

4차 산업혁명 시대의 윤리적 이슈와 대학의 생명윤리교육 방향 제고

김수경*, 이경화*, 김상희**

요약

4차 산업혁명시대가 도래했다는 관심이 증가되면서 이에 따른 윤리적 이슈에 대한 탐구 및 대학 교육의 방향에 대한 제고가 필요하게 되었다. 본 논문의 목적은 4차 산업혁명 시대의 대표적 기술분야인 인공지능, 빅데이터, 유전체 기술, 가상현실의 윤리적 이슈 및 국내외 정책과 교육 현황을 살펴보고 앞으로 대학의 생명윤리교육이 나아가야 할 방향을 제안하는 것이다. 4차 산업혁명시대의 국내외 정책과 교육현황을 요약하면, 국외는 4차 산업혁명 기술의 잠재적 이득과 사회적 위험에 대한 법적, 윤리적 고려를 바탕으로 관련 가이드 라인 및 규제 권고안이 발표되었고, 과학 기술의 발전에 따른 학생들의 윤리적 가치 확립의 중요성이 정책적으로 강조됨에 따라 4차 산업혁명시대의 기술개발과 관련된 생명윤리교육과정이 개설된 바 있으며, 대학 내 윤리실험실 개설, 공개 토론회를 넘어 온라인 공개 강좌를 통해 생명윤리 교육의 접근성을 높이고 있다. 국내의 경우에도 최근 공청회 등을 통해 4차 산업시대의 정책방향에 대한 논의가 이루어지고 있으며, 대학교육 또한 시대적 흐름에 맞는 생명윤리 교육을 제공하기 위한 시도가 이루어지고 있다. 그러나 국내 대학의 생명윤리교육은 전통적인 생명윤리 주제에 새로운 과학기술로 야기된 윤리적 이슈를 일부 추가하여 운영되는 교육과정이 대부분이며, 단일 전공 교수의 강의 운영, 선택 과목, 비정기적인 강의 개설, 그리고 온라인 공개 강좌의 부재 등의 제한점이 확인되었다. 이에 따라, 본 논문에서는 추후 국내 대학의 생명윤리교육을 개선하기 위한 방안을 다음과 같이 제안하고자 한다; 국내 대학의 생명윤리교육은 다직군 간 교육으로 개발되고, 점진적으로 필수 교육과정으로 지정하여 교육의 기회를 확보하며, 온라인 공개 강좌로 확대 개설할 필요가 있다. 또한, 대학 내 생명윤리 이슈에 관한 공개 토론의 장을 마련하고 과학기술의 발전과 그 변화를 함께할 수 있도록 주기적인 논의를 통해 생명윤리교육의 내용을 지속적으로 개선해야 할 것이다.

색인어

4차 산업혁명, 생명윤리, 교육, 대학

교신저자: 이경화, 연세대학교 일반대학원 간호학과, Tel: 02-2228-3262, Fax: 02-2227-8303, e-mail: khlee512@yuhs.ac

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0210-9176>

* 연세대학교 일반대학원 간호학과 박사과정생 ** 연세대학교 간호대학, 김모임간호학연구소 부교수

I. 서론

2016년 세계경제포럼(World Economic Forum)이 ‘4차 산업혁명의 이해’라는 주제로 개최되면서 디지털, 바이오, 오프라인 등의 기술 융합으로 대표되는 4차 산업혁명이 기술과학, 경제, 사회 등 분야에 어떤 변화를 일으킬 것이고, 4차 산업혁명 시대를 살아가는 우리는 어떤 준비를 해야 할 것인가에 대한 논의가 시작되었으며 현재에도 그에 대한 논의가 지속되고 있다. 4차 산업혁명의 시대는 기계가 지능이 필요한 작업을 수행하고, 인간 신체에 컴퓨팅 기술이 직접 적용되며, 기업과 정부, 그리고 수요자 간의 소통을 새로운 차원으로 향상시키는 등 우리 사회에 자리 잡는 기술 방식이 새로워지는 시대를 의미한다[1].

4차 산업혁명으로 인한 기술 창출 효과에 대해서는 의심의 여지가 없으며, 이는 인류의 삶을 풍요롭게 만들 것으로 기대된다. 또한, 유전정보 분석, 유전 정보에 따른 질병진단 및 약물 처방, 빅데이터 활용, 질병 진단의 인공지능 활용, 그리고 3D 프린터를 통한 신체기능 보완 등의 바이오테크 혁신은 보건의료 환경에도 엄청난 변화를 가져올 것이라 예상된다[2]. 그러나 4차 산업혁명과 관련된 기술과 산업적 측면에 대해서는 여전히 다양한 관점의 의견이 제시되고 있다. 페이스북 창업자 마크 저크버그, 구글 창업자 래리 페이지 등은 인공지능은 통제할 수 있고 인류에게 도움이 되도록 발전시킬 수 있으므로 인류에 도움이 될 것이라고 주장하지만, 테슬라 회장인 일론 머스크, 케임브리지대학교 교수 스티븐 호킹 등 약 1,000명의 전문가는 인공지능이 인간의 통제 범위를 벗어나기 때문에 인류에게 큰 위협이 될 수 있다는 문제를 제기하며[3], 4차 산업혁명

으로 인하여 발생 가능한 윤리적 문제에 대해 언급하였다. 4차 산업혁명 시대와 관련하여 다양한 의견이 존재하나 이로 인해 발생 가능한 윤리적 문제에 대한 논의를 피할 수 없다는 의견에는 다수가 공감을 표하고 있으므로 이에 대한 심도 있는 논의가 선행되어야 할 것이다.

실제로 관련 학계에서는 인공지능, 유전체 기술 등과 관련하여 인간에 대한 근본적 개념을 위협하는 요소를 비롯하여 4차 산업혁명과 관련된 윤리적 문제에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있으며[4], 기술 발달로 야기된 위험에 대한 규범적 또는 법적 규제가 강조되면서 사후규율 외에 사전규율이 필요하고[5], 문제가 발생하기에 앞서 윤리적 판단 및 융통성이 필요한 상황에 대한 검토가 이루어질 필요가 있다는 주장이 제기된다[6].

관련 학계 및 정책적 변화 외에도 4차 산업혁명 기술의 활용으로 인한 교육현장의 변화 또한 함께 들여다 보아야 한다. 대학의 교육현장에서는 이미 4차 산업기술의 하나인 가상현실을 활용한 교육방법이 이루어지고 있으며[7]¹⁾ 4차 산업혁명 시대의 대학생들은 생산자이자 소비자로서의 위치에 놓이게 되기 때문에 그들의 생산과 소비가 지성적인 방향으로 나아가도록 인문적 소양을 갖춘 사람으로서의 준비가 이루어져야 한다. 4차 산업혁명으로 인해 발생하는 변화와 혁신으로 인한 위협에 대처할 수 있는 인재를 양성하기 위해서는 참된 가치와 인성 함양이 중요하고, 의생명 과학기술의 적용에 있어서의 인간에 대한 이해, 자율성, 가치판단과 같은 생명윤리에 대한 깊은 이해와 교육이 선행되어야 한다[8]. 이를 위한 첫 단계로써 융합, 교양, 기초교육을 담당하는 대학에서의 생명윤리교육이 중요할 것으로 사료되므

1) 가상현실을 활용한 교육의 사례는 카네기멜론 대학의 도시설계, 툴레로대학의 해부학 및 신체 체형 프로그램, 싱가포르 난양공과대학의 가스터빈 공학교육 등이 있다. 참고문헌 7번 181쪽 참조.

