

발행일 | 2023년 12월 29일

발행인 | 원장 직무대행 백수진

발행처 | 국가생명윤리정책원

(04933) 서울특별시 광진구 능동로 400 보건복지행정타운 별관 201호

TEL 02)737-9442 | FAX 02)737-6006 | www.nibp.kr

기획 및 편집 | 국가생명윤리정책원 정책연구부

CONTENTS

I. 2023년 4분기 생명윤리 언론동향 분석

II. 2023년 4분기 생명윤리 언론동향 주요 이슈

Issue 1. 유전자편집과 치료제 개발

Issue 2. 코로나19 mRNA 백신의 노벨상 수상

III. 2023년 생명윤리 언론동향 이슈 분석

IV. 2023년 올해의 생명윤리 언론동향 주요 이슈

- 보조생식술 관련 논의

- 보건의료분야에서의 AI활용 및 규제

- 장기이식 기술의 발달

2023년 눈여겨볼 만한 이슈

- 합성배아 생성

전문가 기고문

1. 인공지능 위에 집단지성

2. 인공지능과 관련하여 우리는 무엇을 논의하고 준비해야 하는가?

3. 합성배아 연구 - 새로운 길, 새로운 가치

편집자 주

2023년 4분기 생명윤리 언론동향 분석

2023년 10월부터 12월까지 국가생명윤리정책원 홈페이지(www.nibp.kr)에 게재된 국내 생명윤리 언론보도 자료 103건, 국외 언론보도자료 35건을 대상으로 그 추이를 분석하여 각 분야 내에서 다빈도로 다뤄진 주제를 이슈로 선정하였습니다.

- 국내 생명윤리 언론보도 103건 중 ‘보건의료’에 관한 보도가 42건(40%)으로 가장 많았고, 다음으로 ‘과학기술발전’ 21건(20%), ‘장기 및 인체조직’ 14건(14%), ‘보건의료데이터’ 7건(7%)을 차지함. 기타 주제에는 개인정보보호, 낙태, 합성생물학, 의료윤리, 생명윤리가 포함되어 있음

표 1 2023년 4분기 국내 생명윤리 언론동향 전체 게재 현황

대분류	보건의료	과학기술 발전	장기 및 인체조직	보건의료 데이터
게재건수(건)	42	21	14	7
비율(%)	40	20	14	7
유전자	보조생식 및 출산	기타	합계	
5	4	10	103	
5	4	10	103	

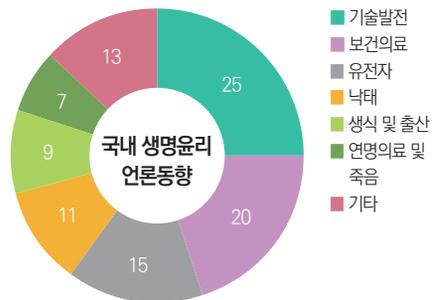


표 2 ‘보건의료’ 관련 언론보도 게재 현황

소분류	보건의료정책	코로나19	팬데믹
게재건수(건)	13	8	6
비율(%)	32	20	15
비대면진료	기타	합계	
4	11	42	
10	23	100	



표 3 '과학기술발전' 관련 언론보도 게재 현황

소분류	세포	AI(인공지능)	바이오기술
게재건수(건)	5	3	3
비율(%)	24	14	14
의료플랫폼	기타	합계	
3	7	21	
14	34	100	

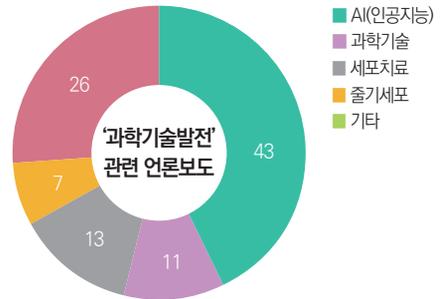


표 4 '장기 및 인체조직' 관련 언론보도 게재 현황

소분류	유전자치료	장기이식	장기기증
게재건수(건)	6	3	2
비율(%)	43	22	14
인공장기	제대혈	완화의료	합계
1	1	1	14
7	7	7	100

