

**물임 1**

**4단계 BK21사업 자체평가보고서**

『4단계 BK21사업』 미래인재 양성사업(과학기술 분야)  
교육연구팀 자체평가보고서

|                      |   |  |                   |      |      |      |       |
|----------------------|---|--|-------------------|------|------|------|-------|
| 접수번호                 | 4299990713893   |  |                   |      |      |      |       |
| 사업 분야                | 응용  | 신청분야                                   | 의학                | 단위   | 지역   | 구분   | 교육연구팀 |
| 학술연구분야<br>분류코드       | 구분  | 관련분야                                   |                   | 관련분야 |      | 관련분야 |       |
|                      |   | 중분류                                    | 소분류               | 중분류  | 소분류  | 중분류  | 소분류   |
|                      | 분류명   | 원자력공학                                  | 방사선공학             | 의공학  | 기초의학 |      |       |
|                      | 비중(%)   | 70                                     |                   | 30   |      |      |       |
| 교육연구<br>팀명           | 국문) 미래의료방사선 융합교육연구팀<br>영문) Education and Research Team for Future Medical Radiation Science |  |                   |      |      |      |       |
| 교육연구<br>팀장           | 소 속   | 연세대학교(미래캠퍼스) 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 방사선융합공학과 |                   |      |      |      |       |
|                      | 직 위   | 교수                                     |                   |      |      |      |       |
|                      | 성명  | 국문                                     | 민 철 희             |      | 전화   |      |       |
|                      |   | 영문                                     | Chul Hee Min      |      | 이동전화 |      |       |
| 연차별<br>총 사업비<br>(천원) | 구분  | 1차년도<br>(2019~212)                     | 2차년도<br>(213~222) |      |      |      |       |
|                      | 국고지원금   | 102,905                                | 205,810           |      |      |      |       |
| 총 사업기간               | 2020.9.1.-2027.8.31.(84개월)  |  |                   |      |      |      |       |
| 자체평가 대상기간            | 2020.9.1.-2021.8.31.(12개월)  |  |                   |      |      |      |       |

본인은 관련 규정에 따라, 『4단계 BK21』사업 관련 법령, 귀 재단과의 협약에 따라 다음과 같이 자체평가보고서 및 자체평가결과보고서를 제출합니다.

2021년 9월 15일

|     |                |   |
|-----|----------------|---|
| 작성자 | 교육연구팀장         | 민 철 희  |
| 확인자 | 연세대학교 원주산학협력단장 | 김      |

## 〈자체평가 보고서 요약문〉

| 중심어                            | 학생중심 교육연구   | 학생 미래성공    | 세계적 연구성과  |
|--------------------------------|---|------------|-----------|
|                                | 산업문제 해결   | 생애 전주기 맞춤형 | 다학제간 융합교육 |
|                                | 4차 산업혁명   | 첨단의료방사선    | 국제의학물리전문인 |
| 교육연구팀의<br>비전과 목표의<br>달성정도 및 노력 | <ul style="list-style-type: none"> <li>□ 체계적인 교육목표와 비전의 설정을 통해 의료방사선 특화 교육과정을 개발·운영하고 있으며 IOMP 국제 인준을 통한 학생중심의 교육 프로그램을 활성화하였음.</li> <li>□ 방사선공학트랙과 의학물리트랙으로 나누어 전공교과과정을 편성하였으며, 공통 필수과정 + 세부전공과정 + 실무교육 + 연구 + 학생참여 과정을 통해 체계화된 교육 프로그램을 운영하고 있음.</li> <li>□ 교육의 국제화를 위해 각종 융합교육연구워크숍 및 교육 프로그램을 이수 시키고, 국내·외 석학 등의 초청 강연 등을 통해 교육 및 연구과정의 선진화 및 활성화를 유도하였음.</li> <li>□ 지역 공공기관의 협력을 통해 지역사회의 현안이나 사회적 이슈, 산업이나 기업의 애로사항 등을 발굴하고 이에 대한 해결방안을 모색하기 위해 협력연구를 수행함.</li> </ul>   |            |           |
| 교육역량 영역<br>성과                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>교육연구팀의 교육 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참여대학원생의 논문실적: 국제 SCI(E)급 4편, 0.28편/1인, 총 IF: 13.153, 평균 IF: 3.288/1편</li> <li>○ 참여대학원생의 학술대회 발표실적: 총 23건 (국제 8편, 국내 15편), 평균 1.6편/1인이며, 총 4건의 학술발표 수상 실적 (국제 2건, 국내 2건)을 달성</li> <li>○ 참여대학원생의 특허실적: 국내 등록 4건, 국내 출원 3건을 달성하였음.</li> <li>○ 참여대학원생의 기술이전 실적: 기술개발 노하우 이전 1건 [(주)신룡, 33,000 천원]</li> <li>○ 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용함.</li> <li>○ 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 교과과정 개편: 의학물리 선택 8과목, 필수 15과목, 실습 2과목으로 구성, 3개 신규 교과목 개설</li> <li>○ COVID-19 사태에 대비한 Flipped Learning, Problem/Project-Based Learning, Action/ Team-based Learning 기반의 교수법을 시행함.</li> <li>○ 미래의료방사선 융합교육연구워크숍 3회, 국내·외 석학 초청강연 4회 개최함.</li> </ul> </li> </ul>  |            |           |
| 연구역량 영역<br>성과                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>□ <b>교육연구팀의 연구 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참여교수의 논문실적: 국제 SCI(E)급 13편, SCOPUS: 1편, KCI: 1편, 2.5편/1인, 총 IF: 51.049, 평균 IF: 3.927/1편, 평균 IF: 8.508/1인</li> <li>○ 참여교수의 연구과제 수주 계약실적: 정부 연구비 19건: 2,077,450 천원, 산업체 연구비 4건: 429,000 천원, 교내 연구비 2건: 112,000 천원, 1인 평균 436,408.33 천원</li> <li>○ 참여교수의 특허실적 11건: 국내 출원 4건, 국제 출원 1건, 국내 등록 6건, 참여교수 1인당 평균 1.8건의 특허 출원·등록 성과를 달성</li> <li>○ 참여교수의 기술이전실적: 4건[(주)네오시스코리아 3건, (주)신룡 1건]</li> <li>○ 참여교수의 학술대회실적: 총 31건 (국제 14편, 국내 17편), 평균 5.2편/1인을 달성</li> </ul> </li> <li>□ <b>교육연구팀의 국제화 성과</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참여교수의 국제적 학술활동: 5종류의 국제저명학술지 심사위원, 국제학술대회 조직·운영위원회 참여</li> <li>○ 미국 Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston University School of Medicine과 3건의 국제공동연구실적 달성</li> <li>○ 7개 해외 대학 및 연구기관과의 국제 교류실적을 달성 (Massachusetts General</li> </ul> </li> </ul> |            |           |

|                        |   |
|------------------------|---|
|                        | <p>Hospital and Harvard Medical School, UT Southwestern Medical Center, Boston University School of Medicine, National Cancer Institute, The University of Sydney, University of Bordeaux, Nagoya University)</p> <p>□ <b>교육연구팀의 산학협력 성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 산업체 연구비 4건: 429,000 천원, 1인 평균: 71,500 천원</li> <li>○ 지역 산업체와의 연구 성과 공유 및 산업기여와의 성과: (주)한국수력원자력, (주)바텍, (주)신룡(기술이전 체결 1건, 정액기술료: 33,000 천원), (주)우리엔, (주)네오시스코리아(기술이전 체결 3건, 정액기술료: 50,000 천원)</li> <li>○ 산업·사회 문제 해결 기여 실적: 핵시설 무인감시를 통한 문제, 핵연료집합체 검증을 통한 안전 문제, 의료방사선 피폭 증가 문제, 방사선 이용 증가에 따른 환경안전 문제, 고령화 및 시니어 헬스케어 관련 문제와 관련된 연구를 수행함.</li> </ul>  |
| <p>달성 성과 요약</p>        | <p>□ <b>교육연구팀의 교육성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 현행 학사관리 및 학위수여 기준을 강화하고, 입학-재학-졸업의 전주기적 학사관리 체제를 도입하여 첨단의료방사선 분야의 MIRAE형 인재를 양성하고 있음.</li> <li>○ 의료방사선 분야의 최신 과학기술 동향 분석 및 현장에서 요구되는 실무적 역량을 강화하기 위해 의료기관, 산업체 및 공공 연구기관의 전문가들을 초빙해 지속적으로 워크숍 및 강연을 개최하고 있음.</li> <li>○ 본 교육연구팀은 교육 프로그램의 국제화를 통해 의료방사선분야의 여러 우수 대학 및 연구소와 공동연구를 수행하기 위한 기반을 마련하였으며, 이를 기반으로 매년 참여대학원생의 국제공동연구의 기회를 확대 추진하고 있음.</li> </ul> <p>□ <b>교육연구팀의 연구성과</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 참여교수의 지난 5년간의 연평균 논문실적과 비교했을 때, 저널의 우수성을 평가하는 지표 중 하나인 환산보정 IF의 합은 43.4% 증가, 논문 1편당 환산보정 IF는 253% 증가, 참여교수 1인당 환산보정 IF 합은 43.5% 증가, 1편당 환산보정 ES 수치는 149% 증가한 결과를 보였으며, 최근 1년간 총 연구비 수주 계약 실적은 지난 3년간 연평균 대비 61.80% 증가하였음.</li> <li>○ 이러한 성과는 단순히 정량적인 논문 편수를 증가시키는데 주력하기 보다는 저널의 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 달성하는데 최선의 노력을 다하고 있다는 것을 보여주는 결과임.</li> </ul> |
| <p>미흡한 부분 / 문제점 제시</p> | <p>□ 참여대학원생 논문실적 저널의 경우 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 잘 나타내주는 결과라고 판단되지만, 체계적이고 지속적인 융복합 교육·연구를 통해 참여대학원생 1인당 논문환산편수를 향상시키려는 노력이 필요하다고 판단됨.</p> <p>□ 본 교육연구팀에서는 사업 수행 첫 해인 현재 우수 학위배출 인력 및 취·창업 실적이 없는 실정이지만, MIRAE형 인재 양성을 위한 목표가 명확하고, 특성화된 교육과정이 구성/운영/개선을 통해 전문인력 양성 프로그램이 개발된 상태임. 따라서 본 사업기간 내 전문분야를 위한 유능한 인력들을 지속적이고, 안정적으로 배출할 것으로 예상됨.</p>  |
| <p>차년도 추진계획</p>        | <p>□ 의료방사선 분야의 미래가치 창조라는 비전 구현을 위해 학습자의 요구를 반영하고 시대적·사회적 적합성을 갖춘 질 높은 교육과정의 운영 및 개발.</p> <p>□ 재정지원 확대, 학위조건 강화, 국제협력 강화, 산학협력 강화를 통해 대학원생들의 연구역량을 향상시키고, 궁극적으로 의료방사선 관련 분야 세계 10대 학과 목표 달성을 추진.</p>   |

## 1. 교육연구팀장의 교육·연구·행정 역량

|         |  |     |     |              |
|---------|--|-----|-----|--------------|
| 성 명     | 한 글                                    | 민철희 | 영 문 | Chul Hee Min |
| 소 속 기 관 | 연세대학교(미래캠퍼스) 소프트웨어디지털헬스케어융합대학 방사선융합공학과 |     |     |              |

〈표 1〉 교육연구팀장 최근 3년간 논문실적

| 연 번 | 저자 | 논문제목/저서제목/<br>book chapter/<br>설계작품명  | 저널명/학술대회<br>명/출판사/행사명                        | 권(호),<br>페이지/ISSN/ISBN<br>(pp. ** - **) | 게재·출<br>판·행사<br>연도 | DOI 번호<br>(해당 시)                  |
|-----|----|---|--|---|--------------------|-----------------------------------|
| 1   |    | Monte Carlo methods for device simulations in radiation therapy   | Physics in Medicine and Biology              | Article in Press                        | 2021-08            | 10.1088/1361-6560/ac1d1f          |
| 2   |    | Optimization of Target, Moderator, and Collimator in the Accelerator-based Boron Neutron Capture Therapy System: A Monte Carlo Study  | Nuclear Engineering and Technology           | 53(6), 1970-1978                        | 2021.06            | 10.1016/j.net.2020.12.006         |
| 3   |    | Evaluation of the dosimetric effect of scattered protons in clinical practice in passive scattering proton therapy                    | Journal of Applied Clinical Medical Physics  | 22(6), 104-118                          | 2021.06            | 10.1002/acm2.13284                |
| 4   |    | Development of de-noised image reconstruction technique using Convolutional AutoEncoder for fast monitoring of fuel assemblies        | Nuclear Engineering and Technology           | 53(3), 888-893                          | 2021.03            | 10.1016/j.net.2020.08.020         |
| 5   |    | Development of a radionuclide identification algorithm based on a convolutional neural network for radiation portal monitoring system | Radiation Physics and Chemistry              | 180, 109300                             | 2021.03            | 10.1016/j.radphyschem.2020.109300 |
| 6   |    | Evaluation of Source Identification Method Based on Energy-Weighting Level with Portal Monitoring System Using Plastic Scintillator   | Journal of Radiation Protection and Research | 45(3), 117-129                          | 2020-09            | 10.14407/jrpr.2020.45.3.117       |

|    |  |  |                                 |                  |         |                                     |
|----|--|--|---------------------------------|------------------|---------|-------------------------------------|
| 7  |  | Dynamic radionuclide identification using energy weighted algorithm with commercialized radiation portal monitor based on plastic scintillators                          | Radiation Physics and Chemistry | 170, 108645      | 2020-05 | 10.1016/j.radphyschem.2019.108645   |
| 8  |  | Development of integrated prompt gamma imaging and positron emission tomography system for in vivo 3-D dose verification: a Monte Carlo study                            | Physics in Medicine and Biology | 65(10), 105005   | 2020-05 | 10.1088/1361-6560/ab857c/meta       |
| 9  |  | Radioisotope identification using an energy-weighted algorithm with a proof-of-principle radiation portal monitor based on plastic scintillators                         | Applied Radiation and Isotopes  | 156, 109010      | 2020-02 | 10.1016/j.apradiso.2019.109010      |
| 10 |  | Development of accurate dose evaluation technique of X-ray inspection for quality assurance of semiconductor with Monte Carlo simulation                                 | Applied Radiation and Isotopes  | 154(1), 108851   | 201912  | 10.1016/j.apradiso.2019.108851      |
| 11 |  | Monte Carlo simulation of a two-dimensional dynamic multileaf collimator to improve the plan quality in radiotherapy plan: A proof-of-concept study                      | Physics in Medicine and Biology | 64(24), 245009   | 201912  | 10.1088/1361-6560/ab57c4            |
| 12 |  | Feasibility Study for Radionuclide Identification using Multi-Array Plastic Scintillator and Energy Weighted Algorithm of Radiation Portal Monitors: A Monte Carlo Study | Journal of Instrumentation      | 14, P12015       | 2019-12 | 10.1088/1748-0221/14/12/P12015/meta |
| 13 |  | Evaluation of the annual effective dose due to the external irradiation induced by using NORM added consumer products  | Applied Radiation and Isotopes  | 154(1), 108860   | 201912  | 10.1016/j.apradiso.2019.108860      |
| 14 |  | Development of advanced skin dose evaluation technique using a tetrahedral-mesh phantom in external beam radiotherapy: a Monte Carlo simulation study                    | Physics in Medicine and Biology | 64(16), 165005   | 201905  | 10.1088/1361-6560/ab2ef5            |
| 15 |  | Determining the energy spectrum of clinical linear accelerator using an optimized photon beam transmission protocol  | Medical Physics                 | 46(7), 3285-3297 | 201905  | 10.1002/mp.13569                    |

|    |  |   |  |                |         |                                |
|----|--|---|--|----------------|---------|--------------------------------|
| 16 |  | Optimization of single-photon emission computed tomography system for fast verification of spent fuel assembly: a Monte Carlo study | Journal of Instrumentation                           | 14(07), T07002 | 201907  | 10.1088/1748-0221/14/07/T07002 |
| 17 |  | Development of a Geant4-based independent patient dose validation system with an elaborate multileaf collimator simulation model    | Journal of Applied Clinical Medical Physics          | 20(2), 94-106  | 2019-02 | 10.1002/acm2.12530             |
| 18 |  | Development of a new Geant4-DNA electron elastic scattering model for liquid-phase water using the ELSEPA code                      | Journal of Applied Physics                           | 124(22),224901 | 2018-12 | 10.1063/1.5047751              |
| 19 |  | Effective Dose Calculation Program (EDCP) for the usage of NORM-added consumer product  | Applied Radiation and Isotopes                       | 139, 1-6       | 2018-09 | 10.1016/j.apradiso.2018.03.023 |
| 20 |  | Development of a PMMA phantom as a practical alternative for quality control of gamma knife® dosimetry                              | Radiation Oncology                                   | 13,176-184     | 2018-09 | 10.1186/s13014-018-1117-8      |
| 21 |  | Independent dose validation system for Gamma Knife radiosurgery, using a DICOM-RT interface and Geant4                              | Physica Medica - European Journal of Medical Physics | 51, 117-124    | 2018-07 | 10.1016/j.ejmp.2018.06.008     |
| 22 |  | Geant4-DNA example applications for track structure simulations in liquid water: A report from the Geant4-DNA Project               | MEDICAL PHYSICS                                      | 45, 722-739    | 2018-06 | 10.1002/mp.13048               |
| 23 |  | Analysis of Dose Distribution According to the Initial Electron Beam of the Linear Accelerator: A Monte Carlo Study                 | 방사선방어학회지   | 43(1), 10-19   | 2018-03 | 10.14407/jrpr.2018.43.1.10     |

## (1) 사업팀장의 연구역량

- 교육연구팀장 민철희는 2011년 한양대학교 원자력공학 박사학위 취득 후 2011년부터 2013년까지 미국 하버드 의과대학 메사추세츠 종합병원(Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, MGH)에서 2년간 박사 후 연구원을 거쳐 2013년도부터 연세대학교 방사선학과/방사선융합공학과 교수로 재직 중이며, 다양한 국제학회 학술활동과 함께 정부 연구 과제를 수주하여 세계적 연구 경쟁력과 특성화 분야의 수월성을 확보해 왔음.
- 최근 3년간 SCI급 논문 23편(평균 7.7편/년)을 게재하였고, 2015년부터 2021년까지 대한방사선방어학회 및 한국의학물리학회에서 우수발표상을 13회 수상했으며, 2016년에는 대한방사선방어학회 젊은 연구자상을, 2017년에는 한국과학기술단체총연합회 과학기술우수논문상을 각기 수상하였음.
- 현재 한국방사선방어학회 편집이사, 세계방사선방어학회(International Radiation Protection and Association, IRPA) 추진위원으로 활동하고 있으며, 원자력안전위원회, 원자력안전재단, 원자력안전기술원 등에서 주관하는 회의에 외부 전문위원으로 참여하고 있음.
- 특히, 방사선계측 및 방사선방호 분야에 대한 전문성을 인정받아 2016-2018년에는 국제원자력기구(International Atomic Energy Agency, IAEA)의 Nuclear Security Series 1 수정본 작성을 위한 IAEA 회의에 참석하였으며, 동 기간에 미국의 Department of Energy, National Nuclear Security Administration 등의 초청을 받아 국제 심포지움 강연과 공항만감시기 테스트를 수행하였음.
- 2019년 MGH에서 방문교수로 근무한 이력을 바탕으로, 현재 “Yonsei-MGH Symposium for Particle Therapy” 를 추진 중에 있으며, 이를 통해 미래의료방사선 융합교육연구 분야의 국제적 수준의 연구 성과를 달성하는데 크게 기여할 수 있을 것으로 판단됨.

## (2) 사업팀장의 교육 및 행정역량

- 본 교육연구팀장은 현재 연세대학교(미래캠퍼스) 원주산학협력단 부단장 및 연구정책부처장을 맡아 연구과제 관리와 연구진흥사업 기획 및 추진 등을 담당하고 있음.
- 국제원자력기구와 세계보건기구(World Health Organization, WHO)의 국제표준 가이드라인에 맞춰 학과의 교육프로그램을 개선하였으며, 2019년 국제의학물리학회(International Organization for Medical Physics, IOMP)의 의학물리전문인 교육인증위원회(IOMP Accreditation Board)에서 인준하는 ‘국제의학물리전문인 교육기관’ 자격을 인정받는데 program director로 주도적 역할을 수행함.
- 본 “미래의료방사선 융합교육연구팀” 을 연세대학교(미래캠퍼스) 학문 특성화분야로 지정되도록 하여 장기적인 발전을 도모하고, 학교의 안정적인 행정과 재정 지원 등을 통해 BK21 사업 전용의 교육 및 연구 공간을 확보하고자 함.
- 교육연구팀의 효율적 운영을 위한 운영위원회, 교육혁신위원회, 산학연 협력위원회 등을 설치한 뒤 정기적인 회의와 워크숍을 개최하여 사업추진 상황을 지속적으로 점검하고자 함.

## 2. 대학원 학과(부) 소속 전체 교수 및 참여연구진

<표 2> 교육연구팀 대학원 학과(부) 전임 교수 현황

(단위: 명, %)

| 대학원 학과(부) | 학기      | 전체교수 수 | 참여교수 수 | 참여비율(%) | 비고 |
|-----------|---------|--------|--------|---------|----|
| 방사선융합공학과  | 20년 2학기 | 5명     | 5명     | 100     |    |
|           | 21년 1학기 | 6명     | 5명     | 83.33   |    |

<표 3> 교육연구팀 참여교수 목록 (2020.9.1.~2021.8.31.)

| 연번 | 성명<br>(한글/영문) | 직급  | 연구자<br>등록번호 | 세부전공분야  | 2020년 2학기 | 2021년 1학기 |
|----|---------------|-----|-------------|---------|-----------|-----------|
| 1  | 민철희           | 정교수 |             | 방사선의료학  | 참여        | 참여        |
| 2  | 안재준           | 부교수 |             | 정보통계시스템 | 미참여       | 참여 (신규)   |
| 3  | 이동훈           | 조교수 |             | 의학영상시스템 | 참여        | 미참여 (휴직)  |
| 4  | 정용현           | 정교수 |             | 방사선의료학  | 참여        | 참여        |
| 5  | 조효성           | 정교수 |             | 방사선의료학  | 참여        | 참여        |
| 6  | 한봉수           | 정교수 |             | 의학영상시스템 | 참여        | 참여        |

<표 4> 교육연구팀 대학원 학과(부) 대학원생 현황

(단위: 명, %)

| 대학원<br>학과(부)        | 참여 인력<br>구성 | 대학원생 수 |    |                 |    |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |
|---------------------|-------------|--------|----|-----------------|----|----|-----------------|---------|----|-----------------|----|----|-----------------|
|                     |             | 석사     |    |                 | 박사 |    |                 | 석·박사 통합 |    |                 | 계  |    |                 |
|                     |             | 전체     | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체 | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체      | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) | 전체 | 참여 | 참여<br>비율<br>(%) |
| 방사선융<br>합공학과        | 20년 2학기     | 0      | 0  | 0               | 2  | 0  | 0               | 17      | 13 | 76.47           | 19 | 13 | 68.42           |
|                     | 21년 1학기     | 7      | 0  | 0               | 2  | 0  | 0               | 18      | 16 | 88.89           | 27 | 16 | 59.26           |
| 참여교수 대 학기평균 참여학생 비율 |             |        |    | 263.63%         |    |    |                 |         |    |                 |    |    |                 |

□ 교육연구팀에서는 지난학기 대비 2021년도 1학기 신규 참여 대학원생 3명을 추가적으로 확보하였으며, 현재 다양한 교육 및 연구 활동에 참여하고 있음 (강인수 석박통합 7학기, 심지용 석박통합 3학기, 정운수 석박통합 1학기).

□ 본 교육연구팀은 신진연구인력 확보를 위해 다양한 매체를 활용하여 홍보활동을 진행하였음. 최근 3년간의 연구 업적, 연구비 수주실적 등을 자체적으로 평가하였으며, 2021년도 1학기에 이도완 박사후연구원을 신규 채용하였음.

## 2. 교육연구팀의 비전 및 목표 달성정도

### 2.1 교육연구팀의 비전 및 목표

#### □ 교육연구팀의 비전

- 창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조

#### □ 교육연구팀의 핵심가치 **“MIRAE (미래)”**

- **Medical Radiation Specialty**: 4차 산업혁명시대의 미래지식 창출을 위한 의료방사선분야 전문화
- **Internationalization**: 국제 공동·협력 교육·연구 기반 국제화 역량 강화
- **Research Innovation**: 미래가치를 선도할 혁신적 연구역량 확보
- **Academy-industry Cooperation**: 사회적 가치 창출 및 성장 기여를 위한 산학협력 강화
- **Education Enrichment**: 미래형 인재 양성을 위한 융·복합 교육 강화

- 연세대학교 대학원과 미래캠퍼스 혁신 비전에서 추구하는 융복합 교육·연구 혁신계획과 연계하여, 글로벌 연구역량을 갖춘 MIRAE형 인재를 양성하고, 이를 통해 첨단 의료방사선분야의 미래가치를 창조하는 세계적인 수준의 연구중심대학원으로 도약하고자 함.

#### □ 교육연구팀의 발전 목표

- 목표 1. 미래 지식 창출을 선도할 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재 양성
- 목표 2. 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성
- 목표 3. 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성

### 2.2 교육연구팀의 비전 및 목표 수립 프로세스

- 교육연구팀의 내·외부 환경과 우수대학 벤치마킹 등을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표를 위한 시사점 도출과 함께 구체적 방안을 수립함.

#### □ 외부환경 분석(PEST) 및 시사점

- 정책(Political), 경제·산업(Economic), 사회·문화(Social), 기술(Technological) 등 주요 영역별 트렌드와 변화의 요인을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.

| 정책(P) 분석   | 경제·산업(E) 분석   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정부의 혁신성장 8대 선도 사업에 고부가가치 창출이 가능한 ‘바이오헬스’ 추가 및 재정투자 확대</li> <li>· 바이오헬스산업 전주기 생태계 혁신을 위한 융·복합 연구 및 교육 프로그램 요구 확대</li> <li>· 4차 산업혁명 시대에 부합하는 융합교육 필요성 증가</li> <li>· 글로벌 핵심인재 양성 정책 강화</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· IoT 가전, 전기자동차, 바이오, 헬스 등 신산업 등장 및 확대</li> <li>· 강원도 특화분야에 스마트 헬스케어 지정</li> <li>· 원주시를 디지털 헬스케어 국가산업단지 후보지로 선정</li> </ul> |
| 시사점  | 시사점   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정부의 혁신성장 전략에 기여</li> <li>· 의료방사선 융·복합 연구 및 교육 프로그램 개발</li> <li>· 교육 프로그램 국제 인증을 통한 글로벌 핵심인재 양성</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 미래 의료방사선 신산업 성장에 대비한 융합교육 확대</li> <li>· 지역사회 성장을 위한 강원/원주 의료 산업과 연계·협력</li> <li>· 사회문제 해결형 전문인력 공급 기반 확보 필요</li> </ul>   |

| 사회·문화(S) 분석   |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 인구고령화 및 생활 습관 등의 변화로 인한 노인성질환 및 만성질환의 지속적 증가</li> <li>· 삶의 질 중시 트렌드 확산</li> <li>· 바이오 헬스 및 의료기기 산업 성장</li> <li>· COVID-19 팬데믹 상황에 따른 원격진료 관심 확대</li> </ul> |
| 시사점   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국민건강, 복지증진에 기여</li> <li>· 환자맞춤형 진단 및 치료효과 극대화를 위한 의료방사선 첨단 기술 연구</li> <li>· 사회문제 해결을 위한 다학제간 융합 교육 및 연구 프로그램 개발</li> </ul>                                 |

| 기술(T) 분석  |
|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 4차 산업혁명 시대 도래에 따른 신기술 및 신산업 등장</li> <li>· 기술간 융·복합 가속화</li> <li>· ICT 기술의 발전에 따른 융·복합 교육 요구 증가</li> </ul>                    |
| 시사점   |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 4차 산업혁명 기술 및 환경 변화 대응</li> <li>· ICT 기술과 의료방사선 기술간의 초연결 융합 체계 구축</li> <li>· 빅데이터 및 테라노스틱스 의학과 의료방사선 기술과의 융합 연구 추진</li> </ul> |

〈외부환경 분석 및 시사점 요약〉

- 이러한 외부환경분석(PEST)을 기반으로 본 교육연구팀은 ICT 기반 의료방사선 분야의 융복합 교육·연구를 통해 미래 신(新)산업과 사회가 요구하는 ‘문제해결형 융합인재 양성’이라는 목표를 수립함.

□ 교육연구팀의 내부환경 분석(SWOT) 및 시사점

- 강원지역에 소재한 연세대학교 미래캠퍼스 일반대학원 방사선융합공학과와의 대내적 역량 강화 요인을 분석하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.

〈내부환경 분석 및 시사점 요약〉

| SWOT   | 내부(학과/학교) S   | 내부(학과/학교) W  |
|--|---|--|
| Strength<br>Weakness<br>Opportunity<br>Threat  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 국제 의학물리전문인 교육기관 인증</li> <li>· 의료방사선 분야에 특화된 교수진</li> <li>· BK21플러스 사업의 성공적 수행</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 병원 및 산업체 연계 실습교육 부족</li> <li>· 대학원생 진학을 감소</li> <li>· 국제협력 교육 부재</li> </ul> |
| 외부(지역 사회) O  | 시사점   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역의 의료 기반 발전계획 수립</li> <li>· 고령화 시대에 따른 헬스케어 분야 성장</li> <li>· 새로운 기술 출현과 기술간 융복합 활성화</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 의료방사선 분야 특성화 추진</li> <li>· 사회문제 해결 기반의 지역산업 연계 교육 및 연구 강화</li> <li>· ICT 융합 및 다학제간 융합을 통한 교육 및 연구 강화</li> <li>· 국제학술활동 지원 확대</li> <li>· 국제협력 교육 및 연구 강화</li> <li>· 병원 연계 교육 및 연구 강화</li> <li>· 장학금 확대</li> </ul> |  |
| 외부(지역 사회) T  |   |  |
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 강원지역 의료방사선 선도기업 부재</li> <li>· 학령 인구 감소</li> <li>· 인재의 수도권 대학 진학 집중</li> </ul>                     |   |  |

- 본 교육연구팀은 국내에서는 거의 유일하게 의료방사선 분야의 다양한 전문가들로 교수진이 구성되어 있으며, 성공적인 BK21플러스 사업 경험을 통해 의료방사선 분야의 전문가 양성을 위한 지속적인 교육·연구과정을 개발 및 운영해 왔음.

- 국제의학물리학회(IOMP) 자체교육기관인 국제이론물리센터를 제외하고, 2019년에 세계 최초로 의학물리전문인 교육인증위원회(IOMP Accreditation Board)의 ‘국제의학물리전문인 교육기관’ 자격을 인준 받음.



<IOMP 인준 국제의학물리전문인 교육기관 인증서 수여>

- 국제원자력기구(IAEA)와 세계보건기구(WHO)의 국제표준 가이드라인에 맞춰 엄격한 심사 기준을 바탕으로 진행된 IOMP 인준을 통해, 국제적 수준에 맞는 고도의 전문성을 갖춘 의료방사선 의학물리전문가를 양성할 수 있는 기틀을 확보하였으며, 특히 본 교육연구팀이 속한 학과에서 학위를 받는 졸업생들이 IAEA와 협력기관인 국제의학물리 자격인증위원회(International Medical Physics Certification Board, IMPCB)의 자격인증시험 응시자격을 자동으로 취득할 수 있도록 하였음.
- 본 교육연구팀의 교육프로그램은 2019년, 2021년에 IOMP의 기준안에 따라 개편하였으며, 운영의 내실화를 다지기 위해 특히 병원과 연계한 실험·실습 위주의 교과목 개발을 시도함.

## 2.3 교육연구팀의 비전 및 목표 대비 실적

### □ 학업과 연구몰입도 제고를 위한 학생중심 교육·연구 환경 조성

- 2020년 12월 연세대학교 미래캠퍼스 내 대학간연구기구인 방사선융합연구소를 설립하였음.  
교육연구팀 내 참여연구진뿐만 아니라 국내외 방사선융합기술 분야 전문가들과 활발한 교류를 통해 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재 양성을 최종 목표로 설정하였음.
- 참여대학원생의 연구 활동 촉진 및 안정적 지원을 위해 1인당 평균 2020년도 2학기 1,227.2 천원, 2021년도 1학기 1,406.5 천원의 장학금을 지급하였으며, 현재에도 우수한 참여대학원생의 확보 및 장학금 지원의 확대를 추진하고 있음.
- 2020년 11월 대학원생 전용 교육·연구 환경개선을 위해 전용 공간 [약 32.73 m<sup>2</sup> (약 9.9 평)]을 확보하였으며, 대학원생의 수월한 교육·연구 활동에 필요한 파티션, 책상, 의자, 책장, 서랍장 등을 지원하여 제공함.
- 신진연구인력의 연구환경 개선을 위해 최소 3년 이상의 다년계약을 통한 안정적 연구환경을 제공함.
- 신진연구인력 채용일을 기준으로 정기 유급휴가를 지원함(1년초과 근무자: 연간 80%초과 근무시 10일의 연차휴가, 1년미만 근무자: 연간 80%미만 근무시 1일/1개월의 연차휴가; 휴가신청: 교육연구팀장의 허가 필요).
- 신진연구인력의 경력에 따라 지정된 급여를 기반으로 지출되는 4대보험의 기관부담금 및 퇴직금은

법적 규정에 따라 지급함.

□ 학생의 미래성공을 위한 맞춤형 교육체제 개선

- 현재 본 교육연구팀은 “창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조” 라는 비전 구현을 위해 학습자의 요구를 반영하고, 시대적·사회적 적합성을 갖춘 질 높은 교육과정을 편성하여 충실하게 운영함.

| 연구목표               | 다학제간 융·복합 | 연구 핵심내용  |
|--------------------|-----------|--|
| ICT융합<br>방사선<br>기술 |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 인공지능 및 빅데이터 기반의 의료영상 재구성 및 영상진단 및 치료기술</li> </ul>   |
| 첨단<br>방사선<br>신기술   |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 진단·치료시 방사선 피폭 최소화를 위한 개인맞춤형 초정밀 방사선 진단 및 치료 시스템 핵심기술</li> <li>■ 기능적/해부학적 융·복합 의료방사선 영상 시스템을 이용한 분자영상학적 진단 바이오마커 및 정밀표적치료마커 기반의 진단 및 치료기술</li> </ul> |
| 방사선<br>의학<br>실용화   |           | <ul style="list-style-type: none"> <li>■ 방사선융합공학 기술의 기초연구 및 전임상 - 임상연구 연계를 통한 방사선의학 실용화기술</li> </ul>   |

- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 최근 1년간 총 4편의 국제 SCI(E) 논문 성과를 달성 (게재 완료 2편, accepted 2편) 하였으며, 2020 impact factor (2020 IF) 총 합은 13.153 이며, 논문 1편당 평균 IF는 3.288를 달성하였음.
  - 환산 보정 IF의 합은 2.265 이며, 논문 1편당 환산 보정 IF는 0.5663, 환산 보정 ES의 합은 1.71016, 논문 1편당 환산 보정 ES는 0.42754의 성과를 달성하였으며, 참여대학원생 1인당 논문환산편수는 0.11, 환산보정 IF 합은 0.1562, 환산보정 ES는 0.11794를 달성하였음.
  - 논문이 게재된 저널의 경우 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 잘 나타내주는 결과라고 판단되지만, 체계적이고 지속적인 융복합 교육·연구를 통해 참여대학원생 1인당 논문환산편수를 향상시키려는 노력이 필요하다고 판단됨.
  - 본 교육연구팀의 참여대학원생은 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.
- 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 총 15편의 논문을 게재하였으며, 이중 국제 SCI(E) 논문 13편, 국제 SCOPUS 1편, 국내 학진등재지 (KCD) 1편으로 참여교수 1인당 평균 2.5편의 논문 성과를 달성함.
  - 국제 SCI(E) 논문의 경우 총 13편의 성과를 달성하였으며, 2020 impact factor (2020 IF) 총 합은 51.049 이며, 1편당 평균 IF는 3.927, 참여교수 1인당 평균 IF는 8.508을 달성하였음.
  - 본 교육연구팀의 최근 1년간 참여교수의 우수논문 게재 실적은 당초 계획서 상의 지난 5년간의 연평균 논문실적과 비교분석 하였음.

- 정량적인 논문 편수로 비교했을 때 총 논문 편수, 환산 편수의 합, 1인당 환산편수의 수치는 지난 5년간의 연평균 수치 대비 감소하였지만, 저널의 우수성을 평가하는 지표 중 하나인 환산보정 IF의 합은 43.4% 증가, 논문 1편당 환산보정 IF는 253% 증가, 참여교수 1인당 환산보정 IF 합은 43.5% 증가한 결과를 보였음. 또한 논문 1편당 환산보정 ES 수치는 149% 증가한 결과를 보였음.
- 비교·분석 결과 본 교육연구팀의 우수논문 게재 실적은 단순히 정량적인 논문 편수를 증가시키는데 주력하기 보다는 저널의 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 달성하는데 최선의 노력을 다하고 있다는 것을 보여주는 결과임.
- 또한 본 교육연구팀에서는 논문 편수 중심의 연구실적 보다는 저널의 우수성 및 연구적 가치, 세계적인 연구결과의 도출을 기반으로 한 질적 향상을 지속적으로 강조하고 있으며, 본 교육기관 및 교육연구팀의 지향 목표를 달성하기 위해 최선의 노력을 다하고 있음.
- 이러한 교육연구팀의 목표는 한국연구재단의 BK21 사업 초기부터 현재, 그리고 미래의 차세대 인재양성 사업목적에 부합한다고 판단되며, 본 교육연구팀에서는 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.
- 본 교육연구팀의 참여교수 및 참여대학원생의 최근 1년간 국내·외 특허 총 11건(국내 출원: 4건, 국내 등록: 6건 / 국제 출원: 1건), 기술이전 4건의 성과를 달성하였음.
- 전세계적인 COVID-19 사태에 대응하여 온라인 매체를 활용한 비대면 수업방식 및 시스템을 확보하였으며, Flipped Learning, Problem/Project-Based Learning, Action/Team-based Learning 기반의 교수법을 시행함.
- 개설된 교과과정의 충실성을 객관적으로 평가하기 위해 매 학기 다문항의 강의평가를 실시하고 있으며, 이를 통해 수업내용, 강의수준, 만족도 등을 정량적으로 평가하고 미흡한 부분을 지속적으로 보완함.
- 학습자의 수요조사, 임상기관 및 산업체의 의견조사 결과를 바탕으로 교과과정 및 교과내용 개선 시 사회수요 및 최신 연구동향을 반영하여 교육과정의 질적 관리(교육과정 개편)를 시행함.
- 교육혁신위원회의를 개최하여, 체계적인 의료방사선 특화 인재양성을 위해 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 교과과정의 커리큘럼을 새롭게 개편하였음.
- 새롭게 개편된 교과목(의학물리 선택 8과목, 필수 15과목, 실습 2과목) 구성 및 신규 개설 3과목 (고급방사선량평가, 표준방사선량측정, 선형가속기 QA)은 IOMP 인준 기준 및 CAMPEP 인증 대학원 교육과정의 벤치마킹을 기반으로 구성되어 있음.
- 신규 선택 1개 교과목은 학과 내 신입교수, 실습 2개 교과목은 국내 임상 의료기관 및 연구기관에 재직 중인 전문인력을 통해 2022년부터 교육을 시행 할 예정임.
- 새로운 교육프로그램을 통해 세계적 수준의 교육을 제공하고, 이를 바탕으로 한 우수한 연구 성과는 다시 교과목 교육에 반영하여 지속적으로 교육의 질을 향상시키는 교육-연구 선순환 구조를 구축하여 운영 중에 있음.

- 본 교육연구팀은 다양한 의료방사선 전공분야의 지식 및 강의 수월성을 보유한 교수들로 구성되어 있으며, 각 교수당 학기별 1과목, 2년간 총 4과목을 담당하게 하여 수업 준비 시간을 충분히 확보함으로써 교육의 질을 높임.
- 창의적·도전적 MIRAE형 인재 양성 및 우수 인력을 배출하기 위해 학위 취득 요건을 강화하였음.
  - 박사과정 학생은 학위 중 주저자로 SCI급 국제학술지에 논문게재 2편을 의무화 함.
  - 석사과정 학생은 학위 중 주저자로 국내 우수학술지에 논문게재 1편을 의무화 함.
  - 매년 1회 이상 국내외 학술대회에 참가 및 연구결과 발표를 의무화 함.
  - 석사 및 박사학위 논문은 100% 영문으로 작성을 의무화 함.
  - 전공교과과정은 방사선공학트랙과 의학물리트랙으로 나누어 편성하였으며, 공통필수과정 + 세부 전공과정 + 실무교육 + 연구 + 학생참여 과정을 통해 체계화된 교육 프로그램을 운영 중에 있음.
  - 학위조건과 관련된 내용을 학과 내규에 반영하여 2021년 신입생부터 적용하였음.
  - 실무형 인재 양성을 위하여 차세대 의료방사선 분야에서 요구되는 ‘학생 참여주도 핵심실협 교육’ 을 운영 중에 있으며 과목 이수를 졸업 요건으로 강화하여 시행하고 있음.

#### □ 사회와 산업문제 해결을 위한 산학협력 교육·연구 지원

- 본 교육연구팀은 최근 1년간 총 2,618,450 천원의 연구과제 수주 계약 성과를 달성하였으며 (산업체 연구비 4건: 429,000 천원, 정부 연구비 19건: 2,077,450 천원, 기타(교내) 연구비 2건: 112,000 천원), 참여교수 1인당 평균 연구비 수주 계약액은 436,408.33 천원의 성과를 달성하였음.
- 연구과제 수주 계약 성과는 지난 3년간(2017-2019) 연평균 연구비 수주 계약금액과 비교했을 때, 정부 과제 계약액은 51.39%, 산업체 과제 계약액은 74.33%, 총 연구비 수주 계약액 및 참여교수 1인당 평균 연구비 계약액은 각각 61.80% 증가하여 우수한 실적을 달성하였다고 판단됨.
- 소속기관의 교내 연구비 112,000 천원을 확보하였으며, 이는 본 교육연구팀 참여교수의 우수한 연구역량을 뒷받침하는 대표적 성과 중 하나로 판단됨. 또한 향후에도 다양한 정부·산업체 연구를 주도적으로 수행 하고, 참여대학원생의 교육·연구를 통해 창의적·도전적 인재를 양성할 수 있는 기틀을 마련하였음.
- 더 나아가 본 교육연구팀의 우수한 교육·연구역량을 바탕으로 과학기술·산업·사회 문제를 해결하는데 최상의 기여를 할 것으로 예상됨.
- 현재 임상 및 산업체에서 사용되고 있는 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측 장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용하고 있음.
- 본 교육연구팀은 첨단 의료방사선 특화 인재양성과 더불어 산학협력 친화 연구사업을 단계적으로 확대하며 현장맞춤형 인재양성의 비전을 실현하고자 최근 1년간 다양한 산학협력 연구과제 진행 및 기술이전 추진, 특허등록/출원 등 활발한 교류를 진행하였음.
- 본 교육연구팀의 참여교수 및 참여대학원생의 최근 1년간 국내·외 특허 11건(국내 출원: 4건, 국내 등록: 6건 / 국제 출원: 1건), 기술이전 실적 4건[(주)네오시스코리아 3건(정액기술료: 50,000 천원), (주)신룡 1건(정액기술료: 33,000 천원)] 간의 기술이전 실적을 달성하였음.

- 본 교육연구팀은 현재에도 지속적으로 산업체[(주)한국수력원자력, (주)바텍, (주)신룡, (주)우리엔, (주)네오시스코리아]와의 산학협력 공동연구를 수행 중에 있으며, 최첨단 의료방사선 관련 기술개발을 통한 애로기술 해결, 현장 실무능력을 갖춘 교육연구팀의 인재양성, 기술이전을 통한 제품화 및 사업화 연계로 산업체의 기술 경쟁력 강화에 기여하기 위해 노력하고 있음.
- 차세대 방사선융합기술 기반의 의료 및 산업 안전 분야 연구개발에 관한 주제로 미래의료방사선 융합교육연구워크숍을 3회 개최하였으며, 본 교육연구팀 소속 참여연구진 뿐만 아니라 국내외 관련 분야 전문가들이 참여하였음(발표자 포함 평균 30여명 이상 참여).
- 학생들의 주도적인 참여를 통해 학술 발표를 진행하고 있으며, 참여교수, 국내외 우수 연구자 및 산학연 네트워크 전문가들과의 토론을 통해 활발한 연구 교류를 지원하고 있음.
- 첨단 의료분야의 국내외 전문가를 초빙하여 강연을 시행하였으며, 참여연구진과의 연구결과 및 미래 연구방향에 대해서 토의를 진행하였음.

<표 5> 교육연구팀의 산·학·연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화

| 개최년월                          | 행사명                | 교류대상   | 해외석학초청 | 연구교류 |
|-------------------------------|--------------------|--|--------|------|
| 2021.01.28                    | 해외석학 초청강연          | Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, USA: 유도현 박사   | ●      | ●    |
| 2021.02.04                    | 미래의료방사선 융합교육연구 워크숍 | National Cancer Institute, USA: 염연수 박사<br>네오시스: 신중기 팀장, 아라레연구소: 이학재 대표<br>한국표준과학연구소: 김인중 박사<br>연세대학교 방사선융합공학과: 참여교수/참여대학원생 | ●      | ●    |
| 2021.03.24                    | 국내전문가 초빙 강연        | 서울대학교 병원: 김정인 교수   |        | ●    |
| 2021.04.30<br>-<br>2021.05.01 | 방사선융합연구소 워크숍       | 미래의료방사선 융합교육연구팀  |        | ●    |
| 2021.06.02                    | 국내전문가 초빙 강연        | 연세대학교 의과대학: 김진성 교수   |        | ●    |
| 2021.07.12<br>-<br>2021.07.13 | 2021 방사선융합교육연구 워크숍 | 연세대학교 민철희 교수, 경희대학교: 김광표 교수<br>전북대학교: 서희 교수, 서울대학교: 김기현 교수<br>대구가톨릭대학교: 김용민 교수   |        | ●    |
| 2021.07.22                    | 국내전문가 초빙 강연        | 가톨릭대학교 의과대학: 성원모 교수  |        | ●    |

□ 세계적 연구 성과 창출을 위한 국제협력 교육·연구 지원

- 참여 대학원생의 세계적 수준의 연구 능력함양 및 국제적 의사소통 능력을 향상 위한 교육을

강화하였음.

- 참여대학원생의 국제적 연구 활동 및 국외 연구기관과의 활발한 연구교류를 위해 영어논문 작성관련 프로그램 등에 참여할 수 있도록 행정적 지원을 하였음.
  - 대학원생들의 영어논문 작성 및 발표를 활성화하였으며, 관련된 공통교과목 이수를 장려하여 개인별 연구의 질적 향상 및 국제적 의사소통 능력을 향상시킴.
  - 해외 대학과의 공동학위제도(프랑스 / University of Bordeaux) 및 교환학생(COVID-19 사태로 계획 연기) 제도, 해외 대학과의 학점교류 등을 지속적으로 확대 추진하고 있음.
- 본 교육연구팀의 목표 중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력을 배양하기 위해 참여대학원생의 국내·외 워크숍, 학술대회, 교육 프로그램 등의 참여를 적극 지원함.

<표 6> 참여대학원생의 국내·외 학술행사, 교육 프로그램 참가 지원 실적

| 일자   | 행사명   | 주관   | 참여대학원생 / 지도교수 (지원금액)                       |
|--|---|--|--|
| 2021.01.20<br>2021.01.27                                     | 영어로 논문쓰기<br>'읽기와 쓰기 통합전략을<br>중심으로'                      | 연세대학교 학술정보원  | 참여 대학원생 /<br>민철희, 안재준, 정용현,<br>조효성, 한봉수    |
| 2021.05.15 -<br>2021.05.20                                   | 2021 ISMRM & SMRT Annual<br>Meeting & Exhibition        | International Society<br>for Magnetic Resonance<br>in Medicine | 연제형 / 한봉수<br>(\$1,050)                     |
| 2021.06.22 -<br>2021.09.14                                   | 서울대학교 원자력정책센터와<br>함께하는 (사) 아침의 3기<br>에너지 학교             | (사) 아침,<br>서울대학교<br>원자력정책센터                                    | 백민규 / 정용현<br>(100,000 원)                   |
| 2021.06.30 -<br>2021.07.02                                   | 대한전자공학회 2021년도<br>하계종합학술대회                              | 대한전자공학회  | 연제형 / 한봉수<br>(990,700 원)                   |
| 2021.07.25 -<br>2021.07.29                                   | AAPM 2021 63rd Annual<br>Meeting & Exhibition           | American Association of<br>Physicists in Medicine              | 박효준, 천보위 / 민철희<br>(\$1,000)                |
| 2021.07.27 -<br>2021.07.30                                   | 기존 방사선장 및 전리함을<br>활용한 방사선 정밀측정<br>교육(기본과정)              | 한국방사선진흥협회,<br>한국원자력협력재단  | 이성연, 정윤수 / 정용현<br>심지용 / 조효성<br>(516,600 원) |
| 2021.08.09. -<br>2021.08.13.<br>2021.08.16. -<br>2021.08.20. | 이공계 대학원생을 위한<br>영어논문 작성법                                | 연세대학교 IR센터   | 참여 대학원생 /<br>민철희, 안재준, 정용현,<br>조효성, 한봉수    |
| 2021.10.06 -<br>2021.10.09                                   | World Molecular Imaging<br>Congress (WMIC) virtual 2021 | World Molecular<br>Imaging Society                             | 연제형, 윤창수 / 한봉수<br>(\$1,340)                |

- 참여대학원생의 국내외 학술대회 발표 실적은 23건(국제 8편, 국내 15편), 1인당 평균 1.6 편을 발표하였으며, 4건의 학술발표 수상 실적 (국제 2건, 국내 2건)을 달성하였음.
- 본 교육연구팀은 국제화 목표 중 하나인 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성하기 위해 최근 1년간 미국 Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston University School of Medicine, UT Southwestern Medical Center 등 국외 우수연구기관 및 연구진과의 국제학술 교류, 공동연구를 수행 중에 있음.
- 해외 우수대학 연구진과의 공동연구를 통해 2건의 국제 학술대회 논문 발표와 1편의 SCI(E) 논문 게재 성과를 달성하였음. 또한 현재에도 지속적으로 국제공동연구를 협의·진행 중에 있으며, 2021년 9월 이후에도 다양한 우수성과를 창출할 수 있을 것으로 예상됨.
- 최근 1년간 참여교수 1인 평균 1.8 회 이상 국제학술활동에 참가하였으며, 학술대회의 추진위원 및 편집위원, 운영위원, 초청 강연 등의 활동을 수행하였으며, 전문분야의 국제 SCI(E) 저널의 편집위원에 참여 하는 등 교육·연구 역량의 국제화를 위해 최선의 노력을 다하고 있음.

#### □ 연구 수월성 증진을 위한 생애 전주기 맞춤형 연구자 지원

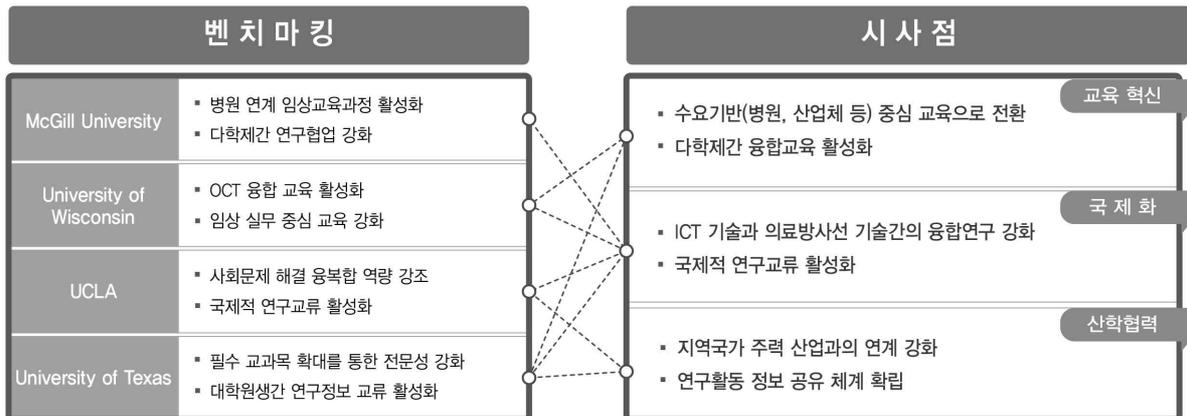
- 본 교육연구팀의 우수 대학원생의 확보를 위해 다양한 홍보활동에도 노력을 기울임. 본 소속기관 및 학과 내 게시판뿐만 아니라 교육연구단 홈페이지, 소셜네트워크서비스, 행사 개최 시 홍보활동 등 다양한 매체를 활용하여 본 대학원의 우수성 홍보하였음.
- 우수한 학부생의 조기 유치 및 사전 대학원 체험을 위한 예비 대학원생 프로그램을 시행함.
- 우수한 대학원생 확보를 위해 대학원 입시정보, 장학금 제도, 연구 분야, 졸업 후 진로 등에 대한 설명회를 1년에 2회 이상 개최함(매 학기 개강 총회, 전 학년 대상).
- 매년 모든 학부생과 대학원생들을 대상으로 융합교육연구워크숍 및 학술제, 취업·진로 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 접할 수 있는 체험 행사를 마련함.
- 학부 3, 4학년을 대상으로 하는 캡스톤디자인 교과목 운영을 통해 학부생이 관심을 가지고 있는 대학원 연구실과 연계하여 연구 활동을 체험할 수 있는 기회를 제공함.
- 학부연구생의 대학원 인턴십 프로그램의 활성화 및 Open-Lab Day 운영을 통한 연구실 탐방 기회를 제공하여 세부 전공별 연구프로그램의 이해도를 향상시킴.
- 대학원 입학예정자의 오리엔테이션 정례화: 학사운영, 연구비 집행, 안전교육, 연구윤리 및 연구노트 작성 등의 교육을 제공함.
- 최근 1년간(2020.09.01-2021.08.31) 학기별 평균 참여대학원생 수는 14.5명이며, 2020년도 2학기 13명에서 2021년도 1학기 16명으로 3명을 추가 확보하였음. 향후 의료방사선 분야를 이끌어 나갈 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재를 양성하기 위해 참여대학원생의 지원을 지속적으로 확대하는 등 최선의 노력을 다하고 있음.