로 본 연구에서는 4차 산업혁명 시대의 생명윤리적 이슈 및 국내외의 정책 현황을 검토해보고 생명윤리 교육이 앞으로 나아가기 위한 방향을 제안해보고자 한다.

II. 본론

1. 4차 산업혁명 시대의 윤리적 이슈

4차 산업혁명시대에 고려되어야 할 윤리적 이슈는 참여대상인 연구자의 준비, 산업계의 준비, 사회의 합의 등의 차원에서 다를 수 있겠다. 그러나 본 논문에서는 4차 산업혁명의 대표적인 기술 분야인 인공지능, 빅데이터, 유전체 기술, 가상 현실 등 기술영역과 이를 다루는 과정에서 발생할 수 있는 윤리적 이슈에 국한하여 서술하고자 한다.

1) 인공지능(artificial Intelligence)

인공지능이란, 인공적으로 지능을 실현하는 기술로 이는 과거의 경험 데이터를 바탕으로 구체적인 결론을 쉽게 도출할 수 있도록 하므로 보다 효율적인 의사결정을 가능하게 한다는 장점이 있다. 일례로 환자의무기록을 이용하여 학습한 인공지능을 활용하는 경우 일반적인 치료방법에 비해 치료결과 및 비용적인 측면에서 효율적이라는 연구결과[9]²⁾ 인공지능이 인간의 삶에 긍정적 영향을 미칠 수 있음을 암시한다. 이러한 인공지능은 인간에 의해 개발되지만 스스로 생각하는 능력을 바탕으로 작동하므로 인공지능 자체에 자유의지가 있다고 보는 관점이 4차 산업혁명 시대에 제기되기 때문에 인공지능 데이터의 신뢰성

과 책임소지에 대한 근본적인 윤리적 물음이 제기될 수 있다[3,4]. 무어(Moor) [10]가 구분한 윤리적 행위자 범주에 따라, 기술개발 단계에서 개발자에 의해 윤리적 행위가 정해진다고 보는 암묵적 윤리행위자(implicit ethical agent)의 관점으로 인공지능을 본다면 책임 회피의 가능성이 윤리적 이슈로 대두될 수 있고 인공지능에 의해 생명윤리와 관련된 문제가 발생하였을 때 개발자를 위한 윤리지침을 논해야 한다는 주장이 제기될 수 있다. 이와 반대로 인공지능이 자율적으로 윤리적 행위를 결정한다고 보는 명시적 윤리행위자(explicit ethical agent)의 관점에서는 인공지능에 자유의지가 있으므로 인공지능에게 도덕적 권리를 부여해야 한다는 주장이 제기될 수 있다[3]. 인공지능은 빠르게 발전을 거듭하고 있으므로 개발 시기부터 이에 수반하는 윤리적 이슈를 염두해 두어야 하며 인공지능의 책임범위에 대한 윤리적 논의와 의사결정을 할 수 있어야 할 것이다.

2) 빅데이터(big data)

빅데이터 시대의 상호연결성 증가는 사회적, 윤리적 규범에 대한 도전이 될 수 있으며 사전동의, 프라이버시, 소유권 등과 관련된 윤리적 이슈가 발생할 수 있다. 사전동의를 ‘정보를 공유하는 것, 합하는 것, 목적을 위해 변형하는 것’과 같은 기준에 동의한 것과 관련 없는 동의는 포함되지 않기 때문에[11], 이를 보완하기 위해 미래의 모든 연구활동을 포함하는 확대된 동의(broad consent)를 구하는 방안이 제안되기도 하였으나 그로 인해 데이터 사용의 자율성에 제한이 생길 수 있다는 문제가 함께 제기된다[12]. 프라이버시(privacy)는 자율성 또는 정보자유의 개념과 관

2) 환자의 의무기록을 이용하여 학습한 인공지능을 활용한 치료와 일반적인 치료를 비교한 결과, 인공지능을 이용한 경우 환자의 치료 결과가 30%~35% 증가하였고, 비용 측면에서도 일반적인 치료 대비 인공지능을 이용하였을 때 약 50% 이상 향상되었다[9].

련이 있으며, 전문적으로 계약된 관계에서 정보를 드러내지 않는 비밀유지(confidentiality)를 의미한다. 현재 미국과 유럽연합(European Union, EU)의 데이터 보호법은 의료 및 건강관련 빅데이터를 모두 보호할 수 없다는 윤리적 이슈가 제기되고 있으며, 특정 데이터베이스 혹은 관리인에 따라 윤리적 체계와 가치가 제한적으로 다뤄진다는 문제가 있다[13]. 소유권(ownership)은 데이터 통제권, 데이터로부터 얻는 이익에 대한 권리로 구분할 수 있으며[14], 소유권 없이 자유롭게 데이터를 사용하는 것의 이점을 기대하나 실제적으로는 쓸모 없는 자료일 가능성이 있고, 데이터에 대한 전문가 없이는 자료를 잘못 이해할 문제점이 있을 수 있다[15]. 만약 데이터 해석의 정확성에 대한 고려가 되지 않는다면 데이터의 부정확한 변형(modification)이 초래될 위험성이 있고, 정확하지 않은 데이터를 이용한 연구는 신뢰할 수 없는 결과를 나타내므로 윤리적으로 문제를 야기할 수 있다. 또한, 데이터의 크기가 클수록 대표성이 높아 연구 측면뿐 아니라 상업적 이용에도 활용 가치가 높아지므로 빅데이터 기술 및 방법론의 적용과정에서 상업적인 이용에 유의할 필요가 있다[16]. 또한, 개인 정보들의 집합체인 빅데이터의 연구로 창출된 이익에 대한 개인의 권리는 어떠한가라는 물음이 간과되어서는 안 된다.

