

<원저>

이동형 엑스선장비의 이동 훈련을 위한 자기주도적 모듈식 교수학습 모형 교육과정 개발

성열훈

청주대학교 보건의료과학대학 방사선학과 한국영상의과학교육연구소

Development of Self-directed Modular Teaching-Learning Model Curriculum for Driving Training of Mobile X-ray Equipment

Youl-Hun Seoung

Department of Radiological Science, Graduate School of Health Science, Cheongju University,
Medical Images Science & Education Lab. in Korea

Abstract This study aimed to develop a self-directed modular teaching-learning model curriculum for the safe operation of mobile X-ray equipment with designed an educational system using ultrasonic sensors and line tracer sensors. We conducted with radiological science students and clinical radiological technologists, they improved performance in reducing errors during mobile X-ray equipment operation and increased learning satisfaction after repeated practice. The average error rate of driving its decreased through repeated training, and learning satisfaction was rated as excellent. The modular teaching-learning model with sensor-based evaluation system contributed to enhancing practical skills in operating mobile X-ray equipment. Our results demonstrated the effectiveness of self-directed learning for mobile X-ray equipment operation and serves as foundational material for developing future educational programs.

Key Words: Mobile X-ray, Self-Directed Learning, Modular Teaching-Learning Model, Ultrasonic Sensor, Line Tracer Sensor, Educational System

중심 단어: 이동형 엑스선, 자기주도학습, 모듈식 교수 학습 모형, 초음파 센서, 라인트레이서 센서, 교육시스템

1. 서론

세계 최초의 이동형 엑스선(X-ray) 장비는 제1차 세계대전 때 프랑스의 마리 퀴리(Marie Curie)가 개발했다. 이 장비는 차량에 엑스선발생장치를 장착하여 전장터를 이동하며 부상자들 대상으로 엑스선검사를 하였다. 이 차량은 1914년 마른 전투에서 부상자를 치료하는 중요한 역할을 했으며 “작은 큐리(Little Curies)”라고 불렸다. 이후 퀴리부인은 딸인 이렌과 함께 전기 및 물리학과 엑스선에 대한 이론 교육, 해부학 및 사진 처리에 대한 실습 교육으로 총 150명의 여성에게 이동형 엑스선 장비를 훈련시켰다[1]. 당시에는 주로 자동차나 경량 트럭을

통해 운반되도록 설계된 저출력 장비이었다. 제1차 세계대전에서 이동형 엑스선 장비의 유용성이 증명된 이후, 다양한 형태의 이동형 장비가 개발되었다. 초기에는 주로 병원에서 이 장비들을 방사선사들이 들고 다니며 운반하였고, 목에 걸고 엑스선을 조사하였다. 이러한 휴대성 때문에 임상에서는 “휴대용(Portable)”로 전통적으로 불리고 있다. 그러나, 전력 공급 방식이 3상 전원 방식으로 바뀌면서 대용량의 고출력이 가능해지고 장비의 중량이 커지면서 바퀴가 달린 “모바일(Mobile)” 형태로 발전하였다. 2000년대부터는 디지털 기술이 엑스선 장비에 적용되기 시작하면서 장비가 정밀화 및 고도화되고 있으며 현재는 무선 네트워크 장비까지 탑재하여 획득된 엑스선 영상

Corresponding author: Youl-Hun Seoung, Department of Radiological Science, College of Health Medical Science, Cheongju University, Daesung-ro 298, Cheongwon-gu, Cheongju-si, Chungcheongbuk-do, 363-764, Republic of Korea / Tel: +82-43-229-7993 / E-mail: radimage@cju.ac.kr

Received 24 September 2024; Revised 07 October 2024; Accepted 11 October 2024
Copyright ©2024 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

을 즉시 전송하며 신속한 영상의학적 진단을 가능하게 하고 있다[2,3].