- 신진연구인력 교육 및 연구 지원 강화를 위해 전임교수(전임교원)와 우수 신진연구인력 간의 co-teaching을 통한 강의능력 향상 프로그램(Learning by Teaching)을 지원함. 단, 신진연구인력의 주당 강의 학점은 4단계 BK21 사업에서 권고하는 기준인 학기당 6학점 범위 이내에서 프로그램에 참여함.
- 산학협력단의 지원을 통해 연구기획 및 전문성 개발, 리더십 및 커뮤니케이션 기술, 연구과제 운영기술, 연구윤리 및 책임감 있는 연구수행 등에 대한 가이드라인을 제공하고 이를 교육함.
- 우수 논문 작성을 위한 전자도서관 사용, 학술정보검색 서비스 사용 등의 정보지원 인프라를 제공함.
- 신진연구인력 취업 지원 강화를 위해 채용-교육/연구-취업에 이르는 전주기적 관리지도 체제를 구축함. 또한 우수한 교육 및 연구기관으로의 취업을 제고하기 위한 다양한 취업워크숍, 연구 성과관리 워크숍 등의 참석을 장려함.

## 2.4 세계 우수대학과의 벤치마킹 분석

### □ 세계 우수대학 벤치마킹(CAMPEP) 및 시사점

- 세계 우수대학들에서 Commission on Accreditation of Medical Physics Education Programs (CAMPEP)의 인증을 받아 대학원 교육프로그램을 운영하고 있는 점에 주목하여, 우수대학을 벤치마킹하여 교육연구팀의 비전과 목표 수립을 위한 시사점을 도출함.
- 의료분야 글로벌 연구중심 대학 가운데 CAMPEP 인증 후 20년 이상 해당 프로그램을 운영하고 있는 대표적인 4개의 대학(McGill University, University of Wisconsin, University of California Los Angeles, The University of Texas MD Anderson Cancer Center)을 벤치마킹함.



<우수대학 벤치마킹 및 시사점 요약>

- 4개 벤치마킹 대학의 교육과정과 연구활동을 분석하여, 아래와 같은 시사점 도출하였음.
  - 이론중심의 교육을 탈피하여 병원 및 산업체와의 유기적인 연계를 바탕으로 한 실험·실습기반 실무교육 강화
  - ICT 연계교육 및 다학제간 융합교육을 통한 혁신적 연구역량 확보
  - 대학원생들의 능동적 연구 활동 증진 및 국제화 역량 강화
  - 지역·국가 주력 산업과 연계한 교육·연구 활성화를 통한 사회문제 해결 능력 고취

## 2.5 교육연구팀의 비전 및 목표 달성을 위한 애로 사항

- 전 세계적인 신종 COVID-19 사태의 범유행으로 인해 감염의 위험성이 지속적으로 증가하고 있으며, 본 교육연구팀은 국가적 안전 권고사항 및 방역수칙을 적극 준수하고, 참여연구진의 안전을 최우선으로 여기면서 교육·연구에 최선의 노력을 다하고 있음.
- 본 교육연구팀은 다양한 온라인 매체를 활용한 연구 활동(해외석학 초청강연, 워크숍, 세미나 등)을 적극 활용하여 지속적인 국제 연구협력 및 교류를 유지하고 있으며, 참여대학원생과 국내/외 전문가 간의 교육·연구 학습공동체를 형성하고, 교육연구팀의 비전과 목표를 달성하고자함.
- 이러한 여러 현실적 어려움에도 불구하고, 여러 제한적인 상황들로 인해 본 교육연구팀에서 계획·추진 중이었던 핵심 목표들은 다소 변경 되거나 연기될 수 있는 가능성을 고려하였음.

## □ 교육역량 대표 우수성과

## ① 참여교수 교육 프로그램 운영 실적의 우수성

## □ 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 교과과정 개편

- 본 교육연구팀의 참여교수진은 2021년 7월과 8월 두 차례 교육혁신위원회의를 개최하여 학과 내 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 교과과정을 새롭게 개편하였으며, 체계적인 의료방사선 특화 인재양성을 3개의 교과목을 신규 개설하였음.
- 새롭게 개편된 교육과정의 구성 및 신규 교과목은 대표 국제 교육프로그램인 IOMP 인준 기준 및 CAMPEP 인증 대학원 교육과정의 벤치마킹 결과를 체계적으로 비교·분석하여 구성되었음.
- 의학물리 필수 8과목: 의학물리학 과정을 이수하기 위한 필수과목으로서, 물리학의 원리를 의학적으로 적용하기 위한 기본지식을 제공함. 8개 과목을 필수로 이수해야 하며, 학부에서 유사과목을 이미 수강한 경우 최대 2개 과목 면제 가능함.
  - 고급방사선통계학, 치료방사선학특론 1, 고급방사선계측학 1, 방사선방호및 보건물리특론, 의료방사선 영상학특론, 몬테칼로전산모사, 고급방사선생물학, 방사선해부학및생리학특론
- 의학물리 선택 15과목: 최신 의학물리 관련 연구를 수행하기 위한 융합적 지식 습득을 목적으로 하며, 선택과목 중 3과목 이상 이수해야 함.
  - 고급자기공명영상학 1, 고급핵의학영상학, CT영상학특론, 방사선응용특론, 응용수치해석특론, 치료방사선학특론 2, 고급방사선계측학 2, 디지털영상처리및화질론, 입자치료물리학 1, 입자치료물리학 2, 의료영상시스템특론, 영상정보학특론, 의학영상재구성특론, 고급초음파영상학, 고급방사선량평가(신규)
- 의학물리 실습 2과목: 필수 1과목과 선택 중 1과목을 이수해야 하며, 각 과목은 최소 10시간이상 수강해야 함.
  - 표준방사선량측정(신규), 선형가속기 QA(신규)
- 신규 선택 1개 교과목은 학과 신입교수, 실습 2개 교과목은 국내 임상 의료기관 및 연구기관에 재직 중인 전문인력을 활용하여 2022년부터 교육을 시행 할 예정임.
- 본 교육연구팀은 차별화된 교육 프로그램 구성을 통해 세계적 수준의 교육을 제공하고, 이를 기반으로 우수한 연구 성과는 다시 교과목 교육에 반영하여 지속적으로 교육의 질을 향상시키는 교육-연구 선순환 구조를 구축하여 운영 중에 있음.
- 새롭게 개편된 교과과정은 본 교육연구팀의 비전 및 목표에 부합하고, 과학기술 분야뿐만 아니라 산업·사회 전반에 걸친 다양한 문제들을 해결하는데 기여할 수 있는 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재를 양성하는데 기여할 수 있을 것으로 기대됨.

## ② 참여대학원생 연구실적의 우수성

### □ 국제 SCI(E) 논문 게재 실적

- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 최근 1년간 총 4편의 국제 SCI(E) 논문 성과를 달성 (게재 완료 2편, accepted 2편) 하였으며, 2020 impact factor (2020 IF) 총 합은 13.153 이며, 논문 1편당 평균 IF는 3.288를 달성하였음.
- 환산 보정 IF의 합은 2.265 이며, 논문 1편당 환산 보정 IF는 0.5663, 환산 보정 ES의 합은 1.71016, 논문 1편당 환산 보정 ES는 0.42754의 성과를 달성하였으며, 참여대학원생 1인당 논문환산편수는 0.11, 환산보정 IF 합은 0.1562, 환산보정 ES는 0.11794를 달성하였음.
- 논문이 게재된 저널의 경우 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 잘 나타내주는 결과라고 판단되지만, 체계적이고 지속적인 융복합 교육·연구를 통해 참여 대학원생 1인당 논문환산편수를 향상시키려는 노력이 필요하다고 판단됨.
- 게재 저널의 우수성은 저널 카테고리 랭킹 상위 15% 이내 2편, 7.5% 이내 1편, 20% 이하 1편으로 교육연구팀 전문 학술분야의 저널에 게재/채택 완료되었음.
- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.

- 1) **주저자 석박통합과정 이민재**, Sparse-view CT reconstruction based on multi-level wavelet convolution neural network. Physica Medica-European Journal of Medical Physics (SCI(E), 2020 IF: 2.685, Q3-JIF rank 74/134): 저선량 및 고품질의 영상 획득을 위해 영상재구성 기술과 딥러닝 모델 기반의 인공지능 기술을 융합하여 환자맞춤형 정밀의료 진단을 위한 최신의 영상재구성 기술을 제안한 연구이며, 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 정밀의료 진단을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 판단됨.
- 2) **주저자 석박통합과정 이민재**, Ultra-Low-Dose Spectral CT based on a multi-level wavelet convolutional neural network. Journal of Digital imaging (SCI(E), 2020 IF: 4.056, Q1-JIF rank 24/186): CNN으로 개발된 U-net 구조와 wavelet transform을 기반으로 한 딥러닝 모델이 사용되었고, 기존 CT 장비 대비 선량을 감소시키기 위해 sparse sampling 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 고품질의 영상이 구현 가능함을 증명하였음. 본 연구를 통해 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 정밀의료 진단을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 예상됨.
- 3) **주저자 석박통합과정 이동연**, Improvement of megavoltage computed tomography image quality for adaptive helical tomotherapy using cycleGAN-based image synthesis with small datasets. Medical Physics (SCI(E), 2020 IF: 4.071, Q1-JIF rank 27/186): 2021년 6월 저널에 채택된 논문으로 기존 전립선 환자의 토모테라피 수행 시, 환자의 정확한 위치 조정을 위해 MVCT를 촬영함. 본 연구에서 제안하는 방법은 획득한 MVCT에 딥러닝 기반 영상화질 향상 알고리즘을 적용하여 kVCT와 유사한 화질의 영상을 생성하는 기술을 개발하였음. 이를 통해 향상된 방사선 치료의 품질로 인해 환자의 치료 효과와 치료 계획 효율성을 최적화시킴으로써 적응형 방사선 치료 기술 수준 증진을 통해 국민 건강 공익 향상에 기여할 것으로 사료됨.

4) **주저자 석박통합과정 천보위, 참여저자 석박통합과정 박효준**, Optimization of Target, Moderator, and Collimator in the Accelerator-based Boron Neutron Capture Therapy System: A Monte Carlo Study. Nuclear Engineering and Technology (SCI(E), 2020 IF: 2.341, Q1-JIF rank 3/41): 최신 몬테칼로 전산모사 기술을 기반으로 한 중성자 방사선 치료 시스템의 구성 요소에 대한 최적화 연구로서, 효율적인 시스템 구조 최적화 방법에 대한 기술을 제안한 연구임. 이를 통해 몬테칼로 전산모사 기반의 시스템 최적화를 통해 보다 효율적인 중성자 생성 및 전달이 가능하여 중성자 방사선치료 시 효과적인 치료 행위가 가능하게 함.

**□ 국제·국내 학술대회 논문발표 실적**

- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 최근 1년간 아래와 같이 총 10곳의 국제·국내 학술대회에서 다양한 연구결과를 발표하였으며, 학기별 평균 참여대학원생 수 대비 1인 1.6편의 학술 발표를 진행하였음.
- 다양한 국제·국내 학술대회에서 학술관련 수상실적 4건을 달성하였으며, 이를 통해 연구결과의 우수성을 국내외적으로 인정받았음: 수상자 석박통합과정 이성연(2건), 윤창수(1건), 박효준(1건)
- 참여연구진이 참석한 국제·국내 학술대회는 차세대 융복합 의료방사선 기술 개발과 관련된 연구 주제로 개최되었으며, 국내외 여러 우수한 산·학·연 기관들이 참여하고 있음.

1) 2020 한국의학물리학회 추계학술대회

- 발표자 석박통합과정 박효준: Overview of Monte Carlo Studies for Treatment Device Modeling in Radiation Therapy, 포스터
- 발표자 석박통합과정 천보위: Evaluation of prompt gamma and positron emitter properties for in-vivo dose verification of carbon-ion therapy: A Monte Carlo study, 구연

2) 2020 ASMRM & 8th International Congress on MRI & 25th Annual Scientific Meeting of KSMRM

- 발표자 석박통합과정 연제형: Investigation of the effect of 1H-MRS experiment on mice, 포스터

3) 4<sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6<sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI)

- 발표자 석박통합과정 이성연: Design of a Hemispherical Detector for Large Area Radiation Monitoring: Monte Carlo study, 포스터
- 발표자 석박통합과정 백민규: Preliminary results of nuclear monitoring system based on multi-sensor network and artificial intelligence, 포스터
- 발표자 석박통합과정 박효준: Verification of the ESR-dose calibration curve for the Alanine/ESR dosimeter based on the Monte Carlo Method, 구연

4) 2020 대한방사선방어학회 추계학술대회

- 발표자 석박통합과정 이성연: 다방향 검출기를 이용한 3차원 방사선 감시 시스템 개발, 포스터
- 참여자 석박통합과정 백민규, 이성연: 플라스틱 섬광체를 활용한 뮤온 단층촬영 시스템 설계 및 최적화, 포스터
- 발표자 석박통합과정 박효준: Verification of the ESR-Dose Calibration Curve for the Alanine/ESR Dosimeter: A Monte Carlo Study, 구연
- 발표자 석박통합과정 천보위: Optimization of Prompt Gamma Imaging and Positron Emission Tomography System for In-vivo Dose Verification in Carbon-ion Therapy: A Monte Carlo Study, 구연

- **참여자 석박통합과정 백민규:** Proof-of-principle Experiment of Gamma Emission Tomography System for Spent Fuel Assembly Verification, 구연

5) 15<sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association (2021 IRPA15)

- **발표자 석박통합과정 천보위:** Development of TET2DICOM program for conversion of tetrahedral-mesh phantoms to clinical DICOM-RT dataset, 구연

6) 2021 대한방사선방어학회 춘계학술대회

- **참여자 석박통합과정 강인수, 백민규, 정윤수, 이성연:** 플라스틱 섬광체와 WLS fiber를 활용한 묶은 검출모듈 개발, 포스터

- **발표자 석박통합과정 정윤수:** 위치 추적 알고리즘을 적용한 반구형 방사성 물질 감시 시스템 개발, 포스터

- **발표자 석박통합과정 박효준:** Preliminary study for integrated C-arm CT/SPECT technique for patient dose verification in high dose rate brachytherapy, 구연

- **발표자 석박통합과정 박효준:** Evaluation of ESR-dose Response in Neutron Dosimetry for Environmental Qualification of the Nuclear Power Plant (NPP), 구연

7) International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM)

- **발표자 석박통합과정 윤창수:** Changes in Correlation Between Metabolites Due to Acute Stress in Mouse Hippocampus using Proton Magnetic Resonance Spectroscopy, 포스터

8) 22nd International Workshop on Radiation imaging Detectors

- **발표자 석박통합과정 이민재:** Synthetic dual-energy chest radiography with explicit structural constrained adversarial learning, 포스터

9) 대한전자공학회 2021년도 하계종합학술대회

- **발표자 석박통합과정 연제형:** The effect of Glutamate levels over time on acute stress study in hippocampus of mouse : Proton magnetic resonance spectroscopy study, 포스터

- **발표자 석박통합과정 이현우:** 위상차 엑스선 영상의 모아레 인공물 제거를 위한 회전각도 분석, 포스터

- **발표자 석박통합과정 전두희:** U-net 기반 그리드 라인 아티팩트 제거, 포스터

- **발표자 석박통합과정 김우성:** 저선량 CT의 노이즈 제거를 위한 NSCT 및 GAN 기반 하이브리드 딥러닝 프레임워크, 포스터

10) AAPM 2021 63rd Annual Meeting & Exhibition

- **발표자 석박통합과정 이동연:** Reconstruction of DRR-like kV-DR using cycleGAN-based image synthesis for intra- and extracranial SRT/SRS, 구연

#### □ 국제·국내 특허 출원/등록 실적

- 최근 1년간 본 교육연구팀의 참여대학원생이 공동발명자로 참여한 국내 특허 실적은 등록 4건, 출원 3건이며, 현재에도 학생 주도적 교육·연구 참여 프로그램을 통해 다양한 연구개발에 참여하고 있어 앞으로의 성과 달성이 기대됨.

1) 국내 특허 등록

- 윤창수, 한봉수: 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 장치 및 방법, 대한민국, 10-2158268
- 윤창수, 한봉수: 자기공명분광 기반 뇌 대사물질에 대한 시변함수를 이용한 뇌 대사물질 네트워크 생성 시스템 및 방법, 대한민국, 10-2170977
- 백민규, 민철희, 안재준, 정용현: 핵연료집합체의 방출단층 촬영장치, 대한민국, 10-2254651
- 천보위, 민철희: 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법, 대한민국, 10-2260156

2) 국내 특허 출원

- 백민규, 민철희, 안재준, 정용현: 사용후 핵연료집합체 내에서의 핵연료봉 결손검출장치 및 결손검출방법, 대한민국, 10-2020- 0174782
- 이민재, 조효성: 다중 레벨 웨이브렛 인공지능 기반 선량 저 감화를 위한 컴퓨터 단층영상 재구성 방법, 대한민국, 10-2021-0051285
- 백민규, 민철희, 안재준, 정용현: 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템, 대한민국, 10-2020-0169648

□ 산업체 기술이전 실적

- 조효성, 김우성: CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상재구성 플랫폼 개발, 첨단 산업기술 개발관련 노하우 기술이전 [(주)신룡, 정액기술료: 33,000 천원]

# 1. 교육·학사과정 구성 및 운영

## 1.1 교육과정 구성 및 운영 현황과 계획

### ① 교육과정 구성 및 운영 현황

- 연세대학교 일반대학원 방사선융합공학과는 의료방사선 특화 인재양성을 위한 지속적인 교육과정 개편을 해 왔으며, 2019년에 IOMP로부터 국제의학물리전문인 교육과정을 인준 받는 등 체계적인 교과목을 운영·개발 하고 있음.
- 현재 본 교육연구팀에서 시행하고 있는 국제의학물리전문인 교육과정은 IOMP에서 권고하고 있는 기초과학, 의학물리핵심, 의학물리일반, 의학물리실습 등의 4분야로 구성되어 있으며, 각 분야에 대한 상세내용은 다음과 같음.
  - 의학물리 기초과학 과목: 의학물리학을 이해하기 위해 필요한 기초과목(일반물리학, 일반생물학, 미분적분학 등)은 대학원 교과과정에 개설되지 않으며, 학부 이수과목으로 대체함.
  - 의학물리 필수 8과목: 의학물리학 과정을 이수하기 위한 필수과목으로서, 물리학의 원리를 의학적으로 적용하기 위한 기본지식을 제공함. 8개 과목을 필수로 이수해야 하며, 학부에서 유사과목을 이미 수강한 경우 최대 3개 과목 면제 가능함.
    - 의학물리특론, 치료방사선학특론 1, 치료방사선학특론 2, 고급방사선계측학 1, 보건물리특론, 의료방사선영상학특론, 고급방사선생물학, 방사선해부학및생리학 특론
  - 의학물리 필수 12과목: 최신 의학물리 관련 연구를 수행하기 위한 융합적 지식 습득을 목적으로 하며, 선택과목 중 3과목 이상 이수해야 함.
    - 고급자기공명영상학 1, 고급핵의학영상학, 고급방사선통계학, CT영상학특론, 방사선응용 특론, PACS의 원리와 응용, 응용수치해석특론, 방사선치료정도관리학, 고급초음파영상학, 모의실험공학특론, 고급방사선계측학 2, 고급디지털영상처리

<표 1-1> 최근 1년간 학과 내 전공 교과목 개설 및 운영 현황

| 학기            | 학정번호-분반    | 학점 | 교과목명         | 담당교수          |
|---------------|------------|----|--------------|---------------|
| 2020년도<br>2학기 | RAD6004-MM | 3  | 고급자기공명영상학1   | 한봉수           |
| 2020년도<br>2학기 | RAD7013-MM | 3  | 치료방사선학특론2    | 민철희           |
| 2020년도<br>2학기 | RAD8002-MM | 3  | 영상정보학특론      | 김희중<br>(퇴임교수) |
| 2020년도<br>2학기 | RAD8003-MM | 3  | 방사선방호및보건물리특론 | 문병룡<br>(외부교수) |
| 2020년도<br>2학기 | RAD8008-MM | 3  | 분자영상특론       | 이동훈           |
| 2021년도<br>1학기 | RAD6003-MM | 3  | 의료방사선영상학특론   | 김희중<br>(퇴임교수) |
| 2021년도<br>1학기 | RAD6007-MM | 3  | 고급방사선통계학     | 한봉수           |

|               |            |   |              |               |
|---------------|------------|---|--------------|---------------|
| 2021년도<br>1학기 | RAD7008-MM | 3 | 방사선해부학및생리학특론 | 이동훈           |
| 2021년도<br>1학기 | RAD7009-MM | 3 | 방사선응용특론      | 문병룡<br>(외부교수) |
| 2021년도<br>1학기 | RAD8019-MM | 3 | 입자치료물리학      | 민철희           |

## ② 교육과정의 장·단점

- 본 교육연구팀은 2019년 국제의학물리학회(IOMP)의 의학물리전문인 교육인증위원회(IOMP Accreditation Board)에서 인준하는 ‘국제의학물리전문인 교육기관’ 자격을 인정받았음.
- IOMP 교육기관 인준은 본 교과과정이 IAEA와 WHO의 국제표준 가이드라인에 맞춰 편성되었으며, 이는 본 교육연구팀이 국제적 수준에 맞는 고도의 전문성을 갖춘 의료방사선 전문가를 양성할 수 있는 세계적인 교육기관으로 인정받았음을 의미함.
- 본 교육연구팀인 방사선융합공학과는 국내에서는 독보적으로 의료방사선분야의 전문가들로 교수진이 구성되어 기초과목부터 응용과목에 이르는 다양한 범위의 특화된 의료방사선 교육과정을 제공하는 장점이 있음.
- 교과과정은 IOMP 기준안에 따라 운영되고 있으나, 4차산업 혁명시대에 대비한 ICT 융합 및 다학제간 융합 교과과정의 추가 개설 및 확대가 필요함.
- 대부분의 교과과정이 지식 전달에 기반한 최신 의료방사선 HW/SW 이론 교육에 치중되어 있어 실제 병원 현장에서 환자의 진료와 의사소통, 병원 조직 등에 대한 이해를 증진하기 위해서는 환자 진료 중심의 임상 환경에서의 임상실습 교육 강화가 필요함.
- 각 교수들의 국제협력 및 산학 협력 기반의 최신 의료방사선 기술 개발 등 활발한 연구 수행에도 불구하고 그 성과들이 교육과정으로 직접적으로 연계되지 못하고 있어 연구 - 교육 간의 선순환 구조 구축이 필요함.

## ③ 교육과정 운영 실적

### □ 혁신적 교수법 도입 실적

- 전세계적인 COVID-19 사태에 대비하여 온라인 맞춤형 Flipped Learning, Problem/Project-Based Learning, Action/ Team-based Learning 기반의 교수법을 시행 중에 있음.

### □ 산·학·연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화

- 2021년 7월과 8월 두 차례 교육혁신위원회의를 개최하여 학과 내 국제의학물리전문인 교육과정을 새롭게 개편하였으며, 3개 교과목을 신규 개설하였음.
- 새롭게 개편된 교과과정은 본 교육연구팀의 비전 및 목표에 부합하고, 과학기술 분야뿐만 아니라 산업·사회 전반에 걸친 다양한 문제들을 해결하는데 기여할 수 있는 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재를 양성하는데 초점을 두고 개발하였음.

- 이론과 실무를 겸비한 의료방사선 교육을 위하여 대학과 연계된 원주세브란스기독병원과의 유기적인 협력을 통해 의학물리학 교과과정의 기초 실험·실습 및 임상응용에 관한 과목을 확대 개설함.
- IOMP 인준을 유지하기 위해 CAMPEP 인증 대학원의 교육과정을 지속적으로 벤치마킹하여 교육과정 개선에 반영하고 있으며, IOMP에서 권고하고 있는 기초과학, 의학물리필수, 의학물리선택, 의학물리실습 등의 4분야로 새롭게 구성하였음.
- 의학물리 기초과학 과목: 의학물리학을 이해하기 위해 필요한 기초과목(일반물리학, 일반생물학, 미분적분학 등)은 대학원 교과과정에 개설되지 않으며, 학부 이수과목으로 대체함.
- 의학물리 필수 8과목: 의학물리학 과정을 이수하기 위한 필수과목으로서, 물리학의 원리를 의학적으로 적용하기 위한 기본지식을 제공함. 8개 과목을 필수로 이수해야 하며, 학부에서 유사과목을 이미 수강한 경우 최대 2개 과목 면제 가능함.
  - 고급방사선통계학, 치료방사선학특론 1, 고급방사선계측학 1, 방사선방호및 보건물리특론, 의료방사선 영상학특론, 몬테카를로전산모사, 고급방사선생물학, 방사선해부학및생리학특론
- 의학물리 선택 15과목: 최신 의학물리 관련 연구를 수행하기 위한 융합적 지식 습득을 목적으로 하며, 선택과목 중 3과목 이상 이수해야 함.
  - 고급자기공명영상학 1, 고급핵의학영상학, CT영상학특론, 방사선응용특론, 응용수치해석특론, 치료방사선학특론 2, 고급방사선계측학 2, 디지털영상처리및화질론, 입자치료물리학 1, 입자치료물리학 2, 의료영상시스템특론, 영상정보학특론, 의학영상재구성특론, 고급초음파영상학, 고급방사선량평가(신규)
- 의학물리 실습 2과목: 필수 1과목과 선택 중 1과목을 이수해야 하며, 각 과목은 최소 10시간이상 수강해야 함.
  - 표준방사선량측정(신규), 선형가속기 QA(신규)
- 현재 참여대학원생의 의학물리 교과목의 실무능력 함양 및 진로설정, 창의적·도전적 혁신인재 양성을 위해 고급방사선량평가(선택), 표준방사선량측정(실습), 선형가속기QA(실습) 총 3과목을 2021년 8월에 신규 개설하였음.
- 신규 선택 1과목은 학과 내 신입교수(염연수 교수), 실습 2개 과목은 국내 임상 의료기관 및 연구기관에 재직 중인 전문인력(최현준 박사, 원주세브란스기독병원, 방사선종양학과)을 통해 2022년부터 교육을 시행 할 예정임.

#### □ 교육과정 개선을 위한 선순환 체계구축

- P-D-C-A 환류 체계를 이용하여 교육과정 전반에 대한 정기적인 질 관리 및 성과평가를 실시하고, 그 결과를 차년도 교육과정 운영에 반영함으로써 학생 및 사회 수요에 기반을 둔 선순환 교육과정 개선 체계를 개선하고 있음.
- 연 1회 대학원생들 대상 교육과정 만족도 조사와 강의 평가를 실시함.
- 개설 교과목에 대한 Continuous Quality Improvement (CQI)를 실시함.

<표 1-2> 학과 내 전공 교과목 개편 및 신규 교과목 개설 실적

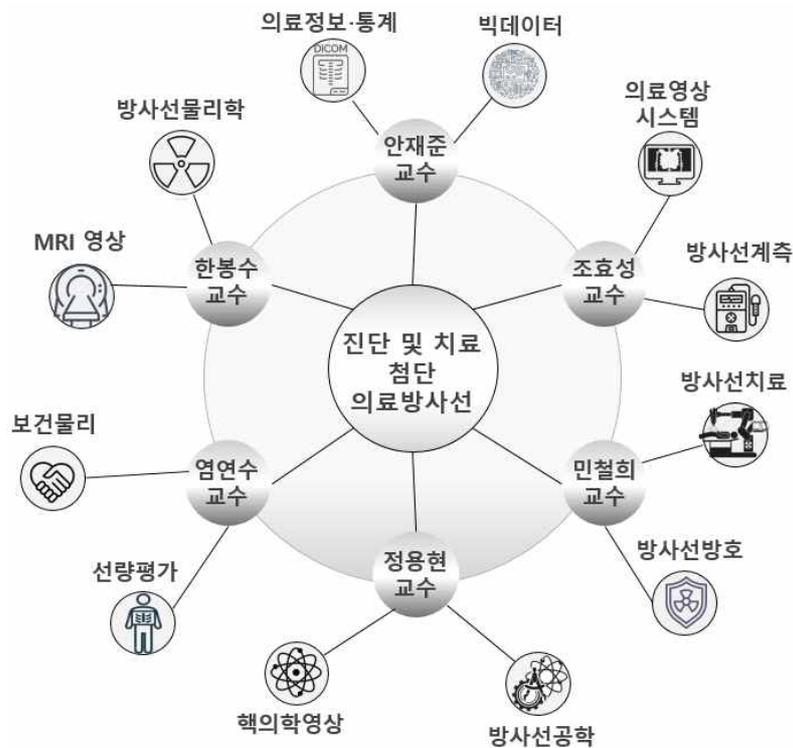
| 과 목              |             | 담당<br>교수    | 방사선공학트랙     |             |             | 의학물리트랙     |            |            |
|------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|
| 과목명              | 학정<br>번호    |             | 방사선<br>기기공학 | 방사선<br>생명공학 | 방사선<br>해석공학 | 의학물리<br>필수 | 의학물리<br>선택 | 의학물리<br>실습 |
| 치료방사선학특론1        | RAD<br>7004 | 민철희         | ○           |             |             | ○          |            |            |
| 치료방사선학특론2        | RAD<br>7013 | 민철희         |             | ○           |             |            | ○          |            |
| 입자치료물리학1         | RAD<br>8019 | 민철희         | ○           |             |             |            | ○          |            |
| 입자치료물리학2         | RAD<br>8020 | 민철희         |             | ○           |             |            | ○          |            |
| 고급방사선계측학1        | RAD<br>6006 | 정용현         | ○           |             |             | ○          |            |            |
| 고급방사선계측학2        | RAD<br>8016 | 정용현         | ○           |             |             |            | ○          |            |
| 고급핵의학영상학         | RAD<br>6005 | 정용현         |             | ○           |             |            | ○          |            |
| 방사선응용특론          | RAD<br>7009 | 정용현         | ○           |             |             |            | ○          |            |
| 고급자기공명영상<br>학 1  | RAD<br>6004 | 한봉수         | ○           |             |             |            | ○          |            |
| 고급자기공명영상<br>학 2  | RAD<br>8010 | 한봉수         |             | ○           |             |            | ○          |            |
| 의학영상재구성특<br>론    | RAD<br>8011 | 한봉수         |             |             | ○           |            | ○          |            |
| 고급방사선통계학         | RAD<br>6007 | 한봉수         |             |             | ○           | ○          |            |            |
| 몬테칼로전산모사         | RAD<br>7017 | 염연수<br>(신임) |             |             | ○           | ○          |            |            |
| 고급방사선량평가         | 신규          | 염연수<br>(신임) |             |             | ○           |            | ○          |            |
| 방사선방호및보건<br>물리특론 | RAD<br>8003 | 염연수<br>(신임) |             | ○           |             | ○          |            |            |
| 의료영상시스템특<br>론    | RAD<br>7002 | 조효성         | ○           |             |             |            | ○          |            |
| 의료방사선영상학<br>특론   | RAD<br>6003 | 조효성         |             | ○           |             | ○          |            |            |
| 디지털영상처리및<br>화질론  | RAD<br>8004 | 조효성         |             |             | ○           |            | ○          |            |
| 응용수치해석 특론        | RAD<br>7014 | 조효성         |             |             | ○           |            | ○          |            |

<표 1-3> 학과 내 전공 신규 교과목(실습) 개설 실적

| 과목명      | 담당교수   | 소속                 | 트랙        |
|----------|--------|--------------------|-----------|
| 표준방사선량측정 | 최현준 박사 | 원주세브란스기독병원 방사선종양학과 | 의학물리트랙 실습 |
| 선형가속기 QA |        |                    |           |

□ 본 교육연구팀은 다양한 의료방사선 전공분야의 지식 및 강의 수월성을 보유한 교수들로 구성되어 있으며, 각 교수당 학기별 1과목, 2년간 총 4과목을 담당하게 하여 수업 준비 시간을 충분히 확보함으로써 교육의 질을 높임.

□ 현재 임상에서 사용되고 있는 최신 의료방사선 HW/SW 활용 능력 강화를 위해 X선 일반촬영장치, Dual-energy X선 골밀도 측정 장치, Micro CT 장치, 방사선치료계획 SW, 방사선계측장치, PACS 시스템들을 교육기자재로 활용하고 있음.



<방사선융합공학과 교수진의 다양한 의료방사선 전공분야>

□ 개설된 교과과정의 충실성을 객관적으로 평가하기 위해 매 학기 다문항의 강의평가를 실시하고 있으며, 이를 통해 수업내용, 강의수준, 만족도 등을 정량적으로 평가하고 미흡한 부분을 지속적으로 보완함.

□ 학습자의 수요조사, 병원 및 산업체의 의견조사 결과를 바탕으로 교과과정 및 교과내용 개선 시 사회수요 및 최신 연구동향을 반영하여 교육과정의 질적 관리를 수행함.

#### ④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

##### □ MOOC (Massive Open Online Course) 기반의 혁신적 교수법 개발

- 교수자의 이론 주입식 수동적 학습 방식에서 벗어난 학생들의 능동적 학습이 가능한 혁신적 교수법을 도입하여 학습효과를 극대화 함.
- 기존의 이론 주입식 교과목들을 아래와 같은 혁신적 교수법을 적용한 교과목으로 점진적으로 개선하여 문제 해결형 인재를 양성함.

##### □ 산·학·연 연계 및 다학제간 융합 교육 강화

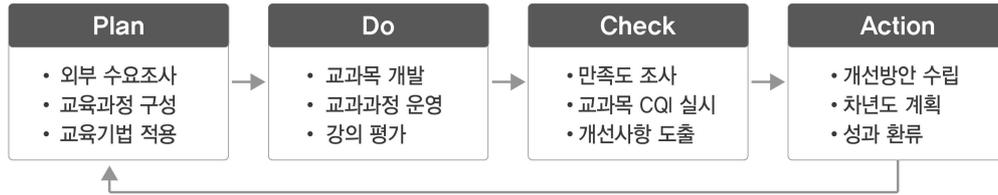
- 연구의 다양성 확보와 실무능력을 강화하기 위한 산·학·연 연계 교육 및 연구과정을 제공하여 학생들이 주도적으로 참여함으로써 수요에 최적화된 첨단 의료방사선 특화 인재 양성 기반을 확보함.
- 과학기술, 산업 및 사회 수요를 기반으로 한 다학제간 융합 교과목, 사회문제 해결형 교과목, 현장맞춤형 실습 교과목 개발함.
- 사회문제 해결형 교과(4단계 BK21 사업기간 중 2과목 이상 개설)
  - 노령화 사회, COVID-19 판데믹 등 의료방사선 분야와 관련된 사회문제를 주제로 한 문제해결형 프로젝트 진행 교과목을 개발함.
  - 원주혁신도시 공공기관 및 의료기기 산업체와의 연계 및 Lab-to-Market 플랫폼의 적극적인 활용을 통한 사회수요기반 맞춤형 교과목으로 확대 개설함.
- 다학제간 융합 교과(4단계 BK21 사업기간 중 3과목 이상 개설)
  - 첨단 의료방사선 교육 및 연구 분야와 연계된 다양한 전공(의공학, 컴퓨터공학, 생물학, 물리학, 화학, 정보통계학 등)과의 다학제간 연계교육을 활성화 함.
  - 기존의 전공교과목들을 ICT 기반 융합 교과목으로 개선함.
- 과학기술·산업·사회문제 해결 및 발전에 기여하기 위한 교과목을 지속적으로 개발하고, 참여대학원생은 교과목 이수를 통해 다양한 첨단 과학기술 및 차세대 응용기술 학문을 접할 수 있도록 신규 교과목을 개설함. 이를 통해 세계적 수준의 연구 성과를 창출함으로써 다시 새로운 교과목에 반영될 수 있는 선순환 시스템을 구축할 계획임.

##### □ 국제협력 교육 강화(4단계 BK21 사업기간 중 해외학자와 팀티칭 2과목 이상 개설)

- 해외 석학의 초청 강연 및 Joint Appointment 겸임교수 지정을 통한 교육 및 연구과정의 선진화 및 활성화를 유도함.
- 해외 학자의 팀티칭 강의를 활성화하기 위하여 본 교육연구팀의 해외 MOU 체결 대학과 on-off line 시스템을 이용한 강좌 개설을 추진함.
- 대학원생들의 영어논문 작성 및 발표를 활성화하고, 영어논문작성법 관련 공통교과목 이수를 장려하여 개인별 연구의 질적 향상 및 국제적 의사소통 능력을 향상시킴.
- 교환학생, 해외 대학과의 학점교류, 공동학위제 등을 추진 운영함.

□ **교육과정 개선을 위한 선순환 체계구축**

- P-D-C-A 환류 체계를 이용하여 교육과정 전반에 대한 정기적인 질 관리 및 성과평가를 실시하고, 그 결과를 차년도 교육과정 운영에 반영함으로써 학생 및 사회 수요에 기반을 둔 선순환 교육과정 개선 체계를 구축함.



<P-D-C-A 환류 체계>

- 미래 신산업과 시장의 요구를 교육과정에 반영하기 위해 의료방사선 분야 관련 산업체, 지자체 및 공공기관 등에 대한 수요 조사를 실시함.
- 연 1회 대학원생들 대상 교육과정 만족도 조사와 강의 평가를 실시함.
- 개설 교과목에 대한 Continuous Quality Improvement (CQI)를 실시함.
- 학생들의 수요 조사, 만족도 조사, CQI 결과 평가 등을 통해 현재 운영 중인 교과목, 교육과정, IOMP 인증 등에 대한 개선 사항을 도출하여 이를 지속적으로 보완함.

## 1.2 학사과정 구성 및 운영 현황과 계획

### ① 학사과정 구성 및 운영 현황

#### □ 대학원 입학전형

- 대학원 입학은 일반전형(석사, 박사 및 석·박사 통합과정) 및 기타전형(학부-대학원 연계 및 조기입학 과정)으로 구분하여 시행함.

#### ○ 일반 전형

|       | 석사 과정   | 박사 과정  | 석·박사통합 과정   |
|-------|---|--|---|
| 서류 심사 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학업계획서 (40점)</li> <li>· 대학성적 (80점)</li> <li>· 전공이수학점 (40점)</li> <li>· 외국어 (TOEFL, TOEIC, TEPS, 40점)</li> <li>· 기타 가산점 (50점 이내)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학업계획서 (50점)</li> <li>· 대학성적 (50점)</li> <li>· 대학원성적 (석사과정, 50점)</li> <li>· 외국어 (TOEFL, TOEIC, TEPS, 50점)</li> <li>· 기타 가산점 (50점 이내)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 석사 과정에 준함</li> </ul> |
| 구술 시험 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 전공 지식 (40점)</li> <li>· 학문에 대한 열정과 진지성 (20점)</li> <li>· 전공에 대한 적성 (20점)</li> <li>· 입학 후 수학능력 (20점)</li> </ul>                             | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 석사 과정에 준함</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 석사 과정에 준함</li> </ul> |
| 기타    | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 서류 심사 및 구술시험에 대한 평가는 학과심사위원들이 개별적으로 그리고 비공개로 진행</li> <li>· 최종결과를 평균하여 산출</li> </ul>  |  |   |

#### ○ 기타 전형(학부-대학원 연계과정 및 석·박사 통합과정 모집)

| 학부-대학원 연계과정   | 조기입학 전형   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학부 4학기 수료 후 ~ 7학기 진입 전 지원 가능</li> <li>· 학부 졸업 및 대학원 수료 필요학점 조기취득을 통한 학위기간 단축</li> <li>· 입학금 및 등록금 전액 지원(석사 3학기까지, 통합 5학기까지)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학부 7학기 진입 후 지원 가능</li> <li>· 입학금 및 등록금 전액 지원 (석사 4학기, 통합 6학기)</li> </ul> |

#### □ 대학원 학위수료(졸업) 규정

- 대학원 학위수료(졸업)는 각 학위과정별 교과목 최소 이수학점(학위과정별 상이)을 충족하고, 외국어시험, 종합시험 및 학위논문 심사(석사, 박사, 석·박사 통합 공통)를 통과해야 함.

#### ○ 학위과정별 교과목 이수 규정

|       | 석사 과정   | 박사 과정   | 석·박사통합 과정  |
|-------|---|---|--|
| 이수 학점 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 졸업 필요 학점: 30 학점</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 졸업 필요 학점: 30 학점</li> <li>· 세미나: 4 학점</li> <li>· 연구방법 및 실험: 2 학점</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 졸업 필요 학점: 540 학점</li> <li>· 세미나: 4 학점</li> <li>· 연구방법 및 실험: 2 학점</li> </ul> |
| 공통 사항 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 석사: 최소 21학점은 본 학과에서 개설되는 과목으로 이수</li> <li>· 박사: 최소 18학점은 본 학과에서 개설되는 과목으로 이수</li> <li>· 석·박사 통합: 최소 45학점은 본 학과에서 개설되는 과목으로 이수</li> <li>· 나머지 학점은 지도교수 승인 하에 타 학과 과목 이수 가능</li> </ul> |   |  |

○ 자격시험 - 외국어 시험

|        | 석사 과정   | 박사 과정  | 석·박사통합 과정   |
|--------|---|--|---|
| 외국어 시험 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· TOEFL (PBT 500, CBT 173, IBT 61)</li> <li>· TOEIC: 650 점</li> <li>· TEPS: 600 점</li> <li>· 학과 지정 시험: 80 점</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· TOEFL (PBT 530, CBT 197, IBT 71점)</li> <li>· TOEIC: 700 점</li> <li>· TEPS: 650 점</li> <li>· 학과 지정 시험: 80 점</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 박사 과정에 준함</li> </ul> |

○ 자격시험 - 종합 시험

|       | 석사 과정   | 박사 과정   | 석·박사통합 과정  |
|-------|---|---|--|
| 자격 요건 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정규 등록 또는 연구등록이 되어 있는 자</li> <li>· 학위과정 2학기 이상 이수자</li> <li>· 18학점 이상 취득한 자</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정규 등록 또는 연구등록이 되어 있는 자</li> <li>· 학위과정 5학기 이상 이수 자</li> <li>· 석사학위 과정에서 취득한 학점 포함 51학점 이상 취득한 자</li> </ul>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 정규 등록 또는 연구등록이 되어 있는 자</li> <li>· 학위과정 5학기 이상 이수자</li> <li>· 41학점 이상 취득한 자</li> </ul> |
| 시험 과목 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 필답시험: 전공 교과목 중 3과목 선택</li> <li>· 합격: 100점 만점에 70점 이상</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 필답시험: 전공 교과목 중 5과목 선택</li> <li>· 구술시험: 시험위원 3분의 2 이상 찬성으로 합격 여부 결정</li> <li>· 합격: 100점 만점에 70점 이상</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 박사과정에 준함</li> <li>· 석사과정에서 통과된 과목은 인정됨</li> </ul>                                     |
| 공동 사항 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 소정기일 이내 응시원서, 외국어 시험성적 증명서 및 대학원 성적증명서를 주임교수에게 제출함.</li> <li>· 대학원 학사일정에 맞추어 매 학기말에 실시함.</li> <li>· 대학원 강의 담당교수가 종합시험을 출제함.</li> <li>· 채점은 출제교수가 개별적으로 그리고 비공개적으로 함.</li> <li>· 석사과정은 1개 과목 이하, 박사 및 석박사 통합 과정은 2개 이하의 과목만 재시험 가능함.</li> <li>· 구술시험에 불합격한 자는 1회에 한하여 재시험 가능함.</li> </ul> |   |  |

○ 학위논문계획서 제출 및 학위논문 심사

- 학위논문계획서를 제출하려면 각 학위과정별 교과목 최소 이수학점 충족, 외국어시험과 종합시험을 통과한 인원에 대해서만 제출 가능함.

|       | 석사 과정  | 박사 과정   | 석·박사통합 과정  |
|-------|--|---|--|
| 자격 요건 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학과 학위논문계획서의 심사를 통과한 자</li> <li>· 자격시험을 통과한 자</li> <li>· 본인의 연구를 1회 이상 학회에서 발표 혹은 학회지에 게재한 자</li> </ul>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 학과 학위논문계획서의 심사를 통과한 자</li> <li>· 자격시험을 통과한 자</li> <li>· 본인의 연구를 학진 등재 및 등재후보 이상의 전문 학술지에 2편 이상 또는 SCI급 국제학술지에 1편 이상을 주저자로 게재한 자</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 박사과정에 준함</li> </ul> |
| 공동 사항 | <ul style="list-style-type: none"> <li>· 석사과정 3인, 박사과정 5인의 논문심사위원회 구성인원 및 학위논문계획서를 학과 사무실에 제출함.</li> <li>· 학위논문 연구계획서 심사 일정은 학위논문 예비심사 직전학기 중에 실시함.</li> <li>· 의학물리학 과정의 인증: 논문의 제목과 의학물리학 과정 필요과목 이수 증명서를 논문심사위원회에 제출. 논문 심사위원회는 제출된 자료를 통해 필수 교과목 이수 여부를 평가한 뒤 의학물리학 과정의 인증 여부를 결정함.</li> <li>-기초과학 3과목</li> <li>-의학물리필수 8과목</li> <li>-의학물리선택 3과목 이상</li> <li>-의학물리실습 2과목</li> </ul> |   |  |

## ② 학사과정 운영 실적

□ 본 교육연구팀은 현행 학사관리 및 학위수여 기준을 다음과 같이 강화하고, 입학-재학-졸업의 전주기적 학사관리 체계를 도입하여 첨단의료방사선 분야의 MIRAE형 인재를 양성하고 있음.



<전주기적 학사관리 체계 운영 실적>

### ○ 입학

- 학부생을 대상 대학원 입학설명회(학기당 1회)를 개최함.
- 학부생 대상 대학원 인턴십 프로그램(1학점/학기, 최대 4학기)을 활성화 함.
- Open-Lab Day 운영: 연구실을 탐방할 수 있는 기회를 제공함으로써 세부 전공별 연구프로그램에 대한 이해도를 향상시킴.
- 우수 외국인 대학원생 유치를 확대하기 위하여 대학원 전형 및 연구실 소개와 관련된 상세 내용을 영문으로 제공함.
- 대학원 입학예정자를 대상으로 오리엔테이션을 정례화하고 학위과정에 대한 설명, 연구비 집행, 안전교육, 연구윤리 및 연구노트 작성 등과 관련된 교육을 제공함.

### ○ 재학

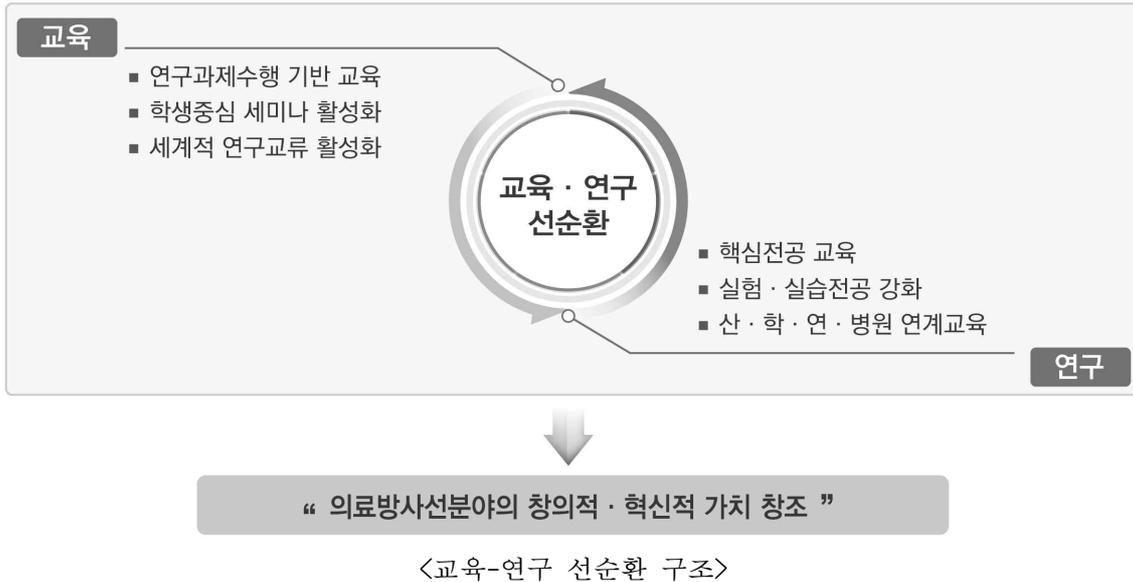
- 학생들의 등록금 지원제도를 강화하여 연구 집중력을 향상시키며, 연구조교제도를 강화하여 연구조교의 전문화를 추구함.
- 다학제간 융합연구 강화 및 활성화를 위한 탄력적 지도교수제도(외부 혹은 교내 타학과 공동지도교수 선정)를 도입함.
- 교육연구팀 내 그룹별 연구 세미나 및 대학원생 전체 연구 교류회(학기당 1회)를 정기적으로 개최함.
- 학생들의 국내·외 학술대회 발표를 의무화함으로써 연구능력 향상을 도모함.
- 전공과목의 영어강의를 확대하고, 재학 중 연구 교류회에서 영어발표를 의무화 함.
- 학문후속세대(박사과정 수료생 이상) 강의기회를 확대 제공함.

### ○ 졸업

- 대학원 자격시험 강화: 종합시험 필수교과목 지정 및 확대, 공인영어성적 기준을 상향 조정함.
- 학위논문 심사의 공정성 강화: 석사학위 심사 시 외부 심사위원 1인 이상 포함, 박사학위 심사 시 외부 심사위원 2인 이상을 포함시킴.

- 석·박사 학위수여를 위한 졸업요건 기준 강화: 석사학위(국내 논문 1편 이상), 박사학위(SCI급 2편 이상)으로 내부 규정을 개편함.
- 학위조건과 관련된 내용을 학과 내규에 반영하여 2021년 신입생부터 적용하였음.

### ③ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획



- IOMP 인증을 통한 세계적 수준의 교육을 제공하고, 이를 바탕으로 한 우수한 연구 성과는 다시 교과목 교육에 반영하여 지속적으로 교육의 질을 향상시키는 교육-연구 선순환 구조를 지속적으로 구축·운영함.
  - 프로젝트 기반 교육기법을 사회문제 해결형 및 다학제간 융합 교과목에 적용하여 연구 내용이 교육과 연계되도록 교육과정을 개선함.
  - 현장맞춤형 실습 교과목 개발 시 각 연구실에서 수행 중인 산·학·연·병원과의 공동연구 주제를 연계하여 설계함.
  - 연구과제에 사용되는 연구 및 실험기자재를 교육기자재로 적극 활용함.
  - 연구방법론 교육, 최신 연구동향 세미나 및 성과확산 워크숍 개최를 통해 연구역량을 강화함.
  - 각 연구실의 연구과제 결과들을 교과목 강의에서 예제, 연구주제 및 논문 리뷰 등에 적극 활용함.
  - 연구 성과의 교육 자료화를 통해 선도적 연구결과의 확대 재생산 함.

### 1.3 과학기술·산업·사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황과 구성 및 운영 계획

#### ① 과학기술과 관련된 교육 프로그램 현황 및 운영 실적

- 의료방사선 분야의 기초 지식뿐만 아니라 최첨단 기술 교육을 위하여 다양한 세부전공 교과목 및 교육 프로그램을 개발하여 운영하고 있음.
- 본 교육연구팀은 국제의학물리학회로부터 인증 받은 우수한 교육 프로그램을 운영하고 있으며, 국제적으로 공인된 교육 역량을 기반으로 현재 중국의 산둥 제1의과대학과 합작대학원 개설을 추진 중에 있음.
- 첨단 과학기술 교육프로그램의 대표성과
  - 현재 조효성 교수가 운영 중인 「치과용 영상 신기술 센터」는 연세대-(주)바텍 간의 산학협력 공동연구소로, 대학에서 제공하는 우수한 학생 연구원과 전문지식, 그리고 산업체에서 제공하는 연구장비 및 연구개발비를 바탕으로 치과용 영상 신기술을 지속적으로 개발하여 신제품에 적용하고 있음.
  - 이를 통해 대학은 학생 연구원들의 졸업 후 취업 기회를 제공하고, 산업체는 고품질 제품을 개발 및 판매함으로써 서로가 win-win하는 모범적인 산학협동 모델을 제시한 사례로 평가받고 있음.
- 정기적인 방사선 학술제 및 심포지엄 개최
  - 최근 1년간 의료방사선 분야의 최신 과학기술 동향 분석 및 현장에서 요구되는 실무적 역량을 강화하기 위해 의료기관, 산업체 및 공공 연구기관의 전문가들을 초빙해 지속적으로 학술제 및 세미나를 개최하고 있음.