3) 유전체 기술(genome technology)

인간 유전체 연구는 유전성 질환의 조기 발견과 치료를 가능하게 하는 유전체 편집기술이 발전함에 따라 정확성과 효율성 면에서 만족할 만한 성과를 보여주고 있으며[17], 유전질환 예방, 맞춤형 보조 생식술, 유전적 증강[18]³⁾ 등을 예로 들어 인간 배아 유전체 편집 기술이 필요하다는 주장이 제기되고 있다[19]. 그러나 이러한 성과에도 불구하고 유전체 편집(genome editing) 기술의 표적이탈효과(off-target effects) [18],⁴⁾ 모자이크 현상(mosaicism) [20]⁵⁾ 등을 과소평가해서는 안 된다는 주장과 유전자 치료에 의한 부작용을 돌이킬 수 없으므로 시간이 걸리더라도 발생 가능한 윤리적 이슈에 대한 사회적 검토 과정과 과학계의 입증이 선행되어야 한다는 입장이 제기되고 있어 유전자 편집을 포함한 유전체 연구에 관한 생명윤리학적 이슈는 주목의 대상이 된다[21]. 현재 국내 생명윤리 및 안전에 관한 법률(이하 생명윤리법)에서는 유전자 치료 연구 대상을 유전질환, 암, 후천성면역결핍증 등 중증질환으로 제한하고 있으며, 연구 대상에 포함되어 있더라도 배아, 난자, 정자 및 태아에 대해서는 시행하지 못하도록 규정되어 있다.⁶⁾ 유전체 편집 기술이 가져올 잠재적 혜택을 고려할 때 개별 기술의 특성을 고려하지 않고 일률적으로 엄격하게 규제하는 것이 옳은가에 대한 의문점이 함께 제시되

3) 질병의 예방과 치료를 목적으로 유전체 편집기술을 사용하는 것을 뛰어넘어, 인간이 우월한 능력을 갖기 위한 향상의 목적으로 유전체 편집기술을 사용하는 경우 유전적 증강(enhancement)으로 구분될 수 있다[18].
 4) 표적이탈효과는 유전자 편집 시, 표적 DNA뿐 아니라 이와 유사한 염기서열을 가진 부위에 작용하여 의도하지 않은 유전자 변이를 일으켜 암 등을 유발하는 부작용이다[18].
 5) 모자이크 현상이란, 세포분열 시 어떤 유전자에 변이가 발생하였을 경우 돌연변이가 나타난 유전자를 포함한 염색체가 분열하여 돌연변이 세포를 만들게 되며, 이때 정상 세포는 정상 세포로 계속 분열하고, 돌연변이 세포는 돌연변이 형태로 계속 분열하게 되므로 특정 형태의 세포가 모여서 일부분에 모자이크처럼 나타나는 현상을 말한다[20].
 6) 생명윤리 및 안전에 관한 법률(법률 제 13651호) 제6장 유전자치료 및 검사 등, 제47조(유전자 치료) ① 인체 내에서 유전적 변이를 일으키는 일련의 행위에 해당하는 유전자 치료에 관한 연구는 다음 각 호의 모두에 해당하는 경우에만 할 수 있다. (개정 2015. 12. 29.) 1. 유전질환, 암, 후천성면역결핍증, 그 밖에 생명을 위협하거나 심각한 장애를 불러일으키는 질병의 치료를 위한 연구 2. 현재 이용 가능한 치료법이 없거나 유전자치료의 효과가 다른 치료법과 비교하여 현저히 우수할 것으로 예측되는 치료를 위한 연구 ② 유전물질 또는 유전물질이 도입된 세포를 인체로 전달하는 일련의 행위에 해당하는 유전자치료에 관한 연구는 제1

고 있으므로[18], 해당 기술과 관련된 방향성을 설정하기가 쉽지 않으며 지속적으로 유전체 편집과 관련된 다양한 윤리적 논의가 이루어져야 한다.

4) 가상현실(virtual reality)

가상현실은 인공으로 창조한 가상의 공간, 환경, 상황 등에서 사용자의 오감을 자극하여 실제와 유사한 공간적, 시간적 체험을 가능하게 하는 기술로[22], 대표적으로 의료계에서 외상 후 스트레스 장애를 치료하는 데 쓰이거나[23], 실제 사람을 대상으로 행하기 어려운 교육에 방법적으로 활용된다[24]. 가상현실이 구현하는 리얼리티가 사람들의 심리에 긍정적인 영향을 주며 생생한 경험은 실제 사람에게 행한 것과 같은 효과를 줄 수 있으나 동시에 예상치 못한 윤리적 문제를 일으키기도 한다. 2017년 1월 “지난주 저는 가상현실에서 성추행을 당했습니다”라는 미국의 블로거의 글을 통하여 가상현실에서의 윤리적 문제를 국내의 한 신문사가 보도하였다[25]. 기사 속의 여성은 처음으로 가상현실을 구현하는 게임을 체험하며 엄청난 몰입감으로 전율과 희열을 느꼈으나, 가상현실에서 같이 게임을 한 남성이 가상현실 속에서 여성의 가슴 부위를 만지는 행위를 하였고 이에 여성은 아바타 형태의 게임임에도 불구하고 수치심은 일전에 성추행을 당했을 때의 충격과 크게 다르지 않다고 말하였다. 게임의 개발자는 이에 책임감을 느껴 ‘퍼스널 버블’이라는 장치를 마련하여 성추행 등의 문제를 일으키는 상대방으로부터 자신을 보호할 수 있는 기능을 추가함으로써 해당 게임에서 발생할 수 있는 윤리적 이슈를 해결하고자 하였다[25]. 이 밖에도 가상현실에 의한 주의산만에 따른 사고, 과몰

입에 따른 트라우마, 중독 및 현실도피 증가로 인해 발생 가능한 윤리적 이슈가 고려될 필요가 있다[26].

2. 4차 산업혁명 시대의 생명윤리관련 국내외 정책 현황

최근 생명윤리관련 분야의 관심은 4차 산업혁명의 기술 내용과 윤리에 대한 고찰을 향해 있으며 인공지능 영역, 빅데이터 영역, 그리고 유전체 기술 영역에서의 윤리적 고찰이 중점적으로 다루어지는 추세이다. 먼저, 인공지능 영역에서는 ‘자율성’에 대한 권한을 어떻게 부여할 것인지, 도덕적 행동을 어떻게 실현할 수 있을지에 대한 윤리적 고려에 대하여 다루어지고 있고[27,28], 빅데이터 영역에서는 빅데이터 기술 및 방법론의 적용과정에서 상업적인 이용 가능성에 대한 유의가 필요함을 논하고[16], 사전동의, 비밀유지, 소유권, 목적, 접근성 등에 대한 관심이 필요함이 언급되고 있다[14]. 또한, 유전체 기술 영역에서는 유전체 분석 결과에 대한 해석, 유전체 기술과 연구의 임상적용, 가족과 개인의 권리 존중, 사회문화적 맥락에 대한 이해 등과 관련된 윤리적 이슈를 고려할 수 있는 역량을 갖출 필요가 있다고 하였다[29].

