상의 통합 관리

임포트 도구는 접수 담당자가 CD의 내용을 규칙에 맞는 폴더에 복사하는 것만으로 반입을 완료하도록 하였다. 복사가 끝나고 3분이 지나면 도구가 자동으로 환자 식별자를 원내 값으로 바꾸어 PACS에 전송하고 원본을 보관하므로, 반입 영상도 원내 촬영 영상과 같은 방식으로 환자 단위로 조회된다. 처리 결과는 로그로 남아 반입 누락이나 실패를 사후에 확인할 수 있다. 한 번에 여러 환자의 CD를 복사하더라도 폴더별로 처리되며, 디바운스 로직 덕분에 대용량 CT·MRI 영상을 복사하는 도중에 처리가 시작되는 일은 없었다.

하지만 운용 과정에서 몇 가지 한계점도 확인되었다. 첫째, 폴더명 규칙이 영문·숫자만 허용하므로 환자 성명은 로마자로 표기해야 하며, 환자 정합의 실질적 기준은 원내 환자번호가 된다. 둘째, 재기입 대상은 Patient ID와 Patient Name 두 속성뿐이어서 생년월일·성별·Issuer of Patient ID·Accession Number 등은 원래 기관 값이 남는다. 셋째, 같은 CD를 두 번 반입하면 동일 Study Instance UID의 중복 전송이 발생하며, 이는 아카이브의 중복 처리 정책에 의존한다. 넷째, 전용 뷰어만 포함되고 DICOM 파일이 없는 CD나 비표준 형식의 영상은 처리할 수 없었다.

4. 다중 모달리티 활용

현재 아카이브에는 원내 초음파(US), 외부 반입X선(CR/DX), CT, MR, 스마트폰 임상 사진 영상이 함께 저장되어 있다. DICOM 표준은 모달리티에 따라 서로 다른 정보 객체 정의를 제공하지만, 환자-검사-시리즈-영상의 계층 구조와 환자 식별 속성은 공통이므로, 서로 다른 출

처의 영상이 하나의 환자 기록으로 통합된다.

5. 구축 비용

본 기관은 NAS의 다목적 활용을 위해 8베이, 12 TB 스토리지, 64 GB 메모리, SSD 캐시 등 비교적 고사양 구성을 적용하였으나, 이는 진료 환경과 규모, 예산에 따라 가변적으로 조정할 수 있다. 선행 사례에서 Costanza 등[12]은 4코어 2.2GHz CPU와 4GB 메모리의 DS1621+에4TB HDD 6개를 장착한 구성으로 1년간 특별한 장애 없이 운용 가능함을 보였으며, 시스템 총비용은 세금 포함 1,552유로였다. 국내에서도 유사 사양의 NAS와 디스크를 2026년 기준 100여 만원 대부터 도입할 수 있는 것으로 판단된다. 소프트웨어 비용은 없으며, 필요에 따라 UPS, 네트워크 보안을 위한 라우터·방화벽, VPN 장비가 추가로 고려될 수 있다.

IV. 고찰

1. 연구의 의의

본 연구는 한의 의료기관에서 오픈소스 PACS를 구축·운용한 보고로서, 소규모 의원이 상용 PACS 없이도 DICOM 표준에 기반한 영상 관리 체계를 갖출 수 있음을 실제 운용 경험으로 보였다. 선행 연구들은 오픈소스 DICOM 아카이브의 신뢰성이 상용 PACS에 견줄 만하다는 점을 여러 환경에서 확인하였고[7,9-12], 특히 Costanza 등[12]은 NAS 한 대와 dcm4chee 패키지로 1년간 장애 없는 운용이 가능함을 보고하였다. 본 연구의 결과는 이러한 보고와 일치하면서, 세 가지 점에서 범위를 넓혔다. 첫째, 원내 장비 아카이빙에 머물지 않고 MWL로 접수와 촬영을 연계하여 수기 입력을 없앴다. 둘째, 소규모 의원에서 실제 비중이 큰 외부 반입 영상의 환자 정합과 통합을 자동화하는 도구를 개발·공개하였다. 셋째, 스마트폰을 열람 기기이자 촬영 장비로 PACS에 편입시켜 피부 질환 등 육안 소견의 경과 관찰에 활용하였다. 이 세 가지는 모두 한의 임상의 특성, 즉 초음파가 주된 원내 모달리티이고 X선·CT·MRI는 외부 영상으로 유입되며 육안·촉진 소견의 비중이 큰 환경에서 특히 유용하였다.