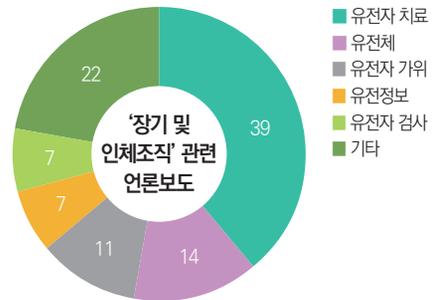


표 5 '낙태' 관련 언론보도 게재 현황

소분류	보건의료 빅데이터	보건의료 데이터	합계
게재건수(건)	5	2	7
비율(%)	71	29	100

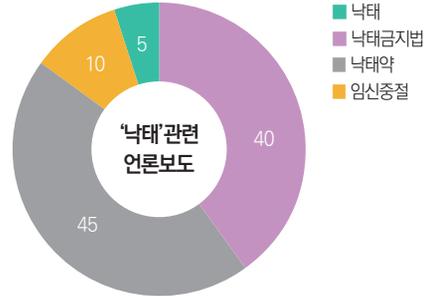
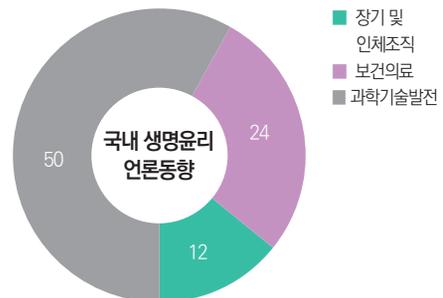


표 6 2023년 4분기 국외 생명윤리 언론동향 전체 게재 현황

대분류	과학기술 발전	보건의료	장기 및 인체조직	합계
게재건수(건)	6	5	1	12
비율(%)	50	24	12	100



II

2023년 4분기 생명윤리 언론동향 주요 이슈

2023년 제4분기 언론동향 조사·분석을 통해 정책원이 선정한 주제는 ‘유전자 편집 및 코로나 백신 치료제 개발’임. 이번 분기에는 영국을 시작으로 하여 최근 미국 FDA까지 유전자 가위(CRISPR) 기술을 이용한 치료제에 대한 상용화 승인이 이루어짐. 해당 기술은 2020년 에마누엘 샤르팡티 독일 막스플랑크연구소 교수와 제니퍼 다우드나 미국 버클리 캘리포니아대 교수가 ‘크리스퍼 유전자가위’를 개발하여 노벨 화학상을 수상한 기술로서, 유전자를 정밀하게 교정 또는 편집할 수 있는 유전자가위 기술인 ‘크리스퍼-캐스9’을 개발한 것임. 해당 기술을 이용한 치료제에 대한 정부 차원의 승인이 이루어진 것은 올해가 처음 그 밖에도 올해는 커털린 커리코 미국 펜실베이니아대학 특임교수와 드루 와이스먼 펜실베이니아대학 교수가 코로나19 mRNA(전령 리보핵산, messenger RiboNucleic Acid) 백신을 개발한 부분에 대해 노벨 생리의학상이 수여되어 대중과 언론의 관심을 받음 4분기 브리프에서는 최근 상용화 승인을 받은 유전자 가위 기술과 현재 유전자 가위 기술의 발전 현황에 대해 살펴보고, mRNA 백신의 원리와 그 기술의 인류에 대한 공헌 및 향후 발전 방향에 대해 알아보고자 함



Issue 1 크리스퍼 유전자 가위 치료제의 승인

□ 크리스퍼 유전자 가위 치료제 승인

- **(영국)** 영국 의약품규제당국(MHRA)은 11월 16일(현지시간) 겸상적혈구빈혈*과 베타-지중해 빈혈* 환자 대상으로 크리스퍼 유전자가위를 활용한 유전자 교정 치료제를 사용할 수 있도록 승인함. 두 질환은 적혈구의 산소 운반을 돕는 분자인 헤모글로빈을 암호화하는 유전자의 DNA 염기서열에 오류가 생겨 발생함

· **겸상적혈구 빈혈** : 흑인에게서 볼 수 있는 유전성 질환으로, 혈액소의 구조에 이상이 있고 용해성이 낮으며 산소장력의 저하에 따라 혈액소분자의 축합(縮合)이 일어나 적혈구가 낫모양으로 변형하여 혈관에 혈전을 만들기 쉬움