국외의 경우 정책적으로 4차 산업혁명시대의 생명윤리와 관련된 이슈에 대응하고자 하는 노력이 활발히 이루어지고 있다. 미국의 경우, 가상현실에 기반한 기술의 사회적 위험성을 인식하고 이에 대하여 정책적으로 정신건강, 개인의 자율성, 개인의 프라이버시 측면을 고려할 것을 제안하는 보고서가 출간되었고[30], EU에서는 인공지능의 잠재적 이득과 윤리적 고려(artificial

항제1호 또는 제2호 중 어느 하나에 해당하는 경우에만 할 수 있다. <신설 2015. 12. 29.> ③ 유전자치료는 배아, 난자, 정자 및 태아에 대하여 시행하여서는 아니 된다.

intelligence: potential benefits and ethical considerations)라는 간략 보고(brief report)를 통하여 인공지능을 통해 여러 문제들을 해결해가는 과정에서 선의의 목적을 달성하기 위한 적절한 규제, 윤리적 고려, 교육 및 연구를 통한 노력이 선행되어야 한다고 지적하였다[31]. 또한, 영국에서는 의회를 중심으로 4차 산업혁명기술의 진화에 따른 법적, 윤리적 고려사항에 대한 정책을 결정함에 있어 연구 및 개발에 대한 투자를 장려하고 공공안전을 보장하는 적절한 규제를 기반으로 하는 light touch 전략('light touch' regulatory approach)을 정하였다[32]. EU는 상당기간 동안 인공지능 및 로봇기술의 윤리적, 규범적 영향에 대하여 고민하였고 그 결과물로서 '로봇기술 규제 가이드 라인'을 제시하였으며[33], 해당 내용은 2017년 2월 EU 의회에서 결의된 '로봇기술에 관한 시민법 규제 권고안(European Parliament Resolution, 2017)'에 상당 부분 반영되었다[34].

국내의 경우에도 최근 4차 산업혁명과 생명윤리에 대한 학계와 정책 분야 관심이 증가하는 추세이다. 2017년 8월 국가생명윤리정책연구원과 보건복지부는 '4차 산업혁명 시대에 생명윤리 정책방향'을 주제로 공청회를 개최하여, '첨단 생명과학기술 연구 추진방향 및 사회적 책임'에 대한 논의와 '인공지능과 빅데이터 의료적 활용과 생명윤리'라는 주제로 토론을 이어가며 기술과 윤리가 균형 있게 발전할 필요가 있음에 대해 공감을 표한 바 있다[21]. 국민권익위원회는 4차 산업혁명 시대의 4대 윤리문제를 기술개발이 최우선인가, 기술 진화는 어떤 목적으로 사용되어야 하나, 기술 발전은 어떻게 진행되어야 하나, 현장에서 규범 준수 여부의 모니터 문제는 어떻게 접근해야 하는가에 대한 논쟁을 다루면서 4차 산업혁명관련 논쟁에서 "안전의 증진"에 최우선 가치를 두는 것이 필요하다고 강조하였다[2]. 또한, 앞서

논의한 바와 같이 국내 생명윤리법은 유전체 연구대상을 유전질환, 암, 후천성면역결핍증 등 중증질환으로 제한하고 연구대상에 포함되어 있더라도 배아, 난자, 정자 및 태아에 대해서는 시행하지 못하도록 규정함으로써 유전자 치료 등과 관련하여 발생 가능한 윤리적 쟁점들을 사전에 방지하고자 하나, 해당 법률에 대한 여러 상충되는 의견이 제시되고 있으므로 이에 대한 추가적인 논의와 개선이 필요한 상황이다.

3. 4차 산업혁명시대의 생명윤리교육 현황

생명윤리(bioethics)는 과학기술의 발달이 인간의 존엄성과 가치를 향상시키기 위한 방향을 제시하기 위한 목적을 포함한다[35]. 과학기술은 끊임없이 발전하므로 새롭게 출현한 기술, 인간대상의 연구, 임상의 의사결정, 공중보건의 위기, 신경과학의 진보 등과 관련된 윤리적 측면에 대한 이해 향상이 중요하며 생명윤리 교육이 그 역할을 할 수 있을 것으로 기대되며, 개인이 자신의 삶, 사랑하는 사람들, 그리고 지역사회 내에 존재하는 복잡한 생명윤리적 문제들에 대한 함의를 이해하도록 생명윤리 교육은 과학적, 윤리적 교양 정립에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다[36]. 이에 4차 산업혁명의 생산자이자 소비자인 인간이 4차 산업혁명 시대의 인공지능, 빅데이터, 유전체 기술, 가상현실 등의 도입으로 초래될 다양한 윤리적 문제들에 현명하게 대처하기 위해서는 지속적인 생명윤리 교육이 제공되어야 하며 이로써 인간에 대한 이해, 자율성, 가치판단 능력 등을 함양할 수 있어야 할 것이다.

실제로 국외의 경우에는 다양한 교육의 기회를 통하여 생명윤리 교육을 제공하고자 하는 시도들이 이루어지면서 다양한 교육 프로그램을 갖추게 되었다. 미국의 보건복지부는 생명윤리 교육

을 위한 생명윤리 위원회를 구성하고 생명윤리에 관한 공적인 대화 참여를 증진시키기 위하여 학생들 대상의 생명윤리 교육을 강조하고 있는데, 대학의 윤리교육을 통하여 학생들이 직면한 윤리적 딜레마를 확인하고 해결하도록 가르칠 수 있으며 이는 학생들이 그들의 가치를 확립하고 넓은 세계에서의 윤리를 정의하여 생명과학분야의 전문가가 되었을 때 도움을 줄 것이다[36]. 이에 따라, 해외의 우수 대학에서는 4차 산업혁명시대의 기술개발과 관련된 윤리적 고려사항에 대한 생명윤리교육과정을 개설해 오고 있다. 타임즈고등교육(Times Higher Education, THE)이 발표한 2019 세계대학순위 상위 7위를 차지한 대학교 및 윤리를 강조한 대학교에서 제공되는 생명윤리교육의 예를 살펴보고자 한다[37]. 영국의 옥스퍼드대학교의 우에히로 실용윤리센터(The Oxford Uehiro Centre for Practical Ethics)는 발전에 발맞춘 규범이 개발되지 않은 윤리적 문제에 대한 합의를 위해 각기 다른 접근의 토론을 장려하는 것을 추구한다. 현 시대에서 가장 두드러지는 문제와 관련이 있는 철학 강좌를 매년 시리즈로 제공하며, 온라인 사이트에서 누구든지 배울 수 있도록 운영하고 있다[38]. 미국의 스탠포드의학대학원(Stanford University School of Medicine)에서는 개별적 유전체 검사 경험을 통하여 추후 이를 임상에서 어떻게 활용할지에 대해 학생이 본인의 태도와 경험을 성찰할 수 있도록 하는 교육과정이 시도된 바 있고[39], 윤리를 강조하는 대학교인 조지타운대학교의 케네디 윤리연구소(Kennedy Institute of Ethics)는 다양한 전공의 학생들이 과학과 윤리 영역에 복잡하게 얽힌 문제들을 현실적인 방식으로 해결할 수 있도록 하는 윤리 실험실(ethic lab)를 개설하였을 뿐만 아니라, 의료 에러, 개인 유전체학, 데이터 윤리 등 특정 윤리적 주제에 대해 공개 토론의 장이 열리고 있다

[40]. 일본의 가나자와 공업대학교의 경우 스스로 사고하고 행동하는 기술자 육성을 목표로 하며, 인성 교육의 일환으로 과학기술자 윤리교육 프로그램을 운영하고 있다[1].