2. 오픈소스 PACS 도입의 조건

오픈소스 PACS의 장점은 소프트웨어 비용이 없다는 점을 넘어선다. DICOM 표준을 충실히 구현하므로 장비를 교체하거나 추가할 때 특정 업체에 종속되지 않고, NAS의 저장 용량과 성능을 필요에 따라 확장할 수 있으며, 활발한 개발자 커뮤니티가 문제 해결의 자원이 된다[6,12]. 그러나 그 대가로 설치·갱신·백업·보안의 책임이 전적으로 기관에 귀속된다. 본 기관에서는 네트워크와 DICOM 구성에 대한 기본 지식을 갖춘 구성원이 구축을 담당하였고, 이 조건이 충족되지 않는 기관에서는 초기 구축을 외부 전문가에게 의뢰하거나 dcm4che·Orthanc 개발 주체가 제공하는 유료 기술지원을 활용하는 방안을 검토할 수 있다. 또한 구축을 담당한 한 사람에게 운영 지식이 집중되는 위험을 줄이기 위해 설정 값, 백업·복구 절차, 장애 대응 절차를 문서화해 두는 일이 소규모 기관에서는 특히 중요하다.

하드웨어 측면에서 NAS 일체형 구성은 별도 서버실과 가상화 지식을 요구하지 않아 소규모 의원에 적합하였다. 본 기관은 다목적 활용을 위해 고사양을 택했으나, 선행 사례[12]와 dcm4chee의 자원 요구를 고려하면 4코어 CPU에 메모리 8-16GB, RAID 구성의 HDD 4개 수준이면 소규모 의원의 영상량을 충분히 감당할 것으로 판단된다. 다만 dcm4chee-arc-light는 아카이브·데이터베이스·LDAP·Keycloak이 각각 컨테이너로 구동되어 Orthanc 보다 메모리 요구가 크므로, 기본 메모리가 4 GB인 보급형 NAS에서는 증설이 필요할 수 있다.

3. 외부 반입 영상 정합의 과제와 개선 방향

외부 영상을 원내 환자 기록에 정합하는 일은 상용 PACS에서도 CD 임포트 모듈의 수작업 매칭으로 처리되는 까다로운 과정이다. 본 연구의 도구는 폴더명 규약으로 이 과정을 접수 담당자의 단순 작업으로 바꾸었지만, 결과에서 기술한 제약을 안고 있다. 개선 방향은 다음과 같다. 첫째, 한글 성명은 DICOM의 Specific Character Set에 ISO 2022 IR 149를 지정하면 기록할 수 있으므로, 폴더명 대신 원내 환자번호만으로 정합하고 성명·생년월일·성별은 PACS의 환자 레코드를 EMR 기준으로 갱신하는 방식이 더 견고하다. dcm4chee-arc-light는 임포트용 AE에 대해 속성 강제 변환(attribute coercion) 규칙을 설정할 수 있으므로[13], 스크립트의 dcmodify 단계를 아카이브 측 규칙으로 옮기면 Issuer of Patient ID를 원내 발급기관으로 지정하는 등 더 많은 속성을 일관되게 다룰 수 있다. 둘째, 원래 기관의 Accession Number와 Institution Name은 재기입하지 않고 보존하여 영상의 출처를 추적할 수 있도록 하였는데, 이는 유지하되 Study Description에 반입 표시를 덧붙이는 방식을 검토할 수 있다. 셋째, 전송 전 C-FIND로 Study Instance UID의 존재 여부를 확인하여 중복 반입을 사전에 걸러내고, storescu의 응답 상태를 검사하여 실패 시 재시도와 알림을 수행하도록 보강할 필요가 있다. 넷째, 전용 뷰어만 담긴 비DICOM CD는 원기관에 DICOM 형식의 재발급을 요청하는 것이 원칙이며, 화면 캡처나 이미지 변환(img2dcm)은 화질과 메타데이터 손실을 감수해야 하는 최후의 수단으로만 사용해야 한다. 다섯째, 공유 폴더 복사 대신 dcm4chee의 STOW-RS를 이용한 간단한 웹 업로드 화면을 제공하면 접수 담당자의 작업이 더 단순해지고 폴더 권한 관리도 쉬워진다.