<표 1-4> 최근 1년간 융합교육연구워크숍 및 국내·외 석학 초청강연 개최 실적

| 일자         | 소속   | 이름     | 연구세미나 내용   |
|------------|--|--------|--|
| 2021.01.28 | Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, USA | 유도현 박사 | TOPAS-nBio - Monte Carlo simulations for cell scale radiation physics and biology      |
| 2021.02.04 | National Cancer Institute, USA                                 | 염연수 박사 | Advances in computational human phantoms and their applications in radiation dosimetry |
| 2021.02.04 | (주)네오시스코리아   | 신중기 팀장 | 방사선 기술 연구개발 현황   |
| 2021.02.04 | 한국표준과학연구원  | 김인중 박사 | 치료방사선 표준과 첨단 방사선 치료기술  |
| 2021.02.04 | 아라레연구소   | 이학재 대표 | 가변형 콜리메이터와 초소형 감마카메라 개발  |
| 2021.03.24 | 서울대학교 병원   | 김정인 교수 | 의료용 선형가속기 전산모사 기술 및 2D dynamic MLC 개발을 위한 치료 계획 검증                                     |
| 2021.06.02 | 연세대학교 의과대학 방사선종양학교실  | 김진성 교수 | 방사선종양학과에서의 인공지능활용  |

|                            |                   |           |  |
|----------------------------|-------------------|-----------|--|
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 경희대학교 원자력공학과      | 김광표<br>교수 | 천연방사성핵종 함유물질 방출 라돈<br>방사선량평가 프로그램 개발 (권 재 연구원)                   |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 경희대학교 원자력공학과      | 김광표<br>교수 | 수처리시설 작업종사자 외부피폭 선량평가<br>(이병민 연구원)                               |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 전북대학교 양자시스템공학과    | 서 희<br>교수 | 공항항만 방사선감시기 배경방사선 전산모사<br>기술개발 (심하영 연구원)                         |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 전북대학교 양자시스템공학과    | 서 희<br>교수 | 수산식품 방사능 스크리닝 기술개발<br>(최효상 연구원)                                  |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 서울대학교 원자핵공학과      | 김기현<br>교수 | 몬테칼로 코드 간 존재 사용 작업자의 외부<br>피폭 선량 평가 및 계산값의 비교 (한상빈<br>연구원)       |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 서울대학교 원자핵공학과      | 김기현<br>교수 | 감마선에 의해 발생한 광학 광자의 수송을<br>고려한 섬광 검출기 반응 함수 전산 모사 연구<br>(김재효 연구원) |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 대구가톨릭대학교 방사선학과    | 김용민<br>교수 | 북한 비핵화 검증을 위한 환경 분석 기반<br>운반시나리오 개발 (한지영 연구원)                    |
| 2021.07.12 -<br>2021.07.13 | 대구가톨릭대학교 방사선학과    | 김용민<br>교수 | 방사선 이용분야의 위험성 평가 방법 연구<br>(박제완 연구원)                              |
| 2021.07.22                 | 가톨릭대학교 의과대학 의공학교실 | 성원모<br>교수 | Modeling immunotherapy and radiation                             |

## ② 산업문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황 및 운영 실적

- 산업체 세미나 및 특강: 2021년 미래의료방사선 융합교육연구 워크숍을 개최하여 산업체 재직자를 초청하여 신기술에 대한 세미나 및 특강을 실시함.
- 본 교육연구팀은 의료산업의 특성에 부합되는 교육 프로그램(의료 및 산업 분야 다학제간)을 지속적으로 개발 및 보완·운영하여 이를 통해 의료·산업계에서 인정받는 창의실용·융합인재를 양성하고 있음.
  - 2019년 IOMP로부터 국제의학물리전문인 교육기관 인증
  - 2010년부터 현재까지 산학협동연구소인 치과용 영상신기술 센터 운영 등
  - 국제적으로 공인된 교육 프로그램을 기반으로 산동 제1의과대학(중국)과 합작대학원 개설 추진 중
- 본 교육연구팀은 산업체와 연계하여 산업기술 공동개발 사업에 적극 참여하여 산학협력 중심의 대학 체제 개편 및 현장 실무형 인력 배출을 위한 가족회사 제도를 운영하고 있음.
  - 2012년부터 (주)리스트엠, (주)사이메딕스, (주)디알텍, (주)뉴케어, (주)메디퓨처, (주)오스테오시스, (주)바이오넷, (주)레매디, (주)엠지비 등 지역사회 의료기기업체들과 가족회사를 맺어 산학협력 연구를 위한 긴밀한 협조체제를 구축하고 있음.
- 최근 1년간 본 교육연구팀이 지역 산업체의 애로기술 해결을 위해 수행한 연구 프로젝트는 다음과 같음.

<표 1-5> 지역 산업체의 애로기술 해결위한 프로젝트 실적

| 연구기간                    | 사업체        | 애로기술 해결 내용                                    | 참여교수 |
|-------------------------|------------|---|------|
| 2019.06.01 - 2021.05.31 | (주)한국수력원자력 | 생체시료(Alanin/ESR)를 활용한 장기간<br>고준위 방사선량 평가 기술개발 | 민철희  |
| 2020.08.01 - 2021.03.31 | (주)신룡      | CPU/GPU 기반 산업용 CT영상 재구성<br>플랫폼 개발 고도화         | 조효성  |
| 2021.01.02 ~ 2021.12.24 | (주)바텍      | 2021년 바텍과 VYSION 연구센터 간<br>산학공동연구             | 조효성  |
| 2021.01.02 ~ 2021.12.31 | (주)바텍      | 치과용 영상 신기술 연구센터 운영                            | 조효성  |
| 2021.08.01 ~ 2022.07.31 | (주)우리엔     | 동물용 엑스선 영상 화질개선 알고리즘<br>개발 및 적용               | 조효성  |

### ③ 사회 문제 해결과 관련된 교육 프로그램 현황 및 운영 실적

- 본 교육연구팀은 인구 고령화라는 지역사회 문제 해결을 위해 필수적인 진단과 치료를 위한 의료방사선 분야에 특화된 교육 프로그램을 운영하고 있음.
- 사회 문제 해결을 위한 진단 및 치료와 관련된 교육 프로그램 구성 현황은 다음과 같음.
  - 방사선 진단 관련 교과목: 고급핵의학영상학, 고급자기공명영상학, 고급초음파영상학, CT영상학특론, 디지털영상처리및화질론, 의학영상재구성특론 등
  - 방사선 치료 관련 교과목: 치료방사선학특론, 고급방사선생물학, 몬테칼로전산모사, 표준방사선량측정, 선형가속기 QA 등
- 본 교육연구팀은 초고령화 사회에 대한 이해를 높이기 위해서 2019학년도 1학기부터 보건과학대학 내 타 학과들과 함께 ‘건강한 삶에 대한 이해’ 교과목을 공동 개설하여 운영하고 있음.

### ④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

#### □ 다학제간 융합 교과목 개발 및 운영

- 최근 미래의학 연구와 맞춤형 의료 서비스에 대한 관심과 기대가 급속히 증대됨에 따라 다양한 학문 분야 (Big data analysis, Data-driven medicine, Mobile healthcare, Population health management, Smart hospital 등)를 포괄적으로 연계하는 디지털헬스케어(디지털 메디컬 기기, 디지털 테라피, 웨어러블, 원격 의료, 분석 및 빅데이터 등)의 중요성이 대두되고 있음.
- 이러한 사회적 관심과 경향에 부합하기 위해 본 교육연구팀은 2022년 1학기부터 교내 관련학과들(정보통계학과, 컴퓨터정보통신공학부, 의학과 등)과 협력하여 4단계 BK21 사업기간 중 2과목 이상의 다학제간 융합 교과목(의료 및 정보통신 기술 융합)을 개발 및 운영할 예정임.

#### □ 산업체 현장맞춤형 실습 교과목 개발 및 운영

- 연 1회 의료 산업체로부터 교육과정에 대한 자문 및 설문을 통해 교육과정의 개선을 추진하고, 2022년부터

산업체와의 교육 프로그램 공동개발을 위한 산학협의회 구성을 추진함.

- 신기술협의회 구성: 전공별 신기술협의회를 구성하여 신기술 세미나, 산업체 애로사항 도출, 산학공동과제 발굴에 필요한 기술의 교류가 필요함.

#### □ 사회문제 해결형 교과목 개발 및 운영

- 인구고령화 문제를 주제로 한 문제해결형 프로젝트 기반의 교과목을 개발함.
- 신촌세브란스병원, 강남세브란스병원, 용인세브란스병원 및 원주세브란스기독병원과의 유기적인 협력을 통해 만성질환 및 암종별 최신 진단·치료 기술에 대한 내용을 반영하고 임상실습을 확대함.
- 재활의학 및 작업치료분야 전문가 자문을 통해 노인 질환 진단과 관련된 영상촬영 핵심기술들이 충분히 반영될 수 있도록 방사선 진단 관련 교과목을 보완함.

## 2. 인력양성 계획 및 지원 방안

### 2.1 최근 1년간 대학원생 인력 확보 및 배출 실적

<표 2-1> 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 확보 및 배출 실적

(단위: 명)

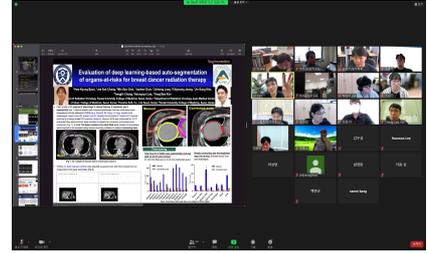
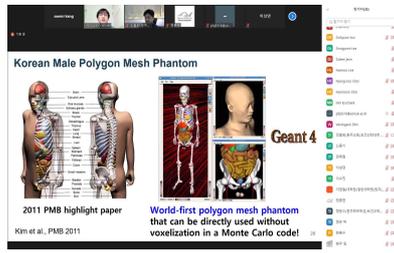
| 대학원생 확보 및 배출 실적 |           |    |    |         |    |
|-----------------|-----------|----|----|---------|----|
| 실적              |           | 석사 | 박사 | 석·박사 통합 | 계  |
| 확보<br>(재학생)     | 2020년 2학기 | 0  | 0  | 13      | 13 |
|                 | 2021년 1학기 | 0  | 0  | 16      | 16 |
|                 | 계         | 0  | 0  | 29      | 29 |
| 배출<br>(졸업생)     | 2020년 2학기 | 0  | 0  | 0       | 0  |
|                 | 2021년 1학기 | 0  | 0  | 0       | 0  |
|                 | 계         | 0  | 0  | 0       | 0  |

- 최근 1년간 교육연구팀의 참여대학원생 배출 인원은 없는 실정이지만, 지속적이고 체계화된 교육·연구 프로그램을 통해 본 교육연구팀의 비전과 목표에 부합하는 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재, 글로벌 핵심인재, 사회문제 해결형 우수인재를 양성할 계획임.

### 2.2 교육연구팀의 우수 대학원생 확보 및 지원 실적

#### □ 예비 대학원생 체험 프로그램 강화

- 우수한 학부생의 조기 유치 및 사전 대학원 체험을 위한 예비 대학원생 프로그램을 시행함.
- 우수한 대학원생 확보를 위해 대학원 입시정보, 장학금 제도, 연구 분야, 졸업 후 진로 등에 대한 설명회를 1년에 2회 이상 개최함.
- 매년 모든 학부생과 대학원생들을 대상으로 방사선학과 학술제 및 취업 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 접할 수 있는 체험 행사를 마련함.
- 학부 3, 4학년을 대상으로 하는 캡스톤디자인 교과목 운영을 통해 학부생이 관심을 가지고 있는 대학원 연구실과 연계하여 연구활동을 체험할 수 있는 기회를 제공함.
- 학부연구생의 대학원 인턴십 프로그램의 활성화 및 Open-Lab Day 운영을 통한 연구실 탐방 기회를 제공하여 세부 전공별 연구프로그램의 이해도를 향상시킴.
- 대학원 입학예정자의 오리엔테이션 정례화: 학사운영, 연구비 집행, 안전교육, 연구윤리 및 연구노트 작성 등의 교육을 제공함.



<방사선융합교육연구 워크숍 개최 및 국내외 전문가 초청강연을 통한 대학원 홍보>

## □ 장학금 지원의 확대

- 연세대학교 미래캠퍼스는 대학원생에게 안정적인 교육 환경을 제공하기 위해 우수학생 입학 장학금 제도 및 재정을 확대하여 7년간 총 40.7억 원을 투자하고, 학생 1인당 장학금 수혜율을 이공계열 125%로 높일 계획을 가지고 있으며, 대학원생 RA/TA 제도를 이용한 조교 장학제도를 구축하고 있음.
- 참여대학원생의 연구 활동 촉진 및 안정적 지원을 위해 1인당 평균 2020년도 2학기 1,227.2 천원, 2021년도 1학기 1,406.5 천원의 장학금을 지급하였으며, 현재에도 우수한 참여대학원생의 확보 및 장학금 지원의 확대를 추진하고 있음.
  - 우수조교I / 우수조교II: 지도교수가 수행하는 학사업무 보조를 포함하여 대학원 학생의 연구 및 교육의 수련을 위한 업무를 수행함(주당 15시간 이상)
    - 우수조교I: 전임교원 1인당 2명 (이학 및 공학계열), 등록금의 60% (등록금 인상 시 금액 조정)
    - 우수조교II: 정원 제한 없이 추천 가능하며 일정 금액(1,200,000원) 내에서 장학금을 지급
  - 강의조교: 실험실습, 일반강의, 학 부 교양과목 담당교수를 보조, 실습시간 배정에 따라 장학금을 지급함.
- 학부 졸업 이전에 대학원 진학을 결정하는 학생들에 대해 대학원 등록금에 대한 부담을 낮추고 우수한 학생들이 조기에 대학원 진학을 할 수 있도록 다양한 장학금을 지원하고 있음.
  - 학부-대학원 연계과정 장학금: 학부-대학원 연계과정에 선발된 학생에게는 석사과정은 3학기까지, 통합 과정은 5학기까지 입학금 및 등록금을 전액 지급함.
  - 우수학생 조기 입학전형 장학금: 우수학생 조기 입학전형에 선발된 학생에게는 석사과정은 4학기, 통합 과정은 6학기까지 입학금 및 등록금을 전액 지급함.
- 4단계 BK21 사업 참여대학원생을 대상으로 연구장학금 제도를 신설하였으며, 학위 기간 동안 안정적인 연구 및 수학이 가능하도록 보장함으로써 우수 대학원생의 참여를 유도함.
  - Need Based Fellowship
    - 석사과정 4학기까지, 박사과정 4학기까지, 통합과정 6학기까지 대상으로 함.
    - 학생의 경제적 사정 및 성적기준을 통해 선발(직전학기 성적 3.5이상/4.3)
    - 장학금액: 등록금 반액
  - Graduate-Research Assistant(GRA; 우수 박사(통합)과정생) 및 Yonsei Graduate Fellow(YGF: 최우수 박사(통합)과정생)
    - 석박통합과정 5학기 이상, 8학기 또는 박사과정 4학기 이하인 참여대학원생
    - 성적기준(4.0이상/4.3)을 충족하고, 연구(논문, 특허, 학술발표, 수상 등) 실적이 우수한 참여대학원생
    - 외국어 성적 제출자는 가산점 부여(제출된 연구업적 점수의 10%)
    - 장학금액: 등록금 전액, (YGF의 경우 학기 중 매달 80만원의 생활비 추가 지급)

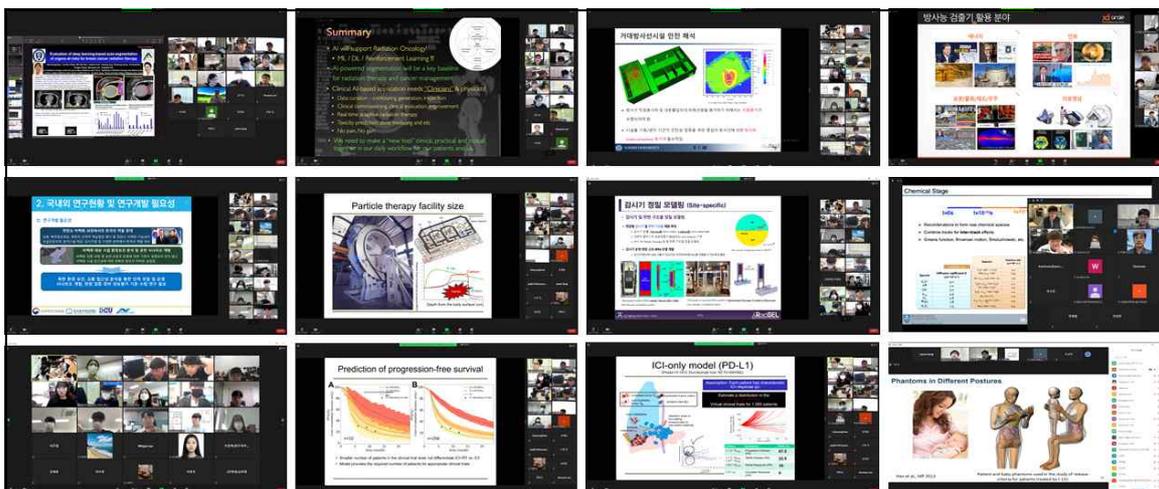
- 기숙장학금
  - 참여대학원생의 안정적인 연구환경의 제공을 위해 기숙장학제도를 운영함.

□ 연구역량 강화 프로그램 확대

- 대학원생 국제 연구 역량 강화를 위해 영어로 작성하는 학술지 논문투고 및 학위논문에 대한 교정 및 오프라인 코칭 전문 서비스를 제공함.
- 연구역량 강화를 위한 온라인 프로그램 제공(<https://library.yonsei.ac.kr/education/list>)
  - 학문 분야별 데이터베이스를 활용한 자료 조사 및 이용법 교육을 제공함.
- 각 분야별 연구 리서치 가이드 제공(<http://yonsei.kr.libguides.com/>)
  - 데이터베이스 이용가이드, 부실연구활동 예방가이드, 표절예방교육, 통계분석 가이드 등을 제공함.
- 우수한 연구 성과를 도출하기 위해 우수학술지 논문 게재에 대한 인센티브를 제공함.
- 연구 집담회를 정기적으로 개최하여(월 1회) 연구역량 향상을 위한 노하우를 공유함.
- 교내 영어교육 지원 프로그램을 적극 활용하고, 외국어 강의 확대 및 영어 졸업인증제를 운영하여 대학원생들의 국제적 소통 능력을 제고함.
- 대학원생들에게 연구윤리 교육, 생명윤리 관련 법률 교육, 실험실 내 환경 관련 법규 교육 등을 실시함.
- 해외 출판사 및 학회와의 협력을 통한 저널 editor 등의 외부 전문가 초청 특강을 개최함.

□ 국제화 역량 강화 프로그램 확대

- 해외 석학 초청 강의 및 세미나, 국제학술대회 개최를 지원함.



<방사선융합교육연구 워크숍 개최 및 국내외 전문가 초청강연을 통한 연구교류 활동>

- 대학원생 국제학술행사, 국외 교육프로그램 및 장·단기 해외 연구소 방문 프로그램 참가경비 지원을 확대함.

- 매년 전년도 연구실적을 평가하여 우수한 3명의 대학원생에게 우수논문상을 수여하고, 해외연수 선정 시 가산점을 부여함.
- 해외 우수 연구자들과의 교류 촉진을 위한 Research Gate (<https://www.researchgate.net/>) 등의 네트워크 활동을 강화함.
- 대학원생과 신진연구인력의 국제학술지 논문게재료를 지원함.

### 2.3 참여대학원생의 취(창)업의 질적 우수성

<표 2-2> 2021.2월 졸업한 교육연구팀 소속 학과(부) 참여대학원생 취(창)업률 실적

| 구 분             |    | 졸업 및 취(창)업현황 (단위: 명, %) |         |    |     |                     |               | 취창업률%<br>(D/C)×100 |
|-----------------|----|-------------------------|---------|----|-----|---------------------|---------------|--------------------|
|                 |    | 졸업자<br>(G)              | 비취업자(B) |    |     | 취(창)업대상자<br>(C=G-B) | 취(창)업자<br>(D) |                    |
|                 |    |                         | 진학자     |    | 입대자 |                     |               |                    |
|                 |    |                         | 국내      | 국외 |     |                     |               |                    |
| 2021년 2월<br>졸업자 | 석사 | 0                       | 0       | 0  | 0   | 0                   | 0             | 0                  |
|                 | 박사 | 0                       | X       |    | 0   | 0                   | 0             |                    |

### 2.4 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

- 본 교육연구팀에서는 사업 수행 첫 해인 현재 우수 학위배출 인력 및 취·창업 실적이 없는 실정이지만, MIRAE형 인재 양성을 위한 목표가 명확하고, 특성화된 교육과정이 구성/운영/개선을 통해 전문인력 양성 프로그램이 개발된 상태임. 따라서 본 사업기간 내 전문분야를 위한 유능한 인력들을 지속적이고, 안정적으로 배출할 것으로 예상됨.
- 참여대학원생의 학위 취득을 위한 외국어인증 졸업여건 강화 및 교육과정을 대폭 개선함으로써 국제공동 연구를 수행할 창의적·도전적 우수 인력을 양성함.
- 세계적 수준의 혁신적 연구를 통한 글로벌 핵심인재 양성하기 위해 Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, Boston University School of Medicine, UT Southwestern Medical Center 등 국외 우수연구기관 및 연구진과의 국제학술 교류, 공동연구를 지속적으로 확대·추진함.
- 본 교육연구팀은 현재에도 지속적으로 산업체와의 산학협력 공동연구를 수행 중에 있으며, 최첨단 의료방사선 관련 기술개발을 통한 현장실무능력을 갖춘 교육연구팀의 인재양성을 계획함.
- 매년 모든 대학원생들을 대상으로 방사선학과 학술 워크숍 및 취업 설명회를 개최하여 학부생들이 석사 및 박사학위를 받고 다양한 분야에 진출한 졸업생과 진로 현황을 깊이 있게 체험할 수 있는 학생 맞춤형 행사를 마련할 계획임.
- 본 교육연구팀의 소속기관 내 원주창업지원단 등의 인프라를 활용하여 재학생 및 졸업생을 창업 지원을 추진할 계획임.

### 3. 참여대학원생 연구실적의 우수성 및 계획대비 실적

#### □ 연구 성과 제고를 위한 지원제도 강화 실적

- 본 교육연구팀의 참여대학원생 연구성과(논문, 학술대회, 특허, 기술이전, 수상 등)의 경우 실적 기간 내 최종 게재 완료 논문 및 accept letter를 확보한 논문, 출원·등록 완료된 특허, 기술이전 체결일, 참가한 학술대회의 일정을 기준으로 실적 기간 내 성과를 반영하였음.
- 최근 1년간 총 4편의 국제 SCI(E) 논문 성과를 달성(게재 완료 2편, accepted 2편) 하였으며, 2020 impact factor (2020 IF) 총 합은 13.153 이며, 논문 1편당 평균 IF는 3.288을 달성하였음.
- 환산 보정 IF의 합은 2.265 이며, 논문 1편당 환산 보정 IF는 0.5663, 환산 보정 ES의 합은 1.71016, 논문 1편당 환산 보정 ES는 0.42754의 성과를 달성하였으며, 참여대학원생 1인당 논문환산편수는 0.11, 환산보정 IF 합은 0.1562, 환산보정 ES는 0.11794를 달성하였음.
- 논문이 게재된 저널의 경우 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 잘 나타내주는 결과라고 판단되지만, 체계적이고 지속적인 융복합 교육·연구를 통해 참여대학원생 1인당 논문환산편수를 향상시키려는 노력이 필요하다고 판단됨.
- 게재 저널의 우수성은 저널 카테고리 랭킹 상위 15% 이내 2편, 7.5% 이내 1편, 20% 이하 1편으로 교육연구팀 전문 학술분야의 저널에 게재/채택 완료되었음.
- 참여대학원생의 국내외 학술대회 발표 실적은 23건(국제 8편, 국내 15편), 1인당 평균 1.6 편을 발표하였으며, 총 4건의 학술발표 수상 실적(국제 2건, 국내 2건)을 달성하였음.
- 참여대학원생의 국내 특허의 경우 총 7건(등록 4건, 출원 3건), (주)신룡과의 첨단 산업기술 개발 관련 노하우 기술이전 실적 1건(정액기술료: 33,000 천원)의 실적을 달성하였음.
- 본 교육연구팀의 참여대학원생은 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.
- 의료방사선 분야의 우수한 연구결과 도출을 위해 선진 연구팀과의 국제 공동연구 활성화 프로그램을 지원하였음.
- 연구수월성 향상을 위한 영어논문작성법 교육 및 영문교정 경비를 지원함.

#### □ 국제학술활동 및 국제교류 지원 강화 실적

- 정기적 국제 연구 세미나, 학술대회 및 워크숍 참여를 통해 최신 연구결과 및 동향을 파악하고 각 분야의 최고 전문가들과 교류할 수 있는 인적 네트워크를 형성하였음.
- 세미나와 워크숍의 발표 자료를 교수, 연구실 및 학과 홈페이지를 통해 관리함으로써 대학원생들이 필요한 정보를 용이하게 얻을 수 있도록 함.
- 해당 교육연구팀의 참여대학원생은 연 1회 이상 국제 학술대회에 참가하여 연구결과를 발표함.

#### □ 연구몰입도 증진을 위한 연구환경 개선 실적

- 대학원생 행정업무 경감을 위한 교육연구팀 행정전담인력을 채용하였음.
- 대학원생들에게 지급되는 연구 조교비 및 장학금 제도를 확대하였음.
- 대학원생 전용공간(강의실, 세미나실, 대학원 연구실)을 확충하여 연구에 전념할 수 있는 여건을 마련함.
  - 2020년 11월에 대학원생 전용 참여 공간 [약 32.73 m<sup>2</sup> (약 9.9 평)]을 확보하였으며, 대학원생의 수월한 교육·연구 활동에 필요한 파티션, 책상, 의자, 책장, 서랍장 등을 지원하여 제공함
- 온라인 연구실 환경안전관리시스템(<http://safety.yonsei.ac.kr>)을 운영 중에 있음.
- 전체 대학원생의 방사선 작업종사자 등록을 통해 방사선안전 이력을 관리 중에 있음.
- 교육연구팀 전체 연구실 및 연구 활동 종사자의 현황관리, 온라인 정기교육(6시간 또는 3시간/학기)을 철저히 수행하며 매년 자체평가를 수행하였음.

#### □ 연구 수월성 증진을 위한 학위심사 제도 개선 실적

- 대학원생의 연구역량 증대와 국제화를 위해 외국 대학과의 복수/공동 학위제도, 학위 논문 공동심사 제도(방문/온라인 등을 통한 심사)를 도입하였음.
- 해외 우수학자 심사위원 위촉을 장려하며, 석사학위 심사 시 외부 심사위원 1인 및 박사학위 심사 시 외부 심사위원 2인 이상을 포함시키는 제도를 의무화 함.
- 학위 관련 연구 결과의 국내외 학술지 게재 또는 학술대회 발표를 의무화 하며, 박사학위는 SCI급 논문 2편, 석사학위는 1편의 국내논문을 게재하도록 내부 규정을 마련하였음.
- 영어 학위논문 작성을 의무화하며, 학위논문 교정을 위한 영문교정비용 지원을 확대하였음.

### 3.1 참여대학원생 저명학술지 논문 게재 실적

#### ① 저명학술지 논문 게재 실적의 우수성

<표 3-1> 최근 1년간 참여대학원생의 저명학술지 게재 실적

| 구 분                           |                      | 최근 1년간 논문 게재 실적 |
|-------------------------------|----------------------|-----------------|
| 논문 편수                         | 논문 총 편수              | 4               |
|                               | 논문의 환산 편수의 합         | 1.6             |
|                               | 참여대학원생 1인당 논문 환산 편수  | 0.11            |
| Impact Factor (IF)**          | IF=0이 아닌 논문 총 편수     | 4               |
|                               | IF의 합                | 13.153          |
|                               | 환산보정 IF의 합           | 2.265           |
|                               | 논문 1편당 환산보정 IF       | 0.5663          |
|                               | 참여대학원생 1인당 환산보정 IF 합 | 0.1562          |
| Eigenfactor Score (ES)***     | ES=0이 아닌 논문 총 편수     | 4               |
|                               | ES의 합                | 0.04326         |
|                               | 환산 보정 ES의 합          | 1.71016         |
|                               | 논문 1편당 환산보정 ES       | 0.42754         |
|                               | 참여대학원생 1인당 환산보정 ES   | 0.11794         |
| <b>최근 1년간 학기별 평균 참여대학원생 수</b> |                      | <b>14.5</b>     |

- IF\*\* 및 ES\*\*\*의 정보는 아래 웹페이지에서 제공되는 BK21 사업 전용 지표를 사용하였음:

<http://s2journal.bwise.kr/jcr/jcrCategoryRankingPage.do>

- 논문 편수 환산 공식: 주저자 1인의 논문 환산 편수 =  $\min(1/(m+0.5), 0.5)$  (단, n = 0일 때는 1/m)

· m: 주저자(제1저자 + 교신저자) 수

· n: 기타저자(주저자를 제외한 저자)수

· T: 총 저자수 (= m + n)

- 기타 저자 1인의 논문 환산 편수( $n > 0$ ) =  $\{1 - m * \min(1/(m+0.5), 0.5)\} / n$

<표 3-2> 참여대학원생의 저명학술지 성과의 우수성

|                           |   |       |               |                     |     |
|---------------------------|---|-------|---------------|---------------------|-----|
| 연번                        | 1   | 실적 구분 | 논문            | 참여대학원생              | 이민재 |
| 성과 일자                     | 202012  |       | 제1저자          | 이민재                 |     |
| 실적 제목                     | Sparse-view CT reconstruction based on multi-level wavelet convolution neural network |       |               |                     |     |
| 게재지 (저널명)                 | Physica Medica - European Journal of Medical Physics                                  |       | Impact Factor | 2020 IF: 2.685      |     |
| 국내·국제 / SCIE(E)·SCOPUS 구분 | 국제 SCIE(E)  |       | 비고            | Q3, JIF rank 74/134 |     |

요약문

□ 창의성 및 혁신성

- 본 논문은 **저선량 및 고품질의 영상** 획득을 위해 영상재구성 기술과 **딥러닝 모델 기반의 인공지능** 기술을 융합하여 환자맞춤형 **정밀의료 진단**을 위한 최선의 영상재구성 기술을 제안하였음.
- **CNN으로 개발된 U-net 구조와 wavelet transform**을 기반으로 한 **딥러닝 모델**이 사용되었고, 기존 CT 장비 대비 선량을 감소시키기 위해 sparse sampling 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 **고화질의 영상이 구현** 가능함을 증명하였음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 다학제 간 유기적 협력을 통해 **의료방사선 기술과 딥러닝 기술의 융합**으로 의료영상의 품질을 향상시켰으며, 이는 국내에서 해당 분야의 선도적인 역할을 할 수 있는 연구를 진행함으로써 **차세대 전문인력을 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 취지에 적합함**.

□ 전공분야 기여도

- 2020년 12월 Physica Medica-European Journal of Medical Physics (IF: 2.685, 피인용수 1회 Google Scholar) 저널에 게재된 논문으로 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 **정밀의료 진단**을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 사료됨.

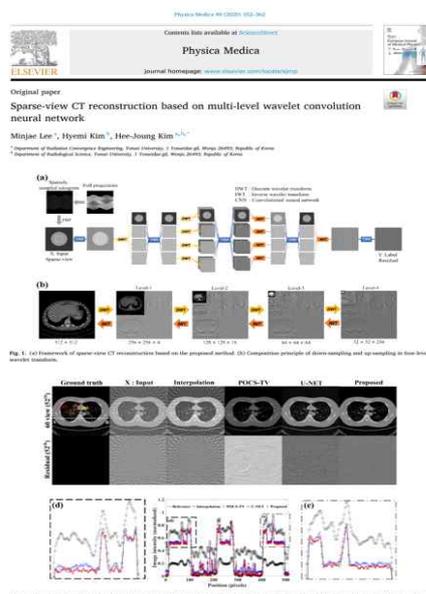


Fig. 3. Reconstruction results obtained using interpolation, POC-TV, U-NET, and MWCNN for all preparations. (a) and (b) Long and short axis, (c) and (d) respectively. (e) A preliminary result, the residual in the original image minus the image obtained using the different methods. PSNR profile results of 32nd image reconstructed using different methods. (f) and (g) are the results of zooming in on the 100th and 400th/800th positions in the PSNR profile.

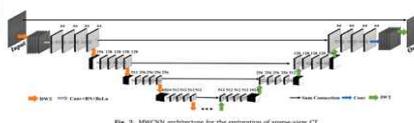


Fig. 2. MWCNN architecture for the restoration of sparse-view CT.

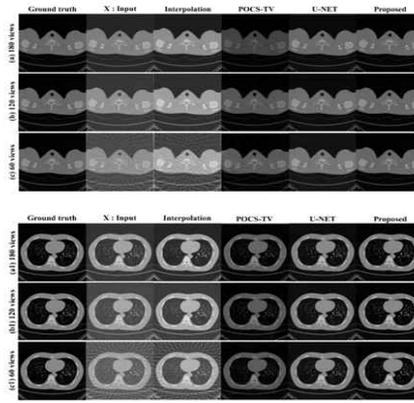


Fig. 4. Reconstruction results from interpolation, POC-TV, U-NET, and MWCNN for various sparse-view reconstructions.

<게재 현황 및 대표 그림>

|                          |  |               |      |                        |     |
|--------------------------|--|---------------|------|------------------------|-----|
| 연번                       | 2  | 실적 구분         | 논문   | 참여대학원생                 | 이민재 |
| 성과 일자                    | 202105<br>(accepted)   |               | 제1저자 | 이민재                    |     |
| 실적 제목                    | Ultra-Low-Dose Spectral CT based on a multi-level wavelet convolutional neural network |               |      |                        |     |
| 게재지 (저널명)                | Journal of Digital imaging   | Impact Factor |      | 2020 IF: 4.056         |     |
| 국내·국제 / SCI(E)·SCOPUS 구분 | 국제 SCI(E)  | 비고            |      | Q1,<br>JIF rank 24/186 |     |

**요 약 문**

□ 창의성 및 혁신성

- **CNN으로 개발된 U-net 구조와 wavelet transform**을 기반으로 한 **딥러닝 모델**이 사용되었고, 기존 CT 장비 대비 선량을 감소시키기 위해 sparse sampling 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 **고화질의 영상이 구현** 가능함을 증명하였음.
- Si 기반의 **Photon counting detector (PCD)**를 개발하였으며 이를 통해 영상 획득하였고, 기존 CT에 사용된 검출기에 비해 선량 대비 높은 화질을 보였으며 **PCD기반의 sparse sampling** 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 **고화질의 영상이 구현** 가능함을 증명하였음.
- 개발 장치 기반으로 기존의 두 번의 촬영을 통해 획득 될 수 있는 **물질 분리 영상**을 한 번의 촬영조건으로 획득을 가능하게 함. 또한 한 번의 촬영조건에서 얻어지는 **여러 개의 mono-energetic 영상**을 통해 다양한 영상 기법이 가능하게 됨.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 다학제 간 유기적 협력을 통해 **의료방사선 기술과 딥러닝 기술의 융합**으로 의료영상의 품질을 향상시켰으며, 이는 국내에서 해당 분야의 선도적인 역할을 할 수 있는 연구를 진행함으로써 **차세대 전문인력을 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 취지에 적합함**.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 5월 Journal of Digital imaging (IF: 4.056) 저널에 채택된 논문으로 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 **정밀의료 진단**을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 사료됨.

Journal of Digital Imaging  
Ultra-Low-Dose Spectral CT based on a Multi-level Wavelet Convolutional Neural Network  
-Manuscript Draft-

|                      |  |                |  |
|----------------------|--|----------------|--|
| Manuscript Number:   | JDIM-D-20-00418R1  |                |  |
| Full Title:          | Ultra-Low-Dose Spectral CT based on a Multi-level Wavelet Convolutional Neural Network |                |  |
| Article Type:        | Original Paper   |                |  |
| Section/Category:    | Scientific Imaging Informatics   |                |  |
| Funding Information: | National Research Foundation of Korea (2020R1F1A101531411)                             | Mr. Minjee Lee |  |
|                      | Korea Medical Device Development Fund (KR)   | Mr. Minjee Lee |  |
|                      | KMDF-PR_20200901_0014, 9991007039  |                |  |

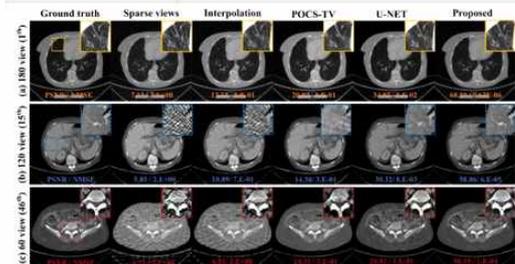


Fig. 5 Reconstruction results by sparse view (60, 120, and 180 views), interpolation, POCS-TV, U-Net, and proposed method at various sparse-view reconstructions. Orange, blue, and red boxes illustrate the enlarged view and the difference images. The numbers written below the images are the peak signal-to-noise ratio and normalized mean square error values

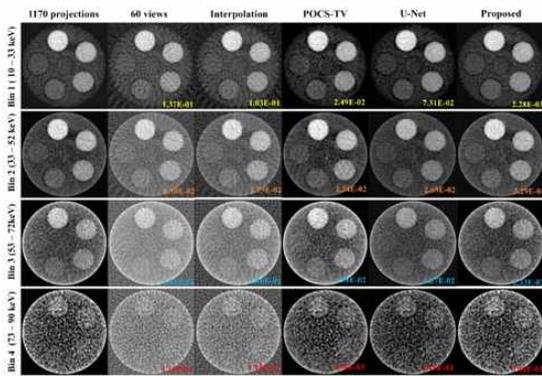


Fig. 10 Reconstruction results at Bin 1 (10-33 keV), Bin 2 (33-52 keV), Bin 3 (53-72 keV), and Bin 4 (73-90 keV) by 1170 projections, sparse views (60 views), interpolation, POCS-TV, U-Net, and proposed method at 60-view reconstruction. The numbers written below the images are the normalized mean square error values.

<게재 현황 및 대표 그림>

|                          |  |               |                        |        |     |
|--------------------------|--|---------------|------------------------|--------|-----|
| 연번                       | 3  | 실적 구분         | 논문                     | 참여대학원생 | 이동연 |
| 성과 일자                    | 202106<br>(accepted)   |               | 제1저자                   | 이동연    |     |
| 실적 제목                    | Improvement of megavoltage computed tomography image quality for adaptive helical tomotherapy using cycleGAN-based image synthesis with small datasets |               |                        |        |     |
| 게재지 (저널명)                | Medical Physics  | Impact Factor | 2020 IF: 4.071         |        |     |
| 국내·국제 / SCI(E)·SCOPUS 구분 | 국제 SCI(E)  | 비고            | Q1,<br>JIF rank 27/186 |        |     |

**요약문**

□ 창의성 및 혁신성

- 기존 전립선 환자의 토모테라피 수행 시, 환자의 정확한 위치 조정을 위해 MVCT를 촬영함. 본 연구에서 제안하는 방법은 획득한 MVCT에 **딥러닝 기반 영상화질 향상 알고리즘을 적용**하여 kVCT와 유사한 화질의 영상을 생성함.
- 향상된 화질의 MVCT를 통해 방사선 치료기간 내 환자에게서 발생할 수 있는 해부학적 구조의 변화에 대응하는 **적용형 방사선 치료를 수행하고자 선량학적인 평가**를 통해 제안하는 방법의 유용성을 평가함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 다학제 간 유기적 협력을 통해 **의료영상 재구성 기술과 딥러닝 기술의 융합**으로 적용형 방사선 치료의 품질을 향상시켰으며, 세계적 수준의 혁신적 연구를 기반으로 **차세대 의료방사선** 전문인력을 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 취지에 적합함.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 6월 Medical Physics (IF: 4.071) 저널에 채택된 논문으로 향상된 방사선 치료의 품질로 인해 환자의 치료 효과와 치료 계획 효율성을 최적화시킴으로써 **적용형 방사선 치료 기술 수준 증진**을 통해 국민 건강 공익 향상에 기여할 것으로 사료됨.

Received: 5 February 2021 | Revised: 20 July 2021 | Accepted: 30 July 2021

DOI: 10.1002/mp.15182

RESEARCH ARTICLE

MEDICAL PHYSICS

**Improvement of megavoltage computed tomography image quality for adaptive helical tomotherapy using cycleGAN-based image synthesis with small datasets**

Dongyeon Lee<sup>1,3</sup> | Sang Woon Jeong<sup>2,3</sup> | Sung Jin Kim<sup>3</sup> | Hyosung Cho<sup>1</sup> | Won Park<sup>4,3</sup> | Youngyih Han<sup>2,3</sup>

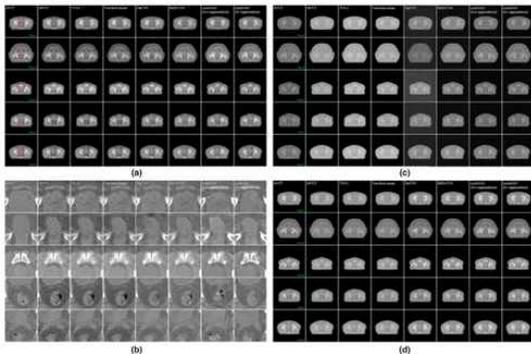


FIGURE 3 Examples of (a) axial slices of CT images for five test cases and (b) corresponding enlarged images inside red line box. (c) Normalized and (d) standardized CT images for further comparison. The display window range was set to [-500, 500] HU for kVCT and sKvCT images, and [-250, 250] HU for MVCT images

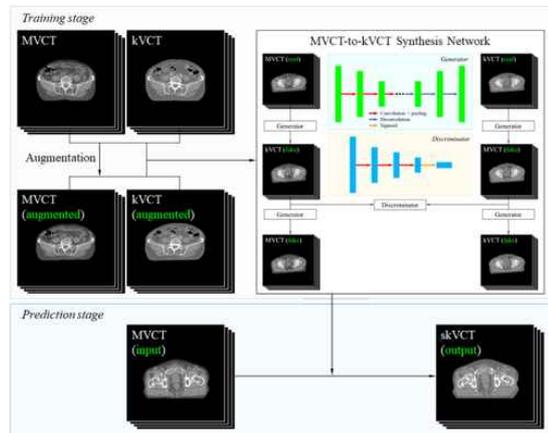


FIGURE 2 Simplified diagram of the proposed MVCT image quality improvement process. The structure of the cycleGAN model employed in the proposed algorithm includes two trainable parts: generators and discriminators. During the training process, generators and discriminators compete against each other to achieve convergence. Generators take charge of creating the fake images when the input data are provided. The paired planning kVCT and MVCT images are used as two inputs in the proposed algorithm after applying data augmentation

<게재 현황 및 대표 그림>

|                          |  |        |               |        |                   |
|--------------------------|--|--------|---------------|--------|-------------------|
| 연번                       | 4  | 실적 구분  | 논문            | 참여대학원생 | 천보위, 박효준          |
| 성과 일자                    |  | 202106 |               | 제1저자   | 천보위               |
| 실적 제목                    | Optimization of Target, Moderator, and Collimator in the Accelerator-based Boron Neutron Capture Therapy System: A Monte Carlo Study |        |               |        |                   |
| 게재지 (저널명)                | Nuclear Engineering and Technology   |        | Impact Factor |        | 2020 IF: 2.341    |
| 국내·국제 / SCI(E)·SCOPUS 구분 | 국제 SCI(E)  |        | 비고            |        | Q1, JIF rank 3/41 |

**요 약 문**

□ 창의성 및 혁신성

- 최신 **몬테칼로 전산모사 기술**을 기반으로 한 중성자 방사선 치료 시스템의 구성 요소에 대한 최적화 연구로서, **효율적인 시스템 구조 최적화 방법**에 대한 기술을 제안하였음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 방사선 치료에 적용되는 다양함 분야의 기술 중 하나인 중성자 방사선 치료에 대한 연구를 수행하였으며, 한국원자력과학기술원과의 공동 연구를 통해 **중성자 방사선 치료 시 최적의 중성자 선질을 형성하기 위한 Target, Moderator, Collimator 최적화 및 중성자 치료 시스템의 전산모사 모델링**을 위한 핵심적 기술을 개발함. 이는 정부 연구 기관과의 공동연구 확대의 일환으로 **의료 방사선분야의 첨단기술 연구에 부합하는 연구개발 내용임.**

□ 전공분야 기여도

- 2021년 6월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.341) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 천보위는 2017년 해당 주제에 대한 연구 과제를 수행함으로써 **국내 중성자 치료 연구** 수준을 향상시켰음.
- **몬테칼로 전산모사 기반의 시스템 최적화**를 통해 보다 효율적인 중성자 생성 및 전달이 가능하여 중성자 방사선치료 시 **효과적인 치료 행위가 가능하게 함.**

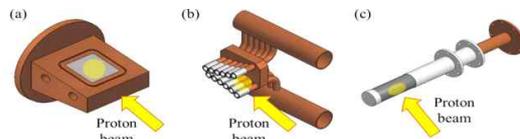


Fig. 1. 3D illustrations of 3 types of target geometry: (a) angled target, (b) rib target, and (c) tube target.

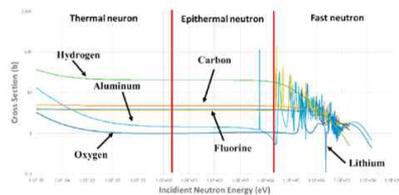


Fig. 2. Cross-section of neutron scattering according to energy of each material.

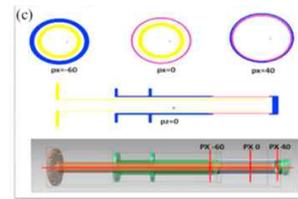
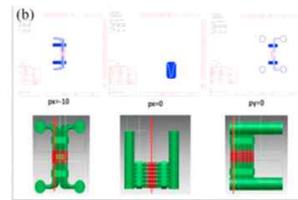
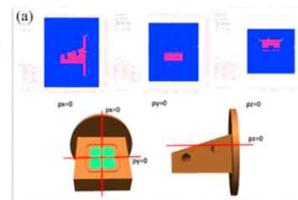


Fig. 5. Comparison of 3D CAD image and cross-section image: (a) angled target, (b) rib target, and (c) tube target with MCNP6 (upper) and CAD (lower).

<게재 현황 및 대표 그림>

### 3.2 참여대학원생 학술대회 발표 대표실적

#### ① 국내·외 학술대회 대표실적의 우수성

<표 3-3> 최근 1년간 참여대학원생 학술대회 대표실적의 우수성 (국내외 학술대회 발표 수상 실적)

|          |  |       |      |   |          |
|----------|--|-------|------|---|----------|
| 연번       | 1  | 실적 구분 | 학술대회 | 참여대학원생  | 이성연, 백민규 |
| 성과 일자    | 2020.11.12 - 2020.11.13  |       | 발표자  |   | 이성연      |
| 실적 제목    | Design of a Hemispherical Detector for Large Area Radiation Monitoring: Monte Carlo study  |       |      |   |          |
| 학술대회명    | 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6th Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) |       |      |   |          |
| 지도교수     | 정용현  | 수상명   |      | Applied Radiation Science Award: Outstanding Presentation |          |
| 국내·국제 구분 | 국제   | 발표 형식 |      | 포스터   |          |

#### 요 약 문

##### □ 창의성 및 혁신성

- 본 연구는 기존 방사선 감시 시스템의 낮은 민감도와 한정적인 유효 시야를 보완하고 광범위 구역에 유입되는 방사능 물질의 위치, 종류 그리고 세기 값을 측정할 수 있는 반구형 방사선 감시 시스템을 제안함.
- 감시 공간 내의  $2\pi$  방향을 324개의 방사선 스펙트로스코피로 구성된 반구형 검출기를 이용하여 감시함으로써, 높은 민감도와 핵종 구분 및 공간적인 감마선 분포 정보를 갖게 됨. GAGG 섬광체, 광전자증배관, 그리고 납 콜리메이터로 구성된 모듈이 각 독립된 유효 시야 면적을 감시하여 검출되는 방사선 신호의 계수 분포도를 기반으로 방사성 물질의 위치 및 세기를 영상으로 재구성하여 방사성 물질의 이동을 실시간 모니터링 함과 동시에 감시 공간 내의 선량 변화를 탐지할 수 있음을 증명함.

##### □ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 차세대 의료방사선 및 검출기에 대한 중요 기술을 국산화함으로써 수입에 의존하고 있는 방사선 검사 및 계측기기 개발 기술을 확보하였음. 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양 부합함.

##### □ 전공분야 기여도

- 본 연구에서 제안하는 감시 시스템은 유동인구가 많고 감시 면적이 넓은 공항만, 원자력 및 방사선 시설 등에서 원격 데이터획득 기술을 적용하여 사용할 경우, 광범위한 범위를 적은 인력으로 신속하게 측정/감시 할 수 있음. 이는 4차 산업혁명과 직결되는 ICT 융합관련 분야와 방사선 분야의 이종 과학기술 들 간의 창의적인 시스템 융합을 통해 새로운 가치 창출이 가능한 방사선 감시 또는 계측 및 측정 시스템을 제시함.

|  |   |       |       |        |          |
|--|---|-------|-------|--------|----------|
| 연번   | 2   | 실적 구분 | 학술대회  | 참여대학원생 | 이성연, 백민규 |
| 성과 일자  | 2020.11.25 - 2020.11.27   |       | 발표자   | 이성연    |          |
| 실적 제목  | 다방향 검출기를 이용한 3차원 방사선 감시 시스템 개발  |       |       |        |          |
| 학술대회명  | 2020 대한방사선방어학회 추계학술대회   |       |       |        |          |
| 지도교수   | 정용현   | 수상명   | 우수발표상 |        |          |
| 국내·국제 구분   | 국내  | 발표 형식 | 포스터   |        |          |
| 요 약 문  |   |       |       |        |          |
| <p>□ 창의성 및 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 연구는 기존 방사선 감시 시스템의 낮은 민감도와 한정적인 유효 시야를 보완하고 광범위 구역에 유입되는 방사능 물질의 위치, 종류 그리고 세기 값을 측정할 수 있는 반구형 방사선 감시 시스템을 제안함.</li> <li>○ <b>감시 공간 내의 <math>2\pi</math> 방향을 324개의 방사선 스펙트로스코피로 구성된 반구형 검출기를 이용하여 감시함으로써, 높은 민감도와 핵종 구분 및 공간적인 감마선 분포 정보를 갖게 됨.</b> GAGG 섬광체, 광전자증배관, 그리고 납 콜리메이터로 구성된 모듈이 각 독립된 유효 시야 면적을 감시하여 검출되는 방사선 신호의 계수 분포도를 기반으로 방사성 물질의 위치 및 세기를 영상으로 재구성하여 방사성 물질의 이동을 실시간 모니터링 함과 동시에 감시 공간 내의 선량 변화를 탐지할 수 있음을 증명함.</li> </ul> <p>□ 비전과 목표와의 부합성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 교육연구팀에서 추구하는 <b>차세대 의료방사선 및 검출기에 대한 중요 기술을 국산화함으로써 수입에 의존하고 있는 방사선 검사 및 계측기기 개발 기술을 확보하였음.</b> 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 <b>의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양</b> 부합함.</li> </ul> <p>□ 전공분야 기여도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 연구에서 제안하는 감시 시스템은 유동인구가 많고 감시 면적이 넓은 공항만, 원자력 및 방사선 시설 등에서 원격 데이터 획득 기술을 적용하여 사용할 경우, 광범위한 범위를 적은 인력으로 신속하게 측정/감시 할 수 있음. <b>이는 4차 산업혁명과 직결되는 ICT 융합관련 분야와 방사선 분야의 이종 과학기술 들 간의 창의적인 시스템 융합을 통해 새로운 가치 창출이 가능한 방사선 감시 또는 계측 및 측정 시스템을 제시함.</b></li> </ul> |   |       |       |        |          |
| 연번   | 3   | 실적 구분 | 학술대회  | 참여대학원생 | 박효준      |
| 성과 일자  | 2021.04.28 - 2021.04.30   |       | 발표자   | 박효준    |          |
| 실적 제목  | Evaluation of ESR-dose Response in Neutron Dosimetry for Environmental Qualification of the Nuclear Power Plant |       |       |        |          |
| 학술대회명  | 2021 대한방사선방어학회 춘계학술대회   |       |       |        |          |
| 지도교수   | 민철희   | 수상명   | 우수발표상 |        |          |
| 국내·국제 구분   | 국내  | 발표 형식 | 구연    |        |          |
| 요 약 문  |   |       |       |        |          |

- 창의성 및 혁신성
  - 알라닌/ESR 선량계를 사용한 방사선량 평가 기술로서, 기존의 알라닌/ESR 선량계는 방사선의 선질과 관계 없이  $^{60}\text{Co}$ 에 대한 반응곡선만을 사용하므로 보다 정확한 선량평가를 위하여 중성자에 대한 ESR 신호-시료선량 교정 반응곡선 함수 도출을 제안함.
  - 중성자의 경우 물질과의 반응 기전, 물리적·생물학적 영향 등이 광자선과 다르기 때문에 측정하신 방사선장의 선질에 따라 선량계의 교정 함수를 다르게 적용할 경우 선량 평가 정확도가 향상될 수 있음.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 한국방사선진흥협회와의 협력 연구가 수행되었으며, 해당 기관은 현재 국내에서 해당 분야에 대한 가장 높은 수준의 연구 수준을 보유함. 이러한 해당 기관과의 협력연구는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 방사선융합공학 신기술 연구 능력 및 세계적 수준의 연구 능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.
- 전공분야 기여도
  - 2021년 4월 대한방사선방어학회 춘계학술대회에서 발표된 논문으로, 주저자인 박효준은 연구 결과를 바탕으로 해당 학회에서 우수논문상을 수상함. 따라서 본 연구 결과는 해당 분야에 대한 국내 연구 수준 향상에 기여함.
  - 알라닌/ESR 선량계는 현재 원자력발전소 내환경검증 및 방사선 치료 선량 평가 등 다양한 분야에 사용되고 있으므로, 선량평가 정확도 향상을 통해 해당 분야의 연구 수준 발전에 기여할 수 있음.

|          |  |       |                           |        |          |
|----------|--|-------|---------------------------|--------|----------|
| 연번       | 4  | 실적 구분 | 학술대회                      | 참여대학원생 | 윤창수, 연제형 |
| 성과 일자    | 2021.05.15 - 2021.05.20  |       | 발표자                       | 윤창수    |          |
| 실적 제목    | Changes in Correlation Between Metabolites Due to Acute Stress in Mouse Hippocampus using Proton Magnetic Resonance Spectroscopy |       |                           |        |          |
| 학술대회명    | International Society for Magnetic Resonance in Medicine (2021 ISMRM)  |       |                           |        |          |
| 지도교수     | 한봉수  | 수상명   | Educational Stipend Award |        |          |
| 국내·국제 구분 | 국제   | 발표 형식 | 포스터                       |        |          |
| 요 약 문    |  |       |                           |        |          |

- 창의성 및 혁신성
  - 자기공명분광(Magnetic Resonance Spectroscopy; MRS)은 조직의 대사물질 양을 비침습적으로 알 수 있지만, 급성 스트레스가 뇌 대사물질 간 유기적인 연결성에 미치는 영향을 관찰할 수 없으므로 자기공명분광 데이터를 시간에 따라 연속으로 획득하여 급성 스트레스가 쥐 해마의 대사물질 간 연결성에 미치는 영향을 상관계수를 사용하여 발견함.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 본 연구 핵심인 시간에 따른 대사물질 간 상관계수를 통한 유기적인 연결성 변화관찰은 다양한 연구 분야의 기법으로 사용되었으나 자기공명분광 영역에서 적용된 사례가 없음. 따라서 다양한 연구 분석 방법이 본 연구에 적용될 수 있다는 점을 증명하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 방사선융합공학 신기술 연구 능력 및 세계적 수준의 연구 능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.