또한, 기업과 세계 유수의 대학들이 협약을 맺고 온라인 공개 강좌(Massive Open Online Course, MOOC)을 제공하고 있는데[36], 조지타운대학교는 생명윤리학 개론(Introduction to bioethics) [41], 하버드대학교는 생명윤리학: 생식 기술과 유전학의 법, 의학, 윤리(Bioethics: the law, medicine, and ethics of reproductive technologies and genetics) [42], 교토대학교는 생명과학과 헬스케어의 윤리(Ethics in life sciences and healthcare: exploring bioethics through Manga) [43] 강좌를 통해 생명윤리 교육의 접근성을 높이고자 하였다. 제공되는 생명윤리 교육의 내용을 살펴보면, 조지타운대학교의 생명윤리학 개론은 자율성의 존중, 유전체와 관련된 인간과 생명윤리, 대리인의 의사결정과 같은 이슈가 있는 생애 말기와 생명윤리, 환경 정의(justice)와 기후 변화, 유전자 변형 식품과 안전 등의 내용을 다루며, 하버드 대학교의 생명윤리학 강의는 생식 물질(reproductive materials)의 사는 것과 파는 것, 대리인, 불법 출산, 정자 기증, 인간과 동물의 하이브리드 및 유전정보의 제재와 소유권 등의 내용이 포함된다. 교토대학교의 생명과학과 헬스케어 윤리는 인간의 삶에 영향을 미치는 문제에 대한 윤리적 결정을 일본 만화를 통해서 다루는 것으로, 내용은 생체 장기이식과 관련된 윤리, 진실 말하기, 유전자 복제, 생명연장 기술, 일본과 다른 나라의 생명윤리 이슈와 관련된 규제 및 법 등이 포함된다. 마이크로소프트사의 데이터와 분석의 윤리 및 법(Ethics and law in data and analytics) [44] 강좌에서는 데이터, 개인, 사회와 사업에서의 데이터 윤리, 법, 인공지능과 미래 기회 등의

교육을 제공한다[41].

국내의 경우 과거의 생명윤리교육은 주로 생명의 시작과 끝을 주제로 하여 낙태, 안락사 등의 이슈를 다루었으며, 생명윤리교육의 대상이 주로 보건의료계열과 자연과학계열 중 생물학 전공 학생들로 한정적이었다[45,46]. 그러나 2005년 ‘황우석 신드롬’을 계기로 생명윤리에 대한 공적 담론이 활발히 이루어지기 시작하면서 국내 여러 대학에서도 교양 또는 전공과목으로써 생명윤리교육을 점차 확대하고 학생들이 윤리적 사고능력을 함양할 수 있는 기회를 제공하고자 노력해왔으며[46], 고전적인 생명윤리교육에서 벗어나 시대적 변화와 과학기술의 발전을 반영한 새로운 내용과 방법의 생명윤리 교육프로그램을 구축하기 위한 시도들이 진행되고 있는 것으로 확인된다.

그러나 4차 산업혁명에 따른 생명윤리 교육이 이루어지는 국내 대학 강좌의 대부분은 학부 선택과목으로써 오프라인 방법으로 운영되는 것으로 확인되며, 교육의 내용은 철학을 바탕으로 전통적인 주제인 임신중절, 안락사, 장기이식 등에 새로운 기술로 야기된 이슈인 보조 생식술, 유전자 검사, 인공지능 등을 추가로 일부 다루는 편이었다. 4차 산업혁명 시대의 과학기술변화가 충분히 반영된 대학의 윤리강좌의 경우 강의 시간의 절반 정도가 발표 및 토론방법으로 진행되는 특징이 있었다. THE가 발표한 2019 세계대학순위 [37]에 따른 국내 대학 상위 7위 이내의 대학 중 4차 산업혁명 관련 생명윤리교육을 제공하는 4개 대학의 현황을 간략하게 살펴보면 다음과 같다. 서울대학교 1학년 대상의 교양 과목 중 철학과에서 개설된 ‘현대사회와 윤리’ [47] 강좌는 생명, 의료, 정보, 환경 윤리 등에 대해 실천윤리 및 책임 윤리적 접근을 통한 해결방안 모색에 중점을 두었고, 한국과학기술원 전공선택 과목 중 ‘공

공정책의 윤리학[48]’ 강좌는 삶에 영향을 주는 생명기술과 사회적 책무와 정책을 다루며, 유전자 검사, 유전적 증강의 내용을 포함하고 있었다. 포항공과대학교의 교양선택 과목 중 ‘응용윤리학’ [49] 강좌는 유전공학, 인공지능, 빅데이터, 자동화 기계, 로봇 등 기술의 윤리적 문제점을 다루었다. 연세대학교 두 개의 전공선택 과목 중 ‘과학기술과 사회’ [50] 강좌는 신학, 공학, 법학 교수 및 전문가가 유전자 편집, 인공지능, 화석연료와 지구 온난화, 법 체계와 과학 기술 등을 다루었으며, ‘과학기술과 미래사회’ [51] 강좌는 인공지능, 빅데이터, 에너지, 젠더, 생명공학 등의 내용을 포함하고 있으나 해당 분야의 다양한 교수자가 강의를 제공하지는 않는 것으로 확인되었다. 4차 산업혁명 시대의 흐름에 발맞춰 국내의 대학 교육에도 반영되고 있는 것은 괄목할 만하나, 선택과목이라는 점과 매 학기 또는 매년 강의가 개설되지 않는다는 점, 그리고 주로 단일 전공의 교수자가 강의한다는 점은 제한점으로 지적된다. 또한, 2015년에 시작된 한국형 온라인 공개강좌 (Korean-Massive Open Online Course, K-MOOC)에는 생명 정보, 인터넷 윤리 등의 강좌가 제공되고 있기는 하나, 생명윤리에 대한 강의는 제공되고 있지 않아 다수의 학생들이 언제, 어디서나 다양한 형태의 생명윤리교육을 접함으로써 윤리적 소양을 증진할 수 있는 기회가 확보되지 못하는 실정이다.