2019년 12월 중국에서 발생한 코로나바이러스 감염증-19 (Corona Virus disease-19, COVID-19)는 전 세계적으로 확산하여 세계보건기구(World Health Organization, WHO)는 2020년 3월부터 2022년 5월까지 팬데믹을 선언하였다[4]. Our World in Data에 의하면 이때 우리나라 누적 확진자 수는 34,436,586명, 사망자는 35,812명으로 보고되었다[5]. 이들은 모두 격리된 상태에서 코로나바이러스 진단을 위해 이동형 엑스선 장비를 이용하여 흉부 엑스선검사를 시행하였다[6]. 이러한 환경적인 요인에 의해 이동형 엑스선검사는 중요한 영상의학적 검사법으로 대두되었다. 그러나, 실증적으로 이를 교육하고 훈련하는 교육과정이 미흡한 실정이다. 일반적으로 신입 방사선사들이 의료기관에 취업하면 이동형 엑스선검사를 주로 많이 하지만, 이때 이동형 엑스선 장비의 운행 미숙으로 대인 및 대물사고를 많이 발생하고 있다. 특히, 병원 내 구조는 매우 복잡하고 많은 내원객들이 이동하거나 상주하기 때문에 이동형 엑스선 장비의 운전 교육과 훈련이 필요하다. 또한, 이동형 엑스선 장비는 고가이고, 조정하는 것이 쉽지 않기 때문에 잘 부딪히고 장치가 훼손될 가능성이 있다.

본 연구에서는 이동형 엑스선검사 교육 중 장비 운행에 대한 교육을 모듈식 교수 학습 모형을 설계하고 자체 개발한 평가 시스템으로 학습 수요자들이 자기 주도적으로 훈련할 수 있도록 하였다. 모듈식 교수 학습법의 초기 적용 사례는 1960년대 후반에 미국 대학에서 시작되었다. 특히 Frederick S. Keller가 제안한 개인화된 교수법(Personalized System of Instruction, PSI)이 모듈식 학습의 중요한 전신이 되었다[7]. 이 학습법은 학생들이 각자 자신의 속도에 맞추어 학습할 수 있도록 설계된 교수법으로, 학습 내용을 특정 목표나 주제별로 나누어 제공하는 방식이다[8]. 이는 주로 직업 교육이나 기술 교육 프로그램에서 널리 사용되며 학생들에게 필요한 기술이나 지식을 습득할 수 있는 자율적인 학습 환경을 제공하는 것이 목표이다[9].

따라서 본 연구에서는 초음파 센서와 라인트레이서 센서를 활용한 교육시스템을 자체 제작하고 이동형 엑스선 장비의 안전한 운용을 위한 자기 주도적 모듈식 교수 학습 모형을 개발하고자 하였다.

II. 재료 및 방법

1. 재료

방사선 발생장치는 인버터 방식의 디지털 이동형 엑스선 발

생장치(TOPAZ-40D, DRGEM, Korea)를 이용하였다. 이때 장비는 학생들이 안전하게 사용할 수 있도록 엑스선이 발생하지 않도록 주문 제작하였고 기존 장비와 동일한 무게와 외형을 갖추었다. 이동형 엑스선 장비의 이동 훈련을 위한 시스템 재료는 아두이노 초음파센서(HC-SR04, Eduino, China)와 3채널 적외선 라인트레이서 센서(Module-W1938, Shenzhen KWM electronics Co, China), 아두이노(Arduino Mega 2560 (R3), Arduino, Italy)에 연동하여 반응 값을 경고등(ST45L-BZ-1-12, MISUMI, Korea)과 전시디지털모듈(TM1637 LED, Arduino, Italy)에서 표시되도록 코딩 설계하였고 3D 프린터(DP200, Shindo, Korea)로 외관과 코스 안전바를 자체 제작하였다.

2. 학습 모형 설계

본 연구에서는 자기 주도적 모듈식 교수 학습 모형을 기반으로 이동형 엑스선 장비의 교육 중 이동 교육을 Fig. 1과 같은 학습 모형으로 설계하였다. 이동 교육의 모듈은 다시 소모듈 실습 활동으로 구성하였다.

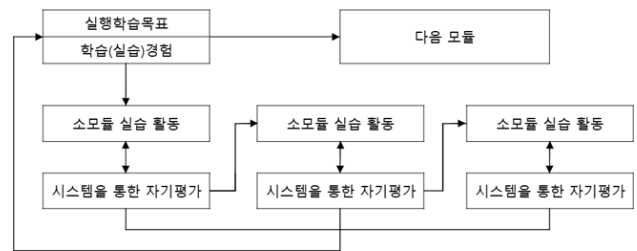


Fig. 1. The modular training for mobile X-ray equipment is composed of sub-module practice activities, designed to achieve specific learning outcomes through hands-on exercises.