□ 전공 분야 기여도

- 자기공명분광 데이터를 본 연구의 목적에 맞게 획득하였고 급성 스트레스가 대사물질 간 연결성에 영향을 주는 유기적인 관계를 해석하였음. 급성 스트레스의 효과가 유기적으로 밀접하게 연결된 대사물질들이 영향을 받을 수 있다는 점을 증명함.
- 지속적인 급성 스트레스가 만성 정신질환이 될 수 있다는 점에서, 대사물질 간 유기적인 연결성을 통하여 향후 임상에서 환자 진단을 위한 병소 예측 및 단계적 치료에 기여할 수 있을 것으로 판단 됨.

② 국내·외 학술대회 발표실적 목록

<표 3-4> 최근 1년간 참여대학원생 국내·외 학술대회 발표실적 목록

| 연번 | 실적정보                      |   |  |          |       |       | 참여 대학원생 성명 | 발표자 성명 | 지도 교수 성명 |
|----|---------------------------|---|--|----------|-------|-------|------------|--------|----------|
|    | 개최 년월                     | 실적명   | 학회명  | 국내 국제 구분 | 개최 국가 | 발표 방식 |            |        |          |
| 1  | 2020. 09.18               | Overview of Monte Carlo Studies for Treatment Device Modeling in Radiation Therapy  | 2020 한국의학물리학회 추계학술대회   | 국내       | 대한민국  | 포스터   | 박효준        | 박효준    | 민철희      |
| 2  | 2020. 09.18               | Evaluation of prompt gamma and positron emitter properties for in-vivo dose verification of carbon-ion therapy: A Monte Carlo study | 2020 한국의학물리학회 추계학술대회   | 국내       | 대한민국  | 구연    | 천보위 박효준    | 천보위    | 민철희      |
| 3  | 2020. 11.03 - 2020. 11.04 | Investigation of the effect of 1H-MRS experiment on mice  | ASMRM & 8th International Congress on MRI & 25th Annual Scientific Meeting of KSMRM  | 국제       | 대한민국  | 포스터   | 연제형 윤창수    | 연제형    | 한봉수      |
| 4  | 2020. 11.12 - 2020. 11.13 | Design of a Hemispherical Detector for Large Area Radiation Monitoring: Monte Carlo study   | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제       | 대한민국  | 포스터   | 이성연 백민규    | 이성연    | 정용현      |

|    |                         |   |  |    |      |     |            |     |     |
|----|-------------------------|---|--|----|------|-----|------------|-----|-----|
| 5  | 2020.11.12 - 2020.11.13 | Preliminary results of nuclear monitoring system based on multi-sensor network and artificial intelligence  | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한민국 | 포스터 | 백민규<br>이성연 | 백민규 | 정용현 |
| 6  | 2020.11.12 - 2020.11.13 | Verification of the ESR-dose calibration curve for the Alanine/ESR dosimeter based on the Monte Carlo Method  | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한민국 | 구연  | 박효준        | 박효준 | 민철희 |
| 7  | 2020.11.25 - 2020.11.27 | 다방향 검출기를 이용한 3차원 방사선 감시 시스템 개발  | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 이성연<br>백민규 | 이성연 | 정용현 |
| 8  | 2020.11.25 - 2020.11.27 | 플라스틱 섬광체를 활용한 뮤온 단층촬영 시스템 설계 및 최적화  | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 백민규<br>이성연 | 박찬우 | 정용현 |
| 9  | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Verification of the ESR-Dose Calibration Curve for the Alanine/ESR Dosimeter: A Monte Carlo Study   | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 구연  | 박효준        | 박효준 | 민철희 |
| 10 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Optimization of Prompt Gamma Imaging and Positron Emission Tomography System for In-vivo Dose Verification in Carbon-ion Therapy: A Monte Carlo Study | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 구연  | 천보위<br>박효준 | 천보위 | 민철희 |

|    |                         |   |   |    |      |     |                          |     |     |
|----|-------------------------|---|---|----|------|-----|--------------------------|-----|-----|
| 11 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Proof-of-principle Experiment of Gamma Emission Tomography System for Spent Fuel Assembly Verification                  | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회  | 국내 | 대한민국 | 구연  | 백민규                      | 최형주 | 민철희 |
| 12 | 2021.01.18 - 2021.01.21 | Development of TET2DICOM program for conversion of tetrahedral-mesh phantoms to clinical DICOM-RT dataset               | 15 <sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association (2021 IRPA15) | 국제 | 대한민국 | 구연  | 천보위                      | 천보위 | 민철희 |
| 13 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | 플라스틱 섬광체와 WLS fiber를 활용한 뮤온 검출모듈 개발   | 2021 대한방사선방어 학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 백민규<br>강인수<br>이성연<br>정윤수 | 박찬우 | 정용현 |
| 14 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | 위치 추적 알고리즘을 적용한 반구형 방사성 물질 감시 시스템 개발  | 2021 대한방사선방어 학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 정윤수<br>이성연<br>강인수<br>백민규 | 정윤수 | 정용현 |
| 15 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | Preliminary study for integrated C-arm CT/SPECT technique for patient dose verification in high dose rate brachytherapy | 2021 대한방사선방어 학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한민국 | 구연  | 박효준<br>천보위               | 박효준 | 민철희 |
| 16 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | Evaluation of ESR-dose Response in Neutron Dosimetry for Environmental Qualification of the Nuclear Power Plant (NPP)   | 2021 대한방사선방어 학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한민국 | 구연  | 박효준                      | 박효준 | 민철희 |

|    |                         |   |  |    |      |     |   |     |     |
|----|-------------------------|---|--|----|------|-----|---|-----|-----|
| 17 | 2021.05.15 - 2021.05.20 | Changes in Correlation Between Metabolites Due to Acute Stress in Mouse Hippocampus using Proton Magnetic Resonance Spectroscopy      | International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM) | 국제 | 미국   | 포스터 | 윤창수<br>연제형                                    | 윤창수 | 한봉수 |
| 18 | 2021.06.27 - 2021.07.01 | Synthetic dual-energy chest radiography with explicit structural constrained adversarial learning                                     | 22nd International Workshop on Radiation imaging Detectors             | 국제 | 벨기에  | 포스터 | 이민재<br>임영환                                    | 이민재 | 조효성 |
| 19 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | The effect of Glutamate levels over time on acute stress study in hippocampus of mouse : Proton magnetic resonance spectroscopy study | 대한전자공학회<br>2021년도<br>하계종합학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 연제형<br>윤창수                                    | 연제형 | 한봉수 |
| 20 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | 위상차 엑스선 영상의 모아레 인공물 제거를 위한 회전각도 분석  | 대한전자공학회<br>2021년도<br>하계종합학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 이현우<br>임현우<br>전두희<br>이민재<br>김우성<br>임영환<br>심지용 | 이현우 | 조효성 |
| 21 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | U-net 기반 그리드 라인 아티팩트 제거   | 대한전자공학회<br>2021년도<br>하계종합학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 전두희<br>김우성<br>이민재<br>임현우<br>이현우<br>임영환<br>심지용 | 전두희 | 조효성 |
| 22 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | 저선량 CT의 노이즈 제거를 위한 NSCT 및 GAN 기반 하이브리드 딥러닝 프레임워크  | 대한전자공학회<br>2021년도<br>하계종합학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 김우성<br>임현우<br>이현우<br>이민재<br>전두희<br>임영환<br>심지용 | 김우성 | 조효성 |

|    |                         |   |  |    |    |    |     |     |     |
|----|-------------------------|---|--|----|----|----|-----|-----|-----|
| 23 | 2021.07.25 - 2021.07.29 | Reconstruction of DRR-like kV-DR using cycleGAN-based image synthesis for intra- and extracranial SRT/SRS | AAPM 2021 63rd Annual Meeting & Exhibition | 국제 | 미국 | 구연 | 이동연 | 이동연 | 조효성 |
|----|-------------------------|---|--|----|----|----|-----|-----|-----|

### 3.3 참여대학원생 특허 실적의 우수성

#### ① 국내·외 특허(출원·등록) 실적의 우수성

<표 3-5> 최근 1년간 참여대학원생 특허 실적의 우수성

| 연번  | 실적정보       |                               |      |    | 등록<br>(출원)<br>번호 | 총<br>발명자<br>수 | 참여<br>대학원생<br>성명 | 참여<br>교수<br>성명 |
|---|------------|-------------------------------|------|----|------------------|---------------|------------------|----------------|
|   | 실적연월       | 특허명                           | 국가   | 구분 |                  |               |                  |                |
| <b>요약문</b>  |            |                               |      |    |                  |               |                  |                |
| 1   | 2020.09.15 | 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 장치 및 방법 | 대한민국 | 등록 | 10-2158268       | 5             | 윤창수              | 한봉수            |
| <p><input type="checkbox"/> 창의성 및 혁신성<br/>본 발명은 자기공명분광법을 이용한 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 방법에 있어서 <b>뇌 영역별 대사물질의 시계열 데이터를 획득, 뇌 네트워크의 구현, 네트워크 파라미터를 이용한 뇌 대사물질별 연결성 분석</b>에 관한 것임.</p> <p><input type="checkbox"/> 비전과 목표와의 부합성<br/>본 발명은 자기공명분광법을 이용한 차세대 융합기술로써 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 <b>의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양</b> 부합함.</p> <p><input type="checkbox"/> 전공분야 기여도<br/>자기공명분광영상기법 기반의 뇌 대사물질 변화를 위한 모니터링 기술을 개발하였으며, 파라미터 변화에 따른 데이터의 유연성을 검증하였음. 이를 통해 <b>뇌 대사물질의 네트워크를 구현하는데 있어서 분석 정확도를 향상</b>시킴.</p> <p><input type="checkbox"/> 업적물 산출 시 기여한 역할<br/>뇌 대사물질의 시계열 데이터의 획득 및 뇌 네트워크의 구현, 파라미터 변화에 따른 뇌 대사물질별 연결성을 구현하는데 기여함.</p> <p><input type="checkbox"/> 산업에의 기여<br/>다중 복셀 MRS 데이터를 이용하여 대사물질별 뇌의 구조적 연결성을 나타내는 뇌 대사물질 분석 기법</p> |            |                               |      |    |                  |               |                  |                |

및 뇌 네트워크 방법을 함께 제공함으로써, 향후 임상 분야에서 다양한 뇌질환 진단 및 치료에 적용 가능할 것으로 판단되며, 신약개발 분야에서도 뇌신경 질환 치료제 개발을 위한 표준 지표로 활용될 수 있을 것으로 예상됨.

|   |            |  |      |    |            |   |     |     |
|---|------------|--|------|----|------------|---|-----|-----|
| 2 | 2020.10.22 | 자기공명분광 기반 뇌 대사물질에 대한 시변함수를 이용한 뇌 대사물질 네트워크 생성 시스템 및 방법 | 대한민국 | 등록 | 10-2170977 | 6 | 윤창수 | 한봉수 |
|---|------------|--|------|----|------------|---|-----|-----|

□ 창의성 및 혁신성  
본 발명은, 뇌 대사물질을 모니터링하기 위해, 뇌의 특정 영역에 대해 자기공명분광학장비를 이용하여 **뇌 대사물질의 스펙트럼 및 시변함수를 획득하고, 뇌 대사물질 네트워크를 생성하는 시스템 및 방법**에 관한 것임.

□ 비전과 목표와의 부합성  
본 발명은 자기공명분광법을 이용한 차세대 융합기술로써 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양** 부합함.

□ 전공분야 기여도  
본 발명은 상관 계수 (correlation coefficient)를 통해 뇌의 영역들 간 대사물질의 상호 연관성을 밝히는데 기여하였음. 이를 통해 **뇌의 기능적 네트워크를 통해 연결된 두 영역간의 대사물질 네트워크를 해석함으로써 뇌 대사 상호작용과 메커니즘을 규명** 할 수 있게 되었음.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할  
뇌 대사물질을 모니터링하기 위한 생체 신호 획득 및 처리, 대사물질의 농도 산출/보정, 뇌 대사물질 네트워크 생성 단계를 규명하는데 기여함.

□ 산업에의 기여  
본 발명으로부터 개발된 뇌 대사물질 네트워크 시스템은 향후 뇌 질환의 진단과 치료 방법 개발에 있어서 **보다 정확하고 정밀한 정보를 제공할 수 있으며, 임상에서 다양한 환자들을 대상으로 치료과정을 모니터링하고 평가하는데 지표로 사용**될 수 있음.

|   |            |                                      |      |    |                 |    |     |                   |
|---|------------|--------------------------------------|------|----|-----------------|----|-----|-------------------|
| 3 | 2020.11.19 | 사용후 핵연료집합체 내에서의 핵연료봉 결손검출장치 및 결손검출방법 | 대한민국 | 출원 | 10-2020-0174782 | 10 | 백민규 | 민철희<br>안재준<br>정용현 |
|---|------------|--------------------------------------|------|----|-----------------|----|-----|-------------------|

□ 창의성 및 혁신성  
○ 단일광자방출단층촬영 기술을 응용하여 원자력발전소 내 핵연료봉의 무단 반출 등을 막기 위한 감시 방법 및 시스템을 제안함. 해당 기술은 사용후 핵연료집합체에서 **각각의 핵연료봉의 감시가 가능**하게 하는 **최신 기술**임.

□ 비전과 목표와의 부합성  
○ 의료영상분야에 주로 사용되고 있는 단일광자방출단층촬영기술을 원자력 발전소 감시 시스템에 응용한 것으로 다양한 분야 간의 교차 연구를 통해 향상된 방사선 영상 기술 연구능력을 배양시키 위함임.

이는 의료방사선 및 방사선·원자력 안전 분야의 핵심적 기술을 위한 개발로써 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.

□ 전공분야 기여도

- 사용후 핵연료집합체로부터 방출되는 총 방사선량 등의 분석만 가능한 기존의 방법과 비교하여 해당 기술은 각각의 핵연료봉에 대한 결손, 분실 등을 평가할 수 있음. 이는 향후 국내 방사선 및 원자력 안전 분야의 기술 수준을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 제시된 단일광자방출단층촬영 장치 제작을 위한 기하학적 구조 최적화를 수행하였으며, 실제 원리검증용 장비를 제작함. 또한, 해당 장비를 사용한 핵연료봉 감시 연구를 수행함으로써 해당 기술의 원리 검증 및 유효성 평가를 수행 함.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 방사선·원자력 안전 관련 기술 발전에 기여하였으며, 해당 결과는 향상된 장비 개발의 기초 자료로 활용될 뿐 아니라 국내 방사선 안전 관리의 위상을 높이는데 기여할 수 있을 것으로 사료됨.

|   |            |                              |      |    |                 |   |     |                   |
|---|------------|------------------------------|------|----|-----------------|---|-----|-------------------|
| 4 | 2020.12.07 | 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템 | 대한민국 | 출원 | 10-2020-0169648 | 7 | 백민규 | 민철희<br>안재준<br>정용현 |
|---|------------|------------------------------|------|----|-----------------|---|-----|-------------------|

□ 창의성 및 혁신성

- 본 발명의 자동경보시스템은 CNN 알고리즘을 이용해 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 인공지능 알고리즘(Convolution neural networks)을 수행함으로써 원자력시설의 무인감시 및 원자력발전소 및 방사능폐기물 처리시설의 관리를 용이하게 할 수 있는 최신 기술이다.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구는 최신 동향의 연구로 인공지능과 방사선 검출부, 광학영상기기 검출부, 그리고 특정 시간 내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하는 디지털신호처리부와 같이 핵시설 무인감시 자동경보 시스템의 기술개발과 관련된 연구임. 이는 본 교육연구팀의 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적인 수준의 연구능력 배양에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 최적화된 인공지능 기반의 방사선검출기 개발을 통해 미확인 핵물질을 탐지하거나 핵폐기물 저장고 및 핵물질 누출사고 감시등을 신속하게 수행 할 수 있음으로, 작업 종사자의 피폭 감소 및 효율적인 상황 대처에 기여할 것으로 사료 됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 재개발된 센서 네트워크 및 인공지능을 이용한 위치추적 시스템을 사용하기 때문에 작업자가 직접적으로 접근하기 난해한 장소의 다목적 환경감시 용도로 활용함으로써 인공지능의 우수한 방사선 감시 기기 시스템 적용 사례로 활용됨.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 방사능물질 감시 시스템 개발 분야의 최첨단 장비 개발의 기반이 될 수 있는 기술로써, 방사선

감시 시스템과 인공지능을 융합한 자동경보 시스템은 기술 수입 대체뿐만 아니라, 국내 방사선 감시 시스템 기기 산업 및 연구 분야의 발전에 기여할 것으로 판단됨.

|   |            |  |      |    |                 |   |     |     |
|---|------------|--|------|----|-----------------|---|-----|-----|
| 5 | 2021.04.20 | 다중 레벨 웨이브렛 인공지능 기반 선량 저 감화를 위한 컴퓨터 단층영상 재구성 방법 | 대한민국 | 출원 | 10-2021-0051285 | 5 | 이민재 | 조효성 |
|---|------------|--|------|----|-----------------|---|-----|-----|

- 창의성 및 혁신성
  - CNN으로 개발된 U-net 구조와 wavelet transform을 기반으로 한 딥러닝 모델이 사용되었고, 기존 CT 장비 대비 선량을 감소시키기 위해 sparse sampling 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 고화질의 영상이 구현 가능함을 증명하였음.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 최신 동향의 연구로 인공지능과 신경회로망 등과 같이 의료방사선 신기술 연구능력을 배양시키고 방사선 의료영상 분야의 핵심적 기술을 보유한 글로벌 인재를 양성하기 위한 본 교육연구팀의 목표에 부합함.
- 전공분야 기여도
  - 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 정밀 의료 진단을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 사료됨.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 기존의 방법에 비해 인공물을 더 효과적으로 제거함과 동시에 최소한의 선량으로 CT영상 화질을 향상시킴으로써 인공신경망의 우수한 성능 결과를 도출함.
- (지역)산업에의 기여
  - 국내 의료기기 개발 분야의 최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술로 활용될 뿐만 아니라 수입대체는 물론 해외 기술 수출을 통한 국제 경쟁력을 향상시킬 수 있으며, 국내 의료기기 산업 발전에 기여할 것으로 판단됨.

|   |            |                   |      |    |            |   |     |                   |
|---|------------|-------------------|------|----|------------|---|-----|-------------------|
| 6 | 2021.05.14 | 핵연료집합체의 방출단층 촬영장치 | 대한민국 | 등록 | 10-2254651 | 6 | 백민규 | 민철희<br>안재준<br>정용현 |
|---|------------|-------------------|------|----|------------|---|-----|-------------------|

- 창의성 및 혁신성
  - 원자력 발전소 내부의 사용후 핵연료 집합체의 방출단층촬영장치를 개발하여, 밀도가 높아 영상획득이 어려운 핵연료집합체에 대한 고민감도 영상 획득이 가능하도록 함.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 인체와 비교하여 높은 밀도로 인하여 보다 명확한 영상 구현이 어려운 물체에 대하여 보다 정확한 단층촬영영상 촬영 장치를 개발하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.
- 전공분야 기여도

○ 핵연료봉집합체는 인체와 비교하여 높은 밀도로 인해 단층촬영영상 획득이 매우 어려움. 이와 같은 물체의 영상을 효율적으로 획득 할 수 있는 장치를 개발함으로써 보다 **첨단의 방사선 영상 장비 개발을 위한 기술 기반 확보에 기여**하며, 향후 **국내 방사선 영상 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

○ 검출 해상도 및 민감도의 극대화를 위하여 몬테칼로 전산모사를 통해 **시스템의 기하학적 구조 최적화를 수행**함. 또한, 해당 장비 및 기술의 검증을 위하여 **원리검증용 장비 제작 및 선원에 대한 실험을 수행**함.

□ (지역)산업에의 기여

○ 국내 **방사선·원자력 안전 기술 발전**에 기여하였으며, 해당 결과는 방사선 영상 분야 연구의 기초 자료 중 하나로써 **부가적으로 방사선 의료영상 분야의 기술 발전**에도 기여할 수 있을 것으로 사료됨. 또한, 국내 원자력 발전소에 대하여 보다 효과적인 안전관리가 가능하게 할 수 있을 것으로 기대됨.

|   |            |                     |      |    |            |   |     |     |
|---|------------|---------------------|------|----|------------|---|-----|-----|
| 7 | 2021.05.28 | 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법 | 대한민국 | 등록 | 10-2260156 | 3 | 천보위 | 민철희 |
|---|------------|---------------------|------|----|------------|---|-----|-----|

□ 창의성 및 혁신성

○ 몬테칼로 전산모사를 기반으로 방사선 치료 시 피부에 전달되는 선량을 평가하는 기술을 제안함. 현재 상용화된 치료 선량 평가 기술은 피부에 대한 선량을 정확하게 평가할 수 없으며, 해당 기술은 정확한 피부 선량 평가가 가능하게 하는 **최신 선량 평가 기술**임.

□ 비전과 목표와의 부합성

○ 방사선 방호 분야에서 최신 연구 결과로 발표된 다면체 모의피폭체를 방사선 치료 분야에 응용하여 **환자 특성을 고려한 모의피폭체를 개발하고, 이에 대한 장기 및 피부에 대한 선량평가 기술을 개발한 것으로써** 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양** 부합함.

□ 전공분야 기여도

○ 몬테칼로 전산모사를 사용하여 환자 특성을 고려한 다면체 모의피폭체를 제작, 환자에 전달되는 선량 분포를 정확하게 평가하는 기술로, 기존에 사용되는 복셀 기반의 선량 평가 기술과 비교하여 선량 평가 정확도가 높음. 이는 향후 **국내 방사선 치료 및 방사선 선량 평가 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

○ **다면체 모의피폭체를 몬테칼로 전산모사 환경에 구현**할 수 있도록 알고리즘을 제작하였으며, 이를 기반으로 방사선 조사 시 **인체 선량 분포를 평가할 수 있는 기술**을 개발함. 또한, 해당 기술의 검증을 위하여 실제 방사선치료계획을 전산모사하여 **해당 기술의 신뢰성 및 유효성을 검증** 함.

□ (지역)산업에의 기여

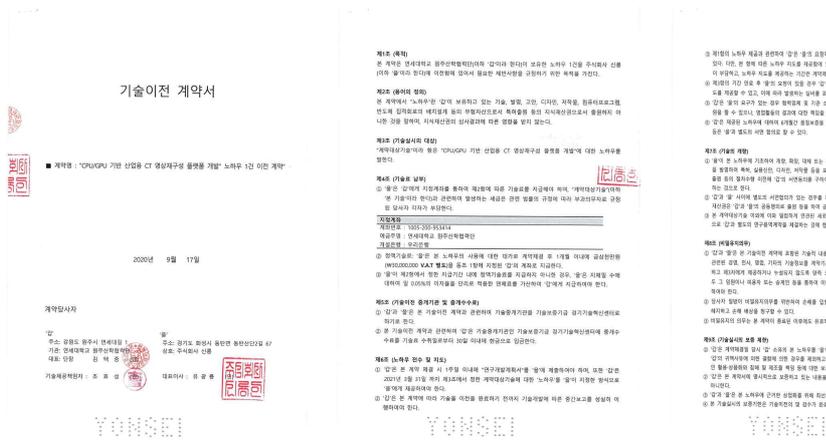
○ 국내 **방사선치료 기술 발전**에 기여하였으며, 특히 치료 후 **환자의 부작용 감소**에 효과적으로 기여할 수 있을 것으로 판단됨. 또한, 해당 기술을 사용하여 향후 개발 될 **첨단 방사선 치료 기술의 유효성 검증**이 가능 할 것으로 판단됨.

### 3.4 참여대학원생 기술이전 실적의 우수성

<표 3-6> 최근 1년간 참여대학원생 기술이전 실적의 우수성

| 연번         | 실적정보       |                                |          | 등록<br>(출원)<br>번호 | 총<br>실적<br>인원수 | 참여<br>대학원생<br>성명 | 참여<br>교수<br>성명 |
|------------|------------|--------------------------------|----------|------------------|----------------|------------------|----------------|
|            | 실적연월       | 기술명                            | 기업<br>구분 |                  |                |                  |                |
| <b>요약문</b> |            |                                |          |                  |                |                  |                |
| 1          | 2020.09.17 | CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상재구성 플랫폼 개발 | (주) 신룡   | 노하우              | 산업기술           | 4                | 김우성<br>조효성     |

- 창의성 및 혁신성
  - 본 기술은 CPU 및 GPU 기반 computed tomography(CT) 재구성 및 영상 화질 개선에 관한 알고리즘에 관한 것으로 산업체 분야에서 품질 관리를 위한 검사에 사용되는 Industrial CT를 위한 기술임.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 최신 동향의 연구로 GPU 가속화 알고리즘 등과 같은 기법을 융합한 재구성 및 영상화질 개선 기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육 연구팀의 산업방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적인 연구능력 배양에 부합함.



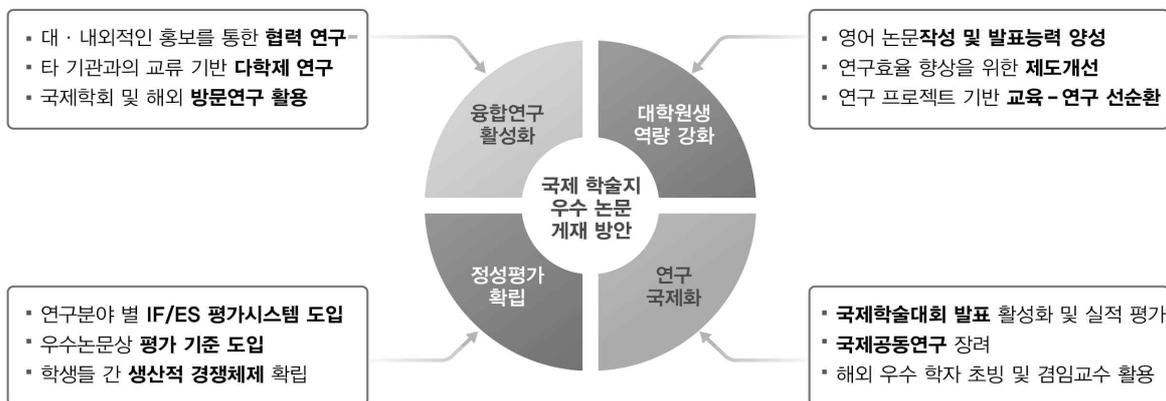
<기술이전 계약서 사본>

- 전공분야 기여도
  - 본 노하우는 기존에 개발되어 있던 CPU 기반 알고리즘을 GPU 가속화를 통해 알고리즘 속도를 개선하고 이를 Industrial CT에 적용함으로써 방사선 활용 분야의 확장에 기여함.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 품질 검사용 Industrial CT는 주로 제품의 품질 검사를 통해 제품의 안정성 및 균일성을 확보함에 있음. 특히 품질 검사용 Industrial CT에서 중요한 부분은 검사 시간 단축에 있으며 본 연구는 GPU 가속화를 통해 더 빠른 검사 속도가 가능하도록 함.
- (지역)산업에의 기여
  - 본 노하우는 긴 검사 시간으로 문제가 되어왔던 Industrial CT에 시간적으로 우수한 알고리즘 적용으로 본 문제가 해결 될 것으로 기대하며, 전체 품질 검사 Process의 단축이 가능할 수 있음.

### 3.5 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획 (우수 논문, 학술대회, 특허, 기술이전, 창업 등)

#### □ 연구 성과 제고를 위한 지원제도 강화

- 국내·외의 우수 대학과 비교할 때 참여대학원생 수 대비 질적으로 우수한 연구실적을 보여주는 결과이지만, 의료방사선 분야의 세계 최고 수준으로 도약하기 위해서는 논문의 질과 1인당 환산 논문편수를 더 향상시키려는 노력이 필요함.
- 의료방사선 분야의 우수한 연구결과 도출을 위해 선진 연구팀과의 국제 공동연구 활성화 프로그램을 확대·지원할 예정임.
- 논문의 질 향상을 위한 우수논문 시상제도를 시행할 예정임.
- 연구수월성 향상을 위한 영어논문작성법 교육 및 영문교정 경비를 지속적으로 지원할 계획임.



<국제 학술지 우수 논문 게재 방안>

#### □ 국제학술활동 및 국제교류 지원 강화

- 정기적 국제 연구 세미나, 학술대회 및 워크숍 참여를 통해 최신 연구결과 및 동향을 파악하고 각 분야의 최고 전문가들과 교류할 수 있는 인적 네트워크 형성을 독려함.
- 원활한 국제학술대회 참여 및 발표를 위해 외국어 강의 수 증대 및 대학원생 해외연수 제도의 활용을 통한 국제 수준의 학문 및 현장학습을 강화함(COVID-19 감염 사태에 의해 연기될 수 있음).
- 우수한 연구 실적을 창출하기 위한 대학원생의 국제학술대회 참가비와 해외 장·단기 연수 프로그램 등을 지원함(COVID-19 감염 사태에 의해 연기될 수 있음).

#### □ 연구몰입도 증진을 위한 연구환경 개선

- 대학원생들에게 지급되는 연구 조교비 및 장학금 제도를 지속적으로 확대함.
- 대학원생 전용공간(강의실, 세미나실, 대학원 연구실)을 확충하여 연구에 전념할 수 있는 여건을 추가적으로 마련함.
- 전체 대학원생의 방사선 작업종사자 등록을 통해 방사선안전 이력을 지속적으로 관리함.

- 교육연구팀 전체 연구실 및 연구 활동 종사자의 현황관리, 온라인 정기교육(6시간 또는 3시간/학기)을 철저히 수행하며 매년 자체평가를 수행함.
- 교육연구팀의 연구 활동 종사자를 위한 상해보험, 재산종합보험, 학생단체 상해보험, 교직원단체 안심보험 등을 가입함.

**□ 연구 수월성 증진을 위한 학위심사 제도 개선**

- 해외 우수학자 심사위원 위촉을 장려하며, 석사학위 심사 시 외부 심사위원 1인 및 박사학위 심사 시 외부 심사위원 2인 이상을 포함시키는 제도를 의무화 함.

#### 4. 신진연구인력 현황 및 실적

##### ① 신진연구인력의 확보 현황

- 본 교육연구팀은 다양한 매체 및 홍보활동을 통해 신진연구인력을 채용 공고를 게시하였으며, 지원자의 최근 3년간의 업적 (논문, 연구비 수주, 특허, 강의경력 등)을 종합적으로 평가하였음.
- 채용 구분은 박사후연구원, 연구교수, MIRAE Research Fellow로 구분하였으며, 2021년 4월 이도완 박사를 신진연구인력으로 채용하였음.

<표 4-1> 신진연구인력 채용 현황

| 신진연구인력 | 근로계약 기간                    | 소속                   | 비고                             |
|--------|----------------------------|----------------------|--------------------------------|
| 이도완 박사 | 2021.04.01 -<br>2022.03.31 | 연세대학교 미래캠퍼스<br>방사선학과 | 박사후연구원<br>(2021년도 2학기 연구교수 발령) |

##### ② 신진연구인력의 교육·연구 실적

<표 4-2> 신진연구인력의 교육 실적

| 신진연구인력 | 교육기간                       | 과목명              | 주당 강의시수 | 학점  |
|--------|----------------------------|------------------|---------|-----|
| 이도완 박사 | 2021.03.01 -<br>2021.08.31 | 의학용어             | 2       | 2   |
|        | 2021.03.01 -<br>2021.08.31 | 방사선일반촬영학         | 4       | 3   |
|        | 2021.03.01 -<br>2021.08.31 | 방사선학개론 및 실험(팀티칭) | 1       | 0.8 |

- 신진연구인력은 현재 4단계 BK21 사업에 2021년도 4월부터 고용되어 참여기간이 상대적으로 짧아(약 4개월) 연구실적을 확보하지 못하였으며, 현재 우수한 연구성과를 창출하기 위해 지속적인 연구를 수행 중에 있음.

##### ③ 신진연구인력 지원 및 제도 운영 실적

###### □ 신진연구인력 연구환경 개선

- 최소 3년 이상의 다년계약을 통한 안정적 연구환경을 제공함.
- 채용일을 기준으로 정기 유급휴가를 지원함(1년초과 근무자: 연간 80%초과 근무시 10일의 연차휴가, 1년미만 근무자: 연간 80%미만 근무시 1일/1개월의 연차휴가; 휴가신청: 교육연구팀장의 허가 필요).
- 신진연구인력의 경력에 따라 지정된 급여를 기반으로 지출되는 4대보험의 기관부담금 및 퇴직금은 법적 규정에 따라 지급함.

###### □ 신진연구인력 교육 및 연구 지원 강화

- 전임교수(전임교원)와 우수 신진연구인력 간의 co-teaching을 통한 강의능력 향상 프로그램(Learning by Teaching)을 지원함. 단, 신진연구인력의 주당 강의 학점은 4단계 BK21 사업에서 권고하는 기준인 학기당 6학점 범위 이내에서 프로그램에 참여함.

- 산학협력단의 지원을 통해 연구기획 및 전문성 개발, 리더십 및 커뮤니케이션 기술, 연구과제 운영기술, 연구윤리 및 책임감 있는 연구수행 등에 대한 가이드라인을 제공하고 이를 교육함.
- 우수 논문 작성을 위한 전자도서관 사용, 학술정보검색 서비스 사용 등의 정보지원 인프라를 제공함.
- 이도완 박사는 MRI 영상 획득 및 생체 대사현상 분석 분야 전문가로서, 재직 기간 동안, 분자 수준의 화학교환포화전이 영상기법을 기반으로 다양한 생체 대사질환과 관련된 연구를 수행 중에 있으며, 울산대학교 의과대학, 서울아산병원, 아주대학교병원 등의 우수 연구진과의 협력에 중추적인 역할을 담당하고 있음.

**□ 신진연구인력 취업 지원 강화**

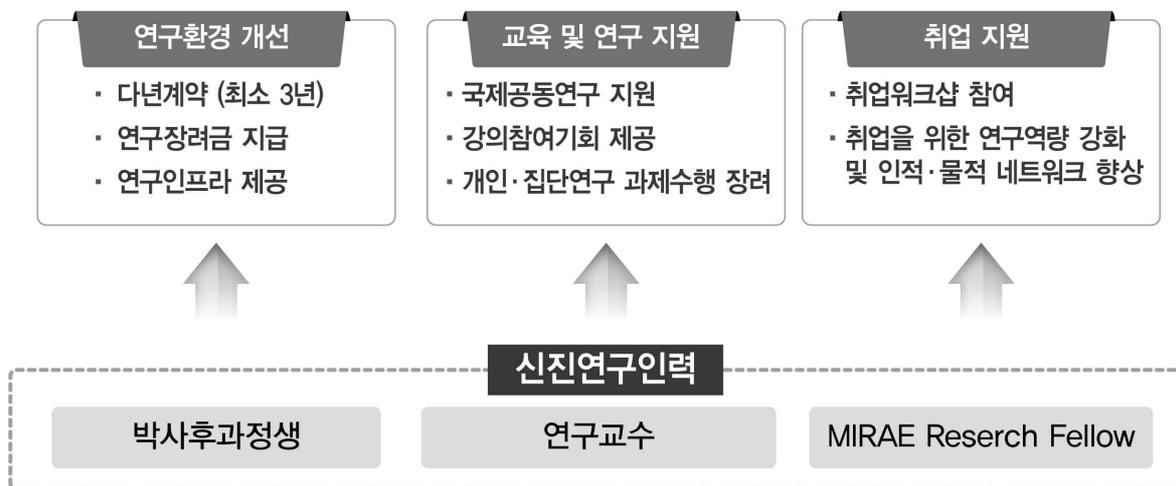
- 신진연구인력에 대한 채용-교육/연구-취업에 이르는 전주기적 관리지도 체제를 구축함.
- 신진연구인력의 향후 우수한 교육 및 연구기관으로의 취업을 제고하기 위한 다양한 취업워크숍, 연구성과관리 워크숍 등의 참석을 장려함.

**④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획**

**□ 신진연구인력 연구환경 개선**

- 운영위원회에서 계약기간 동안의 연구업적 등을 매년 평가하여 본 교육연구팀 소속으로 달성한 연구 성과물에 대해서는 재임용 시 가산점을 부과함.
- 채용된 신진연구인력에게 별도의 연구공간과 교육연구팀이 보유한 연구시설 및 전산모사 장비를 공유하여 과제수주, 학술발표 등의 연구 성과 도출에 활용함.
- 정기적인 신진연구자들의 만족도 조사 및 면담(연 1회 실시)을 통해 ‘연구몰입 환경’ 요구사항을 파악하여 환류함.

**□ 신진연구인력 교육 및 연구 지원 강화**



<신진연구인력 지원 계획>

〈표 4-3〉 신진연구인력의 2021년도 2학기 교육·강의 계획

| 신진연구인력 | 교육기간                    | 과목명      | 주당 강의시수 | 학점 |
|--------|-------------------------|----------|---------|----|
| 이도완 박사 | 2021.08.30 - 2022.02.28 | 방사선특수촬영학 | 3       | 3  |

- 주저자로 학술논문 발표 시 연 1회 국제 학술대회 참가를 지원함.
- SCI급 논문 출판 장려를 위한 논문 게재비와 연구 인센티브를 지원함.
- 국가연구과제 계획서 작성을 위한 다양한 교내·외 과제 워크숍에 참석할 수 있도록 행정적 지원을 제공함.
- 우수 논문 작성을 위한 전자도서관 사용, 학술정보검색 서비스 사용 등의 정보지원 인프라를 제공하며, 우수 특허출원을 장려하기 위한 서비스를 산학협력단과 연계하여 지원함.

**□ 신진연구인력 취업 지원 강화**

- 해외 우수 연구기관 및 산·학·연 연구 활동 참여를 통해 첨단 의료방사선 연구에 대한 본인의 연구역량 및 인적·물적 네트워크 구축을 지원함.

## 5. 참여교수의 교육역량 대표실적

| 참여교수명                          | 세부전공분야                     | 대학원 교육관련 대표실적물             | 실적 일자                      |
|--------------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| <b>참여교수의 교육관련 대표실적의 우수성</b>    |                            |                            |                            |
| 민철희, 정용현, 조효성, 한봉수, 염연수 (신임교원) | 방사선의료학<br>의학영상시스템<br>보건의물리 | 교육과정 개편을 위한<br>교육혁신위원회의 개최 | 2021.07.15.<br>2021.08.10. |

### □ 교육관련 대표실적

○ 연세대학교 일반대학원 방사선융합공학과 참여 교수진은 2021년 7월과 8월 두 차례 교육혁신 위원회의를 개최하여, 체계적인 의료방사선 특화 인재양성을 위해 국제의학물리전문인 교육과정 및 커리큘럼을 새롭게 개편하였음.

○ 새롭게 개편된 교육과정의 교과목(의학물리 선택 8과목, 필수 15과목, 실습 2과목) 구성 및 신규 개설 3과목(고급방사선량평가, 표준방사선량측정, 선형가속기 QA)은 IOMP 인준 기준 및 CAMPEP 인증 대학원 교육과정의 벤치마킹을 기반으로 구성되어 있음.



<대학원 교육과정 및 커리큘럼 개편을 위한 회의>

○ 이를 통해 세계적 수준의 교육을 제공하고, 이를 바탕으로 한 우수한 연구 성과는 다시 교과목 교육에 반영하여 지속적으로 교육의 질을 향상시키는 교육-연구 선순환 구조를 구축하여 운영 중에 있음.

○ 새롭게 개편된 교과과정은 본 교육연구팀의 비전 및 목표에 부합하고, 과학기술뿐만 아니라 산업·사회 전반에 걸친 다양한 문제들을 해결하는데 기여할 수 있는 창의적·도전적 의료방사선 분야의 혁신인재를 양성하는데 초점을 두고 있음.

### □ 실적의 우수성 및 향상된 교육효과

○ IOMP의 인증을 받은 본 교육과정을 이수한 대학원생은 86개국의 IOMP 회원국에서 의학물리학관련 자격증의 응시가 가능함.

○ 국제의학물리전문인 교육, 산·학·연 연계교육, ICT 기반 융합교육을 통해 배출되는 창의융합형 인재는 기술주도형 신산업을 창출하고, 미래 성장동력을 개발하는데 기여할 수 있음.

○ 다양한 분야의 공공기관 및 지역 산업체와의 연계교육을 통해 양성되는 산업 및 사회 수요기반의 현장맞춤형 인재는 지역 산업의 애로기술 해결, 경쟁력 강화, 신성장동력 확보에 일조할 수 있음.

○ 학생중심 교육·연구 프로그램을 통해 양성되는 우수한 의료방사선 전문인력은 세계적 수준의 혁신연구 성과를 창출하고 고부가가치의 첨단 융·복합 기술개발에 기여할 수 있음.

## 6. 교육의 국제화 전략

### 6.1 교육 프로그램의 국제화 현황 및 계획

#### ① 교육 프로그램의 국제화 현황 및 실적

##### □ 교육프로그램의 국제화를 위한 지원 강화

- 최근 1년간 본 교육연구팀은 국외 저명 연구진의 초청 및 연구심화 토론회의 개최를 활성화하여 핵심 고급인력의 안정적 육성을 제고하고 국제적 연구네트워크를 더욱 확장하였음.
- 해외 석학의 초청 강연을 통해 교육 및 연구과정의 국제화를 유도하였음.
- 참여대학원생의 해외연수기회 부여 및 외국대학과의 복수학위 제도 추진은 COVID-19 사태가 완화된 이후로 계획을 연기하였음.

<표 6-1> 교육연구팀의 교육·연구 환경 조성을 위한 학술교류 실적

| 개최년월       | 행사명                | 교류대상   | 해외석학초청 | 연구교류 |
|------------|--------------------|--|--------|------|
| 2021.01.28 | 해외석학 초청강연          | Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, USA<br>유도현 박사 | ●      | ●    |
| 2021.02.04 | 미래의료방사선 융합교육연구 워크숍 | National Cancer Institute, USA<br>염연수 박사                                 | ●      | ●    |

<표 6-2> 참여대학원생 외국대학과의 복수학위제도 운영 현황 및 실적

| 연번 | 공동연구 참여자 |      |                   | 상대국 / 소속기관                                 | 연구주제   | 연구기간      |
|----|----------|------|-------------------|--|--|-----------|
|    | 교육연구팀    |      | 국외 공동연구자          |  |  |           |
|    | 대학원생     | 지도교수 |                   |  |  |           |
| 1  | 신육근      | 민철희  | Sebastien Incerti | 프랑스 / University of Bordeaux / 외국대학과의 복수학위 | 양성자 치료 시 지연 DNA 손상 평가를 위한 Geant4-DNA 전산 플랫폼 개발 | 201711-현재 |

#### ② 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

##### □ 교육프로그램의 국제화를 위한 지원 강화

- 우수 외국인 교원 총원 확대: 기숙사 및 오피스텔 등의 숙소제공, 교육 및 연구의 보조가 가능한 조교 배정, 우수 외국인 신입교수의 경우 연구 정착금을 배정함.

- 해외 석학의 초청 강연 및 Joint Appointment 겸임교수 지정을 통해 교육 및 연구과정의 국제화를 유도함.
- 국제공동강의 활용: 원격강의를 통해 저명한 외국인 교수의 강의를 개설하고, 국외 타 대학 대학원생들과 토론할 수 있는 장을 마련함.
- 세계적 석학교수 초청 강연회 확대: 강연회 후 대학원생들과 소규모 그룹 토론회를 진행함.

## 6.2 참여대학원생 국제공동연구 현황과 계획

### ① 참여대학원생 국제공동연구 현황 및 실적

- 본 교육연구팀은 교육 프로그램의 국제화를 통해 의료방사선분야의 여러 선도적인 대학 및 연구소와 공동연구를 수행하기 위한 기반을 마련하였으며, 이를 기반으로 매년 참여대학원생의 국제공동연구의 기회를 확대 추진하고 있음.
- 참여 대학원생의 장기연수 계획은 COVID-19 사태의 완화 또는 종식 후로 연기 하였으며, 안정성 여부를 검토 한 뒤 매년 참여대학원생의 장기연수를 통한 국제 공동연구를 추진하기로 함.

<표 6-3> 참여대학원생의 국제공동연구 현황

| 연<br>번 | 공동연구 참여자   |      |   | 상대국 /<br>소속기관  | 연구주제   | 연구기간          |
|--------|------------|------|---|--|--|---------------|
|        | 교육연구팀      |      | 국외<br>공동연구자                                   |  |  |               |
|        | 대학원생       | 지도교수 |   |  |  |               |
| 1      | 박효준        | 민철희  | Harald Paganetti;<br>Jan Shuemann;<br>Jia Xun | 미국 /<br>Massachusetts<br>General Hospital and<br>Harvard Medical<br>School;<br>미국 /<br>UT Southwestern<br>Medical Center | 방사선 치료 분야의<br>몬테칼로 전산모사 기술<br>연구 및 향후 연구 동향<br>분석                  | 201904-현재     |
| 2      | 박효준<br>천보위 | 민철희  | Harald Paganetti;<br>유도현                      | 미국 /<br>Massachusetts<br>General Hospital and<br>Harvard Medical<br>School   | TOPAS 몬테칼로<br>전산모사 및 인형<br>모의피폭체를 통한<br>방사선 치료환자의<br>장기선량 평가 기술 개발 | 201909-현재     |
| 3      | 이성연        | 정용현  | Steven Meikle                                 | 호주 /<br>The University of<br>Sydney  | 3차원 방사선 모니터링<br>시스템 개발   | 202012-202102 |

<표 6-4> 참여대학원생의 국제공동연구 실적

| 연<br>번 | 공동연구 참여자   |                  | 상대국<br>/소속기관   | 국제 공동연구 실적  | DOI 번호/ISBN 등 관련<br>인터넷 link 주소  |
|--------|------------|------------------|--|---|--|
|        | 참여<br>대학원생 | 국외공동<br>연구자      |  |   |  |
| 1      | 박효준        | Harald Paganetti | 미국 /<br>Massachusetts<br>General Hospital<br>and Harvard<br>Medical School | Overview of Monte Carlo<br>Studies for Treatment<br>Device Modeling in<br>Radiation Therapy   | 2020 한국의학물리학회<br><a href="http://www.ksmp.or.kr/content/community/post_view.php?bt=8&amp;post_id=1980&amp;page=1&amp;type=&amp;cid=&amp;q=">http://www.ksmp.or.kr/content/community/post_view.php?bt=8&amp;post_id=1980&amp;page=1&amp;type=&amp;cid=&amp;q=</a> |
| 2      | 이동연        | 이소영              | 미국 /<br>Boston University<br>School of Medicine                            | Reconstruction of DRR-like<br>kV-DR using<br>cycleGAN-based image<br>synthesis for intra- and<br>extracranial SRT/SRS                               | AAPM 2021 63rd Annual<br>Meeting & Exhibition<br><a href="https://w4.aapm.org/meetings/2021AM/programInfo/programAbs.php?sid=9194&amp;aid=58174">https://w4.aapm.org/meetings/2021AM/programInfo/programAbs.php?sid=9194&amp;aid=58174</a>                       |
| 3      | 천보위<br>박효준 | 유도현              | 미국 /<br>Massachusetts<br>General Hospital<br>and Harvard<br>Medical School | Optimization of target,<br>moderator, and collimator<br>in the accelerator-based<br>boron neutron capture<br>therapy system: A Monte<br>Carlo study | <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573320309530">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573320309530</a>  |

## ② 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

### □ 국제공동연구 확대 추진

- 본 교육연구팀은 Harvard Medical School & Mass. General Hospital, Harvard Medical School & Boston Children's Hospital, University of Bordeaux 등의 의료방사선 관련 대학 및 병원과 실질적 연구성과를 도출할 수 있는 국제공동연구를 수행해 왔으며, 향후 더 많은 기관과 공동연구를 수행할 예정이다.
- The University of Sydney, Oklahoma State University, Pacific Northwest National Laboratory 등과 국제공동연구를 위한 논의를 추진하고 있으며, 의료방사선을 포함하는 방사선계획 및 핵 안보 관련 국제공동연구의 추진도 논의되고 있음.

### □ 국제 교류 활성화를 위한 지원 확대

- 국제 교류 성과 평가를 통한 인센티브 제도를 도입함.
- 연구 실적 평가를 통한 해외학회 및 해외연수 프로그램 지원을 확대함.
- 해외 우수 연구원 유치를 위한 국제 활동 지원을 확대함.

### Ⅲ

## 연구역량 영역

#### □ 연구역량 대표 우수성과

##### ① 대표 우수 논문 성과

| 실적 구분          | 논문  | 참여교수                              | 이동훈   |
|----------------|---|-----------------------------------|---|
| 실적 제목          | Amide Proton Transfer-weighted 7-T MRI Contrast of Myelination after Cuprizone Administration |                                   |   |
| 게재지 / 국가 / 지원처 | Radiology   | Impact Factor / 등록(출원) 번호 / 총 연구비 | 11.105 (2020 IF)  |
| 역할             | 교신저자  | 비고                                | 저널 상위 1.5% 이내 (Q1)<br>Rank in Radiology Category: 2/134 |

#### □ 창의성 및 혁신성

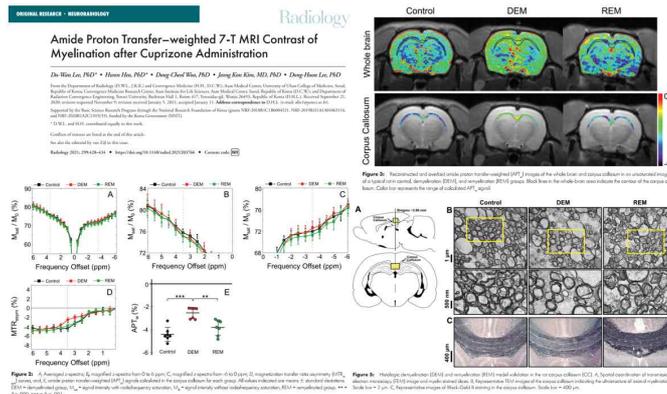
- 본 연구에서는 대뇌 대표적 백질 영역인 corpus callosum에서의 axon 및 myelin sheath의 손상에 의한 APT 대사변화를 정량적으로 관찰 한 연구임.

#### □ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구는 다발성경화증 질환과 관련된 **대뇌 신경다발 및 수초의 손상 기전과 관련하여 영상학적 바이오마커 발굴**을 통해 대사변화를 시각화한 연구이며, 이를 검증하기 위해 다양한 분자생물학적 연구를 통해 통합적인 질환 바이오마커를 발굴하였음. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료영상분야의 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.**

#### □ 전공분야 기여도

- **국내외적으로 최초로 시도된 연구로서 탈수초화 및 재수초화에 의한 뇌 손상/회복 기전을 영상학적 바이오마커 발굴 및 조직학적/면역화학적 검증을 통해 연구결과의 유효성을 증명하였음.**



<게재 현황 및 대표 그림>

#### □ 업적물 산출 시 기여한 역할

- **분자적 수준에서의 병변영역을 시각화하기 위한 최신훈료영상 기법을 개발하였으며, 생체 대사 현상을 비침습적인 뇌 맵핑 기술을 통해 정량적으로 관찰하는데 기여하였음.**

#### □ (지역)산업에의 기여

- 본 연구는 국내외적으로 처음으로 시도된 연구로서 다발성경화증과 같은 희귀 신경질환의 생체 대사현상을 분자적 수준에서 관찰할 수 있는 연구개발로서 **향후 임상에서 다양한 신경학적 질환으로 활용이 가능할 것으로 예상되며, 신약개발과 관련된 분야에서 다양한 근거자료를 제공할 수 있을 것으로 판단됨.**

② 대표 우수 특허 성과

| 실적 구분          | 특허  | 참여교수                              | 민철희   |
|----------------|---|-----------------------------------|---|
| 실적 제목          | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법,<br>다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법 |                                   |   |
| 계재지 / 국가 / 지원처 | PCT / 대한민국  | Impact Factor / 등록(출원) 번호 / 총 연구비 | PCT/KR2021/006918<br>10-2021-0051284<br>10-2018-0083579 |
| 역할             | 주발명자  | 비고                                | 기술이전 3건: (주)네오시스코리아<br>기술료: 50,000 천원                   |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 기술은 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기에 관한 것으로 플라스틱 섬광체(Polyvinyl toluene, PVT)와 반사체, 광전자증배관(photomultiplier tube, PMT)으로 구성되며, 통행로 설치되어 통행하는 물건 또는 사람으로부터 방출되는 방사선을 검출하는 기술임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 본 발명은 육각기둥 형태의 소형 PVT(Polyvinyl toluene)를 반복 배치하여 광자 포집율을 높이고 각 광전 자증배관(photomultiplier tube, PMT)를 통해 계수된 스펙트럼을 합하여 컴프턴 단애(compton edge) 영역의 비율을 극대화함으로써 측정효율의 향상에 기여함.