특히, 의학, 간호학, 약학 등을 포함하는 보건의료계열의 전공에서는 인간과 새로운 의료기술에 대한 이해를 바탕으로 보건의료현장에서 경험하게 될 다양한 윤리적 갈등 상황에 대한 비판적 사고능력과 의사결정능력을 갖출 수 있는 교육이 더욱 요구된다. 실제로 1980년대 의료윤리학이 국내에 소개된 이후 2005년부터 41개의 의과대학 중 40개의 의과대학에서 의료윤리 관련

인문사회과목이 개설되기 시작하였고 그에 따라 간호학과를 비롯한 보건의료계열 학과에서 생명윤리가 포함된 교과목을 운영하고 있기는 하나 [45,52,53], 보건의료계의 윤리교육 내용이 광범위성과 시대에 따라 변화하는 특성을 고려한다면 앞으로 다가올 미래 시대의 변화와 의료인의 역할 변화를 미리 예측하여 보건의료계열 학생들을 위한 생명윤리 교육의 내용의 개정이 이루어질 필요가 있으며, 교육목적, 교육방법 그리고 장기적인 교육 효과에 대한 지속적인 논의가 필요하다는 의견이 제시된다[45,54].

4. 국내 생명윤리 교육 개선 방안

앞에서 언급한 4차 산업혁명 시대의 국내외 교육 현황을 바탕으로 향후 국내 생명윤리 교육의 개선 방안을 다음과 같이 제안해 보고자 한다. 첫째, 대학생 대상의 생명윤리교육은 다직군 간 교육(interprofessional education)으로 개발되는 것이 필요하다. 다직군 간 교육은 ‘둘 혹은 그 이상의 전문가들이 함께 배우고, 상대방으로부터 배우며, 서로에 대하여 배우는 과정’을 의미한다 [55]. 다양한 분야가 맞물려 있는 4차 산업혁명 시대의 생명윤리는 과학, 기술, 법, 윤리 등 다양한 분야에 대한 올바른 가치와 태도 함양이 요구되며 이는 다직군 간 교육을 통해 기대할 수 있을 것이다. 둘째, 우선은 기존과 같이 생명윤리 교육을 대학의 선택과목으로 하되, 향후 최첨단 분야에서 일하게 될 대학생들이 자율적 자기 선택에 의해 생명윤리 교육을 받을 수 있도록 점진적으로 필수 교육과정으로 확대할 것을 권장할 뿐만 아니라, 생명윤리와 관련된 이슈의 노출 정도에 따라 차등화된 대학교육을 제공할 필요가 있다. 학부생들 대상의 생명윤리 교육의 궁극적 목표는 생명윤리의 기본적인 지식 및 윤리적 이슈

의 현황에 대한 습득이며, 대학원생들의 교육 목표는 전공 특수성과 관련된 생명윤리의 새로운 이슈에 대한 비판적 사고 및 의사결정 능력을 향상시키는 것으로 확대해 나가야 할 것이다. 셋째, 대학생 대상으로 개발된 생명윤리 교육이 온라인 공개 강좌로 확대될 것을 제안한다. 교육 제공은 오프라인 및 온라인으로 제공 가능하나, 지속적으로 다양한 분야의 전문가들이 오프라인으로 수업을 진행하기는 현실적으로 쉽지 않을 것으로 생각되며, 온라인 교육이 오프라인 교육에 비해 접근성 면에서 유리하므로 4차 산업 혁명 시대를 맞이하는 다수의 학생들의 생명윤리 의식 함양에 도움을 줄 수 있을 것으로 기대된다. 넷째, 대학 내에서 4차 산업 혁명과 생명윤리 이슈에 관한 공개 토론의 장을 마련하는 것이 필요하다. 주기적으로 대학 구성원 누구든지 참여할 수 있는 공개 토론은 다양한 의견 공유와 논의를 통하여 학생들의 윤리적 의사결정 능력을 향상시키는 데 도움을 줄 수 있을 것이다. 다섯째, 전문가의 실제적 고뇌의 반영과 주기적인 합의를 통한 생명윤리 교육 내용의 지속적인 개선이 필요하다. 4차 산업혁명 시대의 생명윤리적 이슈는 과학기술의 발전과 그 변화를 함께 하므로 전문가들의 주기적인 합의는 필수적이다. 다양한 분야에서 주기적인 조정과 관리를 통해 수렴된 생명윤리 교육이 제공될 필요가 있다. 위의 개선 방안이 실천된다면, 지식 축적과 창출이 일어나는 대학생 시기 동안에 학생들은 과학 기술의 학습을 통한 발전과 더불어 윤리적 인성의 성장에 기여할 수 있을 것이다.

마지막으로 윤리교육은 가능한 한 일찍 시작되어 지속적인 학습을 통하여 기반을 구축해야 하는 바, 생명윤리교육을 대학의 교육과정으로 한정하기보다는 초등학교에서부터 생명윤리에 대한 광범위한 토대, 인성, 그리고 도덕적 추론능력

등을 형성할 수 있는 기회를 제공하고 지속적 교육을 통해 윤리적 토대를 견고히 할 수 있도록 하며 추후에는 자신의 직업 혹은 전문분야에 부합하고 사회적 역할에 맞는 구체적인 생명윤리교육을 제공할 수 있도록[36] 교육적, 정책적 노력을 기울여야 할 것이다.

III. 결론

4차 산업혁명 시대를 맞이하여 새로운 과학기술에 따른 윤리적 이슈들이 제기되고 있으며 이에 따라 정책 및 교육 영역에서도 변화의 흐름이 감지되고 있다. 4차 산업혁명의 대표적인 기술 분야인 인공지능, 빅데이터, 유전체 기술, 가상현실 등에 의해 질병의 예방과 치료의 기회가 증가하고 삶의 질이 향상되는 등 인간의 삶에 다양한 변화가 일어날 것으로 예상된다. 그러나 모든 기술이 그렇듯 4차 산업혁명 시대의 혁신적인 기술 또한 가치중립적일 수 없기 때문에 새로운 기술의 도입과 과학의 발전이 불러올 다양한 형태의 사회적, 윤리적 영향에 대한 논의가 선행되어야 하며, 이에 대비하기 위한 정책적, 교육적 영역의 준비가 철저하게 이루어져야 한다.

이에 따라, 전 세계적으로 이미 인공지능, 로보틱스, 빅데이터, 유전체 기술 등이 선의의 목적을 달성할 수 있도록 돕는 지침과 규제 장치를 마련하고자 하는 노력이 시작되었으며, 윤리적 고려사항에 대한 관련 학계의 논의가 활발히 진행되고 있다. 또한, 4차 산업혁명 시대의 주역들이 새로운 기술에 함몰되지 않고 인간다움을 유지하기 위해서는 새로운 과학기술의 도입으로 인해 발생 가능한 윤리적 이슈에 대한 비판적 사고능력과 의사결정 능력이 필수적이므로 이를 함양할 수 있도록 생명윤리 교육 또한 개선되어야 한다는 주장이 제기되었다. 이에 국외의 경우에는 대

학 내 오프라인 및 온라인 형태의 다양한 생명윤리교육과정을 개설하고 대학 내 윤리연구소와 윤리실험실을 마련하며 다양한 전공의 학생들의 의견을 공유하고 윤리적 문제의 해결 방향을 논의할 수 있는 세미나를 개최하는 등의 노력을 통하여 학생들이 윤리적 갈등 상황에 대처할 수 있는 능력을 키울 수 있도록 돕고 있다.