이동 교육 모듈의 구체적인 실행 학습 목표는 행동주의 기반으로 아래와 같이 수립하였다.

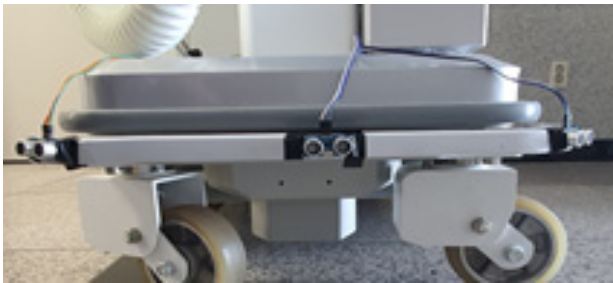
1. 나는 이동형 엑스선 장비를 경로 안에서 직선 전진 방향으로 이동시킬 수 있다.
2. 나는 이동형 엑스선 장비를 경로 안에서 왼쪽으로 이동시킬 수 있다.
3. 나는 이동형 엑스선 장비를 경로 안에서 오른쪽으로 이동시킬 수 있다.
4. 나는 이동형 엑스선 장비를 경로 안에서 직선 후진 방향으로 이동시킬 수 있다.
5. 나는 이동형 엑스선 장비를 경로 안에서 안전하게 멈추게 할 수 있다.

이후 소규모 모듈 형태의 실습을 진행한 후 본 연구에서 개발한 시스템을 통해 자기평가를 환류 받고 수립된 나머지 소규

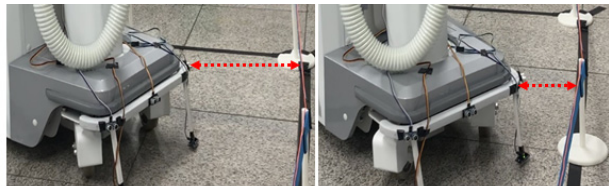
모 모듈 실습을 계속 진행한다. 소규모 모듈 실습이 종료한 후 경험한 학습 경험으로 자기 문제점을 파악한다. 최종 실행 학습 목표에 달성했으면 다음 모듈로 학습을 진행한다.

3. 교육 시스템 설계 및 동작

이동형 엑스선 장비 운행의 평가는 초음파 센서와 라인트레이서 센서를 이용하여 정량화하였다. 초음파 센서는 Fig. 2(a)와 같이 이동형 엑스선 장비의 앞 범퍼 부위에 좌, 우, 중앙에 위치하고 Fig. 2(b)와 같이 장애물과 거리가 20 cm 미만일 때 경고등에서 적색등이 켜지도록 설계하였다. 이때 장애물은 Fig. 2(c)와 같이 자체적으로 모델링하고 3D 프린터로 제작하였다.

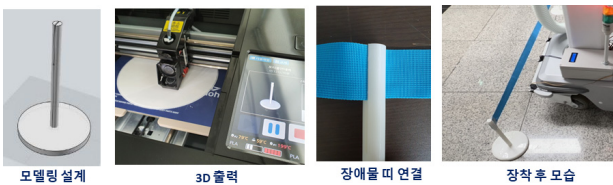


(a) Anterior view of Arduino ultrasonic sensor on mobile



장애물과의 거리 20cm 초과 장애물과의 거리 20cm 이하

(b) Operating range of ultrasonic sensor on mobile



(c) Installation of driving course of mobile X-ray equipment by 3D printing

Fig. 2. The ultrasonic sensor is positioned on the front bumper of the mobile X-ray equipment at the left, right, and center, as shown in (a). It is designed to trigger a red warning light when the distance to an obstacle (c) is less than 20 cm, as depicted in (b).