4. 보안·개인정보·법규 준수

의료영상은 개인정보보호법상 민감정보이며, 의료법은 전자의무기록의 관리·보존에 필요한 백업·네트워크 보안·시스템 보안 설비를 요구한다. NAS 기반 오픈소스 PACS는 이러한 요건을 충족하는 데 필요한 기능(RAID, 스냅샷, 암호화 볼륨, 방화벽, VPN, 계정별 권한, 접근 로그)을 대부분 내장하고 있으나, 기본 설정 그대로 두면 충족되지 않는다. 본 연구에서 적용한 네트워크 분리, 접근 포트 제한, VPN 전용 외부 접근, Keycloak 계정별 권한, 주기적 백업, UPS 연동은 소규모 의원이 최소한으로 갖추어야 할 조치로 제시할 수 있다. 추가로 검토할 사항은 (1)저장 볼륨 암호화, (2)dcm4chee의 감사 로그(audit trail) 활성화, (3)보존기간 경과 영상의 폐기 또는 장기 보관 정책, (4)화재·수해 같은 재해에 대비한 원격지 백업이다. 특히 원격지 백업은 선행 연구[12]에서도 한계로 지적된 부분으로, 전자의무기록을 의료기관 외부에 보관할 경우 무중단 백업과 네트워크 이중화 등 강화된 기준이 적용되므로 클라우드 백업

을 설계할 때 이를 함께 검토해야 한다. 아울러 외부 영상에 기록된 타 기관 환자 식별자와 접수 담당자가 보는 공유 폴더의 접근 권한도 최소화해야 한다.

5. 연구의 한계

본 연구는 단일 기관의 경험을 정성적으로 기술한 것으로, 검색 소요 시간, 반입 처리 시간, 입력 오류율, 사용자 만족도 같은 정량 지표를 측정하지 않았고 상용 PACS나 도입 전 방식과의 통제된 비교도 수행하지 않았다. 따라서 '업무 부담과 대기 시간이 줄었다'는 판단은 운용자의 경험에 근거한 것이며, 효과의 크기를 일반화할 수 없다. 또한 운용 기간이 3년으로 길지 않아 장기 안정성과 데이터 축적에 따른 성능 변화를 평가하지 못하였다. 구축에 필요한 기술 수준이 한의원 일반에 보편적이라고 보기 어렵다는 점도 적용 범위를 제한한다. 향후 도입 기관이 늘어나면 운용 지표를 표준화하여 다기관 비교 연구로 발전시킬 필요가 있다.

6. 향후 계획

첫째, 교육 활용을 위한 비식별화 경로를 구축할 계획이다. 기존에는 영상을 교육에 쓰려면 개인정보가 노출된 화면을 그대로 쓰거나 화면을 캡처해 개인정보를 지우는 가공을 거쳤고, 이 과정에서 화질 열화와 메타데이터 손실이 필연적으로 발생하였다. DICOM 표준의 속성 기밀성 프로파일(PS3.15 Annex E)[16]에 따라 원본 DICOM 객체에서 식별 속성만 제거·대체하는 비식별화를 dcm4che 도구[17] 또는 아카이브의 내보내기 규칙으로 자동화하고, 교육용으로 선별한 영상만 별도의 아카이브 AE에 보관하면 원본 화질을 유지하면서 개인정보 노출 없이 교육·연구에 활용할 수 있다. 다만 초음파 영상의 화면에 구워진(burned-in) 환자 정보는 픽셀 수준의 처리가 추가로 필요하며, 연구 목적 활용은 가명처리와 기관윤리심의 절차를 따라야 한다. 둘째, 3절의 개선 사항을 임포트 도구에 반영하여 공개 저장소를 갱신할 예정이다.