<기술이전 체결식 사진(좌) 및 기술이전 계약서 사본>

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 항만 또는 공항을 통과 하는 물체 또는 사람에서 방출되는 방사선을 손쉽게 검출하여 불법 방사성물질의 유통을 관리하거나 방사능에 오염된 물체 또는 사람이 출입할 수 없도록 모니터링하는 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법을 제공함.

□ (지역)산업에의 기여

- 본 발명은 통과되는 물체에서 방출되는 방사성물질을 민감하게 검출할 수 있어 불법적으로 유통되는 방사성물질의 통제가 가능하며, 방사능에 오염된 물체 또는 사람이 출입을 막을 수 있음.

③ 대표 연구비 수주 성과

| 실적 구분          | 연구비 수주                                   | 참여교수                            | 조효성                              |
|----------------|--|---------------------------------|----------------------------------|
| 실적 제목          | 범부처전주기의료기기연구개발사업<br>차세대 이동형 토모신세스 시스템 개발 |                                 |                                  |
| 개재지 / 국가 / 지원처 | 산업통상자원부                                  | Impact Factor / 등록(출원) 번호 / 계약액 | 120,000 천원/년<br>총 연구비 680,000 천원 |
| 역할             | 연구책임자                                    | 비고                              | 2020.09.01 ~ 2024.12.31          |

□ 창의성 및 혁신성

- 일차형 갠트리구조 차세대 DTS 시제품 설계 개발 및 이중에너지 엑스선 검출기 개발을 목적으로 함.
- DTS 영상화 기술 개발을 진행하여 저선량 및 고대조도, 인공지능 기반의 DTS 영상처리 기술을 개발함.
- 임상시험 및 인공지능 개술을 개발하여 영상 데이터베이스 구축 및 인공지능 기초연구를 진행하여 흉부 병변 검출용 인공지능 알고리즘을 개발함.
- 이중에너지 엑스선 검출기를 개발하여 이중에너지 및 단일에너지 물질분리 기반 DTS 영상화 기술을 개발함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀은 삼성서울병원 및 제이피아이헬스케어, 한국전기연구원과의 협력연구를 수행함으로써 연구역량을 강화함과 동시에 본 교육연구팀의 핵심 목표 중 하나인 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성에 부합함. 또한 저선량 및 고대조도 영상처리 기술 개발을 통해 4차 산업혁명시대의 미래지식 창출을 위한 의료방사선분야 전문화를 이루고자 함.

□ 전공분야 기여도

- 이동시 컴팩트한 폴딩 구조와 bedside에서 토모신세스 현장진단 촬영이 가능하도록 이중에너지(Dual Energy)영상화를 위한 DTS용 엑스선 검출기와 인공지능 기반 저선량 고대조도 이중에너지 토모 영상화 기술을 접목함.
- DTS 흉부 영상을 기반으로 한 병변 자동판별 인공지능 기술을 임상시험을 실시 적용하여 집중치료실, 응급실, 선별진료실 등 현장 진료(point-of-care) 환경에 최적화된 이동형 이중에너지 디지털 토모신세스 시스템을 개발함.
- COVID-19과 같은 폐질환을 동반하는 질병과 폐암 진단 등 긴급 및 치명적인 결과를 초래하는 임상에서 요구되는 수요 맞춤형 의료기기 개발을 통한 K-메디컬 발전에 기여할 것으로 사료됨.

□ (지역)산업에의 기여

- 인공지능 기반 흉부 토모신세스 영상을 통한 의료진단 체계의 효율성 개선
- 기존 저선량 CT(1mSv)촬영 대비 약 0.2mSv 정도의 저선량 촬영이 가능하며, 이동성을 겸비하는 세계최초의 토모신세스으로써 현장진료 환경의 임상적 수요에 부합하여 수요가 증대할 것으로 기대함
- 불필요한 고선량 방사선 검사 억제를 통한 국민 건강 향상에 기여
- 감염성 질환의 빠르고 정확한 판독기술로 전염병 확산 최소화

## 1. 참여교수 연구역량

### □ 실적 인정 기준

- 본 교육연구팀 참여교수의 연구 실적(논문, 학술대회, 특허, 기술이전) 인정기준은 다음과 같음.
  - 실적 기간 내에 최종 게재 완료 논문 및 accept letter를 확보한 논문을 대상으로 함. (단, 최근 1년간 참여교수의 사업 참여 기간 이후에도 게재된 논문이 있을 경우, 참여기간 내 accept letter를 확보한 경우 교육연구팀 및 참여교수의 실적으로 인정하였음.)
  - 실적 기간 내 출원·등록 완료된 특허, 체결 완료 된 기술이전을 대상으로 함.
  - 실적 기간 내 참가한 학술대회의 일정이 포함이 되었을 경우 대상으로 함.
- 참여교수의 연구비 수주계약 실적 인정기준은 다음과 같음.
  - 참여교수의 4단계 BK21 사업 참여 기간 내 수주한 신규 연구 과제 및 다년도 연구 수행 과제를 대상으로 선정함.
  - 상기 선정된 연구과제의 계약액(또는 계약액의 일부)이 본 소속기관에 입금된 날짜를 기준으로 설정하였으며, 계약액 입금일이 최근 1년간(2020.09.01 ~ 2021.08.31)의 실적기간 내 포함될 경우 실적으로 인정함.  
(단, 과제 지원처의 특성에 따라 입금일 확인이 불가능한 경우, 과제의 연구 기간이 실적 기간에 포함된다면 실적으로 인정 가능함.)

### 1.1 연구비 수주 실적

- 본 교육연구팀은 최근 1년간 총 2,618,450 천원의 연구과제 수주 계약 성과를 달성하였으며 (산업체 연구비 4건: 429,000 천원, 정부 연구비 19건: 2,077,450 천원, 기타(교내) 연구비 2건: 112,000 천원), 참여교수 1인당 평균 연구비 수주 계약액은 436,408.33 천원의 성과를 달성하였음.
- 연구과제 수주 계약 성과는 아래 표 7-1과 같이 지난 3년간(2017-2019) 연평균 연구비 수주 계약금액과 비교했을 때, 정부 과제 계약액은 51.39%, 산업체 과제 계약액은 74.33%, 총 연구비 수주 계약액 및 참여교수 1인당 평균 연구비 계약액은 61.80% 증가하여 우수한 실적을 달성하였다고 판단됨.
- 소속기관의 교내 연구비 112,000 천원을 확보하였으며, 이는 본 교육연구팀 참여교수의 우수한 연구역량을 뒷받침하는 대표적 성과 중 하나로 판단됨. 또한 향후에도 다양한 정부·산업체 연구를 주도적으로 수행하고, 참여대학원생의 교육·연구를 통해 창의적·도전적 인재를 양성할 수 있는 기틀을 마련하였음.
- 더 나아가 본 교육연구팀의 우수한 교육·연구역량을 바탕으로 과학기술·산업·사회 문제를 해결하는데 최상의 기여를 할 것으로 예상됨.

<표 7-1> 최근 1년간 참여교수의 정부, 산업체, 기타 연구과제 계약 실적

| 항 목                  | 수주액(천원)                           |  | 증감* | 증가율 (%) |
|----------------------|-----------------------------------|--|-----|---------|
|                      | 지난 3년간 (2017-2019) 연평균 연구과제 계약 실적 | 최근 1년간 (2020.9.1~2021.8.31) 연구과제 계약 실적 |     |         |
| 정부 연구비 수주 총 계약액      | 1,372,253                         | 2,077,450                              | +   | 51.39   |
| 산업체(국내) 연구비 수주 총 계약액 | 246,080                           | 429,000                                | +   | 74.33   |
| 기타 연구비 수주 총 계약액      | 0                                 | 112,000                                | +   |         |
| 총 연구비 수주 계약액         | 1,618,333                         | 2,618,450                              | +   | 61.80   |
| 참여교수 1인당 평균 연구비 계약액  | 269,722                           | 436,408.33                             | +   | 61.80   |

증감\*: 증가(+)

<표 7-2> 최근 1년간 (2020.9.1-2021.8.31) 참여교수의 연구과제 계약액 수주 실적

| 연 번 | 구 분   | 지원처       | 연구 책임자 | 사업명                | 과제명  | 연구비 계약액 (천원) | 연구기간                    |
|-----|-------|-----------|--------|--------------------|--|--------------|-------------------------|
| 1   | 정 부   | 원자력안전 위원회 | 민철희    | 원자력 안전위원회 - 용역     | 국내 생활방사선.능 측정 역량 강화를 위한 정부 차원의 지원방안 연구         | 30,000       | 2020.04.01 ~ 2020.09.30 |
| 2   | 산 업 체 | 주식회사 신룡   | 조효성    | 기업체-용역             | CPU/GPU 기반 산업용 CT영상 재구성 플랫폼 개발 고도화             | 132,000      | 2020.08.01 ~ 2021.03.31 |
| 3   | 정 부   | 한국연구재단    | 민철희    | 4단계 BK21사업         | 미래의료방사선 융합교육연구팀                                | 102,905      | 2020.09.01 ~ 2021.02.28 |
| 4   | 정 부   | 한국연구재단    | 이동훈    | 중견연구자지원사업          | 화학교환 포화전이 자기공명영상화를 이용한 생체 내 조직 pH 모니터링 진단기술 개발 | 94,635       | 2020.09.01 ~ 2023.02.28 |
| 5   | 교 내   | 연세대학교     | 정용현    | 대학원 혁신지원사업         | 미래캠퍼스 대학원 혁신지원사업(2020 본예산)                     | 110,000      | 2020.09.01 ~ 2021.02.28 |
| 6   | 정 부   | 산업통상자원부   | 조효성    | 범부처전주기 의료기기연구 개발사업 | 차세대 이동형 토모신세스 시스템 개발                           | 105,380      | 2020.09.01 ~ 2021.02.28 |
| 7   | 정 부   | 산업통상자원부   | 조효성    | 범부처전주기 의료기기연구 개발사업 | Cone Beam CT(CBCT)용 격자형 X선 그리드 개발              | 49,960       | 2020.09.01 ~ 2021.02.28 |

|    |             |                    |     |                          |   |         |                               |
|----|-------------|--------------------|-----|--------------------------|---|---------|-------------------------------|
| 8  | 산<br>업<br>체 | 주식회사<br>신룡         | 조효성 | 기업체-용역                   | 주식회사 신룡 /<br>노하우 기술이전 과제  | 33,000  | 2020.09.17<br>~<br>2021.09.16 |
| 9  | 교<br>내      | 연세대학교              | 정용현 | 융복합연구회                   | AI 기반 방사선 응용기술<br>융복합연구회(2020 융복합 연구회)                                      | 2,000   | 2020.12.01<br>~<br>2021.11.30 |
| 10 | 정<br>부      | 한국원자력<br>안전재단      | 정용현 | 원자력안전연<br>구사업            | 핵시설 무인감시 및 인공지능<br>기반의 자동경보 시스템 개발  | 200,000 | 2021.01.01<br>~<br>2021.12.31 |
| 11 | 정<br>부      | 한국원자력<br>안전재단      | 정용현 | 원자력안전연<br>구사업            | 3차원 위치검출용 뮤온 단층촬영<br>시스템 개발   | 30,000  | 2021.01.01<br>~<br>2021.12.31 |
| 12 | 산<br>업<br>체 | 주식회사<br>바텍         | 조효성 | 기업체-용역                   | 2021년 바텍과 VYSION 연구센터 간<br>산학공동연구   | 209,000 | 2021.01.02<br>~<br>2021.12.24 |
| 13 | 산<br>업<br>체 | 주식회사<br>바텍         | 조효성 | 기업체-용역                   | 치과용 영상 신기술 연구센터 운영  | 55,000  | 2021.01.02<br>~<br>2021.12.31 |
| 14 | 정<br>부      | 한국연구재<br>단         | 한봉수 | 중견연구자지<br>원사업            | 자기공명 확산텐서영상과<br>머신러닝을 이용한 수면 중<br>뇌척수액의 조직내 유입효과<br>모니터링 기술 개발              | 100,000 | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 15 | 정<br>부      | 재단법인<br>한국연구재<br>단 | 민철희 | 중견연구자지<br>원사업            | 즉발감마선/양전자방출체 측정기술<br>및 기계학습 알고리즘을 이용한<br>중입자치료 시 환자 체내 선량<br>분포의 정밀 평가기술 개발 | 150,000 | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 16 | 정<br>부      | 재단법인<br>한국연구재<br>단 | 민철희 | 4단계<br>BK21사업            | 미래의료방사선 융합교육연구팀   | 205,810 | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 17 | 정<br>부      | 한국연구재<br>단         | 정용현 | 중견연구자지<br>원사업            | 4 $\pi$ 구형 검출기와 인공지능<br>위치추적 알고리즘을 이용한 3차원<br>방사선 감시 영상시스템 개발               | 100,000 | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 18 | 정<br>부      | 과학기술정<br>보통신부      | 조효성 | 개인연구사업<br>(기본연구)         | 딥러닝 기반 단일에너지 X-선<br>물질분리 알고리즘을 이용한<br>준단색성 방사선영상 기술 개발                      | 50,000  | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 19 | 정<br>부      | 과학기술정<br>보통신부      | 조효성 | 주요사업                     | 전산모사를 통한 인공지능 기반<br>이중에너지 영상화 기술 연구   | 44,000  | 2021.03.01<br>~<br>2021.11.30 |
| 20 | 정<br>부      | 산업통상자<br>원부        | 조효성 | 범부처전주기<br>의료기기연구<br>개발사업 | 차세대 이동형 토모신세스<br>시스템 개발   | 120,000 | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |

|    |     |                       |     |                          |   |         |                               |
|----|-----|-----------------------|-----|--------------------------|---|---------|-------------------------------|
| 21 | 정 부 | 산업통상자<br>원부           | 조효성 | 범부처전주기<br>의료기기연구<br>개발사업 | Cone Beam CT(CBCT)용 격자형<br>X선 그리드 개발                      | 80,000  | 2021.03.01<br>~<br>2022.02.28 |
| 22 | 정 부 | 한국원자력<br>안전재단         | 민철희 | 원자력안전규<br>제기술개발사<br>업    | 핵연료집합체 부분결손 검증을<br>위한 방출단층촬영기술 개발                         | 350,000 | 2021.04.01<br>~<br>2021.12.31 |
| 23 | 정 부 | 한국에너지<br>기술평가원        | 민철희 | 에너지인력양<br>성사업            | 방사선기술 에너지산업 고도화<br>인력양성                                   | 209,760 | 2021.04.01<br>~<br>2021.12.31 |
| 24 | 정 부 | 한국원자력<br>통제기술원        | 정용현 | 주요사업                     | 휴대형 MMXRF를 위한 최적<br>스펙트럼 분석 방법 개발 및<br>최소검출 방사능농도(MDA) 결정 | 45,000  | 2021.04.01<br>~<br>2021.12.31 |
| 25 | 정 부 | (재)과학기술<br>일자리진흥<br>원 | 민철희 | 중대형융합형<br>성과학산지원<br>사업   | 머신러닝 및 다분할 센서 기반<br>핵종분별이 가능한 공항만<br>방사선감시기 사업화 기술 개발     | 10,000  | 2021.04.15<br>~<br>2021.06.25 |

## 1.2 연구업적물

### ① 참여교수 국제·국내 저명학술지 논문의 우수성

- 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 총 15편의 논문을 게재하였으며, 이중 국제 SCI(E) 논문 13편, 국제 SCOPUS 1편, 국내 학진등재지 (KCI) 1편으로 참여교수 1인당 평균 2.5편의 논문성적을 달성하였음.
- 국제 SCI(E) 논문의 경우 총 13편의 성과를 달성하였으며, 2020 impact factor (2020 IF) 총 합은 51.049 이며, 1편당 평균 IF는 3.927, 참여교수 1인당 평균 IF는 8.508을 달성하였음.
- 본 교육연구팀의 최근 1년간 참여교수의 우수논문 게재 실적은 당초 계획서 상의 지난 5년간의 연평균 논문실적과 비교분석 하였음.
- 정량적인 논문 편수로 비교했을 때 총 논문 편수, 환산 편수의 합, 1인당 환산편수의 수치는 지난 5년간의 연평균 수치 대비 감소하였지만, 저널의 우수성을 평가하는 지표 중 하나인 **환산보정 IF의 합은 43.4% 증가, 논문 1편당 환산보정 IF는 253% 증가, 참여교수 1인당 환산보정 IF 합은 43.5% 증가한 결과를 보였음.** 또한 **논문 1편당 환산보정 ES 수치는 149% 증가한 결과를 보였음.**
- 비교·분석 결과 본 교육연구팀의 우수논문 게재 실적은 단순히 정량적인 논문 편수를 증가시키는데 주력하기 보다는 저널의 IF 뿐만 아니라 영향력, 우수성 등을 종합적으로 고려하여 수준 높은 연구 성과를 달성하는데 최선의 노력을 다하고 있다는 것을 보여주는 결과임.

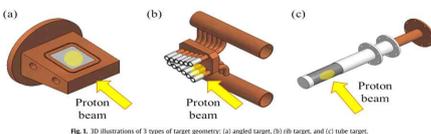
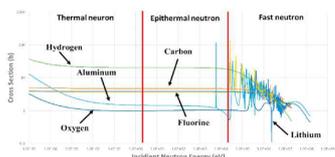
- 또한 본 교육연구팀에서는 논문 편수 중심의 연구실적 보다는 저널의 우수성 및 연구적 가치, 세계적인 연구결과의 도출을 기반으로 한 질적 향상을 지속적으로 강조하고 있으며, 본 교육기관 및 교육연구팀의 지향 목표를 달성하기 위해 최선의 노력을 다하고 있음.
- 이러한 교육연구팀의 목표는 한국연구재단의 BK21 사업 초기부터 현재, 그리고 미래의 차세대 인재양성 사업목적에 부합한다고 판단되며, 본 교육연구팀에서는 4단계 BK21 사업 기간 내 매년 우수한 성과의 질적 향상을 지향하고 있음.

<표 7-3> 최근 1년간 전체 참여교수 논문 환산 편수, 환산보정 IF, 환산보정 ES 실적

| 구 분                             |                    | 지난 5년간(2015-2019)<br>연평균 논문 실적 | 최근 1년간<br>(2020.09.01-2021.08.31)<br>논문 실적 | 증감* |
|---------------------------------|--------------------|--------------------------------|--|-----|
| 논문 편수                           | 논문 총 편수            | 32.4                           | 15   | -   |
|                                 | 논문의 환산 편수의 합       | 14.6496                        | 5.1706                                     | -   |
|                                 | 참여교수 1인당 논문 환산 편수  | 2.4749                         | 0.8618                                     | -   |
| Impact<br>Factor (IF)**         | IF=0이 아닌 논문 총 편수   | 32.4                           | 13   | -   |
|                                 | IF의 합              | 67.718                         | 51.049                                     | -   |
|                                 | 환산보정 IF의 합         | 5.905                          | 8.467                                      | +   |
|                                 | 논문 1편당 환산보정 IF     | 0.1845                         | 0.6513                                     | +   |
|                                 | 참여교수 1인당 환산보정 IF 합 | 0.9834                         | 1.4112                                     | +   |
| Eigenfactor<br>Score<br>(ES)*** | ES=0이 아닌 논문 총 편수   | 32.4                           | 13   | -   |
|                                 | ES의 합              | 2.4314                         | 0.3515                                     | -   |
|                                 | 환산 보정 ES의 합        | 9.8971                         | 9.8912                                     | ≈   |
|                                 | 논문 1편당 환산보정 ES     | 0.3055                         | 0.7609                                     | +   |
|                                 | 참여교수 1인당 환산보정 ES 합 | 1.6495                         | 1.6485                                     | ≈   |
| 참여교수 수                          |                    | 6                              |  |     |

- 증감\*: 감소(-), 증가(+), 유사(≈): 0.1% 이하
- IF\*\* 및 ES\*\*\*의 정보는 아래 웹페이지에서 제공되는 BK21 사업 전용 지표를 사용하였음:  
<http://s2journal.bwise.kr/jcr/jcrCategoryRankingPage.do>
- 논문 편수 환산 공식: 주저자 1인의 논문 환산 편수 =  $\min(1/(m+0.5), 0.5)$  (단, n = 0일 때는 1/m)
  - m: 주저자(제1저자 + 교신저자) 수
  - n: 기타저자(주저자를 제외한 저자)수
  - T: 총 저자수 (= m + n)
- 기타 저자 1인의 논문 환산 편수(n > 0) =  $\{1-m*\min(1/(m+0.5), 0.5)\}/n$

<표 7-4> 최근 1년간 참여교수의 논문게재 실적

| 연번  | 참여 교수명 | 연구자 등록 번호 | 이공계열/인문사회계열 (간호/보건/체육/기타 분야에 한함) | 세부전공 분야 | 실적 구분 | 대표연구업적물 상세내용   |
|---|--------|-----------|----------------------------------|---------|-------|--|
|   |        |           |                                  |         |       | 대표연구업적물의 우수성   |
| 1   | 민철희    |           | 이공계열                             | 방사선의료학  | 저널 논문 | 천보위, 유도현, 박효준, 이현철, 신육근, 최현준, 홍봉환, 정희준, 민철희  |
|   |        |           |                                  |         |       | Optimization of Target, Moderator, and Collimator in the Accelerator-based Boron Neutron Capture Therapy System: A Monte Carlo Study |
|   |        |           |                                  |         |       | Nuclear Engineering and Technology   |
|   |        |           |                                  |         |       | 53(6), 1970-1978   |
|   |        |           |                                  |         |       | 2021.06  |
|   |        |           |                                  |         |       | SCI(E), 2020 IF: 2.341   |
| <p>□ 창의성 및 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 최신 <b>몬테칼로 전산모사 기술</b>을 기반으로 한 중성자 방사선 치료 시스템의 구성 요소에 대한 최적화 연구로서, <b>효율적인 시스템 구조 최적화 방법</b>에 대한 기술을 제안하였음.</li> </ul> <p>□ 비전과 목표와의 부합성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 방사선 치료에 적용되는 다양항 분야의 기술 중 하나인 중성자 방사선 치료에 대한 연구를 수행하였으며, 한국원자력의학원과의 공동 연구를 통해 <b>중성자 방사선 치료 시 최적의 중성자 선질을 형성하기 위한 Target, Moderator, Collimator 최적화 및 중성자 치료 시스템의 전산모사 모델링</b>을 위한 핵심적 기술을 개발함. 이는 정부 연구 기관과의 공동연구 확대의 일환으로 <b>의료 방사선분야의 첨단기술 연구에 부합하는 연구개발 내용임.</b></li> </ul> <p>□ 전공분야 기여도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 2021년 6월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.341) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 천보위는 2017년 해당 주제에 대한 연구 과제를 수행함으로써 <b>국내 중성자 치료 연구 수준을 향상시켰음.</b></li> <li>○ <b>몬테칼로 전산모사 기반의 시스템 최적화</b>를 통해 보다 효율적인 중성자 생성 및 전달이 가능하여 중성자 방사선치료 시 <b>효과적인 치료 행위가 가능하게 함.</b></li> </ul> |        |           |                                  |         |       |  |
|    |        |           |                                  |         |       |  |
|   |        |           |                                  |         |       |  |
|   |        |           |                                  |         |       |  |
| <p>&lt;게재 현황 및 대표 그림&gt;</p>  |        |           |                                  |         |       |  |

|     |      |            |          |   |
|-----|------|------------|----------|---|
| 민철희 | 이공계열 | 방사선의<br>료학 | 저널<br>논문 | 이현철, 구본택, 최창일, 박창수, 권정완,<br>김홍석, 정희준, 민철희   |
|     |      |            |          | Evaluation of Source Identification Method<br>Based on Energy-Weighting Level with Portal<br>Monitoring System Using Plastic Scintillator |
|     |      |            |          | Journal of Radiation Protection and Research  |
|     |      |            |          | 45(3), 117-129  |
|     |      |            |          | 2020.09   |
|     |      |            |          | SCOPUS  |

□ 창의성 및 혁신성

- 기존에 제시된 **핵종 분별 알고리즘**의 단점을 보완하기 위한 기술로서, 기존에 제시된 공항·항만 감시기에 사용되는 플라스틱 섬광검출기의 특성을 고려하여 별도의 추가 설비 없이 **향상된 정확도의 화물 검사가 가능한 기술**을 제안함.
- **에너지 가중 방법을 사용한 핵종 분별 기술**로 플라스틱 섬광검출기 사용 시 방사선 에너지스펙트럼의 콕턴 단애(Compton Edge)를 강조하여 인공, 자연 방사성 핵종에 대한 **효과적인 분별이 가능함**.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 한국원자력안전기술원, 뉴케어메디컬시스템 등 다양한 기관 및 업체와의 협력 연구를 통하여 **기존의 단점을 보완한 플라스틱 섬광체 기반 방사선 핵종 분별 기술**을 개발함. 정부 규제 기관 및 국내 전문 업체 등과의 공동연구가 수행되었으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 **산학협력 강화 및 현장맞춤형 인재 양성, 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임**.

□ 전공분야 기여도

- 2020년 9월 Journal of Radiation Protection and Research (SCOPUS, 피인용수 1회 Google Scholar) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 이현철은 2021년 2월 연세대학교 방사선융합공학과 박사 학위를 취득함으로써 **방사선 계측 분야 연구 인력**을 배출하였음.
- 국내 공항·항만에서 **향상된 정확도의 핵종 감시 및 화물 검사**가 가능하며, **국내 방사선 계측 기술의 향상**에 기여함. 또한, 검사에 소요되는 시간 역시 감소하여 이에 따른 부가적인 경제적 이익 역시 발생될 것으로 사료됨.

Journal of  
Radiation Protection and Research 2020;45(3):117-129  
https://doi.org/10.114407/jrpr.2020.45.3.117



pISSN 2508-1888 | eISSN 2466-2461

### Evaluation of Source Identification Method Based on Energy-Weighting Level with Portal Monitoring System Using Plastic Scintillator

Hyun Cheol Lee<sup>1</sup>, Bon Tack Koo<sup>1</sup>, Chang Il Choi<sup>2</sup>, Chang Su Park<sup>2</sup>, Jeongwan Kwon<sup>2</sup>, Hong-Suk Kim<sup>2</sup>, Heejun Chung<sup>3</sup>, Chul Hee Min<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Korea; <sup>2</sup>Korea Institute of Nuclear Safety, Daejeon, Korea; <sup>3</sup>Korea Institute of Nuclear Nonproliferation and Control, Daejeon, Korea

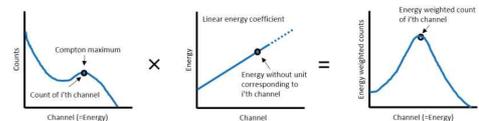


Fig. 1. Concept of energy weighted algorithm.

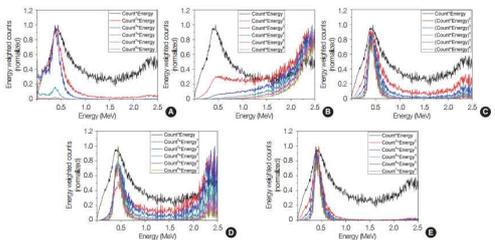


Fig. 2. Distribution variety of energy-weighted spectra according to weight methods of (A) count, (B) energy, (C) count \* energy, (D) count \* energy<sup>2</sup>, and (E) count<sup>2</sup> \* energy. The energy spectrum of <sup>137</sup>Ba was simulated by Geant4.

<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |            |          |  |
|-----|------|------------|----------|--|
| 민철희 | 이공계열 | 방사선의<br>료학 | 저널<br>논문 | 구분택, 이현철, 배기훈, 김용권, 정진훈,<br>박창수, 김홍석, 민철희  |
|     |      |            |          | Development of a Radionuclide Identification<br>Algorithm Based on a Convolutional Neural<br>Network for a Radiation Portal Monitoring<br>System |
|     |      |            |          | Radiation Physics and Chemistry  |
|     |      |            |          | 180, 109300  |
|     |      |            |          | 2021.03  |
|     |      |            |          | SCI(E), 2020 IF: 2.858   |

□ 창의성 및 혁신성

- 최신 **인공지능 기술**을 방사성 핵종분별 기술에 적용하여, 방사선 감시기의 정확도 향상 및 단점을 보완하기 위한 기술로서, 기존에 제시된 공항·항만 감시기에 사용되는 플라스틱 섬광검출기의 특성을 고려하여 별도의 추가 설비 없이 **향상된 정확도의 화물 검사가 가능한 기술**을 제안함.
- **에너지 가중 방법을 사용한 핵종 분별 기술**로 플라스틱 섬광검출기 사용 시 방사선 에너지스펙트럼의 콤프턴 단애(Compton Edge)를 강조하여 인공, 자연 방사성 핵종에 대한 **효과적인 분별이 가능함**.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 한국원자력안전기술원, 뉴케어메디컬시스템, 미국 PNNL 등 다양한 기관 및 업체와의 협력 연구를 통하여 **기계학습 알고리즘이 적용된 플라스틱 섬광체 기반 방사선 핵종 분별 기술**을 개발함. 국내 규제 기관, 관련 기업 및 국외 선진 연구팀과의 공동연구의 일환으로 진행 된 연구이며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 **산학협력 강화 및 현장맞춤형 인재 양성, 세계적 수준의 연구능력을 배양시키기 위한 본 연구팀의 취지에 부합함**.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 3월 Radiation Physics and Chemistry (IF: 2.858, 피인용수 1회 Google Scholar) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 구분택은 2020년 연세대학교 방사선융합공학과 석사 학위를 취득함으로써 **해당 분야에 대한 전문 인력 양성에 기여하였음**.
- **기계학습 기반의 핵종분별 알고리즘**을 현재 사용중인 공항·항만 감시기에 적용함으로써 보다 정확한 핵종 분별이 가능하며, 자연방사성핵종 및 인공방사성핵종 간의 구분이 능력이 향상되어 **국내 핵안보 향상에 기여하는 것이 가능함**.

Radiation Physics and Chemistry 180 (2021) 109300

Contents lists available at ScienceDirect

Radiation Physics and Chemistry

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/radphyschem](http://www.elsevier.com/locate/radphyschem)

Development of a radionuclide identification algorithm based on a convolutional neural network for radiation portal monitoring system

Bon Tack Koo<sup>a</sup>, Hyun Cheol Lee<sup>b</sup>, Kihun Bae<sup>b</sup>, Yongkwon Kim<sup>b</sup>, Jinhun Jung<sup>b</sup>, Chang Su Park<sup>c</sup>, Hong-Suk Kim<sup>c</sup>, Chul Hee Min<sup>b,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea  
<sup>b</sup> Nisare, Inc., Cheongju, Republic of Korea  
<sup>c</sup> Korea Institute of Nuclear Safety, Daejeon, Republic of Korea

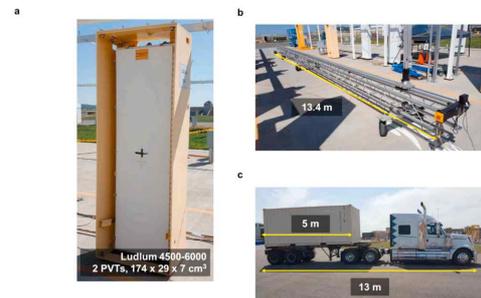


Fig. 1. Commercialized RPM system (a); equipment for dynamic source measurement: linear motion system (b) and trailer truck (c).

<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |        |       |  |
|-----|------|--------|-------|--|
| 민철희 | 이공계열 | 방사선의료학 | 저널 논문 | 김찬기, 김연주, 이누리, 안상희, 김광현, 김학수, 신동호, 임영경, 정종휘, 김대용, 신욱근, 민철희, 이세병  |
|     |      |        |       | Evaluation of the dosimetric effect of scattered protons in clinical practice in passive scattering proton therapy |
|     |      |        |       | Journal of Applied Clinical Medical Physics  |
|     |      |        |       | 22(6), 104-118   |
|     |      |        |       | 2021.06  |
|     |      |        |       | SCI(E), 2020 IF: 2.102   |

□ 창의성 및 혁신성

- 양성자 치료 시 **산란된 양성자가 환자 선량에 미치는 영향**을 평가하여 **방사선 치료계획 단계에 적용**함으로써 **환자 치료 정확도를 향상**시키는 연구를 수행함.
- **양성자 치료**의 경우 선량을 **한 점에 집중하는 것이 가능**하여 **조사 오차에 대한 치료 효과 영향**이 매우 높음. 산란된 양성자 역시 치료 빔과 유사한 생물학적 효과를 보이므로, 본 연구 결과를 기반으로 산란된 양성자 빔이 환자 선량에 미치는 영향을 방사선 치료계획 단계에서 고려함으로써 향상된 정확도로 암 환자 치료가 가능함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 국립암센터, 서울대학교 병원, 연세대학교 신촌 세브란스 병원의 기술 자문 및 공동 연구를 통해 **산란된 양성자에 대한 선량 평가**를 위한 **몬테칼로 전산모사 기반의 양성자 조사 장치 모델링 기술, 양성자 선량평가 기술** 등을 개발함. 국내 선진 연구팀과의 공동연구의 일환으로 진행 된 연구이며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표중 하나인 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적인 연구능력 배양**에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 5월 Journal of Applied Clinical Medical Physics (IF: 2.102) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 신욱근은 2021년 연세대학교 방사선융합공학과 박사학위를 취득하여 해당 분야의 **해당 분야에 대한 국내 전문 연구 인력 양성**에 기여하였음.
- **양성자 치료 중 산란된 양성자에 대한 선량 영향**을 평가하여 보다 **정확한 양성자 방사선치료**가 가능함.

4

Received: 24 April 2021 | Revised: 8 April 2021 | Accepted: 25 April 2021  
 DOI: 10.1002/acm2.13284

**RADIATION ONCOLOGY PHYSICS** WILEY

**Evaluation of the dosimetric effect of scattered protons in clinical practice in passive scattering proton therapy**

Chankyu Kim<sup>1</sup> | Yeon-Joo Kim<sup>1</sup> | Nuri Lee<sup>2</sup> | Sang Hee Ahn<sup>3</sup> | Kwang Hyeon Kim<sup>4</sup> | Haksoo Kim<sup>1</sup> | Dongho Shin<sup>1</sup> | Young Kyung Lim<sup>1</sup> | Jong Hwi Jeong<sup>1</sup> | Dae Yong Kim<sup>1</sup> | Wook-Geun Shin<sup>5</sup> | Chul Hee Min<sup>6</sup> | Se Byeong Lee<sup>1</sup>

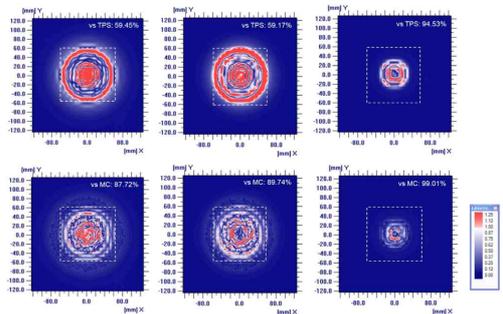


FIG. 4. Two-dimensional gamma analysis of dose distributions measured with a MatrixX and compared with dose distributions calculated by the TPS (above) and Monte Carlo simulation (bottom) at depths of (a) 16 mm, (b) 30 mm, and (c) 56 mm. The criteria for gamma analysis were 2% for dose difference and 2 mm for DTA.

<개재 현황 및 대표 그림>

|                   |      |                                   |          |  |
|-------------------|------|-----------------------------------|----------|--|
| 민철희<br>안재준<br>정용현 | 이공계열 | 방사선<br>의료학,<br>원자력<br>공학,<br>빅데이터 | 저널<br>논문 | 최세환, 최현준, 민철희, 정용현, 안재준  |
|                   |      |                                   |          | Development of de-noised image reconstruction technique using Convolutional AutoEncoder for fast monitoring of fuel assemblies |
|                   |      |                                   |          | Nuclear Engineering and Technology   |
|                   |      |                                   |          | 53(3), 888-893   |
|                   |      |                                   |          | 2021.03  |
|                   |      |                                   |          | SCI(E), 2020 IF: 2.341   |

□ 창의성 및 혁신성

- 최신의 기계학습 알고리즘이 적용된 영상 재구성 기술로서, 현재 원자력 발전소에서 사용되고 있는 단일광자방출단층촬영 시스템의 단점을 극복하기 위하여 별도의 하드웨어 추가 없이 검사 정확도 향상이 가능한 새로운 영상 재구성 기술을 제안함.
- 원자력 발전소 내 사용후핵연료의 감시는 단일광자방출단층촬영 시스템을 사용하여 수행됨. 현재 사용 중인 시스템의 경우 낮은 민감도, 낮은 분해능 등 검사 정확도에 영향을 미치는 단점이 존재하며, 최신 기계학습 알고리즘을 적용하여 단층촬영 영상을 재구성함으로써 동일한 환경에 대하여 보다 향상된 품질의 영상 획득이 가능하여 사용후핵연료 감시의 정확도 향상이 가능함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 다학제간 연구를 통하여 산업용 방사선 영상 기술과 기계학습 기술의 융합 연구가 수행되었으며, 국내 기관(한국원자력통제기술원)과의 협업의 일환으로 의료방사선 분야의 첨단기술 연구 및 세계적 수준의 연구능력을 배양시키기 위한 본 연구팀의 취지에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 3월 Nuclear Engineering and Technology (IF: 2.341, 피인용수 1회 Google Scholar) 저널에 게재된 논문으로, 주저자인 최세환, 저자인 최현준은 연세대학교 방사선융합공학과 박사학위를 취득하여 해당 분야의 해당 분야에 대한 국내 전문 연구 인력 양성에 기여하였음.
- 양성자 치료 중 산란된 양성자에 대한 선량 영향을 평가하여 보다 정확한 양성자 방사선치료가 가능함.

5

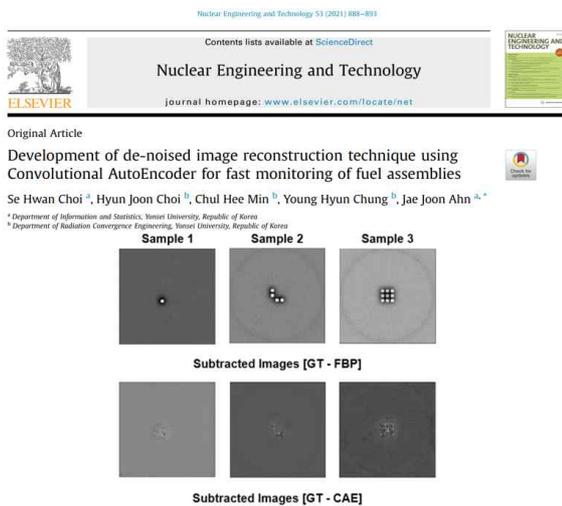


Fig. 5. Comparison of subtracted images between the CT and FBP images (upper) and the CT and CAE images (lower) for three sample patterns of missing fuel rods.

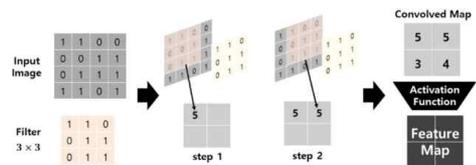


Fig. 1. Feature map generating process of convolution neural networks.

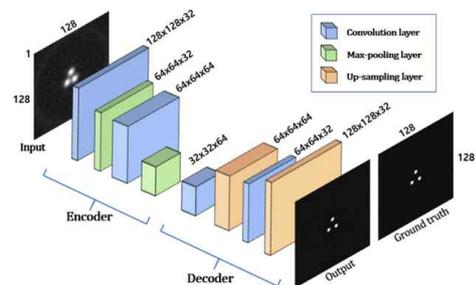


Fig. 2. Schematic diagram of the structure of the Convolutional AutoEncoder.

<개재 현황 및 대표 그림>

|     |      |      |          |   |
|-----|------|------|----------|---|
| 안재준 | 이공계열 | 빅데이터 | 저널<br>논문 | 이정윤, 오경주, 안재준                                     |
|     |      |      |          | 국내 프롭테크 기업의 발전방향에 대한 연구:<br>부동산 플랫폼 정보제공 기능을 중심으로 |
|     |      |      |          | 한국지식경영학회  |
|     |      |      |          | 국내 학진등재지  |
|     |      |      |          | 22(2), 55-76                                      |
|     |      |      |          | KCI, 2021.06.30                                   |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 논문은 프롭테크 분야가 생소한 국내 환경에서 해당 분야의 빅데이터를 수집하고 분석함으로써 앞으로의 발전방향을 제시하는 선도적인 연구라고 할 수 있음.
- 국내 프롭테크 기업들이 수집하고 있는 **정형 및 비정형 빅데이터에 다양한 통계분석을 적용하여 대표 기업들의 차별성을 도출하고 공급자로서 기업이 제공하는 정보뿐만 아니라 사용자로부터 획득하는 정보에 대해 양방향에서 검토**했다는 점에서 혁신성이 있다고 할 수 있음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구는 인공지능, 빅데이터 통계 등의 정보기술들을 활용하여 프롭테크 시장의 정형 및 비정형 데이터 분석을 수행하였다는 점에서 본 교육연구팀에서 추구하는 **다학제 간 인재양성 목표에 부합**되며, 이는 국내에서 해당 분야의 선도적인 역할을 할 수 있는 연구를 진행함으로써 **차세대 전문인력을 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 취지에 적합**함.

6 □ 전공분야 기여도

- 정형 및 비정형 빅데이터 속에서 가설을 이끌어내고 검증할 수 있는 분석 방법과 프로세스를 제시함으로써 이를 방사전 빅데이터 분석 프로세스에 적용할 수 있는 인재를 양성하는데 기여할 수 있음.

https://doi.org/10.15813/Amr.2021.22.2.004

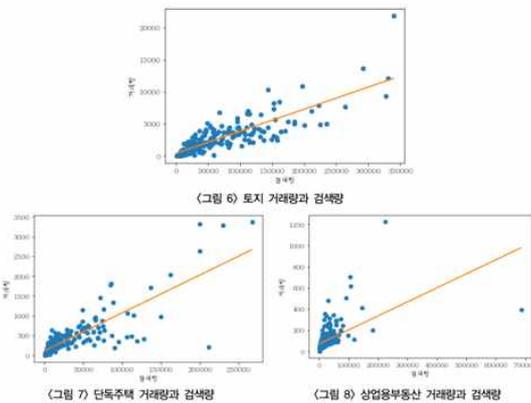
**국내 프롭테크 기업의 발전방향에 대한 연구:  
부동산 플랫폼 정보제공 기능을 중심으로**

Study on the Development Direction of Domestic Proptech Company:  
Focusing on the Real Estate Platform Information Provision Function

이정윤 (Jungyun Lee) 연세대학교 투자정보공학과  
오경주 (Kyong Joo Oh) 연세대학교 공과대학 산업공학과  
안재준 (Jae Joon Ahn) 연세대학교 SW디자인융합대학 데이터사이언스학부



(그림 2) 별류업시스템즈 메인화면(실거래가, 매물정보 등 시각화)



(그림 6) 토지 거래량과 검색량

(그림 7) 단독주택 거래량과 검색량

(그림 8) 상업용부동산 거래량과 검색량



(그림 1) 한국 프롭테크 포럼 회원사

<계재 현황 및 대표 그림>

|     |      |      |          |  |
|-----|------|------|----------|--|
| 안재준 | 이공계열 | 빅데이터 | 저널<br>논문 | 조소희, 이은희, 김해인, 이정민, 소문현,<br>안재준, 이환영   |
|     |      |      |          | Validation of BMI genetic risk score and DNA<br>methylation in a Korean population |
|     |      |      |          | International Journal of Legal Medicine  |
|     |      |      |          | 135(4), 1201-1212  |
|     |      |      |          | 2021.07.01   |
|     |      |      |          | SCI(E), 2020 IF: 2.686   |

□ 창의성 및 혁신성

- 인공지능 기술을 기반으로 DNA methylation 빅데이터를 이용하여 한국인의 비만지수를 예측하고 검증하는 최초의 연구논문임.
- **Decision Tree 기반의 인공지능 기술로 비만과 관련하여 어떠한 DNA 인자들이 주요 영향인자인지 도출하고 비만을 예측하는 알고리즘을 개발하는 혁신적인 연구임.**

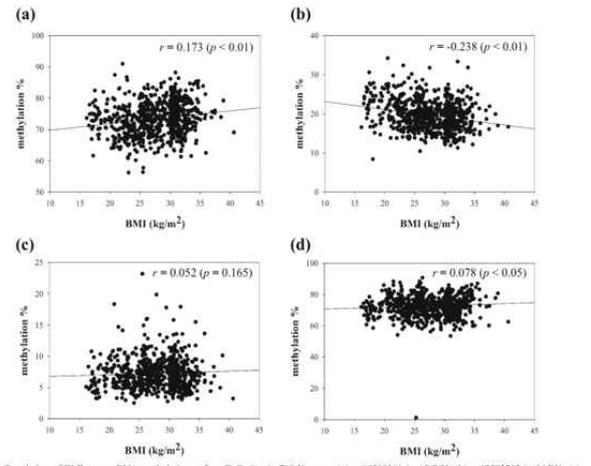
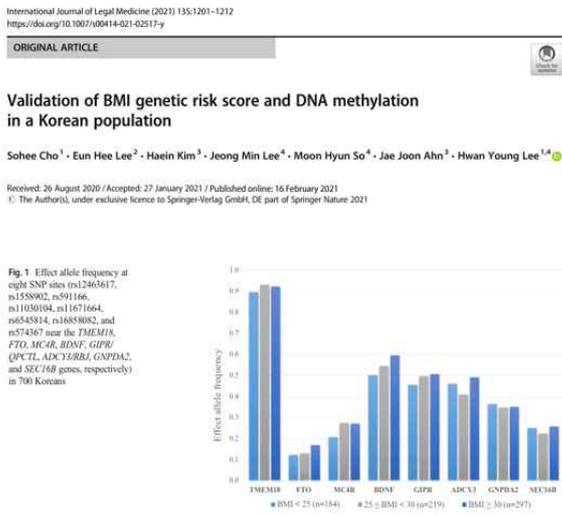
□ 비전과 목표와의 부합성

- 서울대학교 법의학 연구실의 기술 자문 및 공동 연구를 통해 인공지능 알고리즘이 적용된 유전자 빅데이터 분석 기술을 개발함. 이는 **선진 연구팀과의 공동연구를 통해 세계적 수준의 연구능력을 배양시키기 위한 본 연구팀의 취지에 부합함.**

7

□ 전공분야 기여도

- **2021년 7월 International Journal of Legal Medicine (JCR Quartile Q1) 저널에 게재된 논문**으로, 비정형데이터를 정형데이터로 변환하는 다양한 시도와 함께 이를 검증하는 연구를 진행함으로써 향후 방사선 빅데이터 분석을 위한 활용적인 측면에서 기여도가 있음.
- 인공지능 기법을 적용함으로써 기존에 적용되었던 전통적인 통계적 분석 방법과 비교하였을 때 **정확도 높은 유전자 정보 분석 결과를 제공하여 정밀의료 진단을 가능하게 함.**



<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |                 |          |  |
|-----|------|-----------------|----------|--|
| 이동훈 | 이공계열 | 의학<br>영상<br>시스템 | 저널<br>논문 | 이도완, 우동철, 허훤, 김경원, 김정곤, 이동훈  |
|     |      |                 |          | Signal alterations of glutamate-weighted chemical exchange saturation transfer MRI in lysophosphatidylcholine-induced demyelination in the rat brain |
|     |      |                 |          | Brain Research Bulletin  |
|     |      |                 |          | 164:334-338  |
|     |      |                 |          | 2020.11  |
|     |      |                 |          | SCI(E), 2020 IF: 4.077   |

□ 창의성 및 혁신성

- 대뇌 글루타메이트 화학교환포화전이 (GluCEST, Glutamate Chemical Saturation Transfer) 영상기법을 이용한, 다발성경화증 rat 모델의 hippocampus 및 corpus callosum에서의 glutamate 농도변화 및 병변영역 시각화 기술 개발과 관련된 중개연구임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구에서는 다발성경화증(탈수초화) 동물모델을 제작하여 glutamate 대사변화를 정량적으로 평가하였으며, 동물모델의 유효성 및 생체 대사반응 평가를 통해 질환의 대표적인 바이오마커 발굴가능성을 제시하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.

□ 전공분야 기여도

- 본 연구기술은 현재 다발성경화증 동물모델에서의 대표 타겟에서의 대사변화를 관찰하였으며, 병변영역을 시각화하였음. 본 연구결과를 기반으로 다양한 대뇌 신경질환 모델 데이터베이스를 구축하여, 향후 전임상 AI기반 딥러닝 시스템 구축에 활용 예정임. 또한 향후 임상영역에서 다양한 신경학적 질환 진단 등에 활용할 수 있을 것으로 예상됨.

8

Brain Research Bulletin 164 (2020) 334–338

Contents lists available at ScienceDirect

Brain Research Bulletin

ELSEVIER

journal homepage: [www.elsevier.com/locate/brainresbull](http://www.elsevier.com/locate/brainresbull)

Signal alterations of glutamate-weighted chemical exchange saturation transfer MRI in lysophosphatidylcholine-induced demyelination in the rat brain

Do-Wan Lee<sup>a</sup>, Dong-Cheol Woo<sup>b,c</sup>, Hwon Heo<sup>b,c</sup>, Kyung Won Kim<sup>d</sup>, Jeong Kon Kim<sup>e</sup>, Dong-Hoon Lee<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea  
<sup>b</sup> Department of Convergence Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul, Republic of Korea  
<sup>c</sup> Convergence Medicine Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, Seoul, Republic of Korea  
<sup>d</sup> Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju, Gangwon, Republic of Korea

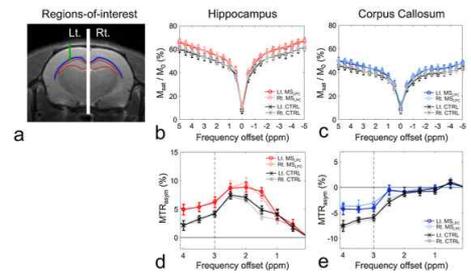


Fig. 1. Regions-of-interest (ROIs) for quantifications of glutamate chemical exchange saturation transfer weighted (GluCEST weighted) signals in the hippocampus (red solid-line) and corpus callosum (blue solid-line) in each brain hemisphere (a). Calculated Z-spectra (b, c) and conventional magnetization transfer ratio asymmetry (MTR<sub>asym</sub>) curves (d, e) between lysophosphatidylcholine (LPC) induced multiple sclerosis (MS<sub>1PC</sub>) and control (CTRL) groups in the hippocampus and corpus callosum of each brain hemisphere. Green arrow indicates the LPC injection site.

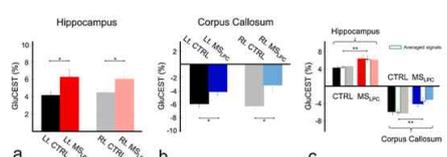


Fig. 2. Quantitative values of GluCEST-weighted imaging between the MS<sub>1PC</sub> and CTRL groups at the hippocampus (a), corpus callosum (b), and averaged GluCEST-weighted signals between the left and right hemisphere regions. \*p < 0.05 and \*\*p < 0.01.

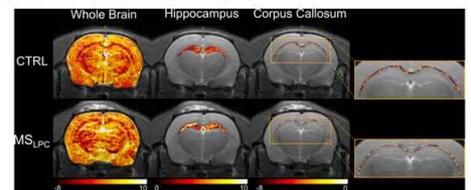


Fig. 3. Representative GluCEST-weighted maps of the MS<sub>1PC</sub> and CTRL groups of the whole-brain area and specific areas (hippocampus and corpus callosum regions).

<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |                 |          |   |
|-----|------|-----------------|----------|---|
| 이동훈 | 이공계열 | 의학<br>영상<br>시스템 | 저널<br>논문 | 이동훈<br>Editorial for “Whole-Slab 3D MR Spectroscopic Imaging of the Human Brain With Spiral-Out-In Sampling at 7T”<br>Journal of Magnetic Resonance Imaging<br>53(4):1251-1252<br>2020.11<br>SCI(E), 2020 IF: 4.813 |
|-----|------|-----------------|----------|---|

□ 창의성 및 혁신성

- 현재까지 사람을 대상으로 한 3차원 자기공명분광 영상기술은 신호대잡음비, 신호의 분해능, 신호처리, 고사양의 분석 시스템, 분석시간 등 다양한 한계점으로 인해 연구의 활용성이 매우 낮은 실정임. 하지만 최근에 개발된 Spiral-Out-In (SOI) 샘플링 기술을 통해 보다 나은 연구의 활용 가능성이 제시되었음. 본 연구 기고문에서는 **대뇌 whole-Slab 3차원 자기공명분광 영상 기법의 유용성 및 활용방안, 한계점, 개선방향, 향후 연구기술에 대해 서술하였음.**

□ 비전과 목표와의 부합성

- 다양한 뇌질환의 신경화학적/기능적 특성 정보를 반영한 진단기술 개발 및 한계점 극복을 위해 다양한 방법론적 이론을 제시함으로써, 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양 부합함.**

□ 전공분야 기여도

- 기존의 방사선진단기술 분야의 한계점 및 극복 방안에 대해 논의하였으며, 향후 임상에서의 초고 자장 MRI 장비를 활용한 정밀 진단기술로의 응용을 위한 해결책을 제시하였음.