라인트레이서 센서는 작동 민감도를 높이기 위해 지면과 최대한 근접하게 위치하도록 3D 프린터로 전용 지지체를 자체 제작한 후 지지체 내부에 장착하였다. 그리고 Fig. 3(a)과 같이



(a) Supporter of three-channel infrared line tracer sensor



(b) Color change of warning light by 3-channel infrared line tracer sensor



(c) Three-color warning light



(d) Display exterior made with 3D printer

Fig. 3. Three-channel infrared line tracer sensor on mobile X-ray equipment

이동형 엑스선 장비의 앞 범퍼 부위에 좌, 우 모서리 부위에 설치하였다. 본 연구에서는 바닥에 5 cm 너비의 검정 테이프를 이동 경로의 경계면을 만들었다. Fig. 3(b)(c)과 같이 라인트레이서 센서에서 방사되는 3채널의 적외선이 모두 바닥의 변화를 감지한다. 이때 전용 지지체가 경계면에 미접촉 상황이 되면 초록색 경고등이 작동하고, 경계면에 접촉 시 하나의 채널이 감지 못하는 상태가 되어 황색 경고등을 작동시킨다. 마지막으로 두 개 이상의 채널에서 감지하지 못하는 경계면 침범 상태에서는 적색 경고등이 켜지도록 설계하였다. 이러한 경고등은 피교육자가 경고등의 작동을 즉석에서 인지하고 이동 궤도를 수정하도록 하였다.

두 센서에 의해서 반응된 값은 Fig. 3(d)과 같이 전시 디지털 모듈에서 오롯값으로 표시되도록 아두이노를 코딩하였다.

이때 점수는 높을수록 이동형 엑스선 장비 운행의 오류가 많아 짐을 의미한다.

4. 이동형 엑스선 장비의 이동 훈련 설계

이동형 엑스선 장비의 운행 경로는 청주시에 있는 대학의 건물 복도에 Fig. 4와 같이 'S', 'U', 'T' 형태로 기본 경로를 설계 하였으며 이를 복합적으로 구성한 전체 경로를 만들었다. 이때 경로는 너비는 2 M로, 기본 경로는 각 경로 별에 따라 10~15 M, 전체 경로는 20 M로 설계하였다.

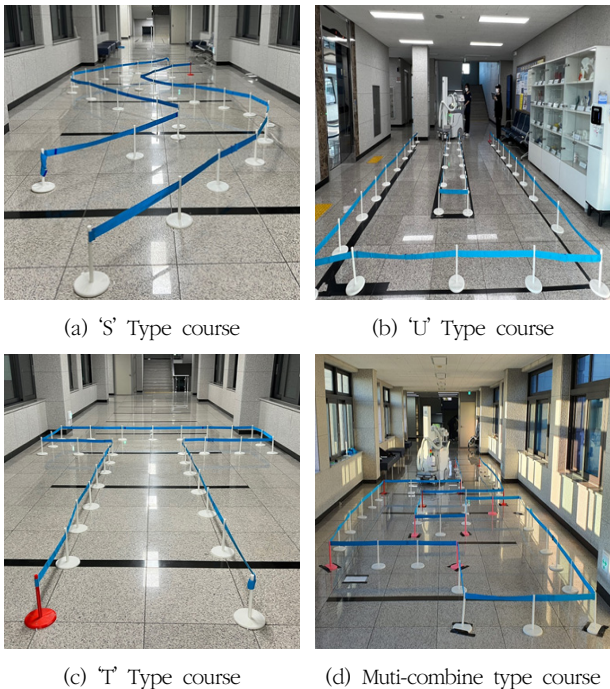


Fig. 4. Driving courses of mobile X-ray equipment

5. 교육 대상 및 훈련

개발된 이동형 엑스선 장비 운행 평가 시스템은 방사선학과 재학생 2, 3학년 40명(남: 23명, 여 17명)과 임상 방사선사 11명(임상 경력 5년 미만: 6명, 3.2±1.5년, 임상 경력 5년 이상: 5명, 18.4±6.7년)을 대상으로 실시하였다. 재학생들은 기본 경로에서 5회 반복 훈련하여 운행 오류를 평가자가 수기로 측정하여 평균을 구하였으며, 교육의 만족도(타인 추천 의도, 흥미도, 학습 목표 달성도)를 리커트 5점 척도로 평가하였다.