7. 한의 의료기관의 의료정보 표준 적용을 위한 제언

본 연구의 경험은 영상 데이터에 국한되지 않는 시사점을 준다. 한의 임상에서는 초음파·X선 같은 범용 영상기기 외에도 설진기, 맥진기, 체열 진단기 등 한의 고유의 진단기기가 널리 쓰이지만, 이들 기기의 데이터는 대부분 제조사 고유 형식으로 장비에 딸린 PC 소프트웨어 안에 갇혀 있어 환자 단위의 통합 열람이나 장기 추적, 연구 활용이 어렵다. ISO/TC 249는 설진기(ISO 20498 시리즈)[18]와 맥진기(ISO 18615)[19]에 대한 국제표준을 제정하였으나 이들은 기기의 안전성과 성능 요건을 다루며, 데이터의 표현·교환 형식은 아직 규정하지 않고 있다.

기존 의료정보 표준은 이 공백을 상당 부분 메울 수 있다. 설진 영상, 피부·체형 사진, 체열 영상 같은 영상형 데이터는 DICOM의 Visible Light 또는 Secondary Capture 정보 객체로 표현하여 본 연구와 같은 PACS에 바로 수용할 수 있으며, 스마트폰 임상 사진의 연동은 그 가능성을 보여주는 사례이다. 맥진 파형 같은 시계열 데이터는 DICOM Waveform 객체나 HL7 FHIR의 Observation 자원[20]으로, 기기가 생성하는 판독 보고서는 Encapsulated PDF

나 DICOM Structured Report로 표현할 수 있다. 따라서 필요한 것은 새로운 데이터 표준을 처음부터 만드는 일이 아니라, 한의 진단기기 제조사가 DICOM·FHIR 출력을 지원하도록 하는 연동 규격과 구현 지침, 그리고 그 안에 담길 한의학 고유 용어·속성(예: 설질·설태 색상 표현, 맥상 지표)의 코드 체계를 정비하는 일이다. 이는 ISO/TC 215(건강정보)와 ISO/TC 249(전통의학)의 협력 과제이기도 하다. 소규모 기관이 본 연구와 같이 표준 기반의 저비용 인프라를 갖추는 것은 이러한 연동 표준이 현장에서 작동하기 위한 수용체를 마련하는 일이며, 역으로 현장의 운용 경험은 표준 제정에 필요한 요구사항을 제공한다.

V. 결론

소규모 한의 의료기관은 보급형 NAS 한 대와 오픈소스 DICOM 아카이브(dcm4chee-arc-light)로 상용 PACS에 준하는 영상 관리 체계를 저비용으로 구축할 수 있었다. 본 기관에서는 MWL로 접수와 촬영을 연계하고, 공개한 임포트 도구로 외부 반입 영상을 원내 환자번호 기준으로 자동 통합하였으며, 스마트폰을 열람·촬영 기기로 편입하여 초음파, 외부 X선·CT·MRI, 임상 사진을 환자 단위의 한 이력으로 관리하였다. 그 결과 영상을 찾고 옮기는 수작업과 수기 입력이 사라져 진료 흐름이 단순해졌고, 매체 손상에 의한 유실 위험과 보존 의무의 부담이 줄었다. 안정적 운용의 전제는 네트워크 분리, 접근 통제, 주기적 백업, 전원 보호 등 보안·법규 요건을 설계 단계부터 반영하는 것이며, 구축과 운영에 필요한 기술 지식과 문서화는 기관이 감당해야 할 몫이다. 본 연구가 제시한 구성과 운용 절차는 유사한 조건의 의료기관이 영상 관리 시스템을 도입할 때 참고할 수 있는 실행 가능한 지침이 될 것이며, 나아가 표준 기반의 영상 인프라는 설진·맥진 등 한의 고유 진단 데이터를 표준적으로 통합해 나가기 위한 토대가 될 수 있다.