(과학백과사전)

· **베타-지중해빈혈** : 지중해빈혈은 적혈구 내 헤모글로빈을 이루는 단백질인 글로빈 단백질의 생성이 제대로 이루어지지 않아 일어나는 빈혈증으로서, 탈라세미아라고 부르기도 한다. 글로빈 유전자의 결여에 의하여 발병하는데, 그리스, 터키, 이탈리아를 포함한 지중해 연안 국가와 섬에서 특히 많이 찾아볼 수 있어서 그 이름이 붙여짐

(분자세포생물학백과)

- **(미국)** 미국 식품의약청(FDA)는 12월 8일(현지시간), 영국에서 앞서 승인을 받은 바 있는 유전자 가위 치료제를 12세 이상의 중증 겸상 적혈구병 환자에게 도입할 수 있도록 승인함

· 유전자 가위 치료제의 작용 기전

해당 유전자 가위 치료제는 오류가 생겨 교정이 필요한 DNA 부위로 안내하는 '가이드 RNA'와 DNA를 절단하는 효소인 '캐스9'로 구성됨. 캐스9는 목표로 하는 유전자에 도달하면 DNA를 잘라내 BCL11A 유전자*를 파괴함. 유전자를 교정한 세포를 환자의 몸에 투여하면 헤모글로빈을 포함한 적혈구가 생성되면서 산소 공급이 증가하고 두 질환의 증상이 완화됨

* BCL11A 유전자 : 태아 때만 생성되는 유전자로, 헤모글로빈의 생성을 막음

□ 유전자 가위 기술 발전 현황

유전자 가위는 일반적으로 1세대부터 3세대까지로 나뉨. 하지만 올해 국내 연구진이 4세대 유전자 가위 기술을 발표함. 1~3세대 기술 모두 지정한 유전자를 정확히 찾아가서 그 위치의 유전 정보를 바꾸는 역할을 한다는 것은 동일하지만 각 세대마다 특정 유전자를 정확히 찾아가는 방법과 목표 유전자를 자르는 방법은 차이가 있음

- **1세대 징크핑거(Zinc finger) 유전자 가위와 2세대 탈렌(TALEN) 유전자 가위**

1세대 징크핑거(Zinc finger) 유전자 가위, 2세대는 탈렌(TALEN) 유전자 가위라고 함. 1세대, 2세대 유전자 가위는 그 원리가 비교적 유사한데, 원하는 목표 유전자를 찾아가기 위한 정교한 단백질을 조립해서 원하는 위치를 자르는 기술임. 이러한 1, 2세대 유전자 가위는 각 조건마다 정교한 단백질 조합을 매번 만들어야 한다는 점에서 그 과정이 매우 복잡하고 시간과 비용이 많이 드는 문제가 있음

- **3세대 유전자 가위 크리스퍼(CRISPR)**

3세대 유전자 가위는 '크리스퍼(CRISPR) 유전자 가위' 라고 부르는데, 이전 세대의 기술에 비해 훨씬 손쉽게 유전자 가위를 만들어 낼 수 있음. 그 이유는 바로 유전자 가위가 목표 유전자를 찾아가는 전략이 이전 세대와는 다르기 때문임. 크리스퍼 유전자 가위는 복잡한 단백질이 아니라 RNA라고 불리는 간단한 물질이 사용됨. RNA는 단백질에 비해서 설계하고 생산하는 것이 훨씬 간편하기 때문에 유전자 교정 연구 속도가 획기적으로 빨라질 수 있게 됨

- **4세대 유전자 가위 '프라임 편집기'**

프라임 편집은 Cas9 또는 base editor에 비해 설계가 복잡하다는 단점이 있음. 또한 최근에는 프라임 편집의 효율이 세포 내의 유전자 염기쌍 불일치 복구 (mismatch repair; MMR) 기전의 발현 수준에 따라 크게 좌우된다는 보고가 있었으며, 이는 연구자가 원하는 유전자 교정 조건에 따른 최적의 프라임 편집을 설계하게 더욱 어렵게 하는 장애물이 되고 있음. 따라서, 프라임 편집을 연구 및 임상에서 효과적으로 사용하기 위해서는, 어떤 조건 하에서 최적의 프라임 편집이 일어나는지 확인하기 위한 대규모 실험 데이터 확보 및 분석이 필요함