임상 방사선사는 Fig. 5와 같이 전체 경로에서 이동형 엑스선 장비를 1회 운행하고 오류 횟수를 평균값으로 측정하고 교육의 만족도(타인 추천 의도, 흥미도, 학습 목표 달성도)를 리커트 5점 척도로 평가하였다.

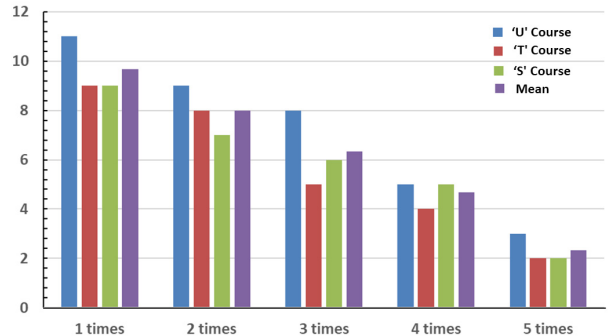


Fig. 5. Training in the operation of mobile X-ray equipment

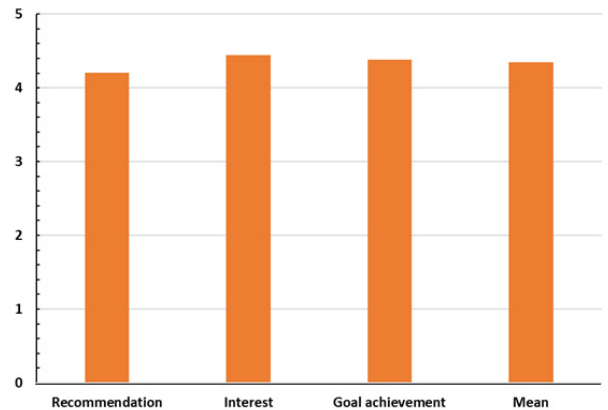
III. 결과

1. 재학생 교육 훈련 결과

재학생들은 기본 경로를 대상으로 5회 반복 훈련을 통해 이동형 엑스선 장비 운행 오류의 평균 횟수를 구하였다. 그 결과 Fig. 6과 같이 첫 운행 훈련에서 'U' 형태 경로는 평균 11번, 'T' 형태 경로는 평균 9번, 'S' 형태 경로는 평균 9번으로 전체 평균은 9.7번으로 나타났지만, 마지막 5회째 운행 훈련에서는 'U' 형태 경로는 평균 3번, 'T' 형태 경로는 평균 2번, 'S' 형태



(a) Change in the number of errors by course



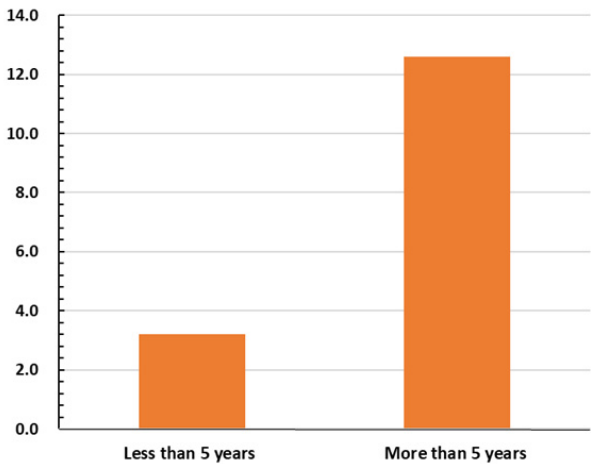
(b) Results of learning satisfaction

Fig. 6. Training results of current students

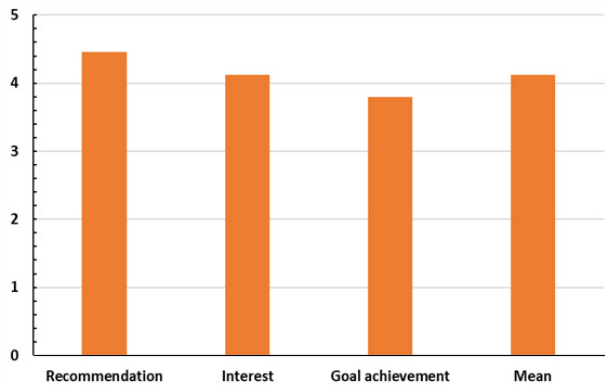
경로는 평균 2번의 오류로 전체 오류 평균은 2.3번으로 감소하였다. 특히, 'U' 형태 경로는 다른 경로에 비해 운영의 오류가 상대적으로 높아 고난이도로 나타났다. 학습 만족도는 타인 추천도 평균 4.21점, 흥미도 평균 4.44점, 학습 목표 달성도 4.38점으로 총평균 4.34점으로 우수한 학습 만족도를 보였다.