감사의 글

이 논문은 우석대학교 교내연구비 지원에 의하여 연구됨

참고문헌

1. 대한한의사협회. [설명자료] 대법원 전원합의체의 한의사 초음파 진단기기 사용 합법 판결, 팩트 체크. [Internet]. 대한한의사협회. 2023. Available from: https://www.akom.org/Home/AkomArticleNews/1112336?NewsType=2 [Accessed 21st Sep. 2026].
2. 홍윤지. [판결] 대법 "한의사도 뇌파계 진단 가능…면허 밖 의료행위 아냐". [Internet]. 법률신문. 2023. Available from: https://www.lawtimes.co.kr/news/articleView.html?idxno=190402 [Accessed 21st Sep. 2026].
3. 고정민. 엑스레이 골밀도 측정기 쓴 한의사 '무죄' 확정…검찰 상고 포기. [Internet]. 청년

의사. 2025. Available from: https://www.docdocdoc.co.kr/news/articleView.html?idxno=3025471 [Accessed 21st Sep. 2026].

4. National Electrical Manufacturers Association. Digital Imaging and Communications in Medicine (DICOM) Standard, PS3.1-PS3.22. Rosslyn (VA): NEMA; current edition.
5. Huang HK. PACS and Imaging Informatics: Basic Principles and Applications. 2nd ed. Hoboken (NJ): Wiley-Blackwell; 2010.
6. Erickson BJ, Langer S, Nagy P. The role of open-source software in innovation and standardization in radiology. J Am Coll Radiol. 2005;2:927-931.
7. Warnock MJ, Toland C, Evans D, Wallace B, Nagy P. Benefits of using the DCM4CHE DICOM archive. J Digit Imaging. 2007;20(Suppl 1):125-129.
8. Jodogne S. The Orthanc ecosystem for medical imaging. J Digit Imaging. 2018;31(3):341-352.
9. Iotti B, Valazza A. A reliable, low-cost picture archiving and communications system for small and medium veterinary practices built using open-source technology. J Digit Imaging. 2014;27(5):563-570.
10. Valeri G, Zuccaccia M, Badaloni A, Ciriaci D, La Riccia L, Mazzoni G, et al. Implementation, reliability, and feasibility test of an open-source PACS. Radiol Med. 2015;120:1138-1145.
11. Ratib O, Roduit N, Nidup D, De Geer G, Rosset A, Geissbuhler A. PACS for Bhutan: a cost effective open source architecture for emerging countries. Insights Imaging. 2016;7(5):747-753.
12. Costanza D, Coluccia P, Castiello E, Greco A, Meomartino L. Description of a low-cost picture archiving and communication system based on network-attached storage. Vet Radiol Ultrasound. 2022;63:249-253.
13. dcm4che. dcm4chee-arc-light: DICOM Archive 5.x [Internet]. Version 5.35.2; 2026. Available from: https://github.com/dcm4che/dcm4chee-arc-light [Accessed 21st Sep. 2026].
14. Synology Inc. PACS (dcm4che) package for DiskStation Manager. [Internet]. Synology Inc. 2026. Available from: https://www.synology.com/dsm/packages/PACS [Accessed 21st Sep. 2026].
15. Lee S. dicom-importer: DICOM 파일 자동 감지·메타데이터 수정·PACS 전송 도구. [Internet]. Github. 2025. Available from: https://github.com/eseungho/dicom-importer [Accessed 21st Sep. 2026].
16. National Electrical Manufacturers Association. DICOM PS3.15: Security and System Management Profiles, Annex E: Attribute Confidentiality Profiles.

Current edition.

17. dcm4che. dcm4che: open source clinical image and object management (library and tools) [Internet]. Available from: https://github.com/dcm4che/dcm4che [Accessed 21st Sep. 2026].
18. International Organization for Standardization. ISO 20498-1:2019 Traditional Chinese medicine — Computerized tongue image analysis system — Part 1: General requirements; ISO/TS 20498-4:2020 Part 4: Peripheral visual instruments; ISO/TR 20498-5:2019 Part 5: Method of acquisition and expression of tongue colour and tongue coating colour. Geneva: ISO.
19. International Organization for Standardization. ISO 18615:2026 Traditional Chinese medicine — General requirements of electric radial pulse tonometric devices. Geneva: ISO.
20. Health Level Seven International. HL7 FHIR Release 5 — Observation, ImagingStudy resources. [Internet]. Available from: https://hl7.org/fhir/ [Accessed 21st Sep. 2026].