국내의 경우에도 생명윤리교육에 대한 필요성을 강조하고 다양한 시도들이 이루어지고 있기는 하나 교육의 내용적인 측면, 방법적인 측면, 그리고 교육의 접근성 측면에서 국외에 비해 미흡한 실정으로 이에 대한 개선의 노력이 요구된다. 이에 본고에서는 4차 산업혁명시대에 부합하는 인재를 양성하기 위한 국내 생명윤리교육의 개선 방향을 생명윤리의 다직군 간 교육 개발, 점진적으로 필수 교육과정으로써의 교육 기회 확보, 다양한 온라인 강좌 개설을 통한 교육의 접근성 증대, 생명윤리적 이슈에 대한 공개토론의 장 마련, 그리고 주기적인 합의를 통한 생명윤리 교육 내용의 개선 등의 방안을 제시하는 바이며, 특히 인간의 생명을 다루게 될 보건의료계열의 학생들의 경우에는 생명윤리교육에 더욱 적극적으로 참여함으로써 추후 사회적 역할을 올바르게 수행할 수 있는 자격을 갖추어야 할 것이다. 또한 생명윤리교육을 선도하는 학회차원에서 4차 산업혁명시대를 살아갈 차세대 인재들이 적합한 윤리적 역량을 갖추 수 있도록 교육, 학술 프로그램을 제공하는 한편, 윤리적 공동체를 만들어 가는 등의 노력을 기울여야 할 것이다. ㉞

REFERENCES

- 1) 백성기, 김성열, 김영일 등. 제 4차 산업혁명 대비 대학의 혁신방안. 서울 : 교육부, 2016 : 6-10.
- 2) 국립권익위원회. 4차산업혁명의 4대 윤리문

- 제. Available from: <http://acrc.imgwill.com/briefs/201706/sub6> [cited 2018 Sep 25]
- 3) 신동아. AI에 윤리를 요구할 수 있을까. 2018. 2. 11. Available from: <http://shindonga.donga.com/3/home/13/1207805/1> [cited 2018 Sep 25]
 - 4) 신상규. 인공지능 시대의 윤리학. 지식의 지평 2016 ; (21) : 1-17.
 - 5) 양종모. 인공지능의 위험의 특성과 법적 규제 방안. 홍익법학 2016 ; 17(4): 537-565.
 - 6) 이중기. 자율주행차의 발전단계로 본 운전자와 인공지능의 주의의무의 변화와 규범적 판단능력의 사전 프로그래밍 필요성. 홍익법학 2016 ; 17(4): 443-472.
 - 7) 과학기술정책연구원 미래연구센터. 미래는 더 나아질 것인가. 서울 : 알에이치코리아, 2016 : 181.
 - 8) 조한국. 4차 산업혁명에 따른 대학교육의 변화와 교양교육의 과제. 교양교육연구 2017 ; 11(2) : 53-89.
 - 9) Bennett CC, Hauser K. Artificial intelligence framework for simulating clinical decision-making: a Markov decision process approach. Artif Intell Med 2013 ; 57(1) : 9-19.
 - 10) Moor J. The nature, importance, and difficulty of machine ethics. IEEE Intell Syst 2006 ; 21(4) : 18-21.
 - 11) Choudhury S, Fishman JR, McGowan ML, et al. Big data, open science and the brain: lessons learned from genomics. Front Human Neurosci 2014 ; 8 : 239.
 - 12) Master Z, Campo-Engelstein L, Caulfield T. Scientists' perspectives on consent in the context of biobanking research. Eur J Hum Genet 2015 ; 23(5) : 569-574.
 - 13) Liyanage H, De Lusignan S, Liaw S, et al. Big data usage patterns in the health care domain: a use case driven approach applied to the assessment of vaccination benefits and risks: contribution of the IMIA primary healthcare working group. Yearb Med Inform 2014 ; 9(1) : 27-35.
 - 14) Mittelstadt BD, Floridi L. The ethics of big data: current and foreseeable issues in biomedical contexts. Sci Eng Ethics 2016 ; 22(2) : 303-341.
 - 15) Watson RWG, Kay EW, Smith D. Integrating biobanks: addressing the practical and ethical issues to deliver a valuable tool for cancer research. Nat Rev Cancer 2010 ; 10(9) : 646-651.
 - 16) Lipworth W, Mason PH, Kerridge I, et al. Ethics and epistemology in big data research. J Bioeth Inq 2017 ; 14(4) : 489-500.
 - 17) 박보아나. 영화 가타카(GATTACA)가 현실로! 맞춤형 아기 시대의 도래. Future Horizon 2015 ; (25) : 2.
 - 18) 김현섭. 유전자편집기술의 윤리적 문제와 생명 윤리법의 재검토. 한국의료윤리학회지 2017 ; 20(2) : 206-218.
 - 19) 전방욱. 인간 배아 유전체 편집에 관한 윤리적 쟁점. 생명윤리 2015 ; 16(2) : 17-29.
 - 20) 희귀질환전문정보. 모자이크 현상. Available from: http://helpline.nih.go.kr/cdchelp/disease.gst?method=dicView&NO_DIC_IDX=40&NO_DISEASE_CODE_SEQ=841&frm= [cited 2018 Oct 20]
 - 21) 보건복지부 국가생명윤리정책원. 4차 산업혁명 시대에 생명윤리정책을 말한다(자료집). 서울 : 보건복지부 국가생명윤리정책원, 2017.
 - 22) Sanchez-Vives MV, Slater M. From presence to consciousness through virtual reality. Nat Rev Neurosci 2005 ; 6(4) : 332-339.
 - 23) Rizzo A, Hartholt A, Grimani M, et al. Virtual reality exposure therapy for combat-related posttraumatic stress disorder. Computer 2014 ; 47(7) : 31-37.
 - 24) Moro C, Stromberga Z, Raikos A, et al. The effectiveness of virtual and augmented reality in health sciences and medical anatomy. Anat Sci Educ 2017 ; 10(6) : 549-559.
 - 25) 한겨레신문. VR 성추행·유전자 편집... '혁명'은 윤리를 곤경에 빠뜨린다. 2017. 1. 24. Available from: http://www.hani.co.kr/arti/science/science_general/779981.html [cited 2018 Sep 25]
 - 26) 정현학, 최영임, 이상원. 4차 산업혁명과 보건 산업 패러다임의 변화. 보건산업브리프 2016 ; 215 : 1-28.
 - 27) Allen C, Wallach W, Smit I. Why machine ethics? IEEE Intell Syst 2006 ; 21(4) : 12-17.
 - 28) Etzioni A, Etzioni O. Incorporating ethics into artificial intelligence. J Ethics 2017 ; 21(4): 403-418.
 - 29) Williams JK, Skirton H, Masny A. Ethics, policy, and educational issues in genetic testing. J Nurs Scholarsh 2006 ; 38(2) :