9

Check for updates

---

EDITORIAL

### Editorial for “Whole-Slab 3D MR Spectroscopic Imaging of the Human Brain With Spiral-Out-In Sampling at 7T”

Metabolic imaging of the human brain by in vivo magnetic resonance spectroscopy (MRS) in an ultrahigh-field (7T) is a widely available clinical imaging technique used to noninvasively investigate the neurochemistry of healthy and diseased conditions.<sup>1,2</sup> The application of MRSI in vivo at 7T enables rapid data acquisition with high spatial and spectral resolution. However, the process involves several technical challenges, such as gradient hardware constraints and B<sub>1</sub> field inhomogeneity.<sup>3</sup> Therefore, MRSI data acquisition approaches, developed recently, use k-space undersampling<sup>4</sup> and spatial-spectral encoding<sup>5</sup> techniques. Based on spiral trajectories, data acquisition has been applied to various MRI data acquisition processes, including cardiovascular MRI, functional MRI, and MRSI in the clinical MRI system.<sup>6,7</sup> However, although spiral-out (SO) trajectories have been used for MRSI,<sup>8</sup> rescinders need to return to the center of the k-space. This generally represents dead time for data sampling and has been identified as a disadvantage because it reduces efficiency.

The study described in “Whole-Slab 3D MR Spectroscopic Imaging of the Human Brain With Spiral-Out-In Sampling at 7T” by Eunsook et al.<sup>9</sup> published in the current issue of the *Journal of Magnetic Resonance Imaging* addresses an efficient technical approach for MRSI. It proposes a spiral-out-in (SOI) trajectory sampling for the whole-brain metabolic imaging. The authors used a 7T clinical MRI system and hypothesized that applying an SOI trajectory to MRSI data will result in a higher sampling efficiency than the application of an SO trajectory, resulting in improved signal-to-noise ratio (SNR) and metabolite quantification. The SOI trajectory comprises handling by the invention and time-reversal of the spiral-out G<sub>x</sub> and G<sub>y</sub> gradients during the spiral-in arm. This trajectory causes the spiral-in trajectory to be used after the spiral-out trajectory, leading to a self-refocused SOI trajectory that can be continuously sampled. Consequently, this process allows the SOI to cover more k-space than the SO trajectory, reducing the number of temporal slices required for a specific spectral bandwidth. The authors performed practical evaluations through phantom and human data acquisition processes to investigate the various effects of the proposed method, in addition to simulations of the RF pulse, trajectory efficiency, and spatial response function.

This study demonstrates that the SOI trajectory increases acquisition efficiency by ~96% compared to the SO trajectory efficiency (78%) by reducing the rewinders and collecting more k-space trajectory points per excitation. Using the SOI trajectory increased the SNR by ~29% and the number of voxels by ~11% with adequate spectral fitting (Cramer-Rao lower bound, CRLB <20%) in the frontal and temporal regions in the human brain. Regarding the hardware system, specifically the gradient, the SOI trajectory demonstrated that S<sub>max</sub> and G<sub>max</sub> were 26% and 36% lower than those when using SO, respectively. This indicates an efficient advantage while reducing eddy current and acoustic noise. Additionally, the in vivo SOI metabolic maps showed better quality in the frontal regions of the brain, while maintaining B<sub>1</sub> uniformity due to the self-refocusing specification of the SOI trajectory.

Although this study achieved increased SNR and improved spectral fitting in the MRSI-implemented SOI trajectory, a few of its limitations should be considered for further studies. The study involved limited subjects to test the SOI trajectory in the clinical 7T MRI system. With a larger dataset, including healthy subjects and patients, the SOI trajectory application is expected to derive better results for supporting current qualitative and quantitative findings. It is worth highlighting the challenges faced when using MRSI at 7T, such as the long measurement time and adjustment of limited gradient slew rate, for improving the resolution of spiral trajectories. Thus, future studies should consider using a spiral trajectory, especially SOI, with undersampling data reconstruction methods such as parallel imaging and compressed sensing for achieving performance.

**Dong-Moon Lee, PhD**  
 Department of Radiation Convergence Engineering  
 College of Health Sciences, Yonsei University  
 Wonju, Republic of Korea  
 E-mail: dmlee@yonsei.ac.kr

**References**

1. Paus T, Chavo K, Dager SR, Alger J. MR spectroscopic imaging: Principles and recent advances. *J Magn Reson Imaging* 2013;37:1261-1270.
2. Emswail M, Steinhorn J, Sroog S, et al. An integrated RF-coaxial/parallel array coil boosts performance of whole-brain MR spectroscopic imaging at 7 T. *Sci Rep* 2020;10:18020.
3. Juchem C, de Graaf RA. B0 magnetic field homogeneity and shimming for in vivo magnetic resonance spectroscopy. *Anat Biochem* 2017;529:17-28.
4. Naeppelau S, Chang F, Audwisch N, Hennig A. Compressed sensing for high-resolution weighted k-space MRI of the human brain at 4.7 T. *Magn Reson Med* 2018;80:2311-2320.
5. Högert L, Bogner W, Meiser F, et al. Dynamically reweighted circular trajectories for high-resolution brain magnetic resonance spectroscopic imaging at 7 T. *Magn Reson Med* 2018;79:2874-2885.
6. Barzilai K, Vitek K, Maitis D, Glass D. Self-gated golden-angle spiral kD Non-VBR. *Magn Reson Med* 2018;80:64-81.
7. Glover GH. Spiral imaging in fMRI. *Neuroimage* 2012;24:706-712.
8. Villa B, Faure B, Lamalle L, Denieris M, Ziegler A. Out-of-in spiral spectroscopic imaging in rat brain at 7 T. *Magn Reson Med* 2003;50:1324-1333.
9. Eunsook S, Soosik S, Bogner W, et al. Whole-slab 3D MR spectroscopic imaging of the human brain with spiral-out-in sampling at 7T. *J Magn Reson Imaging* 2021;53:1251-1252.

DOI: 10.1002/jmri.22743  
 Level of Evidence: 3  
 Technical Efficacy Stage: 1

© 2020 International Society for Magnetic Resonance in Medicine 1251

Volume 53, No. 4

<논문 게재 현황>

|     |      |                 |          |  |
|-----|------|-----------------|----------|--|
| 이동훈 | 이공계열 | 의학<br>영상<br>시스템 | 저널<br>논문 | 이도완, 허훤, 우철웅, 우동철, 김정곤, 김경원, 이동훈   |
|     |      |                 |          | Temporal Changes in In Vivo Glutamate Signal During Demyelination and Remyelination in the Corpus Callosum: A Glutamate-Weighted Chemical Exchange Saturation Transfer Imaging Study |
|     |      |                 |          | International Journal of Molecular Sciences  |
|     |      |                 |          | 21(24):9468  |
|     |      |                 |          | 2020.12  |
|     |      |                 |          | SCI(E), 2020 IF: 5.923   |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 연구에서는 대뇌 대표적 백질 영역인 corpus callosum에서의 axon 및 myelin sheath의 손상에 의한 glutamate 대사변화를 정량적으로 평가하였으며, 비정상적인 생체 대사반응을 시각화 하여 영상학적 바이오마커를 발굴하였음.
- 국내외적으로 최초로 시도된 연구로서 탈수초화 및 재수초화에 의한 뇌 손상/회복 기전을 영상학적 바이오마커 발굴 및 조직학적/면역화학적 검증을 통해 연구결과의 유효성을 증명하였음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구는 다발성경화증 질환과 관련된 대뇌 신경다발 및 수초의 손상 기전과 관련하여 영상학적 바이오마커 발굴을 통해 대사변화를 시각화한 연구이며, 이를 검증하기 위해 다양한 분자생물학적 연구를 수행하여 통합적인 질환 바이오마커를 발굴하였음. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.

□ 전공분야 기여도

- 본 연구기술은 다발성경화증 질환 연구에 있어서 핵심적인 대사변화 마커로써 본 연구기관 뿐만 아니라 국내 여러 연구기관에서 적극 활용되어지고 있음.
- 또한 다발성 경화증 이외에도 다양한 면역신경학적 질환인 패혈증, 뇌염, 뇌전증 등의 다양한 연구 분야로의 활용을 위해 본 연구개발 기술의 핵심 프로토콜 최적화 연구를 지속적으로 진행 중에 있으며, 활용 가치가 우수하다고 판단됨.

10

International Journal of Molecular Sciences

Article

**Temporal Changes in In Vivo Glutamate Signal during Demyelination and Remyelination in the Corpus Callosum: A Glutamate-Weighted Chemical Exchange Saturation Transfer Imaging Study**

Do-Wan Lee <sup>1</sup>, Hwon Heo <sup>2</sup>, Chul-Woong Woo <sup>3</sup>, Dong-Cheol Woo <sup>2,3</sup>, Jeong-Kon Kim <sup>1</sup>, Kyung-Won Kim <sup>1</sup> and Dong-Hoon Lee <sup>1,\*</sup>

<sup>1</sup> Department of Radiology, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul 05505, Korea; dwlee.mri@gmail.com (D.-W.L.); kim.jeongkon@gmail.com (J.-K.K.); medimash@gmail.com (K.-W.K.)  
<sup>2</sup> Department of Convergence Medicine, Asan Medical Center, University of Ulsan College of Medicine, Seoul 05505, Korea; heo.hwon@gmail.com (H.H.); dleevo@ame.seoul.kr (D.-C.W.)  
<sup>3</sup> Convergence Medicine Research Center, Asan Institute for Life Sciences, Asan Medical Center, Seoul 05505, Korea; wand798@hanmail.net  
<sup>4</sup> Department of Radiation Convergence Engineering, College of Health Sciences, Yonsei University, Wonju, Gangwon-do 26493, Korea  
 \* Correspondence: dlee1@yonsei.ac.kr

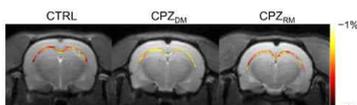


Figure 2. Reconstructed glutamate-weighted chemical exchange saturation transfer (GluCEST) maps overlaid on the unsaturated image targeting the corpus callosum region from representative rats from the normal control (CTRL), demyelination (CPZ<sub>DM</sub>), and remyelination (CPZ<sub>RM</sub>) groups.

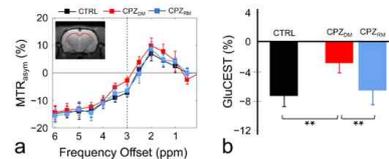


Figure 1. Magnetization transfer ratio asymmetry (MTR<sub>asym</sub>) spectra (a) in the corpus callosum region in the normal control (CTRL), demyelination (CPZ<sub>DM</sub>), and remyelination (CPZ<sub>RM</sub>) groups. The dotted line indicates the point at 3.0 ppm used for the quantification of glutamate-weighted chemical exchange saturation transfer (GluCEST). The quantified GluCEST signals (%) presented as bar graphs represent the mean ± standard error of the mean for each group (n = 5–6 rats per group) (b). \*\* p < 0.01.

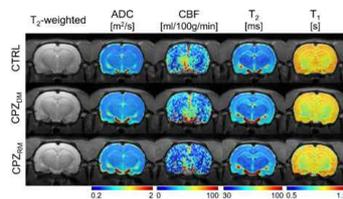


Figure 3. Reconstructed multi-parametric magnetic resonance (MR) images such as T<sub>2</sub>-weighted image, apparent diffusion coefficient (ADC), cerebral blood flow (CBF), and T<sub>1</sub> and T<sub>2</sub> maps in representative rats from the normal control (CTRL), demyelination (CPZ<sub>DM</sub>), and remyelination (CPZ<sub>RM</sub>) groups.

<개재 현황 및 대표 그림>

|                        |      |                 |          |   |
|------------------------|------|-----------------|----------|---|
| 이동훈                    | 이공계열 | 의학<br>영상<br>시스템 | 저널<br>논문 | 이도완, 권재임, 우철웅, 허훤, 김경원, 우동철, 김정근, 이동훈   |
|                        |      |                 |          | In Vivo Measurement of Neurochemical Abnormalities in the Hippocampus in a Rat Model of Cuprizone-Induced Demyelination |
|                        |      |                 |          | Diagnostics   |
|                        |      |                 |          | 11(1):45  |
|                        |      |                 |          | 2020.12   |
| SCI(E), 2020 IF: 3.706 |      |                 |          |   |

□ 창의성 및 혁신성

- 이 연구는 생체 내 7 T <sup>1</sup>H MR spectroscopy 기술을 사용하여 Cuprizone 유도 다발성경화증 기반의 탈수초화 실험동물 모델을 제작하였으며, hippocampus 영역 내에서의 탈수초화 (demyelination) 에 의한 뇌 신경학적 대사물질의 농도 변화를 정량적으로 관찰한 연구임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 현재 국내의 의료방사선 분야에서 다발성경화증 질환의 탈수초화 및 대사변화 관찰 연구는 극소수에 불과함. 본 연구진은 다발성경화증 정밀 진단을 위한 비침습적 대사변화 마커를 발굴하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.

11

□ 전공분야 기여도

- 본 연구기술은 최적화된 생체 내 양성자 자기공명분광기술을 이용하여 초고자장/고분해능 data를 획득하였으며, 다양한 뇌 대사물질의 농도변화를 검출할 수 있는 기반기술을 마련하였음.
- 본 연구기술은 현재 다양한 뇌 대사질환과 관련된 연구에서 핵심 바이오마커 발굴 및 신약 치료제 효과 관찰, 장기적 대사변화 모니터링을 위해 본 연구기관 뿐만 아니라 국내 여러 연구기관에서 적극 활용되어지고 있음.

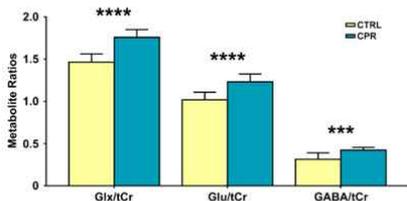
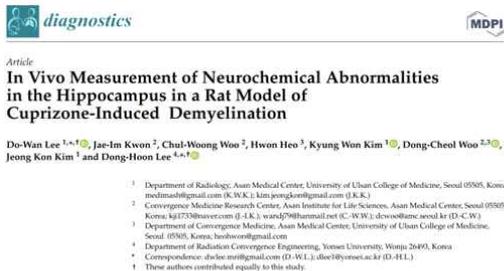


Figure 4. Bar graph showing the mean cerebral metabolite ratios in the right hippocampal region of the control (CTRL) and cuprizone-treated (CPR) rats. The vertical lines on each of the bars indicate the (+) standard deviation of the mean values. \*\*\*\*  $p < 0.0001$ ; \*\*\*  $p < 0.001$ . GABA, gamma-aminobutyric acid; Glx, Glu (glutamate) + Gln (glutamine); tCr (total Cr), Cr (creatinine) + PCr (phosphocreatine).

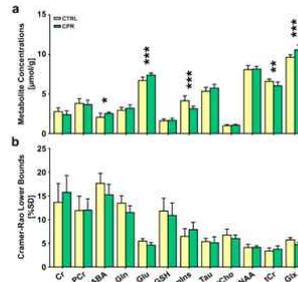


Figure 3. Bar graph indicating the mean cerebral metabolite concentrations (a) and Cramer-Rao lower bounds (CRLBs) (b) in the right hippocampal region of control (CTRL) and cuprizone-treated (CPR) rats, quantified using Linear Combination of Models software. The vertical lines on each of the bars indicate the (+) standard deviation of the mean values. \*  $p < 0.05$ ; \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.005$ ; \*\*\*\*  $p < 0.0001$ . Cr, creatinine; GABA, gamma-aminobutyric acid; Gln, glutamine; Glu, glutamate; Glx, Glu + Gln; CSH, glutathione; mIns, myo-inositol; PCr, phosphocreatine; SD, standard deviation; Tau, taurine; tCho (total Cho), GPC (glycerophosphocholine) + PCh (phosphocholine); tCr (total Cr), Cr + PCr; tNAA (total NAA), NAA (N-acetylaspartate) + NAAG (N-acetylaspartylglutamate).

<게재 현황 및 대표 그림>

|  |  |  |  |   |
|--|--|--|--|---|
|  |  |  |  | 이도완, 허훤, 우동철, 김정곤, 이동훈  |
|  |  |  |  | Amide Proton Transfer-weighted 7-T MRI Contrast of Myelination after Cuprizone Administration |
|  |  |  |  | Radiology   |
|  |  |  |  | 299(2):428-434  |
|  |  |  |  | 2021.05 (2021.01 accepted)  |
|  |  |  |  | SCI(E), 2020 IF: 11.105   |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 연구에서는 대뇌 대표적 백질 영역인 corpus callosum에서의 axon 및 myelin sheath의 손상에 의한 APT 대사변화를 정량적으로 관찰 한 연구임. **국내외적으로 최초로 시도된 연구로서 탈수초화 및 재수초화에 의한 뇌 손상/회복 기전을 영상학적 바이오마커 발굴 및 조직학적/면역화학적 검증을 통해 연구결과의 유효성을 증명하였음.**

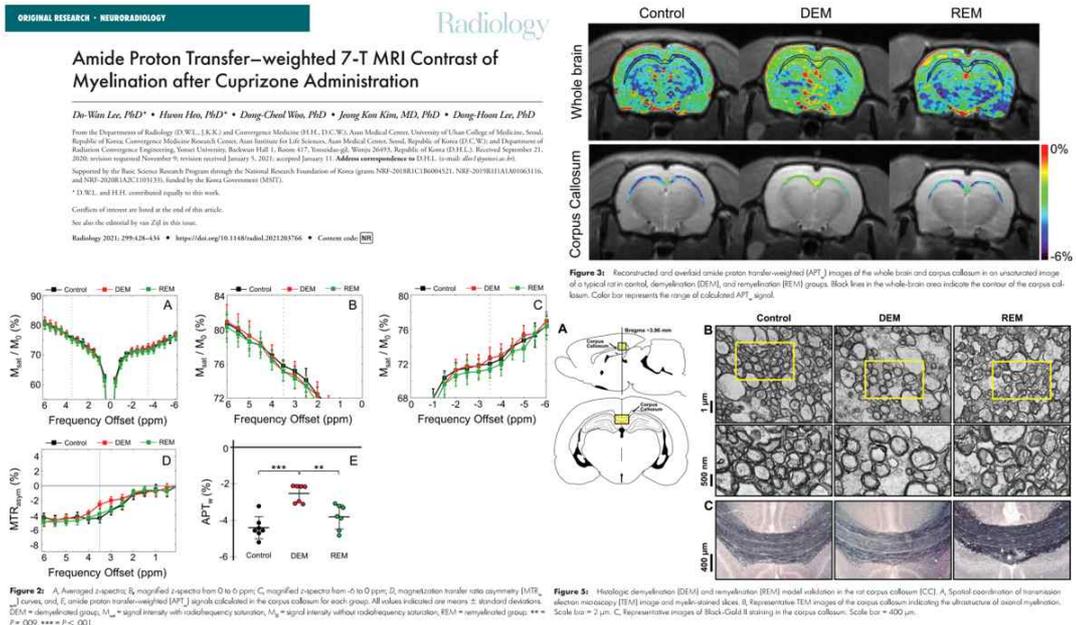
□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구는 다발성경화증 질환과 관련된 **대뇌 신경다발 및 수초의 손상 기전과 관련하여 영상학적 바이오마커 발굴**을 통해 대사변화를 시각화한 연구이며, 이를 검증하기 위해 다양한 분자생물학적 연구를 통해 통합적인 질환 바이오마커를 발굴하였음. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료영상분야의 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.**

12

□ 전공분야 기여도

- **APTCEST 영상학 분야의 최고 권위자인 Johns Hopkins University School of Medicine의 Peter van Zijl, Ph.D.**는 해당 논문의 우수성 및 연구적 가치에 대해 동 저널에 editorial review를 기고하였으며, **향후 임상에서의 진단 및 연구적 활용 가능성에 대해 서술하였음.**
- 또한 다양한 면역신경학적 진단 및 신약 치료제 개발을 위한 다양한 기초자료로서 활용 가능할 것으로 판단됨.



<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |            |          |  |
|-----|------|------------|----------|--|
| 정용현 | 이공계열 | 방사선<br>의리학 | 저널<br>논문 | 박찬우, 송한결, 정진훈, 김용권, 김규범,<br>정용현  |
|     |      |            |          | Feasibility study of SiPM based scintillation<br>detector for dual-energy X-ray absorptiometry |
|     |      |            |          | Nuclear Engineering and Technology   |
|     |      |            |          | 52(10), 2346-2352  |
|     |      |            |          | 2020.10  |
|     |      |            |          | SCI(E), 2020 IF: 2.341   |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 연구는 기존의 초음파, X선 등의 골밀도 측정 검출기보다 확장성이 높고, 경제적인 검출기 개발하고, 차세대 골밀도 측정 장비의 국산화를 위해 **SiPM (Silicon Photomultiplier) 반도체 센서를 이용한 이중 에너지 X선 기반의 골밀도 측정용 진단영상기기(DXA) 검출기 개발**을 제안함.
- **SiPM 반도체 센서와 평판형 LYSO 신틸레이터에 최적화된 위치 판별 회로를 설계**하였으며, 서로 다른 X선 에너지 (Low, High)에 대한 연조직과 골조직의 x선 흡수 차이를 이용하여, 연조직 성분을 제거 후, 골 성분만의 영상을 획득하였으며, 유효한 골밀도를 측정이 가능함을 증명하였음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 **차세대 의료방사선** 및 검출기에 대한 중요 원천 기술을 국산화하고 세계시장에서 경제력 있는 제품을 개발함으로써 향상되는 기술자립도가 본 교육연구팀의 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양**에 부합함.

13

□ 전공분야 기여도

- 해당 연구 성과는 디지털 방사선 의료 장비 등 많은 응용분야에서 폭넓게 활용 가능하며, 추가적으로 검출기 복수적으로 사용 하게 되면 넓은 영역에서의 골밀도 측정이 가능함. 또한 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 **정밀의료 진단 효과와 수입 장비의 대체를 통해 중소기업 육성과 고용기회 창출 및 해외시장 개척의 효과를 얻을 수 있음.**



Original Article  
**Feasibility study of SiPM based scintillation detector for dual-energy X-ray absorptiometry**

Chanwoo Park<sup>a</sup>, Hanyeol Song<sup>a</sup>, Jinhun Joung<sup>b</sup>, Yongkwon Kim<sup>b</sup>, Kyu Bom Kim<sup>c,d,\*</sup>, Yong Hyun Chung<sup>a,\*</sup>

<sup>a</sup> Department of Radiation Convergence Engineering, College of Health Science, Yonsei University, Wonju, Republic of Korea  
<sup>b</sup> Nucare Inc., Incheon, Republic of Korea  
<sup>c</sup> Department of Neurosurgery, Yonsei University College of Medicine, Republic of Korea  
<sup>d</sup> Department of Integrative Medicine, Major in Digital Healthcare, Yonsei University, Republic of Korea

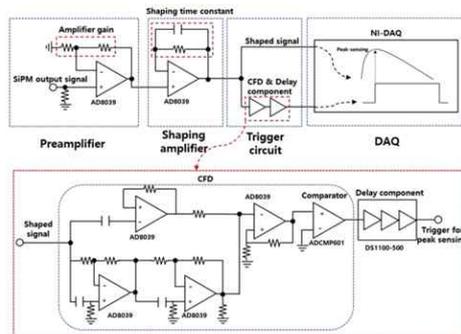


Fig. 2. Schematic diagram of front-end electronics and the peak-sensing ADC. The front-end electronics includes preamplifiers, shaping amplifiers, and trigger circuits. The output of the front-end electronics is fed to the peak-sensing ADC in NI-DAQ to measure energy values.

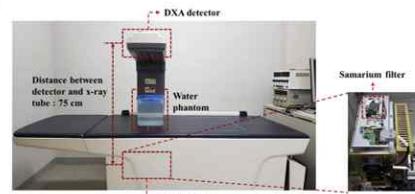


Fig. 4. Experimental Setup of an X-ray tube and DXA detectors for performance evaluation.

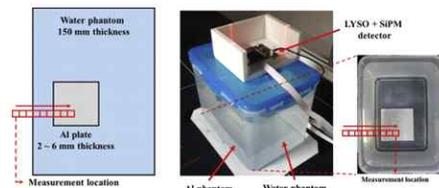


Fig. 5. Experiment setup of measuring the area density for evaluating BMD measurement accuracy.

<계재 현황 및 대표 그림>

|     |      |            |          |  |
|-----|------|------------|----------|--|
| 조효성 | 이공계열 | 방사선<br>의료학 | 저널<br>논문 | 김건아, 조효성, 임일한, 송강현, 김종국  |
|     |      |            |          | An X-ray spectrum estimation method from transmission measurement combined with scatter correction |
|     |      |            |          | Physica Medica - European Journal of Medical Physics   |
|     |      |            |          | 84/178-185   |
|     |      |            |          | 2021.04  |
|     |      |            |          | SCI(E), 2020 IF: 2.685   |

□ 창의성 및 혁신성

- 기존 투과 측정값을 이용한 엑스선 스펙트럼 측정방법은 측정값에 산란선이 포함되어 있는 경우 부정확한 결과를 초래함. 본 연구에서 제안하는 방법은 **가중된 L1-norm 산란 보정 알고리즘을 적용하여 산란선을 효과적으로 제거함**으로써 실제 스펙트럼과 측정된 스펙트럼 간 오차를 크게 줄일 수 있음.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 연구팀은 한국원자력의학원과 **협력연구를 수행함으로써 연구 역량을 강화**하였고, 의료분야로의 최신 알고리즘 기술응용을 통해 **첨단 의료방사선분야의 미래가치를 창조**함. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료 방사선분야의 첨단기술 연구에 부합하는 연구개발 내용임**.

14 □ 전공분야 기여도

- 산란선 보정 기술 적용 전 측정된 스펙트럼 대비 실제 스펙트럼에 대한 NRMSE가 2.6% 감소하였고 평균에너지 차이는 0.73 keV를 나타내는 등 유의미한 차이를 보임. 향후 다양한 진단 **의료영상분야에서 정밀한 엑스선 스펙트럼 측정**을 가능하게 할 것으로 예상함.



Original paper  
An X-ray spectrum estimation method from transmission measurement combined with scatter correction

Guna Kim<sup>a</sup>, Hyosung Cho<sup>b</sup>, Ilhan Lim<sup>a</sup>, Kanghyon Song<sup>a</sup>, Jong-Guk Kim<sup>a,b\*</sup>

<sup>a</sup> Korea Institute of Radiological and Medical Sciences, Seoul 01812, South Korea  
<sup>b</sup> Department of Radiation Convergence Engineering, Yonsei University, Wonju 26493, South Korea

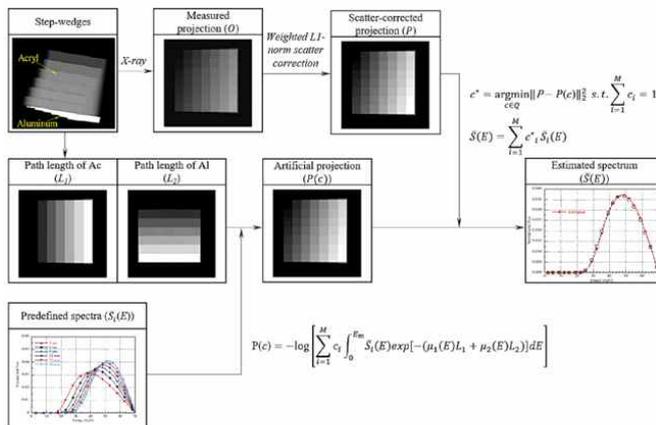


Fig. 2. Simplified flowchart representing the proposed spectrum estimation method combined with scatter correction.

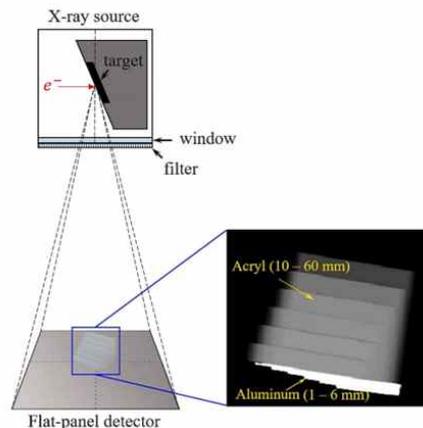


Fig. 3. Schematic of geometry used in the numerical simulation for modelling x-ray imaging system and an enlarged image of phantom composed of two step-wedges.

<게재 현황 및 대표 그림>

|     |      |            |          |  |
|-----|------|------------|----------|--|
| 조효성 | 이공계열 | 방사선<br>의리학 | 저널<br>논문 | 이동연, 정상운, 김성진, 조효성, 박원, 한영이  |
|     |      |            |          | Improvement of megavoltage computed tomography image quality for adaptive helical tomotherapy using cycleGAN-based image synthesis with small datasets |
|     |      |            |          | Medical Physics  |
|     |      |            |          | (accepted)   |
|     |      |            |          | 2021.06  |
|     |      |            |          | SCI(E), 2020 IF: 4.071   |

15

□ 창의성 및 혁신성

- 기존 전립선 환자의 토모테라피 수행 시, 환자의 정확한 위치 조정을 위해 MVCT를 촬영함. 본 연구에서 제안하는 방법은 획득한 MVCT에 딥러닝 기반 영상화질 향상 알고리즘을 적용하여 kVCT와 유사한 화질의 영상을 생성함.
- 향상된 화질의 MVCT를 통해 방사선 치료기간 내 환자에게서 발생할 수 있는 해부학적 구조의 변화에 대응하는 적용형 방사선 치료를 수행하고자 선량학적인 평가를 통해 제안하는 방법의 유용성을 평가함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 본 교육연구팀에서 추구하는 다학제 간 유기적 협력을 통해 의료영상 재구성 기술과 딥러닝 기술의 융합으로 적용형 방사선 치료의 품질을 향상시켰으며, 세계적 수준의 혁신적 연구를 기반으로 차세대 의료방사선 전문인력을 양성하고자 하는 본 교육연구팀의 취지에 적합함.

□ 전공분야 기여도

- 2021년 6월 Medical Physics (IF: 4.071) 저널에 채택된 논문으로 향상된 방사선 치료의 품질로 인해 환자의 치료 효과와 치료 계획 효율성을 최적화시킴으로써 적용형 방사선 치료 기술 수준 증진을 통해 국민 건강 공익 향상에 기여할 것으로 사료됨.

Received: 5 February 2021 | Revised: 20 July 2021 | Accepted: 30 July 2021  
DOI: 10.1002/mp.16162

RESEARCH ARTICLE MEDICAL PHYSICS

**Improvement of megavoltage computed tomography image quality for adaptive helical tomotherapy using cycleGAN-based image synthesis with small datasets**

Dongyeon Lee<sup>1,3</sup> | Sang Woon Jeong<sup>2,3</sup> | Sung Jin Kim<sup>3</sup> | Hyosung Cho<sup>1</sup> | Won Park<sup>2,3</sup> | Youngyih Han<sup>2,3</sup>

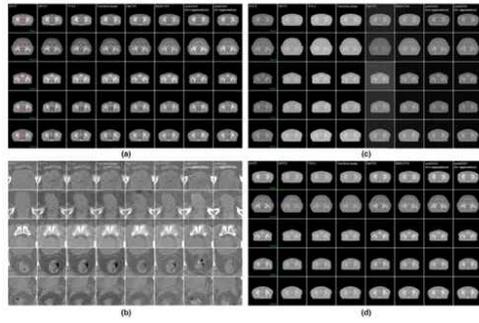


FIGURE 3 Examples of (a) axial slices of CT images for five test cases and (b) corresponding enlarged images inside red line box. (c) Normalized and (d) standardized CT images for further comparison. The display window range was set to [-500, 500] HU for kVCT and sMVCT images, and [-250, 250] HU for MVCT images

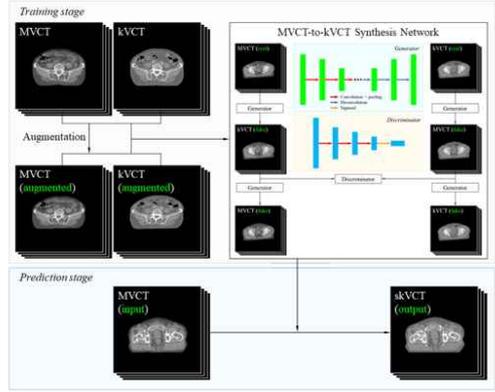


FIGURE 2 Simplified diagram of the proposed MVCT image quality improvement process. The structure of the cycleGAN model employed in the proposed algorithm includes two trainable parts: generators and discriminators. During the training process, generators and discriminators compete against each other to achieve convergence. Generators take charge of creating the fake images when the input data are provided. The paired planning kVCT and MVCT images are used as two inputs in the proposed algorithm after applying data augmentation

<개제 현황 및 대표 그림>

② 참여교수 특허, 기술이전 실적의 우수성

- 본 교육연구팀에서는 최근 1년간 국내·국제 특허 실적 11건을 달성하였으며(국내 출원 4건, 국제 출원 1건, 국내 등록 6건), 참여교수 1인당 평균 1.8건의 특허 출원·등록 성과를 달성하였음.
- (주)신통과의 첨단 산업기술 개발 노하우 기술이전 1건(정액기술료: 33,000 천원), (주)네오시스코리아와의 발명 특허 기술이전 3건(정액기술료: 50,000 천원)의 성과를 달성하였음.
- 당초 사업 계획서 상에 명시했던 5년간 특허등록 30건(연평균 6건)의 실적과 비교했을 때 유사한 수준을 나타내며, 본 성과에 대한 창의성 및 혁신성, 비전과 목표와의 부합성, 전공분야 및 지역산업에의 기여도 등은 아래 목록과 같음.

<표 7-5> 최근 1년간 참여교수 특허 실적

| 연번   | 참여교수명 | 연구자 등록번호 | 세부전공분야 | 실적 구분 | 특허, 기술이전 실적 상세내용              |
|--|-------|----------|--------|-------|-------------------------------|
| <b>특허, 기술이전 실적의 우수성</b>  |       |          |        |       |                               |
| 1  | 한봉수   |          | 방사선과학  | 특허    | 김동윤, 한봉수, 이민희, 황윤호, 윤창수       |
|  |       |          |        |       | 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 장치 및 방법 |
|  |       |          |        |       | 국내 등록                         |
|  |       |          |        |       | 대한민국                          |
|  |       |          |        |       | 10-2158268                    |
|  |       |          |        |       | 등록일자: 2020.09.15              |
| <p>□ 창의성 및 혁신성<br/>본 발명은 자기공명분광법을 이용한 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 방법에 있어서 <b>뇌 영역별 대사물질의 시계열 데이터를 획득, 뇌 네트워크의 구현, 네트워크 파라미터를 이용한 뇌 대사물질별 연결성 분석</b>에 관한 것임.</p> <p>□ 비전과 목표와의 부합성<br/>본 발명은 자기공명분광법을 이용한 차세대 융합기술로써 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 <b>의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양</b> 부합함.</p> <p>□ 전공분야 기여도<br/>자기공명분광영상기법 기반의 뇌 대사물질 변화를 위한 모니터링 기술을 개발하였으며, 파라미터 변화에 따른 데이터의 유연성을 검증하였음. 이를 통해 <b>뇌 대사물질의 네트워크를 구현하는데 있어서 분석 정확도를 향상</b>시킴.</p> <p>□ 업적물 산출 시 기여한 역할<br/>뇌 대사물질의 시계열 데이터의 획득 및 뇌 네트워크의 구현, 파라미터 변화에 따른 뇌 대사물질별 연결성을 구현하는데 기여함.</p> <p>□ 산업에의 기여</p> |       |          |        |       |                               |

|  |   |       |    |  |
|--|---|-------|----|--|
| <p>다중 복셀 MRS 데이터를 이용하여 대사물질별 뇌의 구조적 연결성을 나타내는 뇌 대사물질 분석 기법 및 뇌 네트워크 방법을 함께 제공함으로써, <b>향후 임상 분야에서 다양한 뇌질환 진단 및 치료에 적용 가능할 것으로 판단되며, 신약개발 분야에서도 뇌신경 질환 치료제 개발을 위한 표준 지표로 활용될 수 있을 것으로 예상됨.</b></p> |   |       |    |  |
| 한봉수  |   | 방사선과학 | 특허 | 한봉수, 김동윤, 이민희, 황윤호, 이진주, 윤창수                           |
|  |   |       |    | 자기공명분광 기반 뇌 대사물질에 대한 시변함수를 이용한 뇌 대사물질 네트워크 생성 시스템 및 방법 |
|  |   |       |    | 국내 등록  |
|  |   |       |    | 대한민국   |
|  |   |       |    | 10-2170977   |
|  |   |       |    | 등록일자: 2020.10.22                                       |
| 2  | <p>□ 창의성 및 혁신성<br/>본 발명은, 뇌 대사물질을 모니터링하기 위해, 뇌의 특정 영역에 대해 자기공명분광학장비를 이용하여 <b>뇌 대사물질의 스펙트럼 및 시변함수를 획득하고, 뇌 대사물질 네트워크를 생성하는 시스템 및 방법</b>에 관한 것임.</p>  |       |    |  |
|  | <p>□ 비전과 목표와의 부합성<br/>본 발명은 자기공명분광법을 이용한 차세대 융합기술로써 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 <b>의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양</b> 부합함.</p>  |       |    |  |
|  | <p>□ 전공분야 기여도<br/>본 발명은 상관 계수 (correlation coefficient)를 통해 뇌의 영역들 간 대사물질의 상호 연관성을 밝히는 데 기여하였음. 이를 통해 <b>뇌의 기능적 네트워크를 통해 연결된 두 영역간의 대사물질 네트워크를 해석함으로써 뇌 대사 상호작용과 메커니즘을 규명</b> 할 수 있게 되었음.</p> |       |    |  |
|  | <p>□ 업적물 산출 시 기여한 역할<br/>뇌 대사물질을 모니터링하기 위한 생체 신호 획득 및 처리, 대사물질의 농도 산출/보정, 뇌 대사물질 네트워크 생성 단계를 규명하는데 기여함.</p>   |       |    |  |
|  | <p>□ 산업에의 기여<br/>본 발명으로부터 개발된 뇌 대사물질 네트워크 시스템은 향후 뇌 질환의 진단과 치료 방법 개발에 있어서 <b>보다 정확하고 정밀한 정보를 제공할 수 있으며, 임상에서 다양한 환자들을 대상으로 치료과정을 모니터링하고 평가하는데 지표로 사용될 수 있음.</b></p>                           |       |    |  |

|   |   |  |                     |    |   |
|---|---|--|---------------------|----|---|
|   | 민철희<br>안재준<br>정용현   |  | 방사선<br>의료학,<br>빅데이터 | 특허 | <p>안재준, 최세환, 임진영, 서민석, 장인호, 민철희, 정용현, 최형주, 최현준, 백민규</p> <p>사용후 핵연료집합체 내에서의 핵연료봉 결손검출장치 및 결손검출방법</p> <p>국내 출원</p> <p>대한민국</p> <p>10-2020-0174782</p> <p>출원일자: 2020.11.19</p> |
| 3 | <p>□ 창의성 및 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 단일광자방출단층촬영 기술을 응용하여 원자력발전소 내 핵연료봉의 무단 반출 등을 막기 위한 감시 방법 및 시스템을 제안함. 해당 기술은 사용후 핵연료집합체에서 <b>각각의 핵연료봉의 감시가 가능하게 하는 최신 기술</b>임.</li> </ul> <p>□ 비전과 목표와의 부합성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의료영상분야에 주로 사용되고 있는 단일광자방출단층촬영기술을 원자력 발전소 감시 시스템에 응용한 것으로 다양한 분야 간의 교차 연구를 통해 향상된 방사선 영상 기술 연구능력을 배양시키 위함임. 이는 <b>의료방사선 및 방사선·원자력 안전 분야의 핵심적 기술을 위한 개발로써</b> 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 <b>방사선융합공학 신기술 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용</b>임.</li> </ul> <p>□ 전공분야 기여도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 사용후 핵연료집합체로부터 방출되는 총 방사선량 등의 분석만 가능한 기존의 방법과 비교하여 해당 기술은 각각의 핵연료봉에 대한 결손, 분실 등을 평가할 수 있음. 이는 향후 <b>국내 방사선 및 원자력 안전 분야의 기술 수준</b>을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.</li> </ul> <p>□ 업적물 산출 시 기여한 역할</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 제시된 단일광자방출단층촬영 장치 제작을 위한 <b>기하학적 구조 최적화</b>를 수행하였으며, 실제 <b>원리검증용 장비를 제작</b>함. 또한, 해당 장비를 사용한 핵연료봉 감시 연구를 수행함으로써 <b>해당 기술의 원리 검증 및 유효성 평가</b>를 수행 함.</li> </ul> <p>□ (지역)산업에의 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 <b>방사선·원자력 안전 관련 기술 발전</b>에 기여하였으며, 해당 결과는 <b>향상된 장비 개발의 기초 자료</b>로 활용될 뿐 아니라 <b>국내 방사선 안전 관리의 위상을 높이</b>는데 기여할 수 있을 것으로 사료됨.</li> </ul> |  |                     |    |   |
| 4 | 안재준<br>정용현  |  | 방사선<br>의료학,<br>빅데이터 | 특허 | <p>정용현, 안재준, 김규범, 백민규, 임진영<br/>최세환, 송한결</p> <p>핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템</p> <p>국내 출원</p> <p>대한민국</p> <p>10-2020-0169648</p> <p>출원일자: 2020.12.07</p>                     |

- 창의성 및 혁신성
  - 본 발명의 자동경보시스템은 CNN 알고리즘을 이용해 특정 위치에서 벗어난 방사능을 식별하는 인공지능 알고리즘(Convolution neural networks)을 수행함으로써 원자력시설의 무인감시 및 원자력발전소 및 방사능폐기물 처리시설의 관리를 용이하게 할 수 있는 최신 기술이다.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 본 연구는 최신 동향의 연구로 인공지능과 방사선 검출부, 광학영상기기 검출부, 그리고 특정 시간 내에 획득된 데이터를 비교하여 동시계수를 측정하는 디지털신호처리부와 같이 핵시설 무인감시 자동경보 시스템의 기술개발과 관련된 연구임. 이는 본 교육연구팀의 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.
- 전공분야 기여도
  - 최적화된 인공지능 기반의 방사선검출기 개발을 통해 미확인 핵물질을 탐지하거나 핵폐기물 저장고 및 핵물질 누출사고 감시등을 신속하게 수행 할 수 있음으로, 작업 종사자의 피폭 감소 및 효율적인 상황 대처에 기여할 것으로 사료 됨.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 재개발된 센서 네트워크 및 인공지능을 이용한 위치추적 시스템을 사용하기 때문에 작업자가 직접적으로 접근하기 난해한 장소의 다목적 환경감시 용도로 활용함으로써 인공지능의 우수한 방사선 감시 기기 시스템 적용 사례로 활용됨.
- (지역)산업에의 기여
  - 국내 방사능물질 감시 시스템 개발 분야의 최첨단 장비 개발의 기반이 될 수 있는 기술로써, 방사선 감시 시스템과 인공지능을 융합한 자동경보 시스템은 기술 수입 대체뿐만 아니라, 국내 방사선 감시 시스템 기기 산업 및 연구 분야의 발전에 기여할 것으로 판단됨.

|     |             |    |  |
|-----|-------------|----|--|
| 이동훈 | 의학영상<br>시스템 | 특허 | 이동훈, 이민재, 이보배, 권정민, 진효정                        |
|     |             |    | 다중 레벨 웨이브렛 인공지능 기반 선량 저 감화를 위한 컴퓨터 단층영상 재구성 방법 |
|     |             |    | 국내 출원  |
|     |             |    | 대한민국   |
|     |             |    | 10-2021-0051285                                |
|     |             |    | 출원일자: 2021.04.20                               |

5

- 창의성 및 혁신성
  - CNN으로 개발된 U-net 구조와 wavelet transform을 기반으로 한 딥러닝 모델이 사용되었고, 기존 CT 장비 대비 선량을 감소시키기 위해 sparse sampling 조건을 사용했음에도 인공물이나 잡음이 없는 고화질의 영상이 구현 가능함을 증명하였음.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 최신 동향의 연구로 인공지능과 신경회로망 등과 같이 의료방사선 신기술 연구능력을 배양시키고 방사선 의료영상 분야의 핵심적 기술을 보유한 글로벌 인재를 양성하기 위한 본 교육연구팀의 목표에 부합함.

- 전공분야 기여도
  - 향상된 의료영상의 품질로 인해 진단의 정확도를 향상시키고, 환자 피폭을 최소한으로 줄임으로써 **정밀의료 진단**을 통해 국민 건강증진에 기여할 것으로 사료됨.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 기존의 방법에 비해 인공물을 더 효과적으로 제거함과 동시에 최소한의 선량으로 CT영상 화질을 향상시킴으로써 **인공신경망의 우수한 성능 결과**를 도출함.
- (지역)산업에의 기여
  - 국내 의료기기 개발 분야의 **최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술**로 활용될 뿐만 아니라 수입대체는 물론 해외 기술 수출을 통한 국제 경쟁력을 향상시킬 수 있으며, 국내 의료기기 산업 발전에 기여할 것으로 판단됨.

|     |            |    |                   |
|-----|------------|----|-------------------|
| 민철희 | 방사선<br>의료학 | 특허 | 민철희, 이현철, 구본택     |
|     |            |    | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 |
|     |            |    | 국내 출원             |
|     |            |    | 대한민국              |
|     |            |    | 10-2021-0051284   |
|     |            |    | 출원일자: 2021.04.20  |

6

- 창의성 및 혁신성
  - 공항·항만의 화물 이동을 통한 방사성핵종의 불법 반출입을 방지하기 위하여 플라스틱섬광체 기반 방사선 검출기를 사용하며, 플라스틱섬광체의 특성을 이용한 에너지 가중 알고리즘과 검사 정확도 향상을 위한 머신러닝 기법을 조합하여 효과적인 화물 감시가 가능하게 하는 **최신 방사성 핵종 분별 기술**임.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양**에 부합함.
- 전공분야 기여도
  - 플라스틱섬광체의 단점인 낮은 에너지분해능을 극복하기 위한 기술로, 에너지 가중 알고리즘을 통하여 방사성 핵종의 특징이 명확하게 나타나는 에너지스펙트럼을 획득하고, 머신러닝 기반 스펙트럼 분별 알고리즘을 적용하여 핵종 분별 정확도를 향상시킴. 이와 같은 시도는 향후 **국내 방사선 계측 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 플라스틱 검출기에 적용되는 에너지 가중 알고리즘을 제안하였으며, 측정된 에너지스펙트럼의 정밀 분석을 위한 머신러닝 기반 핵종 분별 알고리즘을 제작함으로써 **우수한 정확도의 방사성 핵종 분별이 가능**하도록 함.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 **방사선 계측 기술 발전**에 기여하였으며, **최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술**로 활용될 뿐 아니라 추가 연구를 통해 **방사선 감시기 시장의 내지화**에 기여할 수 있을 것으로 기대됨. 방사선 감시기의 기술 내지화는 향후 해외 기술 수출을 통한 **국제 경쟁력을 향상**시킬 수 있을 것으로 판단됨.

|                   |                     |    |  |
|-------------------|---------------------|----|--|
| 민철희<br>안재준<br>정용현 | 방사선<br>의료학,<br>빅데이터 | 특허 | 민철희, 정용현, 안재준, 박성중, 최세환, 임진영, 최현준, 장지원 |
|                   |                     |    | 핵연료집합체의 방출단층촬영 영상 재구성장치                |
|                   |                     |    | 국내 등록                                  |
|                   |                     |    | 대한민국                                   |
|                   |                     |    | 10-2244806                             |
|                   |                     |    | 등록일자: 2021.04.21                       |

7

□ 창의성 및 혁신성

- 원자력 발전소 내부의 **사용후 핵연료 집합체의 방출단층촬영 영상 재구성 장치**를 개발하여, 밀도가 높아 영상획득이 어려운 핵연료집합체에 대하여 **고해상도 및 고민감도 영상 획득**이 가능하도록 함.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 단일광자방출단층촬영기술은 현재 방사선 의료 분야에서도 많이 사용되는 진단 기법 중 하나임. 인체와 비교하여 **높은 밀도**로 인하여 보다 **명확한 영상 구현이 어려운 핵연료봉 집합체**에 대하여 **정확한 단층촬영영상 재구성 기술**을 개발한 것으로, 이는 **의료방사선 분야의 첨단기술 연구 및 세계적 수준의 연구능력을 배양**시키기 위한 **본 연구팀의 취지**에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 핵연료봉집합체는 인체와 비교하여 높은 밀도로 인해 단층촬영영상 획득이 매우 어려움. 이와 같은 **물체의 영상을 명확하게 재구성**할 수 있는 기술을 개발함으로써 향후 **국내 방사선 영상 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 검출 영상의 해상도 향상을 위하여 필요한 **영상 재구성 기법을 제안 및 개발**하였으며, 해당 영상 재구성 기술에 머신러닝 기법을 적용하여 결과물의 효과를 향상시킴. 또한, 해당 기술의 검증을 위하여 **원리검증용 장비를 사용한 실험**을 수행함.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 **방사선·원자력 안전 기술 발전**에 기여하였으며, 부가적으로 **방사선 의료영상 분야의 기술 발전**에도 기여할 수 있을 것으로 사료됨. 국내 원자력 발전소에 대하여 보다 효과적인 안전관리가 가능하게 할 수 있을 것으로 기대됨.

|   |   |  |                     |    |   |
|---|---|--|---------------------|----|---|
|   | 민철희<br>안재준<br>정용현   |  | 방사선<br>의료학,<br>빅데이터 | 특허 | 민철희, 정용현, 안재준, 최현준, 김규범, 백민규<br>핵연료집합체의 방출단층 촬영장치<br>국내 등록<br>대한민국<br>10-2254651<br>등록일자: 2021.05.14            |
| 8 | <p>□ 창의성 및 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 원자력 발전소 내부의 <b>사용후 핵연료 집합체의 방출단층촬영장치를 개발</b>하여, 밀도가 높아 영상 획득이 어려운 핵연료집합체에 대한 <b>고민감도 영상 획득</b>이 가능하도록 함.</li> </ul> <p>□ 비전과 목표와의 부합성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인체와 비교하여 <b>높은 밀도</b>로 인하여 보다 <b>명확한 영상 구현이 어려운 물체</b>에 대하여 보다 <b>정확한 단층촬영영상 촬영 장치</b>를 개발하였으며, 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표중 하나인 <b>의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양</b>에 부합함.</li> </ul> <p>□ 전공분야 기여도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 핵연료봉집합체는 인체와 비교하여 높은 밀도로 인해 단층촬영영상 획득이 매우 어려움. 이와 같은 물체의 영상을 효율적으로 획득 할 수 있는 장치를 개발함으로써 보다 <b>첨단의 방사선 영상 장비 개발을 위한 기술 기반 확보에 기여</b>하며, 향후 <b>국내 방사선 영상 분야의 기술 수준</b>을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.</li> </ul> <p>□ 업적물 산출 시 기여한 역할</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 검출 해상도 및 민감도의 극대화를 위하여 몬테칼로 전산모사를 통해 <b>시스템의 기하학적 구조 최적화를 수행</b>함. 또한, 해당 장비 및 기술의 검증을 위하여 <b>원리검증용 장비 제작 및 선원에 대한 실험을 수행</b>함.</li> </ul> <p>□ (지역)산업에의 기여</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 국내 <b>방사선·원자력 안전 기술 발전</b>에 기여하였으며, 해당 결과는 방사선 영상 분야 연구의 기초 자료 중 하나으로써 부가적으로 <b>방사선 의료영상 분야의 기술 발전</b>에도 기여할 수 있을 것으로 사료됨. 또한, 국내 원자력 발전소에 대하여 보다 효과적인 안전관리가 가능하게 할 수 있을 것으로 기대됨.</li> </ul> |  |                     |    |   |
| 9 | 조효성   |  | 방사선<br>의료학          | 특허 | 박소영, 김건아, 조효성, 서창우<br>고정형 다중 슬릿 콜리메이터를 이용한 엑스선 영상 생성 장치 및 방법<br>국내 등록<br>대한민국<br>10-2260218<br>등록일자: 2021.05.28 |

- 창의성 및 혁신성
  - 본 발명은 다중슬릿 콜리메이터 사용 시 나타나는 **밝은 밴드 아티팩트를 효과적으로 최소화하여 영상 품질을 유지**할 수 있는 방법을 제안함.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 의료분야에서 저선량 고품질 영상을 구현함으로써 미래적 사회적 가치를 창출하였다는 점에서 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 4차 **산업혁명시대의 미래지식 창출을 위한 의료방사선분야 전문화에** 부합함.
- 전공분야 기여도
  - 본 발명은 다중슬릿 콜리메이터 사용을 통해 선량을 획기적으로 감소시키면서 영상 품질은 유지함. 의료분야에서 제기되는 과도한 피폭선량 문제와 관련하여 **피폭선량 저감화 방안**으로 제안됨.
- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - 다중슬릿 콜리메이터를 이용한 x선 영상화 장치 구현을 위한 시뮬레이션 설계 및 저선량 고품질에 대한 정량적 평가 수행함.
- 산업에의 기여
  - 본 발명은 저선량 고품질 영상을 제공함으로써 산업분야에서 **방사선 민감성 물체의 비파괴 검사 용**으로 유용하게 상용될 것으로 기대함.

|     |            |    |                     |
|-----|------------|----|---------------------|
| 민철휘 | 방사선<br>의료학 | 특허 | 민철휘, 유도현, 천보위       |
|     |            |    | 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법 |
|     |            |    | 국내 등록               |
|     |            |    | 대한민국                |
|     |            |    | 10-2260156          |
|     |            |    | 등록일자: 2021.05.28    |

10

- 창의성 및 혁신성
  - 몬테칼로 전산모사를 기반으로 방사선 치료 시 피부에 전달되는 선량을 평가하는 기술을 제안함. 현재 상용화된 치료 선량 평가 기술은 피부에 대한 선량을 정확하게 평가할 수 없으며, 해당 기술은 정확한 피부 선량 평가가 가능하게 하는 **최신 선량 평가 기술**임.
- 비전과 목표와의 부합성
  - 방사선 방호 분야에서 최신 연구 결과로 발표된 다면체 모의피폭체를 방사선 치료 분야에 응용하여 **환자 특성을 고려한 모의피폭체를 개발하고, 이에 대한 장기 및 피부에 대한 선량평가 기술을 개발한 것으로** 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양** 부합함.
- 전공분야 기여도
  - 몬테칼로 전산모사를 사용하여 환자 특성을 고려한 다면체 모의피폭체를 제작, 환자에 전달되는 선량 분포를 정확하게 평가하는 기술로, 기존에 사용되는 복셀 기반의 선량 평가 기술과 비교하여 선량 평가 정확도가 높음. 이는 향후 **국내 방사선 치료 및 방사선 선량 평가 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.