2. 임상 방사선사 교육 훈련 결과

임상 방사선사는 5년 이하의 경력자 그룹과 5년 이상의 경력자 그룹으로 나누어 전체 경로를 대상으로 1회 훈련을 통해 이동형 엑스선 장비 운행 오류의 평균 횟수를 구하였다. 그 결과 Fig. 7과 같이 나타났다. 5년 이하의 경력자 그룹은 평균 3.2번의 오류가 있었으며, 5년 이상의 경력자 그룹은 평균 12.6번의 오류가 있었다. 학습 만족도는 타인 추천도 평균 4.46점, 흥미도 평균 4.12점, 학습 목표 달성도 3.80점으로 총평균 4.13점으로 우수한 학습 만족도를 보였다.



(a) Mean number of errors based on 5 years of clinical experience



(b) Results of learning satisfaction

Fig. 7. Results of clinical radiological technologists education and training

IV. 고찰

본 연구에서는 교육 내용을 평가할 수 있는 보조 시스템을 이용하여 이동형 엑스선 장비의 이동 훈련을 위한 자기 주도적 모듈식 교수 학습 모형 교육과정을 개발하고자 하였다. 이동형 엑스선 장비는 중환자실, 응급실 등에서 영상의학과로 이동이 어려운 환경에서 환자 진단의 유용한 도구로 사용하고 있다 [10]. 현대에서는 방사선사가 장비의 손잡이를 두 손으로 잡고 힘을 가하면 전동식방식의 바퀴를 구동하며 전진한다. 하지만, 일부 이동형 엑스선 장비는 엑스선관과 엑스선관 거치 기둥이 운행하는 방사선사의 시야를 가리기 때문에 전방주시에 주의를 해야 한다. 이러한 한계로 좁은 병실이나 엘리베이터로 이동 시 주변 물건과 지나가는 환자 또는 보호자 및 병원 방문객과 충돌하여 대물 및 대인사고를 유발할 수 있다.

미국에서는 방사선학과 학생들이 실제 병원 임상실습에서 이동형 엑스선 장비를 사용하여 응급실이나 중환자실 내부의 침대 옆에서 엑스선 영상을 획득하고 이동형 엑스선 장비를 조작하는 방법을 배우며, 실무 능력을 배양한다[11]. 이러한 실무 능력은 지난 COVID-19 대유행 기간에 이동형 엑스선 장비를 학생들이 직접 운영하여 부족한 방사선사의 대체인력으로 활동하는 등의 중요한 역할을 하기도 했다[12]. 그러나 우리나라 대학 교육에는 이동형 엑스선 장비에 대한 교육과정이 미흡하다. 따라서 학생이나 초보자들이 장비의 손상을 방지하면서 손쉽게 훈련할 수 있는 교육과정이 필요하다. 본 연구에서는 라인트레이서 센서와 초음파 센서를 사용하여 장애물과의 거리를 계산하고 충돌 직전 위험을 알려주는 경고등 표시 기능으로 이동형 엑스선 장비 운행의 수준을 점수화하여 환류시킬 수 있는 교육 과정을 개발하였다. 특히, 모듈식 교수 학습법으로 이동형 엑스선 장비의 운행 실무역량을 배양하기 위해 학생들에게 자율적이고 자기 주도적으로 학생들 각자의 학습 속도에 맞출 수 있는 학습 환경을 제공하고자 하였다. 이를 위해서 피교육자들이 손쉽게 학습성과의 달성 여부를 즉각적으로 알 수 있도록 설계하여 효율적인 자기 주도 학습되도록 유도했다. 또한 개발된 시스템은 착탈이 가능하기 때문에 범용적으로 사용할 수 있다. 운행 경로 설계는 우리나라 도로교통공단에서 주관하는 2종 소형면허 실기시험을 기반으로 병원 환경에 맞게 변형하여 'U' 형태 경로, 'T' 형태 경로, 'S' 형태 경로로 구성하였다. 그 결과, 교육 대상자들은 'U' 형태 경로에서 가장 많은 오류를 범하였다. 이는 좁은 경로에서 회전을 두 번 이어서 하는 과정에서 장애물과의 접촉이 많았기 때문이다. 또한 최종 학습 목표를 달성할 수 있는 모듈식 교수 학습 교육의 반복 횟수를 임상 방사선사와 비교하였다. 그 결과 5년 이하의 경력자 그룹은 평균 3.2번의 오류가 있었다. 재학생 학습 수요자와 비교했을 때 5회 반복