- 119-125.
- 30) Spiegel JS. The Ethics of virtual reality technology: social hazards and publicpolicy recommendations. *Sci Eng Ethics* 2016 ; 24(5) : 1537-1550.
 - 31) Rossi F. Artificial Intelligence: Potential Benefits and Ethical Considerations. Europe : European Parliament, 2016.
 - 32) Karen Y. How is the UK responding to the technologies of the fourth industrial revolution? *경제규제와 법* 2017 ; 10(2) : 102-121.
 - 33) Palmerini E, Azzarri F, Battaglia F, et al. Guidelines on regulating robotics: robotlaw (FP7 project) 2014. Available from: <https://philpapers.org/rec/PALGOR/> [cited 2018 Oct 20]
 - 34) 심우민. 새로운 법규범의 정립과 접근 방향 모색. *Future Horizon* 2018 ; (35) : 14-17.
 - 35) 주호노. 생명과학과 생명윤리 및 법. *생명, 윤리와 정책* 2017 ; 1(1) : 57-77.
 - 36) United States, Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues. *Bioethics for Every Generation: Deliberation and Education in Health, Science, and Technology*. Washington : Presidential Commission for the Study of Bioethical Issues, 2016.
 - 37) Times Higher Education. *World university ranking 2019*. Available from: <https://www.timeshighereducation.com/world-university-rankings/2019/world-ranking#survey-answer> [cited 2018 Dec 8]
 - 38) The Oxford Uehiro Centre for Practical Ethics. Uehiro lecture series. Available from: <https://www.practicaethics.ox.ac.uk/uehiro-lectures-and-book-series> [cited 2018 Dec 8]
 - 39) Vernez SL, Salari K, Ormond KE, et al. Personal genome testing in medical education: student experiences with genotyping in the classroom. *Genome Med* 2013 ; 5(3) : 24.
 - 40) Georgetown University. The Kennedy Institute of Ethics. Available from: <https://kennedyinstitute.georgetown.edu/cib/> [cited 2018 Oct 20]
 - 41) Georgetown University. Introduction to bioethics. Available from: <https://www.edx.org/course/introduction-to-bioethics> [cited 2018 Oct 20]
 - 42) Harvard University. *Bioethics: the law, medicine, and ethics of reproductive technologies and genetics*. Available from: <https://www.edx.org/course/bioethicsthe-law-medicine-and-ethics-of-reproductive-technologies-and-genetics> [cited 2018 Oct 20]
 - 43) Kyoto University. *Ethics in life sciences and healthcare: exploring bioethics through manga*. Available from: <https://www.edx.org/course/ethics-in-life-sciences-and-health-care-exploring-bioethics-through-manga> [cited 2018 Oct 20]
 - 44) Microsoft. *Ethics and law in data and analytics*. Available from: <https://www.edx.org/course/ethics-and-law-in-data-and-analytics> [cited 2018 Oct 20]
 - 45) 김인순. 생명윤리교육이 간호보건대학생의 생명윤리의식에 미치는 영향. *생명윤리* 2013 ; 14(1) : 1-13.
 - 46) 양재섭, 구미정. 대학교육현장에서의 생명윤리교육: 대구대학교의 사례를 중심으로. *한국생명윤리학회지* 2009 ; 10(1) : 1-16.
 - 47) Seoul National University. Information of course: modern society and ehtics. Available from: <http://sugang.snu.ac.kr/sugang/cc/cc103.action?openSchyy=2018&openShmFg=U000200001&openDetaShtmFg=U000300001&sbjtCd=043,049<No=001&sbjtSubhCd=000> [cited 2018 Oct 20]
 - 48) Korea Advanced Institute of Science and Technology. Information of course: applied ethics public policy. Available from: https://cais.kaist.ac.kr/syllabusInfo?year=2017&term=3&subject_no=19,316&lecture_class=&dept_id=3993 [cited 2018 Oct 20]
 - 49) Pohang University of Science and Technology. Information of course: applied ethics. Available from: <http://lms.postech.ac.kr/Course.do?cmd=viewCoursePlan&gubun=pageprint&courseDTO.courseId=20180925009108950091092> [cited 2018 Oct 20]
 - 50) Yonsei University. Information of course: science technology and future society. Available from: http://ysweb.yonsei.ac.kr:8888/curri120601/curri_pop2.jsp?&hakno =STS3105&bb=01&sbb=00&domain=H1&startyy=2017&hakgi=1&ohak=30009 [cited 2018 Oct 20]
 - 51) Yonei University. Information of course: science technology and society. Available

- from: http://ysweb.yonsei.ac.kr:8888/curri120601/curri_pop2.jsp?&hakno=STS3107&b=01&sbb=00&domain=H1&startyy=2017&hakgi=2&ohak=1519 [cited 2018 Oct 20]
- 52) 이주열. 생명의료 윤리문제에 대한 대응방안. 보건복지포럼 1999 ; 28 : 32-39.
- 53) Lee I. Medical ethics education: its objectives and curriculum, Korean Med Educ Rev 2014 ; 16(3) : 147-155.
- 54) 김장한. 의과대학에서의 의료윤리교육. J Korean Med Assoc 2017 ; 60(1) : 18-23.
- 55) Centre for the advancement in interprofessional education. What is CAIPE? Available from: <https://www.caipe.org/about-us> [cited 2018 Dec 10]

Ethical Issues in the Forth Industrial Revolution and the Enhancement of Bioethics Education in Korean Universities

KIM Sookyung*, LEE Kyunghwa*,***, KIM Sanghee**

Abstract

This article explores some of the ethical issues associated with the fourth industrial revolution and suggests new directions for bioethics education in Korean universities. Some countries have recently developed guidelines and regulations based on the legal and ethical considerations of the benefits and social risks of new technologies associated with the fourth industrial revolution. Foreign universities have also created courses (both classroom and online) that deal with these issues and help to ensure that these new technologies are developed in an ethically appropriate fashion. In South Korea too there have been attempts to enhance bioethics education to meet the changing demands of society. However, bioethics education in Korea remains focused on traditional bioethical topics and largely neglects the ethical issues related to emerging technologies. Furthermore, Korean universities offer no online courses in bioethics and the classroom courses that do exist are generally treated as electives. In order to improve bioethics education in Korean universities, we suggest that (a) new course should be developed for interprofessional education; (b) courses in bioethics should be treated as required subjects gradually; (c) online courses should be prepared, and (d) universities should continually revise course contents in response to the development of new technologies.

Keywords

fourth industrial revolution, bioethics, education, universities

* Doctoral Student, Department of Nursing, Yonsei University Graduate School

** Associate Professor, Mo-Im Kim Nursing Research Institute, Yonsei University College of Nursing

*** Corresponding Author