- 업적물 산출 시 기여한 역할
  - **다면체 모의피폭체**를 **몬테칼로 전산모사 환경에 구현**할 수 있도록 알고리즘을 제작하였으며, 이를 기반으로 방사선 조사 시 **인체 선량 분포를 평가할 수 있는 기술을 개발**함. 또한, 해당 기술의 검증에 위하여 실제 방사선치료계획을 전산모사하여 **해당 기술의 신뢰성 및 유효성을 검증** 함.
- (지역)산업에의 기여
  - 국내 **방사선치료 기술 발전**에 기여하였으며, 특히 치료 후 **환자의 부작용 감소**에 효과적으로 기여할 수 있을 것으로 판단됨. 또한, 해당 기술을 사용하여 향후 개발 될 **첨단 방사선 치료 기술의 유효성 검증**이 가능 할 것으로 판단됨.

|     |            |    |                   |
|-----|------------|----|-------------------|
| 민철희 | 방사선<br>의료학 | 특허 | 민철희, 이현철, 구본택     |
|     |            |    | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 |
|     |            |    | 국제 출원             |
|     |            |    | PCT               |
|     |            |    | PCT/KR2021/006918 |
|     |            |    | 출원일자: 2021.06.03  |

- 11
- 창의성 및 혁신성
    - 공항·항만의 화물 이동을 통한 방사성핵종의 불법 반출입을 방지하기 위하여 플라스틱섬광체 기반 방사선 검출기를 사용하며, 플라스틱섬광체의 특성을 이용한 에너지 가중 알고리즘과 검사 정확도 향상을 위한 머신러닝 기법을 조합하여 효과적인 화물 감시가 가능하게 하는 **최신 방사성 핵종 분별 기술**임.
  - 비전과 목표와의 부합성
    - 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양**에 부합함.
  - 전공분야 기여도
    - 플라스틱섬광체의 단점인 낮은 에너지분해능을 극복하기 위한 기술로, 에너지 가중 알고리즘을 통하여 방사성 핵종의 특징이 명확하게 나타나는 에너지스펙트럼을 획득하고, 머신러닝 기반 스펙트럼 분별 알고리즘을 적용하여 핵종 분별 정확도를 향상시킴. 이와 같은 시도는 향후 **국내 방사선 계측 분야의 기술 수준**을 한 단계 높일 수 있을 것으로 사료됨.
  - 업적물 산출 시 기여한 역할
    - 플라스틱 검출기에 적용되는 에너지 가중 알고리즘을 제안하였으며, 측정 된 에너지스펙트럼의 정밀 분석을 위한 머신러닝 기반 핵종 분별 알고리즘을 제작함으로써 **우수한 정확도의 방사성 핵종 분별이 가능**하도록 함.
  - (지역)산업에의 기여
    - 국내 **방사선 계측 기술 발전**에 기여하였으며, **최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술**로 활용될 뿐 아니라 추가 연구를 통해 **방사선 감시기 시장의 내지화**에 기여할 수 있을 것으로 기대됨. 방사선 감시기의 기술 내지화는 향후 해외 기술 수출을 통한 **국제 경쟁력을 향상**시킬 수 있을 것으로 판단됨.

|     |            |          |                                |
|-----|------------|----------|--------------------------------|
| 조효성 | 방사선<br>의료학 | 기술이<br>전 | 조효성, 서창우, 김우성, 심지용             |
|     |            |          | CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상재구성 플랫폼 개발 |
|     |            |          | (주)신룡                          |
|     |            |          | 노하우                            |
|     |            |          | 기술이전 체결일: 2020.09.17           |

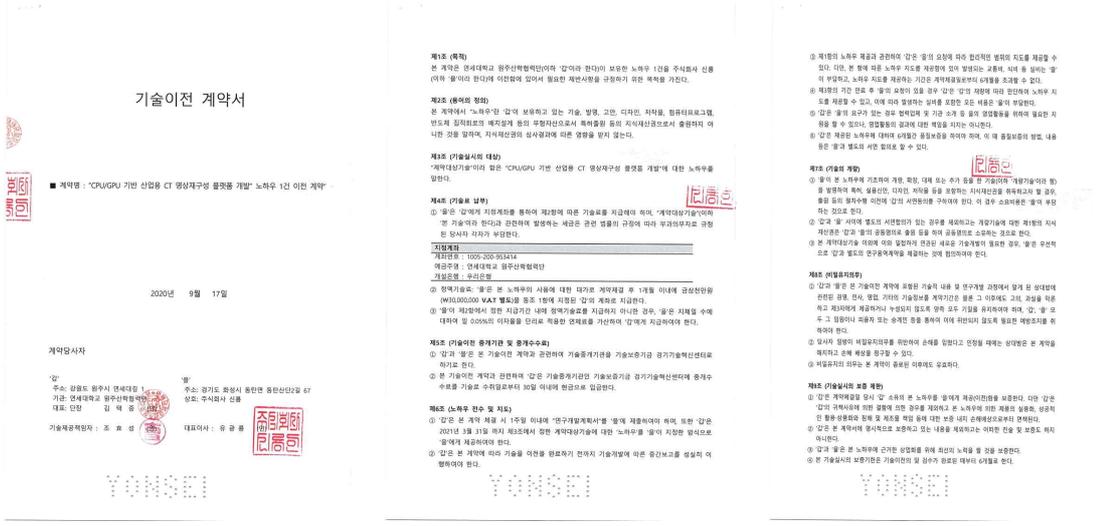
□ 창의성 및 혁신성

- 본 기술은 **CPU 및 GPU 기반 computed tomography(CT) 재구성 및 영상 화질 개선에 관한 알고리즘에 관한 것으로** 산업체 분야에서 품질 관리를 위한 검사에 사용되는 Industrial CT를 위한 기술임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 최신 동향의 연구로 GPU 가속화 알고리즘 등과 같은 기법을 융합한 재구성 및 영상화질 개선 기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육 연구팀의 **산업방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.**

12



<기술이전 계약서 사본>

□ 전공분야 기여도

- 본 노하우는 기존에 개발되어 있던 CPU 기반 알고리즘을 GPU 가속화를 통해 알고리즘 속도를 개선하고 이를 Industrial CT에 적용함으로써 **방사선 활용 분야의 확장에 기여함.**

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- **품질 검사용 Industrial CT는 주로 제품의 품질 검사를 통해 제품의 안정성 및 균일성을 확보함에 있음. 특히 품질 검사용 Industrial CT에서 중요한 부분은 검사 시간 단축에 있으며** 본 연구는 GPU 가속화를 통해 더 빠른 검사 속도가 가능하도록 함.

□ (지역)산업에의 기여

- **본 노하우는 긴 검사 시간으로 문제가 되어왔던 Industrial CT에 시간적으로 우수한 알고리즘 적용으로 본 문제가 해결 될 것으로 기대하며, 전체 품질 검사 Process의 단축이 가능할 수 있음.**

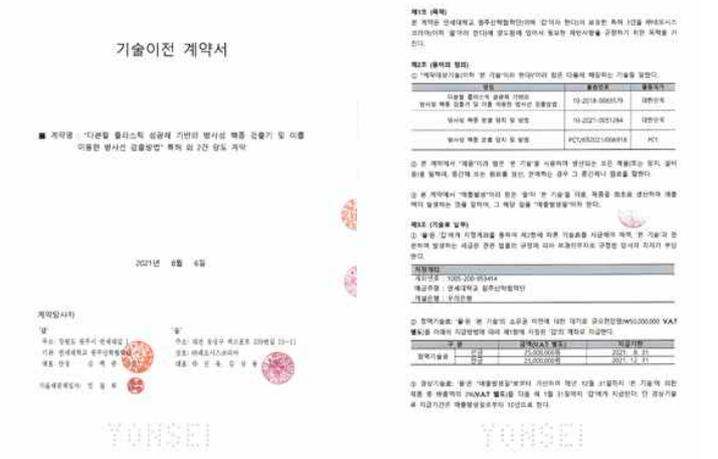
|                      |            |          |                   |
|----------------------|------------|----------|-------------------|
| 민철희                  | 방사선<br>의료학 | 기술이<br>전 | 민철희, 이현철, 구본택     |
|                      |            |          | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 |
|                      |            |          | (주)네오시스코리아        |
|                      |            |          | PCT               |
|                      |            |          | PCT/KR2021/006918 |
| 기술이전 체결일: 2021.08.06 |            |          |                   |

□ 창의성 및 혁신성

- 공항·항만의 화물 이동을 통한 방사성핵종의 불법 반출입을 방지하기 위하여 플라스틱섬광체 기반 방사선 검출기를 사용하며, 플라스틱섬광체의 특성을 이용한 에너지 가중 알고리즘과 검사 정확도 향상을 위한 머신러닝 기법을 조합하여 효과적인 화물 감시가 가능하게 하는 **최신 방사성 핵종 분별 기술**임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양**에 부합함.



13

<기술이전 체결식 사진(좌) 및 기술이전 계약서 사본>

□ 전공분야 기여도

- 플라스틱섬광체의 단점인 낮은 에너지분해능을 극복하기 위한 기술로, 에너지 가중 알고리즘을 통하여 방사성 핵종의 특징이 명확하게 나타나는 에너지스펙트럼을 획득하고, 머신러닝 기반 스펙트럼 분별 알고리즘을 적용하여 핵종 분별 정확도를 향상시킴. 이와 같은 시도는 향후 **국내 방사선 계측 분야의 기술 수준을 한 단계 높일 수 있을 것으로** 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 플라스틱 검출기에 적용되는 에너지 가중 알고리즘을 제안하였으며, 측정된 에너지스펙트럼의 정밀 분석을 위한 머신러닝 기반 핵종 분별 알고리즘을 제작함으로써 **우수한 정확도의 방사성 핵종 분별이 가능하도록** 함.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 **방사선 계측 기술 발전**에 기여하였으며, **최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술**로 활용될 뿐 아니라 추가 연구를 통해 **방사선 감시기 시장의 내지화**에 기여할 수 있을 것으로 기대됨. 방사선 감시기의 기술 내지화는 향후 해외 기술 수출을 통한 **국제 경쟁력을 향상**시킬 수 있을 것으로 판단됨.

|     |            |          |                      |
|-----|------------|----------|----------------------|
| 민철희 | 방사선<br>의료학 | 기술이<br>전 | 민철희, 이현철, 구본택        |
|     |            |          | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법    |
|     |            |          | (주)네오시스코리아           |
|     |            |          | 대한민국                 |
|     |            |          | 10-2021-0051284      |
|     |            |          | 기술이전 체결일: 2021.08.06 |

□ 창의성 및 혁신성

- 공항·항만의 화물 이동을 통한 방사성핵종의 불법 반출입을 방지하기 위하여 플라스틱섬광체 기반 방사선 검출기를 사용하며, 플라스틱섬광체의 특성을 이용한 에너지 가중 알고리즘과 검사 정확도 향상을 위한 머신러닝 기법을 조합하여 효과적인 화물 감시가 가능하게 하는 **최신 방사성 핵종 분별 기술**임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 **의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양**에 부합함.

14



계약서 (복제)

본 계약은 연세대학교, 동주산업학원(이하 '갑'이라 함)과, 표본은 특허 10권을 특허회사인 네오시스(이하 '을'이라 함)이 체결하며, 갑이 을을 특허인용을 결정하여 이를 특허를 기한다.

제1조 (목적의 범위)

갑은 을에게서 '기술'이라 함은 본 '기술'을 해당분야 관련 산업에 적용하는 기술을 말한다.

| 항목                | 내용              | 비고   |
|-------------------|-----------------|------|
| 이행물               | 본 계약의 목적 범위     |      |
| 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 | 10-2021-0051284 | 대한민국 |
| 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 | 10-2021-0051284 | 대한민국 |
| 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 | PC200321006918  | KCT  |

갑은 계약에서 '기술'이라 함은 본 '기술'을 사용하여 생산되는 모든 제품 또는 장치, 장비 또는 방법에 관계없이 모든 형태의 모든 형태의 모든 그 용도에 사용될 수 있다.

갑은 계약에서 '제품'이라 함은 을이 본 '기술'을 사용, 적용, 제조, 복제, 판매, 배포, 생산하여 제품 또는 서비스를 제공하는 것을 말한다. 그 밖의 내용은 '제품'항목에서 기한다.

제2조 (의제물 범위)

갑은 을에게서 제공되는 기술의 사용에 따른 기술권을 사용하게 하며, 본 '기술'과 관련하여 발생하는 모든 법적 분쟁에 대해 갑과 을이 공동으로 책임진다.

| 계약일자       | 계약금액        | 계약기간                    |
|------------|-------------|-------------------------|
| 2021.08.06 | 500,000,000 | 2021.08.06 ~ 2021.12.31 |

갑은 을에게서 '기술'을 사용, 적용, 제조, 복제, 판매, 배포, 생산하여 제품 또는 서비스를 제공하는 것을 말한다. 그 밖의 내용은 '제품'항목에서 기한다.

| 항목                | 계약금액        | 계약기간                    |
|-------------------|-------------|-------------------------|
| 본 계약의 목적 범위       | 500,000,000 | 2021.08.06 ~ 2021.12.31 |
| 방사선 핵종 분별 장치 및 방법 | 500,000,000 | 2021.08.06 ~ 2021.12.31 |

갑은 을에게서 '기술'을 사용, 적용, 제조, 복제, 판매, 배포, 생산하여 제품 또는 서비스를 제공하는 것을 말한다. 그 밖의 내용은 '제품'항목에서 기한다.

<기술이전 체결식 사진(좌) 및 기술이전 계약서 사본>

□ 전공분야 기여도

- 플라스틱섬광체의 단점인 낮은 에너지분해능을 극복하기 위한 기술로, 에너지 가중 알고리즘을 통하여 방사성 핵종의 특징이 명확하게 나타나는 에너지스펙트럼을 획득하고, 머신러닝 기반 스펙트럼 분별 알고리즘을 적용하여 핵종 분별 정확도를 향상시킴. 이와 같은 시도는 향후 **국내 방사선 계측 분야의 기술 수준을 한 단계 높일 수 있을 것으로** 사료됨.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 플라스틱 검출기에 적용되는 에너지 가중 알고리즘을 제안하였으며, 측정된 에너지스펙트럼의 정밀 분석을 위한 머신러닝 기반 핵종 분별 알고리즘을 제작함으로써 **우수한 정확도의 방사성 핵종 분별이 가능하도록** 함.

□ (지역)산업에의 기여

- 국내 **방사선 계측 기술 발전**에 기여하였으며, **최첨단 장비 개발의 기초 자료와 기반기술**로 활용될 뿐 아니라 추가 연구를 통해 **방사선 감시기 시장의 내지화**에 기여할 수 있을 것으로 기대됨. 방사선 감시기의 기술 내지화는 향후 해외 기술 수출을 통한 **국제 경쟁력을 향상**시킬 수 있을 것으로 판단됨.

|     |            |          |  |
|-----|------------|----------|--|
| 민철희 | 방사선<br>의료학 | 기술이<br>전 | 민철희, 이현철, 구본택                                    |
|     |            |          | 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종<br>검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법 |
|     |            |          | (주)네오시스코리아                                       |
|     |            |          | 대한민국   |
|     |            |          | 10-2018-0083579                                  |
|     |            |          | 기술이전 체결일: 2021.08.06                             |

□ 창의성 및 혁신성

- 본 기술은 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기에 관한 것으로 플라스틱 섬광체(Polyvinyl toluene, PVT)와 반사체, 광전자증배관(photomultiplier tube, PMT)으로 구성되며, 통행로 설치되어 통행하는 물건 또는 사람으로부터 방출되는 방사선을 검출하는 기술임.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 최신 동향의 연구로 기계학습, 신경회로망 등과 같은 기법을 융합한 방사선 계측 신기술 연구능력을 배양시키는데 주력함. 이는 본 교육연구팀의 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합함.

15

기술이전 계약서

2021년 8월 6일

YONSEI UNIVERSITY

|      |  |      |                           |
|------|--|------|---------------------------|
| 계약번호 | 10-2018-0083579  | 계약일자 | 2021. 8. 6                |
| 계약대상 | 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법  | 계약금액 | 10,000,000원               |
| 계약유형 | 기술이전   | 계약종류 | 기술이전                      |
| 계약목적 | 본 계약의 목적은 본 계약의 대상인 기술이전 기술의 개발, 생산, 판매, 운영, 유지, 보수, 개선, 연구개발, 교육, 홍보, 마케팅, 영업, 관리, 기타 본 계약의 목적을 달성하기 위하여 필요한 모든 행위를 포함한다. | 계약기간 | 2021. 8. 6 ~ 2021. 12. 31 |

<기술이전 체결식 사진(좌) 및 기술이전 계약서 사본>

□ 전공분야 기여도

- 본 발명은 육각기둥 형태의 소형 PVT(Polyvinyl toluene)를 반복 배치하여 광자 포집율을 높이고 각 광전 증배관(photomultiplier tube, PMT)를 통해 계수된 스펙트럼을 합하여 컴프턴 단애(compton edge) 영역의 비율을 극대화함으로써 측정효율의 향상에 기여함.

□ 업적물 산출 시 기여한 역할

- 항만 또는 공항을 통과 하는 물체 또는 사람에서 방출되는 방사선을 손쉽게 검출하여 불법 방사성물질의 유통을 관리하거나 방사능에 오염된 물체 또는 사람이 출입할 수 없도록 모니터링하는 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법을 제공함.

□ (지역)산업에의 기여

- 본 발명은 통과되는 물체에서 방출되는 방사성물질을 민감하게 검출할 수 있어 불법적으로 유통되는 방사성물질의 통제가 가능하며, 방사능에 오염된 물체 또는 사람이 출입을 막을 수 있음.

<표 7-6> 최근 1년간 참여교수 기술이전 실적

| 참여교수 | 기술의 명칭  | 출원 국가 | 기술이전 체결일자  | 출원번호              | 기업          | 정액기술료     |
|------|---|-------|------------|-------------------|-------------|-----------|
| 조효성  | CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상재구성 플랫폼 개발                | -     | 2020.09.17 | 노하우               | (주)신룡       | 33,000 천원 |
| 민철희  | 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법 | 대한민국  | 2021.08.06 | 10-2018-0083579   | (주)네오시스 코리아 | 50,000 천원 |
| 민철희  | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                             | 대한민국  | 2021.08.06 | 10-2021-0051284   | (주)네오시스 코리아 |           |
| 민철희  | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                             | PCT   | 2021.08.06 | PCT/KR2021/006918 | (주)네오시스 코리아 |           |

③ 참여교수 국제·국내 학술대회 발표 실적의 우수성

- 본 교육연구팀의 참여교수는 최근 1년간 국제·국내 학술대회 발표와 관련하여 총 31건의 성과를 달성하였으며(국제 14편, 국내 17편), 이중 참여대학원생이 발표자로서 참여한 학술발표는 국제 8편, 국내 15편임.
- 전세계적인 COVID-19 사태에 의해 다수의 학술대회가 취소 또는 규모가 축소되거나 연기되었으며, 이러한 다양한 제약 속에서도 최근 1년간 참여교수 1인당 평균 약 5.2편의 학술대회 초록을 발표하였음.
- 본 교육연구팀은 본 사업 수행 첫 1년간의 학술대회 실적을 평가 했을 때 앞으로도 다양한 우수 연구 성과를 달성할 수 있을 것으로 기대됨.

<표 7-7> 최근 1년간 참여교수 국제·국내 학술대회 발표 실적

| 연번 | 실적정보       |  |                      |          |       |       | 참여 대학원생 성명 | 발표자 성명 | 참여 교수 성명 |
|----|------------|--|----------------------|----------|-------|-------|------------|--------|----------|
|    | 개최 년월      | 실적명  | 학회명                  | 국내 국제 구분 | 개최 국가 | 발표 방식 |            |        |          |
| 1  | 2020.09.18 | Overview of Monte Carlo Studies for Treatment Device Modeling in Radiation Therapy | 2020 한국의학물리학회 추계학술대회 | 국내       | 대한민국  | 포스터   | 박효준        | 박효준    | 민철희      |

|   |                               |  |  |    |          |             |            |     |                   |
|---|-------------------------------|--|--|----|----------|-------------|------------|-----|-------------------|
| 2 | 2020.09.18                    | Evaluation of prompt gamma and positron emitter properties for in-vivo dose verification of carbon-ion therapy: A Monte Carlo study        | 2020<br>한국의학물리학회<br>추계학술대회   | 국내 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | 천보위<br>박효준 | 천보위 | 민철희               |
| 3 | 2020.09.18                    | Development of tomographic image-based verification technique for spent fuel assembly with artificial intelligence and Monte Carlo methods | 2020<br>한국의학물리학회<br>추계학술대회   | 국내 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | -          | 최형주 | 민철희<br>안재준<br>정용현 |
| 4 | 2020.10.07                    | Benefits of Keyhole Imaging for Glutamate-weighted CEST MRI at 7 Tesla   | World Molecular Imaging Congress (WMIC) virtual 2020   | 국제 | 미국       | 포<br>스<br>터 | -          | 이도완 | 이동훈               |
| 5 | 2020.11.03<br>-<br>2020.11.04 | Investigation of the effect of 1H-MRS experiment on mice   | ASMRM & 8th International Congress on MRI & 25th Annual Scientific Meeting of KSMRM  | 국제 | 대한<br>민국 | 포<br>스<br>터 | 연제형<br>윤창수 | 연제형 | 한봉수               |
| 6 | 2020.11.12<br>-<br>2020.11.13 | Design of a Hemispherical Detector for Large Area Radiation Monitoring: Monte Carlo study  | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한<br>민국 | 포<br>스<br>터 | 이성연<br>백민규 | 이성연 | 정용현               |
| 7 | 2020.11.12<br>-<br>2020.11.13 | Preliminary results of nuclear monitoring system based on multi-sensor network and artificial intelligence                                 | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한<br>민국 | 포<br>스<br>터 | 백민규<br>이성연 | 백민규 | 정용현               |

|    |                         |   |  |    |      |     |            |     |                   |
|----|-------------------------|---|--|----|------|-----|------------|-----|-------------------|
| 8  | 2020.11.12 - 2020.11.13 | Verification of the ESR-dose calibration curve for the Alanine/ESR dosimeter based on the Monte Carlo Method  | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한민국 | 구연  | 박효준        | 박효준 | 민철희               |
| 9  | 2020.11.12 - 2020.11.13 | Development of Tomographic Image-based Monitoring Technique for Spent Fuel Assembly with Machine Learning and Monte Carlo Methods                     | 4 <sup>th</sup> Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6 <sup>th</sup> Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | 국제 | 대한민국 | 구연  | -          | 최형주 | 민철희<br>안재준<br>정용현 |
| 10 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | 다방향 검출기를 이용한 3차원 방사선 감시 시스템 개발  | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 이성연<br>백민규 | 이성연 | 정용현               |
| 11 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | 플라스틱 섬광체를 활용한 뮤온 단층촬영 시스템 설계 및 최적화  | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 백민규<br>이성연 | 박찬우 | 정용현               |
| 12 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Verification of the ESR-Dose Calibration Curve for the Alanine/ESR Dosimeter: A Monte Carlo Study   | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 구연  | 박효준        | 박효준 | 민철희               |
| 13 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Optimization of Prompt Gamma Imaging and Positron Emission Tomography System for In-vivo Dose Verification in Carbon-ion Therapy: A Monte Carlo Study | 2020 대한방사선방어 학회 추계학술대회   | 국내 | 대한민국 | 구연  | 천보위<br>박효준 | 천보위 | 민철희               |

|    |                         |   |   |    |          |             |                          |     |     |
|----|-------------------------|---|---|----|----------|-------------|--------------------------|-----|-----|
| 14 | 2020.11.25 - 2020.11.27 | Proof-of-principle Experiment of Gamma Emission Tomography System for Spent Fuel Assembly Verification                  | 2020<br>대한방사선방어<br>학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | 백민규                      | 최형주 | 민철희 |
| 15 | 2021.01.18 - 2021.01.21 | Development of TET2DICOM program for conversion of tetrahedral-mesh phantoms to clinical DICOM-RT dataset               | 15 <sup>th</sup> International Congress of the International Radiation Protection Association (2021 IRPA15) | 국제 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | 천보위                      | 천보위 | 민철희 |
| 16 | 2021.02.19              | Monitoring Technique for Spent Fuel Assembly with Gamma Emission Tomography   | IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society (NPSS) Seoul Chapter   | 국제 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | -                        | 민철희 | 민철희 |
| 17 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | 플라스틱 섬광체와 WLS fiber를 활용한 묶은 검출모듈 개발   | 2021<br>대한방사선방어<br>학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한<br>민국 | 포<br>스<br>터 | 백민규<br>강인수<br>이성연<br>정윤수 | 박찬우 | 정용현 |
| 18 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | 위치 추적 알고리즘을 적용한 반구형 방사성 물질 감시 시스템 개발  | 2021<br>대한방사선방어<br>학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한<br>민국 | 포<br>스<br>터 | 정윤수<br>이성연<br>강인수<br>백민규 | 정윤수 | 정용현 |
| 19 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | Preliminary study for integrated C-arm CT/SPECT technique for patient dose verification in high dose rate brachytherapy | 2021<br>대한방사선방어<br>학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | 박효준<br>천보위               | 박효준 | 민철희 |
| 20 | 2021.04.28 - 2021.04.30 | Evaluation of ESR-dose Response in Neutron Dosimetry for Environmental Qualification of the Nuclear Power Plant (NPP)   | 2021<br>대한방사선방어<br>학회 춘계학술대회  | 국내 | 대한<br>민국 | 구<br>연      | 박효준                      | 박효준 | 민철희 |

|    |                         |   |  |    |      |     |            |     |     |
|----|-------------------------|---|--|----|------|-----|------------|-----|-----|
| 21 | 2021.05.15 - 2021.05.20 | Changes in Correlation Between Metabolites Due to Acute Stress in Mouse Hippocampus using Proton Magnetic Resonance Spectroscopy                | International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM) | 국제 | 미국   | 포스터 | 윤창수<br>연제형 | 윤창수 | 한봉수 |
| 22 | 2021.05.15 - 2021.05.20 | Amide proton transfer-weighted MR imaging in the rat brain of demyelination and remyelination   | International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM) | 국제 | 미국   | 포스터 | -          | 이도완 | 이동훈 |
| 23 | 2021.05.15 - 2021.05.20 | In vivo imaging of cerebral glutamate changes using chemical exchange saturation transfer MRI in a rat forced swimming test model of depression | International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM) | 국제 | 미국   | 포스터 | -          | 이도완 | 이동훈 |
| 24 | 2021.05.15 - 2021.05.20 | Quantification of neurobiological responses in the hippocampus: Towards in vivo neurochemical profiling of cuprizone-induced demyelination      | International Society for Magnetic Resonance in Medicine, (2021 ISMRM) | 국제 | 미국   | 포스터 | -          | 이도완 | 이동훈 |
| 25 | 2021.06.02 - 2021.06.05 | 주가 시계열 데이터의 비정형 이미지 변환을 통한 객체탐지모형 기반의 투자전략모델 개발   | 대한산업공학회 / 한국경영과학회 춘계공동학술대회   | 국내 | 대한민국 | 포스터 | -          | 장인호 | 안재준 |
| 26 | 2021.06.27 - 2021.07.01 | Synthetic dual-energy chest radiography with explicit structural constrained adversarial learning   | 22nd International Workshop on Radiation imaging Detectors             | 국제 | 벨기에  | 포스터 | 이민재<br>임영환 | 이민재 | 조효성 |
| 27 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | The effect of Glutamate levels over time on acute stress study in hippocampus of mouse : Proton magnetic resonance spectroscopy study           | 대한전자공학회 2021년도 하계종합학술대회  | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 연제형<br>윤창수 | 연제형 | 한봉수 |

|    |                         |   |  |    |      |     |   |     |     |
|----|-------------------------|---|--|----|------|-----|---|-----|-----|
| 28 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | 위상차 엑스선 영상의 모아레 인공물 제거를 위한 회전각도 분석  | 대한전자공학회 2021년도 하계종합학술대회                    | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 이현우<br>임현우<br>전두희<br>이민재<br>김우성<br>임영환<br>심지용 | 이현우 | 조효성 |
| 29 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | U-net 기반 그리드 라인 아티팩트 제거   | 대한전자공학회 2021년도 하계종합학술대회                    | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 전두희<br>김우성<br>이민재<br>임현우<br>이현우<br>임영환<br>심지용 | 전두희 | 조효성 |
| 30 | 2021.06.30 - 2021.07.02 | 저선량 CT의 노이즈 제거를 위한 NSCT 및 GAN 기반 하이브리드 딥러닝 프레임워크  | 대한전자공학회 2021년도 하계종합학술대회                    | 국내 | 대한민국 | 포스터 | 김우성<br>임현우<br>이현우<br>이민재<br>전두희<br>임영환<br>심지용 | 김우성 | 조효성 |
| 31 | 2021.07.25 - 2021.07.29 | Reconstruction of DRR-like kV-DR using cycleGAN-based image synthesis for intra- and extracranial SRT/SRS | AAPM 2021 63rd Annual Meeting & Exhibition | 국제 | 미국   | 구연  | 이동연   | 이동연 | 조효성 |

#### ④ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획 (우수 논문, 특허, 학술대회발표, 기술이전, 창업 등)

##### □ 연구수월성 제고를 위한 연구환경 개선

- 연구 실적 평가를 통해 우수 대학원생의 해외 학술대회 참가를 지원함.
- 연구 실적에 따른 인센티브 지원을 위한 구체적 방안은 다음과 같음.
  - SCI논문 1건당 주저자 10점, 공저자 5점 부여
  - 발표자에 한해 건당 국제학회 3점, 국내학회 1점 부여
  - 업적 우수학생에게 연구장려금 지급 및 해외단기연수/학회발표 우선권 부여
  - 학술논문(SCI) 중 매년 우수 논문을 3편 선정하여(IF 위주) 인센티브 지급
  - 국내외 주요 학술대회에서 우수논문상(포스터 포함)을 수상한 학생에게 인센티브 지급
- 대학원생에 대해 연구 조교비 및 장학제도를 강화하여 연구에 전념할 수 있는 여건을 마련함.
- 대학원생 전용공간 확충(강의실, 세미나실, 대학원 연구실) 및 휴게 공간을 확보함.
- 연구기자재 확충 및 전자도서관의 의료방사선분야 e-Journal 서비스를 확대 제공함.

**□ 연구역량 향상을 위한 국제 공동연구 활성화**

- 의료방사선 분야별로 다양한 외부 전문가들을 초빙하여 정기 세미나 및 워크숍을 개최할 계획임.
- 다년간 수행한 국제교류를 통해 구축된 네트워크를 기반으로 지속적인 연구교류를 수행할 예정임.
  - Harvard Medical School: 8명의 교수초빙을 통한 심포지움 개최(COVID-19에 의해 당초 계획보다 연기되었음, 2022년 1월, Harald Paganetti, etc.), 1명의 연구원 장단기 방문 연수 및 공동연구(2022년, 박효준 연구원)
  - University of Washington: 방문교수를 통한 공동연구(2022년 3월, 정용현 교수)
  - University of Bordeaux: 공동학위 논문발표를 위해 교수초빙 및 세미나 개최(2022년, Sebastien Incerti)
  - The University of Sydney: 핵의학 영상분야 교수 초빙 및 세미나 개최(2022년, 미정)
  - Johns Hopkins University: MRI 분야의 석학교수 초빙 및 세미나 개최(2022년, 미정)

**□ 연구역량 향상을 위한 산학협력 연구 활성화**

- 지역의 의료방사선과 관련된 기업체들과 가족회사 제도를 운영하며, 각 회사의 애로기술을 해결하기 위한 공동연구를 활성화 함.
- 산업체와 인턴십, 맞춤형 교육과정 등을 공동으로 운영하여 대학원생들에 대한 현장 및 실무교육을 강화함.
- 산업체, 연구소 및 병원들과의 협력 연구를 통한 기술이전 및 산업화 연구과제 수주를 확대 추진함.
- 원주혁신도시에 위치한 공공기관 중에서 의료방사선과 관련된 건강보험심사평가원, 국립과학수사연구원 등과 워크숍 및 세미나를 통해 산·학·연 연구주제를 발굴하고, 공동연구를 추진함.

**□ 연구역량 향상을 위한 첨단 의료방사선 연구 활성화**

- 본 교육연구팀은 다음과 같은 세부연구 분야의 연구특성화를 통해 첨단 의료방사선 연구의 기반기술을 확보하여 세계를 선도하는 연구집단으로 도약하고자 함.

| 광자계수기반 저선량 Spectral CT 영상 기술 개발 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>연구 목표</b>                    | ○ 광자계수기반 spectral CT영상의 저선량 문제 해결을 위한 convolutional neural network (CNN) 기반기술 확립 및 응용기술 개발   |
| <b>연구 중요성</b>                   | ○ 광자계수 (Photon counting detector, PCD) 기반 spectral CT의 응용범위는 물질분리, 조직특성, 이상조직 검출 등 응용범위가 다양함.<br>○ 동시에 다수의 에너지 빈 데이터를 획득을 위해서는 데이터 획득시간이 너무 길거나 광자계수가 적어 응용범위가 매우 축소됨.<br>○ 저선량 spectral CT 영상의 낮은 광자계수 문제를 해결하기 위해서는 object의 정확한 사전 정보가 필요함.<br>○ 저선량 spectral CT의 고화질 영상획득을 위해 CNN기술에 대한 연구가 활발하게 수행되고 있음. |
| <b>연구 내용</b>                    | ○ PCD기반 spectral CT의 컴퓨터시뮬레이션을 위한 기기적, 물리적 모델링 기법 개발<br>○ 프로토타입 PCD시스템의 데이터 획득 및 분석 기법에 따른 정량화 및 최적화 연구<br>○ PCD기반 Spectral CT 저선량 해결을 위한 CNN 개발 및 응용연구  |

**중입자 방사선을 사용한 암 치료의 실시간 환자선량분포 평가기술 개발**

|               |  |
|---------------|--|
| <b>연구 목표</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>기계학습 알고리즘을 활용하여 중입자선의 환자 체내 선량 분포를 평가하는 기술 개발</li> </ul>  |
| <b>연구 중요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>중입자 치료는 최근 가장 각광받고 있는 암 치료 기술이지만, 환자의 호흡 및 셋업 등에 의해 체내 선량분포가 정확하게 예측되지 못한 경우 암 조직에 계획된 선량을 전달하지 못하거나, 주변 주요 장기에 과도한 선량을 전달할 수 있음.</li> <li>본 기술을 통해 중입자치료의 치료정확도를 높일 수 있으며, 특히 체내 선량분포를 실시간으로 모니터링하는 기술은 전 세계적으로 방사선 치료분야의 발전에 획기적으로 기여할 수 있음.</li> </ul> |
| <b>연구 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>몬테카를로 전산모사를 통한 연구 유효성 평가</li> <li>검출모듈의 설계, 제작 및 성능평가</li> <li>기계학습 알고리즘을 적용한 3차원 선량분포 평가 알고리즘 개발</li> </ul>  |

**이미징 바이오마커 발굴 및 검증 기술 개발**

|               |  |
|---------------|--|
| <b>연구 목표</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>의료영상 시스템 기반의 이미징 바이오마커 발굴 및 검증 기술 개발을 이용한 차세대 진단 플랫폼 구축과 기반 기술 확립</li> </ul>  |
| <b>연구 중요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>생체 내 이미징 바이오마커 발굴 및 검증 기술개발은 최근 다양한 난치병(암, 감염성 질환, 뇌졸중, 치매 등)에 대한 개인맞춤형 정밀의학 및 예방의학 분야에서 대사물질의 특이성을 판별하기 위하여 활발한 연구가 이뤄지고 있음.</li> <li>다양한 의료영상시스템을 활용한 차세대 이미징 바이오마커의 발굴 및 검증 기술의 확보는 새로운 진단 검사법 도입과 신약 개발 활동을 촉진하여 의료시장에서의 경쟁력을 향상시킬 수 있음.</li> <li>높은 정확도와 민감도를 갖는 생체 내 이미징 바이오마커의 개발은 질병의 진단영역 확대 및 진단 정확도 향상을 통해 국민건강 증진에 기여할 수 있음.</li> </ul> |
| <b>연구 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>첨단 MR 분자영상화 기법의 정성적·정량적 평가 기술 개발</li> <li>생체 내 바이오마커 발굴 및 검증의 융·복합형 플랫폼 구축</li> <li>데이터기반 이미징 바이오마커(Data-driven Imaging Bio-marker) 발굴 기술 개발</li> </ul>   |

**인공지능 기반 방사선 융합영상 시스템 기술 개발**

|               |   |
|---------------|---|
| <b>연구 목표</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>핵의학영상 기술과 인공지능 기술의 접목을 통한 기능적/해부학적 융합영상 시스템 기술 개발</li> <li>핵물질 및 환경감시를 위한 인공지능 기반 방사선 융합영상 시스템 기반 기술 개발</li> </ul> |
| <b>연구 중요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>인공지능 기반 핵의학영상기기 기술 개발은 인구 고령화로 인한 노인성질환 및 만성질환의 조기진단, 치료효과·재발 판정의 효율을 극대화하여 삶의 질 향상에 이바지함</li> </ul>               |

|              |   |
|--------------|---|
|              | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 의료방사선 분야에서 검증된 최첨단 핵의학 영상진단기술을 인공지능 기술을 융합하여 원자력안전 분야로 확장함으로써, 국가안보 및 국민안전 강화에 기여함</li> </ul>  |
| <b>연구 내용</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 인공지능 기반 고분해능/고민감도 핵의학영상기기 기술 개발</li> <li>○ 인공지능 기반 핵물질 무인감시 및 자동경보 시스템 개발</li> <li>○ 우주방사선 무은 단층촬영시스템 개발</li> <li>○ 머신러닝 위치추적 기술 기반 <math>4\pi</math> 방사선 감시 시스템 개발</li> </ul> |

### 자기공명영상 기반 뇌의 기능적/구조적 변화 모니터링 기술 개발

|               |   |
|---------------|---|
| <b>연구 목표</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 자기공명영상 및 자기공명 분광학 기반 뇌의 기능적·구조적 변화 모니터링 기술 개발</li> </ul>   |
| <b>연구 중요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 뇌는 질병의 발생과 증증도에 따라 기능적·구조적 변화가 일어나며 이러한 변화를 비침습적인 방법으로 관찰하는 방법의 개발은 질병의 진단 및 치료에 중요한 정보를 제공함.</li> <li>○ 자기공명영상 및 자기공명 분광학은 이러한 비침습적인 뇌의 기능적·구조적 변화를 모니터링 하는데 가장 적합함.</li> </ul> |
| <b>연구 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 확산텐서영상기법을 이용한 뇌의 기능적인 변화의 모니터링 기법 개발</li> <li>○ 자기공명영상을 이용한 구조적 변화 모니터링 기법 개발</li> <li>○ 자기공명영상과 X-선 영상 융합영상기법을 이용한 초고해상도 뇌신경로지도 작성 연구</li> </ul>                                |

### 딥러닝 기반 저선량 진단색성 X-선 영상화 기술 개발

|               |  |
|---------------|--|
| <b>연구 목표</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 실용적인 단색성 X-선 영상 구현을 위한 딥러닝(deep-learning) 기반 single-shot 물질분리 알고리즘 및 그 응용기술 개발</li> </ul>   |
| <b>연구 중요성</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 일반 x-선 영상은 X-선관에서 방출되는 다색성 X-선빔에 의한 energy-mixing 효과로 인해 그 화질특성이 제한되어 정확한 진단에 걸림돌이 되고 있음</li> <li>○ 이러한 문제점을 해결하기 위해 단색성 X-선 영상화에 관한 다양한 연구가 진행되고 있음.</li> <li>○ 최근, 이중에너지 물질분리 알고리즘을 이용한 진단색성 X-선 영상화 기법을 적용하여 임상적으로 유의미한 연구결과가 발표됨. 이 기법은 두 번의 X-선 촬영이 요구(피폭선량 증가)되고 잡음특성이 강조되는 등 제품화에 여전히 어려움이 있음</li> <li>○ 한 번의 저선량 X-선 촬영으로 진단색성 X-선 영상 획득을 위해 딥러닝 기술 적용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있음</li> </ul> |
| <b>연구 내용</b>  | <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 다색성 X-선 스펙트럼 모델링 및 추정 알고리즘 개발</li> <li>○ 딥러닝 기반 single-shot 물질분리 알고리즘 개발</li> <li>○ 진단색성 X-선 영상변환 알고리즘 개발</li> </ul>  |

⑤ 최근 1년간의 교육연구팀의 학문적 수월성을 대표하는 연구업적물 (2020.9.1. - 2021.8.31.)

| 연번 | 대표연구업적물 설명   |
|----|--|
| 1  | <p>□ 본 교육연구팀은 2020년 12월 방사선융합연구소(미래캠퍼스 대학간연구기구)를 설립하였으며, <b>“창의융합형 인재양성을 통한 의료방사선 분야의 미래가치 창조”</b> 라는 비전하에 다학제간 융·복합 연구 및 차세대 의료방사선 연구를 수행하고 있음.</p> <p>□ <b>방사선융합연구소의 핵심 연구분야는 다음과 같음:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ ICT융합방사선기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 딥러닝 기반 저선량 진단색성 X-선 영상화 기술 개발</li> <li>- 인공지능 기반 방사선 융합영상 시스템 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 첨단방사선신기술                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 사용후 핵연료 모니터링 신기술 개발</li> <li>- 공항만 감시기 오경보 저감 기술 개발</li> <li>- 생활주변방사선 선량평가 기반 기술 개발</li> </ul> </li> <li>○ 방사선의학실용화                     <ul style="list-style-type: none"> <li>- 광자계수기반 저선량 Spectral CT 영상 기술 개발</li> <li>- 입자선 치료 시 선량분포 평가기술 개발</li> <li>- 이미징 바이오마커 발굴 및 검증 기술 개발</li> <li>- 자기공명영상 기반 뇌의 기능적/구조적 변화 모니터링 기술 개발</li> </ul> </li> </ul> <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"> </div> <p style="text-align: center;">〈방사선융합연구소 추진 사업 개요〉</p> <p>□ 창의성 및 혁신성</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 물리학적 원리와 기술을 생명과학(life science)에 접목하여 질병의 예방과 진단에 응용하는 기술과 학문의 발전에 기여하고, IT, BT, NT, ET 등을 융합한 첨단기술 개발을 통해 <b>핵안보, 방사능 테러 대응, 방사선신약 개발, 신소재 개발, 환경오염 정화 및 복원, 기능성 방사선육종 개발</b> 등의 기술주도형 신산업분야에 대한 연구를 지향하고 있음.</li> </ul> <p>□ 전공분야의 기여도</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ 본 연구소는 관련 분야의 연구 외에도 교육-훈련, 학술활동 지원 등 인력 양성 및 연구 교류 관련 사업도 함께 진행하고 있으며, 방사선 관련 첨단 기술 개발, 의료방사선 분야와 관련된 <b>사회문제 해결, 기술주도형 신산업을 창출, 미래 성장 동력을 개발</b> 등을 주도하여 <b>세계적 수준의 혁신연구 성과를 창출하고, 고부가가치의 첨단 융·복합 기술개발에 기여</b>를 목표로 함.</li> </ul> |

□ 본 교육연구팀의 이동훈 교수는 2021년도 “Amide Proton Transfer-weighted 7-T MRI Contrast of Myelination after Cuprizone Administration” 라는 제목으로 Radiology에 논문을 게재하였으며, 해당 저널은 임상진단 분야의 저널랭킹 상위1.5% (2020 IF: 11.105, Quartile Q1, Rank in Radiology Category: 2/134) 이내의 저널로써 전세계적으로 최상위의 우수 저널로 잘 알려져 있음.

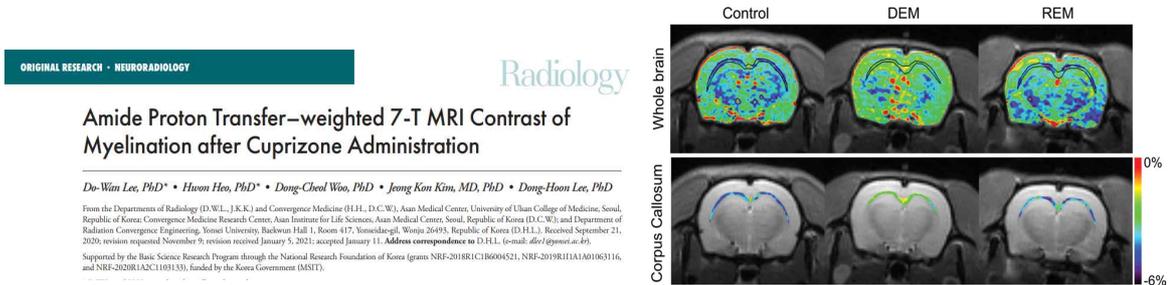
□ APT-CEST 영상학 분야의 최고 권위자인 Johns Hopkins University School of Medicine의 Peter van Zijl, Ph.D.는 해당 연구결과의 우수성 및 연구적 활용가치에 대해 동 저널에 editorial review를 기고하였으며, 향후 임상에서의 진단 및 연구적 활용 가능성에 대해 서술하였음.

□ 창의성 및 혁신성

○ 분자적 수준에서의 병변영역을 시각화하기 위한 최신의료영상 기법을 개발하였으며, 생체 대사 현상을 비침습적인 뇌 맵핑 기술을 통해 정량적으로 관찰하는데 기여하였음. 또한 다양한 생물학적 검증기법을 통해 획득 데이터의 유효성을 검증하였음.

○ 본 연구에서는 대뇌 대표적 백질 영역인 corpus callosum에서의 axon 및 myelin sheath의 손상에 의한 APT 대사변화를 정량적으로 관찰 한 연구임. 국내외적으로 최초로 시도된 연구로서 탈수초화 및 재수초화에 의한 뇌 손상/회복 기전을 영상학적 바이오마커 발굴 및 조직학적/면역화학적 검증을 통해 연구결과의 유효성을 증명하였음.

2



<Radiology 게재 논문(좌) 및 탈수초화 동물모델을 이용한 뇌 대사변화 시각화 기술(우)>

□ 비전과 목표와의 부합성

○ 본 연구는 다발성경화증 질환과 관련된 대뇌 신경다발 및 수초의 손상 기전과 관련하여 영상학적 바이오마커 발굴을 통해 대사변화를 시각화한 연구이며, 이를 검증하기 위해 다양한 분자생물학적 연구를 통해 통합적인 질환 바이오마커를 발굴하였음. 이는 본 교육연구팀의 비전과 목표 중 하나인 의료영상분야의 세계적 수준의 연구능력 배양에 부합하는 연구개발 내용임.

□ 전공분야 기여도

○ 본 연구는 국내외적으로 처음으로 시도된 연구로서 다발성경화증과 같은 희귀 신경질환의 생체 대사현상을 분자적 수준에서 관찰할 수 있는 연구개발로서 향후 임상에서 다양한 신경학적 질환으로 활용이 가능할 것으로 예상되며, 신약개발과 관련된 분야에서 다양한 근거자료를 제공할 수 있을 것으로 판단됨.

□ 본 교육연구팀에서는 미래의료방사선 융합교육연구워크숍 및 국내·외 전문가 초청강연 등을 7회 개최하였으며, 차세대 방사선융합기술 기반의 의료 및 산업 안전 분야 연구개발에 관한 주제로 다양한 전문가들을 초빙하여 학술교류를 시행하였음(발표자 포함 평균 30여명 이상 참여).

□ 국내·외 연구교류

- 본 교육연구팀의 참여연구진 및 서울대학교, 전북대학교, 경희대학교, 대구가톨릭대학교, 가톨릭대학교 의과대학, 연세대학교 의과대학, 서울대학교 병원, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School, National Cancer Institute, (주)네오시스코리아, 한국표준과학연구원, 아라레연구소 등의 국내외 우수 연구자, 산학연 네트워크 전문가들과의 토론을 통해 활발한 연구 교류를 시행하였음.



3

<방사선융합교육연구 워크숍 개최 및 국내외 전문가 초청강연을 통한 연구교류 활동>

□ 창의성 및 혁신성

- 차세대 인공지능기반의 융·복합 의료영상기술 및 최신 방사선 치료기술, 몬테카로 전산모사 기술, 핵시설 무인감시, 핵연료시설 안전검증 기술개발 등 다양한 의료방사선 및 방사선·원자력 안전 분야 전문인력과의 교류를 통해 본 교육연구팀의 비전과 핵심가치를 달성할 수 있을 것으로 판단됨.

□ 비전과 목표와의 부합성

- 참여연구진의 다양한 학술 워크숍 및 세미나, 초청강연들을 통한 국내·외 연구교류는 본 교육연구팀의 비전과 목표중 하나인 의료방사선 분야의 신기술 개발 및 세계적 수준의 연구능력 배양, 다학제간 융합 및 산학협력 강화를 통한 사회문제 해결형 우수인재 양성 목표에 부합함.

□ 전공분야 기여도

- 국내·외 첨단 의료방사선 및 방사선·원자력 안전 분야 전문인력과의 교류를 통해 최신 과학기술의 동향 파악 및 현장에서 요구되는 실무적 역량을 강화한 인재를 양성할 수 있으며, 세계적 수준의 혁신연구 성과를 창출하고 고부가가치의 첨단 융·복합 기술개발에 기여할 수 있을 것으로 예상됨.

## 2. 산업·사회에 대한 기여도

### 2.1 산업·사회 문제 해결 기여 실적

- 본 교육연구팀은 첨단 의료방사선 특화 인재양성과 더불어 산학협력 친화 연구사업을 단계적으로 확대하며 현장맞춤형 인재양성의 비전을 실현하고자 최근 1년간 다양한 산학협력 연구과제의 진행, 특허 등록·출원 및 기술이전 체결 등 활발한 교류를 진행하였음.
- 최근 1년간 본 교육연구팀에서는 총 4건의 산학협력 연구비를 수주하였으며(수주 계약 총액: 429,000 천원), 국내·국제 특허 출원/등록 건수는 총 11건이며, (주)신룡과의 첨단 산업기술 개발 관련 노하우 기술이전 1건(정액기술료: 33,000 천원), (주)네오시스코리아와의 발명 특허 기술이전 3건(정액기술료: 50,000 천원)의 성과를 달성하였음.

#### ① 산학협력 연구과제 수행 및 기술이전

<표 8-1> 최근 1년간 산학협력 연구과제 수주 계약실적

| 연번 | 구분  | 연구 책임자 | 산업체   | 과제명                                | 연구비 계약액<br>(천원) | 연구기간                          |
|----|-----|--------|-------|------------------------------------|-----------------|-------------------------------|
| 1  | 산업체 | 조효성    | (주)신룡 | CPU/GPU 기반 산업용 CT영상 재구성 플랫폼 개발 고도화 | 132,000         | 2020.08.01<br>~<br>2021.03.31 |
| 2  | 산업체 | 조효성    | (주)신룡 | 주식회사 신룡 / 노하우 기술이전 과제              | 33,000          | 2020.09.17<br>~<br>2021.09.16 |
| 3  | 산업체 | 조효성    | (주)바텍 | 2021년 바텍과 VYISION 연구센터 간 산학공동연구    | 209,000         | 2021.01.02<br>~<br>2021.12.24 |
| 4  | 산업체 | 조효성    | (주)바텍 | 치과용 영상 신기술 연구센터 운영                 | 55,000          | 2021.01.02<br>~<br>2021.12.31 |

<표 8-2> 최근 1년간 산학협력 연계실적

| 연구기간                    | 사업체        | 애로기술 해결 내용                                 | 참여교수 |
|-------------------------|------------|--|------|
| 2019.06.01 - 2021.05.31 | (주)한국수력원자력 | 생체시료(Alanin/ESR)를 활용한 장기간 고준위 방사선량 평가 기술개발 | 민철희  |
| 2020.08.01 - 2021.03.31 | (주)신룡      | CPU/GPU 기반 산업용 CT영상 재구성 플랫폼 개발 고도화         | 조효성  |
| 2021.01.02 ~ 2021.12.24 | (주)바텍      | 2021년 바텍과 VYISION 연구센터 간 산학공동연구            | 조효성  |
| 2021.01.02 ~ 2021.12.31 | (주)바텍      | 치과용 영상 신기술 연구센터 운영                         | 조효성  |
| 2021.08.01 ~ 2022.07.31 | (주)우리엔     | 동물용 엑스선 영상 화질개선 알고리즘 개발 및 적용               | 조효성  |

□ 본 교육연구팀은 현재에도 지속적으로 산업체와의 산학협력 공동연구를 수행 중에 있으며, 최첨단 의료방사선 관련 기술개발을 통한 애로기술 해결, 현장실무능력을 갖춘 교육연구팀의 인재양성, 기술이전을 통한 제품화 및 사업화 연계로 산업체의 기술 경쟁력 강화에 기여하기 위해 노력하고 있음.