훈련했을 때 측정된 평균 2.3번의 오류와 근사하였다. 일회성으로 평가한 임상 방사선사와 달리 5회 반복으로 장비에 익숙해진 재학생들이 상대적으로 적은 오류를 범하였다. 본 연구에서는 5회 이상 반복 훈련했을 때 임상 방사선사와 유사한 이동 실무 능력을 갖출 수 있다고 판단된다. 반면 5년 이상의 경력자 그룹은 평균 12.6번의 오류가 있었는데 이는 대상자들 다수가 평균 18년 내외 관리자급 방사선사로서 현재 이동형 엑스선 장비를 다루지 않고 있으며 과거 운행했던 장비와 본 연구에서 사용한 장비의 성능 차이가 크기 때문이라고 추정된다. 이는 초기 훈련 재학생 학습 수요자와 비교했을 때 근사한 오류 횟수라고 판단된다. 본 연구에서 재학생들의 학습 만족도는 평균 4.33점으로 우수 이상의 만족도를 보였다. 그중 흥미도가 가장 높게 평가되었는데 이는 선행 연구에서 흥미도가 자기 주도적 학습을 가능하게 할 수 있다고 보고한 내용을 기반으로 본 교육과정의 흥미도가 자기 주도적인 학습을 이끌었다고 볼 수 있다[13,14]. 임상 방사선사들의 학습 만족도에서도 평균 4.13점으로 우수 이상의 만족도를 보였다. 그중 타인 추천 의도가 가장 높게 평가되었는데 이는 과거에 경험하지 못했던 교육과정이기 때문이며 이러한 교육과정은 임상적으로 필요한 내용임을 간접적으로 시사한 것으로 판단된다.

그러나, 국내에서 처음 시도한 수업 모형으로 다음과 같은 문제점도 도출되었다. 첫째, 이동형 엑스선 장비를 훈련할 수 있는 넓은 공간이 필요하였다. 둘째, 초음파 센서를 이용하는 과정에서 장애물 충돌로 인해 지지대의 파손이 빈번히 발생하여 지지대 재사용의 문제점이 있어 라인트레이서 센서를 이용하는 것이 더 효율적으로 예상된다. 셋째, 정량적 평가에서 평가자의 수기로 등록된 점이다. 향후 시스템 내에서 오류횟수의 메모리 기능이 탑재되도록 개발할 필요가 있다. 마지막으로 최적화된 전체 이동 경로가 요구된다. 본 연구에서는 선행적으로 경험한 학습을 통해 Fig. 8과 같은 이동형 엑스선 장비의 경로를 제안한다.

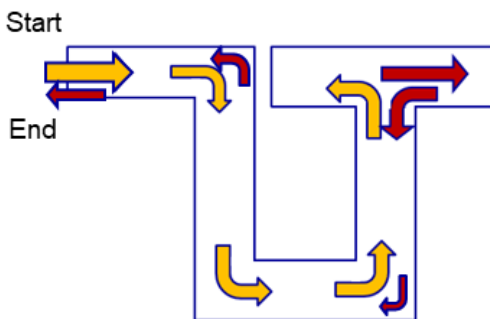


Fig. 8. The proposed mobile X-ray equipment driving training course

본 연구에서는 학습 대상자들이 일개 대학의 재학생들로 제한되어, 전체 학생들을 대상으로 무작위로 표본화하지 않아 확률적 통계분석을 적용할 수 없었으며, 임상 방사선사들은 일회성의 경험적으로 실험에 참여한 관계로 도출된 결과값을 일반화하기에 어렵다. 또한 이동형 엑스선검사의 전체 교육과정 이 아닌 장비 운행에 대한 제한된 범위를 대상으로 진행하였기 때문에 정확한 영상획득 및 선량관리 등의 추가적인 교육과정 개발이 요구된다[15]. 향후, 본 연구에서 자체 개발한 평가 시스템을 이용하여 재학생 및 신입 방사선사들의 이동형 엑스선 장비 이동 훈련 교육으로 활용한다면 안전하게 이동형 엑스선 검사를 수행할 수 있으리라 기대한다.

V. 결론

본 연구에서는 국내 최초로 이동형 엑스선 장비 이동 훈련 교육과정을 자체적으로 개발한 평가 시스템으로 학습 수요자들이 자기 주도적으로 학습할 수 있는 모듈식 교수 학습법으로 개발했으며 그 유용성을 기대할 수 있다.

REFERENCES

- [1] Jorgensen TJ, How Marie Curie brought X-ray machines to the battlefield, Smithsonian Magazine Special Report; 2017.
- [2] Yu YE, Lim CH, Ko JY. An analysis of factors that affect image quality deterioration in the potable X-ray examination on using digital wireless detector, J Radiol Sci Technol, 2014;37(2):98-100.
- [3] Cho HM, Kim HJ, Nam S, Lee CL, Jung JY. Construction and performance evaluation of digital radiographic system, Korean J Med Phys, 2007;18(3): 44-8.
- [4] Lee SH, Kim JM, Coronavirus disease 2019 (COVID-19): Pandemic and the challenge of public health, Korean J Fam Pract, 2020;10(2):87-95.
- [5] Our World in Data, Coronavirus (COVID-19) cases in South Korea, Retrieved from <https://ourworldindata.org/coronavirus/country/south-korea>
- [6] Yoon SH, Lee KH, Kim JY, Lee YK, Ko H, Kim KH, et al. Chest radiographic and CT findings of the 2019 novel coronavirus disease (COVID-19): Analysis of

- nine patients treated in Korea. *Korean J Radiol.* 2020;21(4):494-500.
- [7] Keller FS. Good-bye teacher. *J Appl Behav Anal.* 1968;1:79-89.
- [8] Ross LL, McBean DA. Comparison of pacing contingencies in classes using personalized system of instruction. *J Appl Behav Anal.* 1995;28:87-8.
- [9] Ruskin RS, Ruskin RL. Personalized instruction and its relation to other instructional systems. *Educ Technol.* 1977;17(9):5-11.
- [10] Canadian Agency for Drugs and Technologies in Health. Portable versus fixed X-ray equipment: A review of the clinical effectiveness, cost-effectiveness, and guidelines. Ottawa (ON); 2016. Retrieved from <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK350586>
- [11] Texas Southmost College. Radiologic technology program. Retrieved from <https://www.tsc.edu/academics-and-career-programs/health-professions/radiologic-technology-program/>
- [12] The Journal. Around 50 student radiographers test positive for COVID-19. 2020 Apr. Retrieved from <https://www.thejournal.ie/around-50-student-radiographers-covid-19-5071369-Apr2020/>
- [13] Wu X, Liu H, Xiao L, et al. Reciprocal relationship between learning interest and learning persistence: Roles of strategies for self-regulated learning behaviors and academic performance. *J Youth Adolesc.* 2024;53:2080-96.
- [14] Jeon SJ, Yoo HH. Relationship between general characteristics, learning flow, self-directedness and learner satisfaction of medical students in online learning environment. *J Korea Contents Assoc.* 2020;20(8):65-74.
- [15] Song HS, Lim CH, Jung HR, Kim JS, Kim YR, et al. A study on distortion and dose of images in mobile radiography. *J Radiol Sci Technol.* 2022;45(4):05-12.

구분	성명	소속	직위
단독	성열훈	청주대학교	정교수