<표 8-3> 최근 1년간 국제·국내 특허 및 관련 기술의 기술이전 실적

| 참여교수 | 기술의 명칭  | 출원 국가 | 기술이전 체결일자  | 출원번호              | 기업          | 정액기술료     |
|------|---|-------|------------|-------------------|-------------|-----------|
| 조효성  | CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상재구성 플랫폼 개발                | -     | 2020.09.17 | 노하우               | (주)신룡       | 33,000 천원 |
| 민철희  | 다분할 플라스틱 섬광체 기반의 방사성 핵종 검출기 및 이를 이용한 방사선 검출방법 | 대한민국  | 2021.08.06 | 10-2018-0083579   | (주)네오시스 코리아 | 50,000 천원 |
| 민철희  | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                             | 대한민국  | 2021.08.06 | 10-2021-0051284   | (주)네오시스 코리아 |           |
| 민철희  | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                             | PCT   | 2021.08.06 | PCT/KR2021/006918 | (주)네오시스 코리아 |           |

## ② 산학협력 특허 출원·등록 실적

<표 8-4> 최근 1년간 국제·국내 특허 실적

| 참여교수              | 국내·국제 구분 | 발명의 명칭   | 국가   | 출원·등록 구분 | 일자         | 출원/등록번호         |
|-------------------|----------|--|------|----------|------------|-----------------|
| 한봉수               | 국내       | 뇌 대사물질 분석 및 뇌 네트워크 구현 장치 및 방법                          | 대한민국 | 등록       | 2020.09.15 | 10-2158268      |
| 한봉수               | 국내       | 자기공명분광 기반 뇌 대사물질에 대한 시변함수를 이용한 뇌 대사물질 네트워크 생성 시스템 및 방법 | 대한민국 | 등록       | 2020.10.22 | 10-2170977      |
| 민철희<br>안재준<br>정용현 | 국내       | 사용후 핵연료집합체 내에서의 핵연료봉 결손검출장치 및 결손검출방법                   | 대한민국 | 출원       | 2020.11.19 | 10-2020-0174782 |
| 안재준<br>정용현        | 국내       | 핵시설 무인감시 및 인공지능 기반의 자동경보 시스템                           | 대한민국 | 출원       | 2020.12.07 | 10-2020-0169648 |
| 이동훈               | 국내       | 다중 레벨 웨이브릿 인공지능 기반 선량 저 감화를 위한 컴퓨터 단층영상 재구성 방법         | 대한민국 | 출원       | 2021.04.20 | 10-2021-0051285 |

|                   |    |  |      |    |            |                   |
|-------------------|----|--|------|----|------------|-------------------|
| 민철희               | 국내 | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                            | 대한민국 | 출원 | 2021.04.20 | 10-2021-0051284   |
| 민철희<br>안재준<br>정용현 | 국내 | 핵연료집합체의 방출단층영상<br>재구성장치                      | 대한민국 | 등록 | 2021.04.21 | 10-2244806        |
| 민철희<br>안재준<br>정용현 | 국내 | 핵연료집합체의 방출단층<br>촬영장치                         | 대한민국 | 등록 | 2021.05.14 | 10-2254651        |
| 조효성               | 국내 | 고정형 다중 슬릿 콜리메이터를<br>이용한 엑스선 영상 생성 장치 및<br>방법 | 대한민국 | 등록 | 2021.05.28 | 10-2260218        |
| 민철희               | 국내 | 피부에 대한 정확한 선량 평가 방법                          | 대한민국 | 등록 | 2021.05.28 | 10-2260156        |
| 민철희               | 국제 | 방사선 핵종 분별 장치 및 방법                            | PCT  | 출원 | 2021.06.03 | PCT/KR2021/006918 |

### ③ 지역 산업체와의 연구 성과 공유 및 산업기여와의 연계

□ 본 교육연구팀은 산업·사회 문제 해결 및 인적교류 활성화를 위해 여러 기업체들과 연계하여 미래형 연구 과제를 도출하고 지속적으로 중·단기과제를 수행하고 있음.

□ 기업체의 실질적인 제품 및 검증/평가기술 개발에 능동적으로 참여함으로써 산업체의 우수제품 생산을 통한 고부가가치화 및 지역기업의 시장경쟁력을 향상시킴과 동시에 기업체 수요 기반의 현장맞춤형 체험교육을 제공함.

#### □ (주)바텍: 치과용 영상 신기술 센터(VYsion)

○ 본 교육연구팀은 지난 10년 간 연세대학교(미래캠퍼스)와 국내 치과용 영상 분야의 글로벌 제조업체인 (주)바텍과 공동으로 산학협력연구소인 치과용 영상 신기술 센터(VYsion)를 교내에 설립하여 운영해 왔으며, 치과 영상 신기술을 지속적으로 개발하여 성능이 향상된 신제품 개발에 적용해 왔음.

○ 현재까지 치과용 영상 신기술 센터 과제에 참여한 대학원생들은 산학협동과제 수행을 통해 현장실무 능력을 배양할 수 있었으며, 기업체로부터 이를 인정받아 참여 연구원들 중 다수는 석·박사학위 취득 후 (주)바텍 중앙연구소에 취업하여 활발히 연구 활동을 수행하고 있음.

#### □ (주)신룡: 2차 전지 x-선 검사 시스템 개발

○ 본 교육연구팀은 비전 검사 시스템 개발 전문회사인 (주)신룡과 2차 전지 x-선 검사 시스템에 대한 상용화 프로그램 개발 및 연구를 수행하였음.

- 산학협동과제에 참여한 대학원생들은 과제 수행을 통해 현장 실무능력을 향상시킬 수 있었고, CPU/GPU 기반 산업용 CT 영상 재구성 플랫폼을 개발하여 기업체에 관련 기술 노하우를 전수하였으며, 해당 기술은 현재 기업체의 x-선 검사 시스템에 활용되고 있음.

**□ (주)우리엔: 동물전용 영상진단의료기기 및 소프트웨어 개발**

- 본 교육연구팀은 동물전용 영상진단의료기기 및 소프트웨어 개발 기업인 (주)우리엔과 동물용 x-선 검사 시스템에 대한 상용화 프로그램 개발 및 연구를 수행하고 있음.
- 산학협동과제에 참여한 대학원생들은 과제 수행을 통해 현장 실무능력을 향상시키고 있으며 기업체와의 협력 연구를 기반으로 의료방사선 분야에서의 다양한 연구역량을 강화하고 있음.

**□ (주)네오시스코리아: 핵연료집합체 부분결손 검증을 위한 방출단층촬영기술 개발**

- 본 교육연구팀은 최적화된 검출모듈 기하학적 구조 정보를 기반으로, 사용후핵연료 저장수조 내부에서 구동 가능한 방출단층촬영장비 및 원격제어모듈 제작 연구를 수행 중에 있음.
- 제작된 방출단층촬영시스템의 실제 습식저장시설 적용 가능성을 확인하기 위하여 실증실험 시설 및 핵연료집합체 모의선원을 제작할 계획이며, (주)네오시스코리아와의 공동 연구를 수행 중에 있음.

**□ (주)한국수력원자력: 생체시료(Alanin/ESR)를 활용한 장기간 고준위 방사선량 평가 기술개발**

- 본 교육연구팀은 알라닌/ESR 선량 측정 시스템을 기반으로, 원자력 발전소 내 이온화 방사선장에 대한 장기간 고준위 선량 평가 기술 개발 연구를 수행한 바 있음.
- 정확한 선량 평가 기술 개발을 위하여 방사선 조사 실험을 통하여 알라닌/ESR 선량계에 대한 광자선/중성자 ESR-선량 반응곡선이 도출되었으며 이를 기반으로 선량평가 소프트웨어가 개발됨. 해당 결과를 기반으로 원자력발전소 내 이온화방사선에 대한 내환경검증의 정확도가 향상될 수 있음.

**④ 산업·사회 문제 해결 기여 실적**

| 사회 문제                    | 연구 내용   |
|--------------------------|---|
| 핵시설<br>무인감시를<br>통한 문제 해결 | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 전세계적으로 방사선 및 원자력에 대한 수요와 관심이 증가함에 따라 불법적인 핵무기 개발, 핵 테러, 핵 물질 운반 및 원자력 시설 사고 등 핵 활동에 대한 국제적인 감시 및 관리의 중요성이 높아지고 있음.</li> <li>- 국내에서도 원자력 및 방사선 이용 산업이 발전함에 따라 취급되는 방사성 물질의 안전한 관리가 필수적이며 공항, 항만 및 원자력 시설 등 미확인 핵 물질의 유입에 대한 감시 및 관리의 필요성이 증대되고 있음.</li> <li>- 기존 방사선 탐지 기술의 한계를 극복하고자 다중센서네트워크와 인공지능 기술을 결합하여 대면적의 공간 감시 및 방사성 물질의 이동을 신속하게 탐지할 수 있는 시스템 개발 연구를 진행 중임.</li> <li>- 방사선 탐지를 통한 방사성 물질 측정 기술과 광학 영상 데이터를 복합적으로 활용하여 오탐, 미탐 등 반복적인 오검출 개선뿐만 아니라 정확도 높은 감시가 가능함.</li> <li>- 해당 기술은 다양한 감시 공간으로의 확장성이 우수하여 핵시설뿐만 아니라 병원, 산업체, 연구실 등 환경감시에도 광범위하여 적용될 수 있어 방사선 사고의 조기 경보 및 감시 인력의 피폭 저감 등 방사선 안전에 기여할 수 있음.</li> </ul> |

|   |  |
|---|--|
| <p>핵연료집합체<br/>검증을 통한<br/>안전 문제 해결</p>       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 핵연료봉집합체는 인체와 비교하여 높은 밀도로 인해 단층촬영영상 획득이 매우 어려운 제한점이 있으며, 산업사회의 안전을 위해 반드시 해결해야 하는 문제로 대두되고 있음.</li> <li>- 검출 해상도 및 민감도의 극대화를 위하여 몬테칼로 전산모사를 통해 시스템의 기하학적 구조 최적화를 수행함. 또한, 해당 장비 및 기술의 검증을 위하여 원리검증용 장비 제작 및 선원에 대한 실험연구를 수행 중에 있음.</li> <li>- 본 연구기술은 국내 원자력 발전소에 대하여 보다 효과적인 안전관리가 가능하게 할 수 있을 것으로 기대됨.</li> </ul>  |
| <p>의료방사선<br/>피폭 증가 문제<br/>해결</p>            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 첨단 의료방사선 기술의 발전으로 진단영역의 확장과 함께 방사선을 이용한 질병 검사가 증가하고 있고, 이에 따라 의료 방사선 피폭의 증가가 사회적 문제로 대두되고 있음.</li> <li>- 환자들이 안심하고 방사선 검사를 받을 수 있도록 의료피폭을 줄이기 위한 기술 개발이 필요함.</li> <li>- 최소의 방사선으로 최적의 진단영상 획득을 위한 방사선 검출기의 민감도 및 분해능 향상 연구, 딥러닝 모델 기반의 인공지능 융합기술 기반의 영상재구성 알고리즘 개발 연구를 진행 중에 있음.</li> </ul>   |
| <p>방사선 이용<br/>증가에 따른<br/>환경안전 문제<br/>해결</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 의료·산업적 목적으로 방사선발생장치 및 방사성동위원소의 사용이 증가하고 있으며, 이에 따라 작업종사자뿐 아니라 일반인에 대한 방사선 피폭 관리의 중요성이 증가하고 있음.</li> <li>- 방사성물질의 유출 및 이동의 효율적 감시를 위해, 적은 비용으로 넓은 면적을 감시할 수 있는 방사선 영상 모니터링 시스템 개발 연구를 진행 중임.</li> <li>- 원자력발전소에서 발생하는 사용 후 핵연료의 안전한 관리를 위해, 중간저장시설을 추가적 방사선의 사용 없이 실시간으로 감시할 수 있는 무은 단층촬영장치 개발 연구를 진행 중임.</li> <li>- 핵물질 방호를 위한 공항/항만 검색대, 사용 후 핵연료/핵폐기물 저장시설 감시 등에 활용하여 핵물질 불법 이동, 밀매 방지, 핵테러 방지, 핵물질 분실 사고시의 안전성 보장, 작업종사자 피폭선량 저감 및 환경오염 감소 효과를 얻을 수 있음.</li> </ul> |

| 지역 문제                                      | 연구 내용   |
|--|---|
| <p>고령화 및<br/>시니어<br/>헬스케어 관련<br/>문제 해결</p> | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 강원도는 전국에서 가장 빠르게 초고령 사회로 진입하는 것으로 나타나고 있으며, 이에 따라 질병의 조기진단 및 치료를 통한 의료복지의 향상이 필요함.</li> <li>- 핵의학 영상기법은 증상이 나타나기 전에 암, 심장 및 뇌질환 등을 조기 진단할 수 있는 기술로, 본 연구실에서는 핵의학 진단효율 향상을 위한 고분해능/고민감도의 검출기 및 초고속 신호처리 기술 개발 연구를 진행 중에 있음.</li> <li>- 의료방사선 시스템 기반의 분자영상기법은 질환군에 대한 생체 내 분자단위 대사물질의 변화정도를 영상화 및 정량화하여 관측할 수 있음.</li> <li>- 특정 대사물질의 변화정도를 고려하여 질환군에서의 생체 내 새로운 바이오마커를 발굴 및 제시할 수 있기 때문에 본 연구실은 다양한 퇴행성·신경성 질환의 조기진단을 위한 고해상도 및 고민감도의 진단분자영상학적 바이오마커 발굴을 위한 연구를 수행</li> </ul> |

|  |   |
|--|---|
|  | <p>중에 있음.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 첨단의료영상시스템을 이용한 분자영상학적 기술개발을 위한 다양한 전공분야별 교수의 상호협력연구를 통해 질환별 최적의 생체 바이오마커 창출 및 시니어헬스케어 위한 지속적인 환자 맞춤형 정밀 의료진단 기술개발 연구를 수행할 계획임.</li> </ul>  |
|  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 수명이 늘어나면서 증가하는 노령자들의 수면장애 문제는 개인의 건강을 해칠 뿐만 아니라 삶의 질을 저하시키고 다양한 신경질환 원인이 되어 이들을 치료하고 관리하기 위한 개인과 사회적인 비용을 크게 증가시키고 있음.</li> <li>- 수면시 뇌척수액의 세포외공간 유입 모니터링 연구는 수면과 뇌정화시스템간의 연관성을 밝히고, 비침습적으로 생리학적인 방법을 통해 개인 수면의 질을 정량화 하고 수면장애의 원인을 분석할 수 있는 기술을 개발 중에 있음.</li> <li>- 수면장애 문제를 극복할 수 있는 최적의 진단기술을 마련하여 수면장애로 인한 사회문제를 해결하는데 크게 기여하고자 함.</li> </ul> |

### ⑤ 계획 대비 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

#### □ 산업·사회 문제 해결을 위한 첨단 의료방사선 연구 활성화

- 본 교육연구팀은 다년간의 산학협력 수행 경험을 바탕으로 지역 산업 및 사회문제 해결을 위한 중심적인 역할과 실질적인 기여를 할 수 있도록 산·학·연·병원 공동연구, 국제공동연구, 참여형 프로그램 개발 등 다양한 방안을 모색하여 의료방사선 분야의 창의적이고 융합능력을 갖춘 문제 해결형 인재를 양성하고 있음.
- 지역산업체-연세대-지역공공기관의 지식 및 기술 융합을 통해 지역 산업체의 사업 인프라를 확충하고, 의료방사선 연구 활성화를 위한 지원을 확대함.
  - 성과창출을 위한 지적재산권 출원 및 등록 비용 지원
  - 기술이전 활성화를 위한 홍보, 기술이전 상담, 이전계약 협상 및 체결 등의 업무지원체계 구축
  - 특허등록 추가지원 및 기술이전 활성화를 위한 설명회 개최
  - 첨단기술동향, 고급인력 수급 및 기술인력 양성 전략 등의 정보 공유
- 첨단 의료방사선 분야의 연구 역량을 활용하여 방사선산업의 사회 문제인 방사선 안전과 강원도 지역사회 문제인 고령화 문제 해결에 기여할 수 있는 연구를 수행하고자 함.

#### □ 산업·사회 문제 해결을 위한 인적교류 활성화

- 산업·사회 문제 해결을 위한 인적교류 활성화 지원 방안은 아래와 같음.
  - 산업현장의 요구를 반영한 사회문제 해결형 교과목 운영을 통해 전문인력 양성
  - 기업체와 공동으로 중·단기 연수 프로그램을 개발함으로써 실무능력 향상을 위한 현장맞춤형 실습 교과목을 개설 및 운영
  - 산업체 기술인력 재교육을 위한 교육훈련 및 세미나 개최
  - 학생들의 현장 실무교육을 위한 산업체 인력의 겸임교수 위촉
  - 산업체 인턴십 제도 및 현장실습 프로그램 활성화
  - 기업체의 CEO들을 초청하여 산학협력 및 교육 프로그램 활성화
  - 산업체와 연구 성과를 공유하기 위한 교류협의체를 구성 및 활성화하여 기술·정보·상호협력관계 구축, 산학 연구능력의 발전 도모

- 산업체, 병원 및 지역 공공기관과의 협의를 통해 미래형 신기술 연구 과제를 도출하고 중·단기 과제를 수행하여 특화된 인력 양성

#### □ 산업·사회 문제 해결을 위한 물적교류 활성화

- 연세대학교(미래캠퍼스) LINC 사업단의 All-set 기업지원 프로그램(경영지원, 기술지원, 교육지원, 장비지원, 글로벌역량지원)을 활용하여 기술, 생산, 품질, 재무, 마케팅 등 기업경영 전반에 걸쳐 경영 애로사항 발생 시 해당 산업체에 전문가(참여교수진, 외부전문가 등)를 파견하여 기업의 애로 사항을 해결함.
- 본 교육연구팀이 운영하고 있는 산학협력 공동연구소인 치과용영상 신기술 센터는 산업체((주)바텍)로부터 연구개발에 필요한 물적 및 인적 지원을 지속적으로 받아 왔으며, 관련 연구개발의 효율적인 수행을 위해 매월 기술개발 회의를 진행하고 있음.
- 산업·사회 문제 해결을 위한 물적교류 활성화 지원 방안은 아래와 같음.
  - 본 교육연구팀의 첨단 방사선 연구기기 및 시설을 산업체와 공동 활용
  - 산업체 기술지도, 기술상담, 품질지도를 지속적으로 수행함으로써 산학 공동연구 과제 도출 및 의료방사선 관련 공통 기반기술 개발
  - 교내 원주창업지원단 등의 인프라를 활용하여 재학생 및 졸업생 창업 지원
  - 신기술 공유를 위한 산·학·연·병원 간의 지속적인 교류 활성화

### 3. 참여교수의 연구의 국제화 현황

#### 3.1 국제적 학술활동 참여 실적 및 현황

##### ① 참여교수의 국제적 학술활동 참여 실적

- 민철희 교수: 국제 학술활동은 방사선치료, 방사선방호 및 방사선 계측 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 최근 1년간 3회 국제학술회의에 참석하였으며, 다수의 논문을 발표하였음. 또한 다양한 국제학술대회에서 운영위원장, 좌장, 심사위원 등의 역할을 수행하면서 지속적으로 국제적 학술활동을 수행하고 있음.

| 실적 기간                           | 국제 학술대회  | 개최국                |
|---------------------------------|--|--------------------|
| 2020.09.01.<br>-<br>2021.08.31. | 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6th Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | Virtual Conference |
|                                 | 15th International Congress of the International Radiation Protection Association (2021 IRPA15)  | Virtual Conference |
|                                 | 2021 IEEE Nuclear and Plasma Sciences Society (NPSS) Seoul Chapter   | Virtual Conference |

- 이동훈 교수: 국제 학술활동은 자기공명 분자영상 및 뇌신경과학 신기술 개발 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 최근 1년간 3회 국제학술회의에 참석하였음.

| 실적 기간                           | 국제 학술대회  | 개최국                |
|---------------------------------|--|--------------------|
| 2020.09.01.<br>-<br>2021.08.31. | World Molecular Imaging Congress (WMIC) virtual 2020   | Virtual Conference |
|                                 | The 9th International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB 2020)                          | Virtual Conference |
|                                 | The 29th 2021 Annual Meeting and Exhibition of the International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) | Virtual Conference |

- 정용현 교수: 국제 학술활동은 핵의학영상기기 및 분자영상정보 분야 등 다방면에서 매우 활발함. 최근 1년간 1회 국제학술회의에 참석하였음.

| 실적 기간                           | 국제 학술대회  | 개최국                |
|---------------------------------|--|--------------------|
| 2020.09.01.<br>-<br>2021.08.31. | 4th Conference on Nuclear Analytical Techniques (NAT 2020) Jointed with 6th Symposium on Radiation in Medicine, Space, and Power (RMSP-VI) | Virtual Conference |

- 조효성 교수: 국제 학술활동은 저선량 의료영상 및 의료영상 신기술의 다방면에서 매우 활발함. 최근 1년간 2회 국제학술회의에 참석하였음.

| 실적 기간                           | 국제 학술대회   | 개최국                |
|---------------------------------|---|--------------------|
| 2020.09.01.<br>-<br>2021.08.31. | 2021 American Association of Physicists in Medicine (AAPM) 63rd Annual Meeting & Exhibition | Virtual Conference |
|                                 | 22nd International Workshop on Radiation imaging Detectors                                  | Virtual Conference |

- 한봉수 교수: 국제 학술활동은 자기공명영상 및 분광기술 기반의 대뇌 질환연구 분야의 다방면에서 매우 활발함. 최근 1년간 2회의 국제학술회의에 참석하였음.

| 실적 기간            | 국제 학술대회  | 개최국                |
|------------------|--|--------------------|
| 2020.09.01.<br>- | 2020 ASMRM & 8th International Congress on MRI & 25th Annual Scientific Meeting of KSMRM                           | Virtual Conference |
| 2021.08.31.      | The 29th 2021 Annual Meeting and Exhibition of the International Society of Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM) | Virtual Conference |

### ② 참여교수의 국제적 학술활동 역할 수행

- 민철희 교수: 현재 4년마다 개최되는 세계방사선방어학회(International Radiation Protection and Association, IRPA) 추진위원 및 국제학술지 편집위원에 참여하고 있음.

| 실적 기간            | 역할                            | 국제 활동 명   | 비고              |
|------------------|-------------------------------|---|-----------------|
| 2020.09.01.<br>- | 학술대회 추진위원                     | International Radiation Protection and Association (IRPA) | 한국              |
| 2021.08.31.      | Editorial Board Member (편집위원) | Journal of radiation protection and research (JRPR)       | 개최국: 한국, 일본, 호주 |

- 이동훈 교수: 최근 1년간 국제학술대회 초청강연, 위원회 활동 및 국제학술지 편집위원 활동에 참여하고 있음.

| 실적 기간            | 역할                            | 국제 활동 명  | 비고               |
|------------------|-------------------------------|--|------------------|
| 2020.09.01.<br>- | Program committee             | International Society for Magnetic Resonance in Medicine (ISMRM)             | 의료방사선 영상분야 전문 학회 |
|                  |                               | International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB) |                  |
| 2020.09.01.<br>- | Editorial Board Member (편집위원) | Frontiers in Neuroscience  | 국제 SCI(E) 학술지    |
|                  |                               | Frontiers in Brain Imaging Methods   |                  |
|                  |                               | PLoS One   |                  |
| 2021.08.31.      | 국제학술대회 초청강연                   | International Conference on Biomedical Engineering and Biotechnology (ICBEB) | 중국               |

### ③ 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

- 본 교육육연구팀의 참여교수진은 전세계적인 COVID-19 사태에도 불구하고 다양한 전문분야의 국제 학술교류 및 활동에 참여하고 있음(참여교수 최근 1년간 평균 1.8회 참여).
- 국가 비상사태에 따른 상황을 고려하여 다양한 온라인 매체를 활용하여 국제 학술대회 발표 및 운영위원회 활동 등을 추진하고 있으며, 다양한 국제 SCI(E) 저널의 편집위원 활동을 계획 중에 있음.

□ The University of Sydney, University of Bordeaux, UT Southwestern Medical Center, Boston University School of Medicine, Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School 등의 해외 우수 연구기관과의 다양한 국제 학술 교류 및 공동연구를 진행하고 있으며, 이를 기반으로 획득된 연구결과를 다양한 국제학술대회에 참가하여 초청강연 및 학생 주도의 학술 발표를 계획 중에 있음.

### 3.2 국제 공동연구 실적

<표 9-1> 최근 1년간 국제 공동연구 실적

| 연번 | 공동연구 참여자   |                  | 상대국 / 소속기관   | 국제 공동연구 실적   | DOI 번호/ISBN 등 관련 인터넷 link 주소   |
|----|------------|------------------|--|--|--|
|    | 교육연구팀 참여교수 | 국외 공동연구자         |  |  |  |
| 1  | 민철희        | Harald Paganetti | 미국 / Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School | Overview of Monte Carlo Studies for Treatment Device Modeling in Radiation Therapy   | 2020 한국의학물리학회<br><a href="http://www.ksmp.or.kr/content/community/post_view.php?bt=8&amp;post_id=1980&amp;page=1&amp;type=&amp;cid=&amp;q=">http://www.ksmp.or.kr/content/community/post_view.php?bt=8&amp;post_id=1980&amp;page=1&amp;type=&amp;cid=&amp;q=</a> |
| 2  | 조효성        | 이소영              | 미국 / Boston University School of Medicine                      | Reconstruction of DRR-like kV-DR using cycleGAN-based image synthesis for intra- and extracranial SRT/SRS                            | AAPM 2021 63rd Annual Meeting & Exhibition<br><a href="https://w4.aapm.org/meetings/2021AM/programInfo/programAbs.php?sid=9194&amp;aid=58174">https://w4.aapm.org/meetings/2021AM/programInfo/programAbs.php?sid=9194&amp;aid=58174</a>                          |
| 3  | 민철희        | 유도현              | 미국 / Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School | Optimization of target, moderator, and collimator in the accelerator-based boron neutron capture therapy system: A Monte Carlo study | <a href="https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573320309530">https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1738573320309530</a>  |

### 3.3 외국 대학 및 연구기관과의 연구자 교류 실적 및 계획

#### ① 연구자 교류 실적

- 본 교육연구팀의 참여연구진은 해외 선진연구기관들과의 연구교류를 활발하게 진행하고 있으며, 교류대학의 범위는 전 세계적으로 다양하게 분포(미국: 3, 프랑스: 1, 일본: 1, 호주: 1)되어 있음.

- 전세계적인 COVID-19 사태의 범유행으로 인해 참여연구진의 장기 해외연수 및 국제 교류 활동에 어려움을 겪고 있는 상황이지만, 다양한 온라인 매체 등을 활용하여 지속적인 국제 공동연구 활동 및 교류를 이어나가고 있는 상황임.
- 이러한 전세계적인 비상상황에서 참여대학원생의 다양한 장기연수 및 파견, 국제 학술대회 참가, 해외 우수 연구기관 방문 및 교류 등은 불가능한 상황이며, 향후 사태 완화 또는 종식 이후 국가적인 안전수칙 범위 안에서 국제 연구자 교류를 활발히 시행할 계획임.

<표 9-2> 최근 1년간 국제 교류 실적

| 해외 기관  | 교류 실적  |
|--|--|
| Nagoya University<br>(일본)                                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2013-현재까지 연세-나고야 학술대회 및 연구교류 진행 (격년마다 상호 대학간 단기 해외 연수 진행을 통한 연구교류 진행)</li> <li>- 현재 2021년 11월 연세-나고야 공동 학술대회 개최 추진을 진행 중에 있으며, 다양한 주제를 바탕으로 참여대학원생 연구발표 위주의 교류를 추진 중에 있음.</li> </ul>  |
| The University of Sydney (호주)                                  | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여대학원생 1명은 2020년 12월부터 2021년도 2월까지 호주 The University of Sydney의 Steven Meikle 연구팀과 “3차원 방사선 모니터링 시스템 개발”이라는 국제공동연구를 수행하였음.</li> </ul>   |
| University of Bordeaux (프랑스)                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교육연구팀과 University of Bordeaux는 공동학위제도를 수행 중에 있으며, 현재 대학원생 1명이 국제공동연구를 위해 2017년부터 다양한 연구를 수행 중에 있음.</li> </ul>   |
| UT Southwestern Medical Center (미국)                            | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여대학원생 1명은 2019년부터 현재까지 미국 UT Southwestern Medical Center의 Xun Jia 교수 연구팀과 “방사선 치료 분야의 몬테칼로 전산모사 기술 연구 및 향후 연구 동향 분석”이라는 주제로 국제공동연구 및 교류를 진행 중에 있음.</li> </ul>  |
| Boston University School of Medicine (미국)                      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여대학원생 1명은 미국 Boston University School of Medicine의 이소영 교수 연구팀과의 국제공동연구 및 교류를 통해 국제 전문분야 학술대회 초록발표 실적 1건을 달성하였으며, 현재에도 다양한 융복합 방사선치료분야 연구를 진행 중에 있음.</li> </ul>   |
| Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School (미국) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 참여대학원생 2명은 미국 Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School의 Harald Paganetti 교수 및 Jan Schuemann 교수, 유도현 박사와의 공동연구를 진행하고 있으며, 최근 1년간 국내 학술대회 초록 1편, 국제 SCI(E) 저널 논문게재 1편 (이 외 2편 심사중)의 국제공동연구 실적을 달성하였음.</li> <li>- TOPAS 몬테칼로 전산모사 및 인형 모의피폭체를 통한 방사선 치료환자의 장기선량 평가 기술개발이라는 주제로 현재에도 국제공동연구 및 교류를 진행 중에 있음.</li> </ul> |

- 해외 우수 연구기관의 연구자를 초빙하여 연구 세미나를 활발히 개최 하였으며, 국제 공동연구를 추진하기 위한 논의가 진행 중임. 최근 1년간 해외석학 초청강연 개최 실적은 다음과 같음.

| 일시         | 해외 교류기관  | 초청연자   | 연구 세미나 주제  |
|------------|--|--------|--|
| 2021.01.28 | Massachusetts General Hospital and Harvard Medical School (미국) | 유도현 박사 | TOPAS-nBio - Monte Carlo simulations for cell scale radiation physics and biology      |
| 2021.02.04 | National Cancer Institute (미국)                                 | 염연수 박사 | Advances in computational human phantoms and their applications in radiation dosimetry |

## ② 실적 분석을 통한 향후 추진 계획

### □ 세계적인 경쟁력을 갖춘 해외 연구 인력과의 교류 확대

- 본 교육연구팀은 의료방사선 분야에 관련된 저명한 해외 연구자의 초청 및 강연을 통해 세계적인 경쟁력을 갖추 수 있는 의료방사선 특화 인재양성을 목표로 함 (단, COVID-19 비상상황에 따라 계획의 변경·연기가 있을 수 있음).

<표 9-3> 최근 1년간 국제 교류 계획

| 해외 기관  | 교류 계획   |
|--|---|
| Harvard Medical School & Mass. General Hospital (미국) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교육연구팀의 민철희 교수는 Harald Paganetti 교수 등 8명의 하버드 의과대학 교수를 초빙하여 2021년 1월 “Yonsei-MGH Symposium for Particle Therapy” 라는 주제로 심포지움 개최를 계획·추진하였지만, 전세계적인 COVID-19 사태에 대비하여 2022년도 상반기로 개최를 연기·추진 중에 있음.</li> <li>- 심포지움 초청연자: Harald Paganetti (Ph.D.), Shannon Macdonald (M.D.), Helen Shih (M.D.), Jan Schuemann (Ph.D.), Clemens Grassberger (Ph.D.), Jungwook Shin (Ph.D.), Dohyeon Yoo (Ph.D.)</li> <li>- 유도현 박사는 2021년 9월 17일 해외 석학초청 강연이 예정되어 있으며, 이후 학술 교류 및 공동연구를 계획 중에 있음.</li> <li>- 본 교육연구팀은 심포지움 이후, 하버드 의과대학 방사선종양학과와 지속적인 연구교류 및 공동연구를 위한 MOU 체결 예정</li> <li>- 현재 2편의 공동연구 논문이 심사 중에 있음 (review article 1편, original research 1편).</li> </ul> |
| Memorial Sloan Kettering Cancer Center (미국)          | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 이동훈 박사는 2021년 9월 17일 해외 석학초청 강연을 진행할 예정임.</li> <li>- 참여대학원생 주도의 연구결과를 교류하고, 토론을 통해 다양한 국제공동 연구 주제를 탐색할 예정임.</li> <li>- 이후 미국 Memorial Sloan Kettering Cancer Center와의 공동연구를 추진할 계획임.</li> </ul>  |
| University of Bordeaux (프랑스)                         | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 본 교육연구팀의 신육근 연구원은 보르도 대학과 공동학위 MOU를 통해 2021년 8월 박사학위 수여</li> <li>- 공동 지도교수인 Sebastien Incerti 교수가 본교를 방문하여 세미나 개최 예정</li> <li>- 보르도 대학에서 진행 중인 Geant4-DNA 공동연구와 관련하여 2편의 논문 작성 중</li> <li>- 2022년 Sebastien Incerti 교수를 초청하여 Geant4 코드에 대한 교육 프로그램 운영 예정</li> </ul>  |
| Nagoya University (일본)                               | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 2021년 11월 06일 연세-나고야 대학간의 학술대회 및 연구교류를 진행할 예정임.</li> <li>- 참여대학원생 주도의 연구결과를 교류하고, 토론을 통해 다양한 국제공동 연구 주제를 탐색할 예정임.</li> </ul>   |

|   |   |
|---|---|
| The University of Sydney<br>(호주)                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 호주 시드니대학의 Steven Meikle, Roger Fulton 교수와 의료영상시스템 기반 분자영상분야의 공동연구 활성화를 위해 참여대학원생과의 공동연구를 계획 중에 있음.</li> <li>- 이를 위하여 매년 개최되는 국제 학술대회(IEEE NSS&amp;MIC)에서 연구협력을 발전하기 위한 주기적인 회의를 진행하기로 하였으며, 향후 MOU체결을 목표로 상호 협력 중</li> </ul>   |
| Johns Hopkins University School of Medicine<br>(미국) | <ul style="list-style-type: none"> <li>- MRI 분자영상 분야의 세계적인 연구선두 그룹인 존스홉킨스 의과대학과의 연구협력을 진행하여 석학초빙 세미나 개최 및 장·단기 연수를 통한 공동연구 교류활동 활성화 예정</li> <li>- 현재 다양한 대뇌 질환군에 대한 MR 최신분자영상 기법에 관련된 공동연구를 진행하고 있으며, 이를 통한 1편의 뇌졸중 관련 공동연구 논문 작성 중</li> </ul>  |
| University of Utah School of Medicine<br>(미국)       | <ul style="list-style-type: none"> <li>- 유타대학 Utah Center for Advanced Imaging Research의 자기공명 영상분야의 Eun-Kee Jeong 교수 연구팀과 조직 내 물분자의 확산-대류 운동 시뮬레이션 프로그램을 공동 개발하는 연구를 진행하고 있으며, 이를 바탕으로 확산텐서영상을 통해 조직 내 세포의 손상으로 발생하는 확산텐서 값의 변화를 분석하여 질병의 진단 및 치료에 활용하는 연구 진행 예정</li> <li>- 국제공동연구 활성화를 위해 연구원의 장·단기 연수, 인터넷을 이용한 화상 연구회의의 정례화</li> </ul> |

- 대학원생의 학위 취득을 위한 외국어인증 졸업여건 강화 및 교육과정을 대폭 개선함으로써 국제공동연구를 수행할 양질의 우수 인력을 양성함.
- 본 교육연구팀의 연구 인력 국제화를 위해 우수한 외국인 대학원생 유치 홍보를 강화하며, 해외 연구인력과의 교류를 위한 국제화상 컨퍼런스 룸 확보, 해외 학자 게스트하우스 확충 등의 국제화 인프라를 구축함.

IV

4단계 BK21 교육연구단(팀) 관련 언론보도 리스트

| 교육연구단(팀)명  |              | 미래의료방사선 융합교육연구팀   |                 |  |  |
|------------|--------------|---|-----------------|--|--|
| 교육연구단(팀)장명 |              | 민 철 희   |                 |  |  |
| 연<br>번     | 구<br>분       | 언론사명<br>/수상기관 등   | 보도일자/<br>수상일자 등 | 제목/<br>수상명 등                             | 관련 URL   |
|            |              | 주요내용  |                 |  |  |
| 1          | 성과<br>(기술이전) | 한국대학신문<br>외 2건  | 2021.06.12      | 연세대 미래캠퍼스,<br>(주)네오시스코리아와<br>기술이전 의향서 체결 | https://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=510483 외 2건 |
|            |              | <p>https://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=510483<br/>                 https://www.dhnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=141988<br/>                 https://www.iwjnews.com/news/articleView.html?idxno=41980</p> <p><b>공항만 방사선 감시기 연구협력,</b><br/> <b>한계점 극복한 신기술 통해 공항만 감시기의 국내 고유기술 개발 실증연구 진행</b><br/>                 연세대학교 미래캠퍼스 산학협력단(단장 김택중)과 (주)네오시스코리아(대표 김상용)가 공항만 방사선 감시기 관련 연구협력을 위한 기술이전 의향서 체결식을 가졌다.</p>  <p>&lt;왼쪽부터 민철희 교수, 김택중 원주산학협력단장, 김상용 (주)네오시스코리아 대표이사&gt;</p> <p>이번 체결을 통해 양 기관은 민철희 방사선융합공학과 교수 연구팀의 방사선 감시기 관련 기술과 (주)네오시스코리아의 사업역량을 바탕으로 △공항만 방사선 감시기 관련 기술도입 및 개발협력 △관련 기술의 국내외 사업화협력 △제품·기술 신뢰성 확보를 위한 인허가 및 학술적 검증 등 글로벌 기술사업화를 위한 연구를 진행한다.</p> <p>연구책임자인 민 교수는 “공항·항만을 통해 국내로 유입되는 불법 방사성 물질을 효과적으로 감시할 수 있는 핵심기술이 개발됐다. 향후 이러한 국내 고유기술을 기반으로 경쟁력 있는 공항만 방사선 감시기를 제품화 하는 것은 방사능테러의 발생가능성을 조기에 단절시키고 국가와 국민의 안전을 도모하는데 이바지할 수 있다” 고 설명했다.</p> <p>해당 기술은 공항만에 설치돼 수출입 화물 내 방사성 물질을 검사하는 RPM(Radiation Portal Monitor) 장비의 핵심기술이다. 기존 장비나 기술이 가지는 한계점을 해결한 기술이다. 현재 기술포트폴리오 구축과 실증연구가 진행되고 있으며 2024년 국내시장 진입을 시작으로 2026년까지 해외시장 진출이 계획돼 있다.</p> <p>김택중 연세대 원주산학협력단 단장은 “연세대 미래캠퍼스의 고유 신기술과 기업의 제품화 역량이 결합된 기술사업화의 우수사례가 될 것으로 기대한다” 고 말했다.</p> <p>&lt;한국대학신문 - 409개 대학을 연결하는 '힘'(https://news.unn.net)&gt;</p> |                 |  |  |

|   |              |  |            |                                      |  |
|---|--------------|--|------------|--------------------------------------|--|
| 2 | 성과<br>(기술이전) | 프레스안<br>외 5건   | 2021.08.11 | 연세대 미래캠퍼스,<br>(주)네오시스코리아와<br>기술이전 계약 | <a href="https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU">https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU</a> 외 5건 |
|   |              | <p><a href="https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU">https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU</a></p> <p><a href="http://www.veritas-a.com/news/articleView.html?idxno=381316">http://www.veritas-a.com/news/articleView.html?idxno=381316</a></p> <p><a href="https://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=513799">https://news.unn.net/news/articleView.html?idxno=513799</a></p> <p><a href="http://www.kukinews.com/newsView/kuk202106110246">http://www.kukinews.com/newsView/kuk202106110246</a></p> <p><a href="https://www.kukinews.com/newsView/kuk202108160056">https://www.kukinews.com/newsView/kuk202108160056</a></p> <p><a href="https://www.newstown.co.kr/news/articleView.html?idxno=503231">https://www.newstown.co.kr/news/articleView.html?idxno=503231</a></p> <p><b>공항만 방사선 감시기 관련</b></p> <p>연세대학교 미래캠퍼스 원주산학협력단(단장 김택중)은 (주)네오시스코리아(대표 김상용)와 지난 6일 오후 학교에서 공항만 방사선 감시기 관련 기술이전 계약 및 연구협력 체결식을 했다. 체결식에서는 연세대학교 미래캠퍼스 김택중 원주산학협력단 단장, 민철희 방사선융합공학과 교수와 (주)네오시스코리아 김상용 대표이사 등 주요 관계자들이 참석했다.</p>  <p>&lt;(왼쪽부터)연세대 미래캠퍼스 민철희 교수, 김택중 원주산학협력단장, (주)네오시스코리아 김상용 대표이사&gt;</p> <p>체결식은 지난 6월 10일 연구협력 및 기술이전 의향서 체결식의 후속으로 진행됐다. 이를 계기로 (주)네오시스가 해당 기술을 이전받아 본격적으로 국내 방사선 감시기 개발 및 사업화를 수행할 예정이다.</p> <p>연구책임자인 연세대학교 미래캠퍼스 방사선융합공학과 민철희 교수는 “공항과 항만을 통해 국내로 유입되는 불법 방사성 물질을 효과적으로 감시할 수 있는 국내 고유기술을 기반으로 경쟁력 있는 공항만 방사선 감시기를 제품화하고, 국내외 시장 진출을 위해 (주)네오시스 코리아에 기술이전 및 공동연구를 지속적으로 진행할 예정” 이라고 말했다.</p> <p>김택중 원주산학협력단 단장은 “연세대학교 미래캠퍼스의 고유 신기술과 기업의 제품화 역량이 결합된 기술사업화의 우수사례가 될 것으로 기대한다” 고 밝혔다.</p> <p>&lt;<a href="https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU">https://www.pressian.com/pages/articles/2021081110170749267?utm_source=naver&amp;utm_medium=search#ODKU</a> 프레스안(<a href="http://www.pressian.com">http://www.pressian.com</a>)&gt;</p> |            |                                      |  |

## 1. 내·외부 평가위원 종합의견

## ① 교육역량 성과

## • 김택중 교수 (외부 평가위원)

- 참여대학원생의 졸업생 인력배출이 부족해 보임. 이는 사업초반 1차년도에 짧은 기간임을 감안해 추후 인력 배출의 노력이 필요함.
- 학생위주의 차별화된 교육·연구 시스템은 우수함.
- 학생들의 논문, 특허, 학술대회 발표는 우수하지만 참여대학원생 대비 논문 편수는 향상이 필요함.

## • 민철희 교수 (내부 평가위원)

- MIRAE라고 하는 비전이 잘 제시가 되어 있으며, 교육혁신위원회 등을 통해 대학원 교육과정의 커리큘럼이 적절히 개선된 것으로 판단됨.
- 국제의학물리 전문인 교육과정을 통해 차별화된 교육이 수행되고 있으며, 새롭게 개편된 교육과정은 미래의료방사선 혁신인재를 양성하는데 큰 기여를 할 것으로 판단됨.

## • 정용현 교수 (내부 평가위원)

- 비전 및 목표달성을 위해 CAMPEP 인증 교육과정에 맞춰 교육프로그램을 운영하고 있음.
- 방사선공학/의학물리 트랙 전공 세부분야에 맞춰 교과목 개편을 실시하였으며, 지속적인 CQI 참여를 통해 선순환구조를 정착시킬 필요가 있음.
- 문제해결형 교과 및 융합교과, 국제화 교과의 계획 대비 실적이 미흡함.
- 연구실적은 우수하나 교육과정 개선에 더 많은 노력이 필요하다고 판단됨.
- 실습관련 교육을 강화할 필요가 있음.

## • 조효성 교수 (내부 평가위원)

- 본 교육연구팀은 전공분야의 전문인력 양성의 지속적인 노력의 일환으로 융합방사선 분야 특성화 교육과정 구성 및 운영을 모범적으로 실시하여 왔으며, 장기적인 코로나-19 상황을 대비한 교수법 시행, 국내외 석학 초청강연 개최, 학술대회 발표 등 다방면에서 활발한 활동을 지속하여 왔음.

## • 한봉수 교수 (내부 평가위원)

- 본 사업단에서는 대학원생 확보를 위해 다수의 학부연구생을 각 연구실에서 확보하여 대학원 입학준비를 하고 있으나, 1차년도 성과로 드러나지 않고 있지만 2차년도부터는 성과가 있을 것으로 기대됨.
- 대학원생들의 논문실적은 양적으로는 향상 노력이 요구됨. 그러나 질적 성과 면에서는 우수한 것으로 판단됨: 출판된 논문 당 평균 IF = 3.288은 방사선 관련 공학계열 저널의 특성상 높은 수준임.
- 대학원생들의 국제학술대회 발표실적이 많고 3인의 대학원생이 학술대회에서 수상하는 등 우수한 성과를 거둔 것으로 평가됨.

## ② 연구역량 성과

### • 김택중 교수 (외부 평가위원)

- 정부과제, 산업체 과제 수주실적이 매우 우수함,
- 국제수준의 성과를 보였음. 향후 꾸준한 성장이 기대됨.
- 코로나 상황임에도 국제교류의 노력이 활발하며, 이후 국제교류, 성과 등이 우수함.

### • 민철희 교수 (내부 평가위원)

- Radiology (IF 11)을 포함한 영향력 있는 많은 논문들이 게재되고, 교수 1인당 연구과제 수주금액을 고려할 때 연구역량이 매우 우수한 것으로 평가됨.
- 연세대 미래캠퍼스의 신생 학과임에도 불구하고 교수 1인당 논문 및 연구비가 캠퍼스 최상위에 속한 것은 연구역량의 우수성을 충분히 보여주고 있다고 판단됨.

### • 정용현 교수 (내부 평가위원)

- 논문, 학술발표, 특허, 산업체 교류 등 연구성과가 우수함.
- 특히 연구비 수주실적이 우수함.
- 연구과제 수행 참여학생들의 역할 및 관련 연구실적을 연계하여 제시하면 교육-연구-실적의 우수성을 입증하는데 도움이 될 것임.

### • 조효성 교수 (내부 평가위원)

- 본 교육연구팀의 연구역량 성과로서, 논문실적 편수는 다소 미진하나 논문의 질적 우수성은 매우 향상되어 본 사업의 목적과 부합됨.
- 연구비 수주실적은 정부 및 산업체로부터 지속적으로 연구비를 확보하고 있으며, 특히 산업체로부터의 연구비 실적이 늘어남으로써 실질적인 산·학 협동모델의 모범이 되고 있음. 그 외 학술대회 발표, 특허, 기술이전 등 우수한 성과를 달성하였음.

### • 한봉수 교수 (내부 평가위원)

- 본 사업단은 연구역량의 질적 제고를 위해 노력해 왔으며 그 결과 1년간 출판된 논문편수는 다소 감소하였으나 논문편당 환산 IF가 크게 향상됨.
- 또한 본 사업단의 교수 1인당 정부과제와 산업체과제 수주실적은 탁월한 성과로 평가됨.
- 본 사업단의 참여교수들은 국제저명학술지 심사위원, 국제학술대회 조직 및 운영위원으로 활발히 참여하여 활동해왔으며, 국제공동연구와 해외대학 및 연구기관과의 국제교류도 활발히 해왔다고 평가됨.

## ③ 교육연구팀 구성 및 운영 성과

### • 김택중 교수 (외부 평가위원)

- 1차년도 교육과정 개선의 노력, 세계적 수준의 교육프로그램 개발, 국제화 등 노력을 하고있음.
- 학생지원제도 신설 등 구체적 노력을 실시함.
- 교육연구팀의 운영 역량과 우수성이 있음.

### • 민철희 교수 (내부 평가위원)

- 교육연구팀의 교육역량과 연구역량의 증진을 위해서 학사관리 및 교육/연구 프로그램이 적절히 운영되고 있음.

- 과학기술·산업·사회 문제 해결을 위한 다양한 프로그램이 잘 운영되고 있으며, 코로나 상황에서도 비대면 세미나 등이 원활히 진행되고 있음.

• 정용현 교수 (내부 평가위원)

- 교육/연구 환경 개선 및 장학금 확대 등 학생복지 개선실적이 우수함.
- 개선·개편된 교육과정 운영 및 신규 교과목(문제해결형, 융합형 등) 개발이 계획대로 이루어진다면 우수한 성과가 예상됨.
- 특성화 교과목을 이수한 학생이 연구과제에 참여하여 논문/특허 등 실적이 발생하고, 이를 통해 관련 분야에 취업하는 우수사례를 만들어가는 노력이 필요함.

• 조효성 교수 (내부 평가위원)

- 본 교육연구팀은 의료방사선 특화 인력 양성을 위한 지속적인 교육과정 개편을 추진하여 왔으며, 특히 국제의학물리학회(IOMP)에서 권고하는 교육과정으로 개편하였음. 그 외 혁신적 교수법 도입, 산·학·연 연계 및 다학제간 융합교육 강화, 교육과정 개편을 위한 선순환 체계 구축 등 활발한 교육연구팀 운영을 시행하고 있음.

• 한봉수 교수 (내부 평가위원)

- 본 사업팀은 대학간연구기구인 방사선융합연구소를 설립 운영하였고, 국제의학물리전문인 교육과정 및 대학원 커리큘럼 개편 및 운영을 통해 대학원생들의 국제적 경쟁력 제고 노력을 하였으며, 다양한 장학금 지원이나 해외 우수연구기관과 교류 및 국제학술대회 발표지원 등 대학원생들의 연구 및 국제화 능력 향상을 지원하는 등의 노력을 해왔음.
- 이를 통해 본 교육연구팀의 글로벌 연구역량을 갖춘, 미래적 가치를 창조하는 세계적 수준의 연구중심 대학원으로 도약하기 위해 최선의 노력을 해왔다고 평가됨.

④ 기타 의견

• 김택중 교수 (외부 평가위원)

- 코로나 이후 다양한 국제 교육 및 연구가 급속히 확대될 것이라 예상함.
- 논문의 학생 참여가 필요하며, 다양한 교육프로그램과 학생지원 프로그램을 통해 세계적 인재 양성이 기대됨.

• 민철휘 교수 (내부 평가위원)

- 우수한 교육/연구 성과가 지속적으로 유지되기 위한 노력이 필요함.
- 우수인재 확보를 위한 재정지원 확대 및 국제협력/산학협력을 강화하기 위한 노력이 필요함.

• 정용현 교수 (내부 평가위원)

- 신입생 모집을 위한 활동 강화가 필요하다고 판단됨.
- 취업지도 계획의 개선이 필요함.

• 조효성 교수 (내부 평가위원)

- 본 교육연구팀은 본 사업에서 제시하고 있는 ‘MIRAE’ 형 인재 양성을 위한 다방면의 노력을 충실히 수행하여 왔으며, 사업 첫 해인 당해년도에 이를 위한 토대를 성공적으로 구축하였다고 사료됨. 이를 기반으로 향후에도 지속적이고 안정적인 성과를 도출할 것으로 예상됨.

2. 평가위원 종합심사 결과 (평가서 원본과 동일)

| 평가 영역                          | 평가 항목/비율                            | 외부평가 위원                         | 내부평가위원 |     |                     |                     |
|--------------------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------|-----|---------------------|---------------------|
|                                |                                     | 김택중                             | 민철희    | 정용현 | 조효성                 | 한봉수                 |
| 교육 영역<br>(40%)                 | 교육과정 구성 및 운영<br>(15%)               | 탁월(10)<br>환산점수(15)              | 14     | 12  | 탁월(10)<br>환산점수(15)  | 탁월(10)<br>환산점수(15)  |
|                                | 취업률 및 취업 지원<br>(10%)                | 보통(5)<br>환산점수(5)                | 8      | 7   | 우수(6)<br>환산점수(6)    | 우수(6)<br>환산점수(6)    |
|                                | 대학원생 논문 게재 및<br>학술대회 발표 실적<br>(15%) | 우수(8)<br>환산점수(12)               | 15     | 14  | 우수(7)<br>환산점수(10.5) | 탁월(9)<br>환산점수(13.5) |
| 연구 영역<br>(35%)                 | 참여교수 연구실적 및<br>성과(10%)              | 탁월(10)<br>환산점수(10)              | 10     | 9   | 탁월(9)<br>환산점수(9)    | 탁월(10)<br>환산점수(10)  |
|                                | 정부과제 연구 실적 및<br>연계(10%)             | 탁월(10)<br>환산점수(10)              | 10     | 10  | 탁월(9)<br>환산점수(9)    | 탁월(10)<br>환산점수(10)  |
|                                | 산업체 과제 연구 실적<br>및 연계(10%)           | 탁월(10)<br>환산점수(10)              | 10     | 8   | 탁월(10)<br>환산점수(10)  | 탁월(10)<br>환산점수(10)  |
|                                | 참여교수의 국제 교류<br>및 활동 실적 (5%)         | 탁월(9)<br>환산점수(4.5)              | 5      | 4   | 탁월(9)<br>환산점수(4.5)  | 탁월(10)<br>환산점수(5)   |
| 교육연구팀<br>운영 및<br>자체평가<br>(25%) | 교육연구팀 운영 실적<br>(10%)                | 탁월(10)<br>환산점수(10)              | 8      | 9   | 탁월(9)<br>환산점수(9)    | 탁월(9)<br>환산점수(9)    |
|                                | 비전 및 목표 달성<br>노력(10%)               | 탁월(9)<br>환산점수(9)                | 8      | 10  | 탁월(9)<br>환산점수(9)    | 탁월(9)<br>환산점수(9)    |
|                                | 자체평가 실적<br>(5%)                     | 탁월(9)<br>환산점수(4.5)              | 4      | 4   | 탁월(9)<br>환산점수(4.5)  | 탁월(9)<br>환산점수(4.5)  |
| 합계(100점 만점)                    |                                     | 90                              | 92     | 87  | 87                  | 92                  |
| 평균(100%)                       |                                     | 외부 : 90 / 내부 : 90 / 총 (평균) : 90 |        |     |                     |                     |

※ 평가점수: 탁월 (8 초과), 우수 (6 이상), 보통 (4 이상), 부족 (2 이상), 불량 (2 미만)으로 평가함.

※ 점수산출: 평가비율/평가