□ 크리스퍼 유전자 편집 기술의 문제점

- **(우생학적 측면)** 흔히 '유전적 차이'를 질병이나 결함으로 간주하여, 그 차이를 없애려는 것이 일반적으로 옳다거나(right) 선한 것(good)으로 간주되고, 이것은 유전자 편집 기술을 이용하여 인간성을 향상(improving)하고자 하는 시도로 이어질 수 있음
- **(경제적 계층 간 불평등 문제)** 올해 11월 16일 영국에서 세계 최초로 크리스퍼 유전자 가위를 이용한 치료제를 승인하였고, 뒤이어 12월 8일 미국에서도 크리스퍼 유전자 가위를 이용한 치료제를 승인함. 그러나 1회에 29억 원에 달하는 비용이 소요된다는 점에 있어서 경제적 특권층만을 위한 기술이라는 비판이 있음
- **(안전성에 대한 의구심)** 1999년에는 대사 질환의 치료를 받던 18세의 제시 젤싱어 및 2000년에서 2011년까지 중증합병면역결핍증 치료를 받던 어린이 환자 11명 중 4명이 백혈병에 걸려 한 어린이가 사망하는 일이 발생한 바 있음. 2022년 10월에는 크리스퍼 유전자 가위 기술을 사용하여 듀시엔형 근이영양증 치료를 받던 20세의 테리호간이 사망하는 사고가 발생하여 크리스퍼 유전자 가위 기술을 사용한 치료법에 의구심이 제기됨. 그 밖에도 암 유발 가능성에 대한 끊임없는 문제 제기가 있음

[관련 언론 동향]

- (11월 16일) World's First CRISPR-Based Gene Therapy Authorized by UK's MHRA
- (11월 16일) UK first to approve CRISPR treatment for diseases: what you need to know
- (11월 16일) U.K. Greenlights World's First Crispr Gene Editing Therapy
- (12월 8일) F.D.A. Approves Sickle Cell Treatments, Including One That Uses CRISPR
- (11월 17일) '크리스퍼 유전자가위' 의약품, 세계 최초 승인
- (11월 17일) 영 CRISPR 유전자 편집 치료제 첫 승인
- (11월 17일) 유전자가위 치료 시대 열렸다...英, 혈관질환 치료제 세계 첫 승인
- (11월 18일) 첫 유전자가위 치료제, 영국서 세계 최초 허가 "역사적 순간"
- (11월 28일) 정확도 높은 '유전자 치료제'가 가져올 충격
- (12월 7일) '유전자 가위 크리스퍼 치료제' 첫 출시 임박!...새 시대 눈앞
- (12월 9일) 꿈의 기술 현실로...‘유전자 가위’ 치료법 FDA 첫 승인
- (12월 10일) 질병 유전자 잘라내는 가위 미국도 상용화... 희소병 치료 문턱 낮출 수 있을까
- (12월 11일) FDA Approves First CRISPR Treatment in U.S.
- (12월 11일) 문제 유전자만 싹둑... 유전자가위 치료제 美 승인
- (12월 12일) 英·美 승인 이어지는 유전자 치료제, 국내 개발 현황은?
- (12월 14일) 유전자가위 치료제 잇단 허가...국내 개발 동향은?
- (12월 14일) 유전자가위 치료제 FDA 허가...의료 신기원 열까?
- (12월 14일) 유전자가위 치료제 美FDA 첫 승인...암·희귀질환 정복
- (12월 14일) 유전자가위 “1회 치료에 29억원이지만, 상용화 가능성

※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.

Issue 2 코로나19 mRNA 백신의 노벨상 수상

□ 코로나19 백신의 원리

백신의 종류	작용 기전
바이러스 벡터 백신(아스트라제네카, 안센)	바이러스 항원 유전자를 다른 바이러스에 넣어 투여
불활화 백신	바이러스를 사멸시켜 항원으로 사용
DNA 백신	바이러스 항원을 발현 시킬 수 있는 DNA를 투여
RNA 백신(모더나, 화이자)	바이러스 항원 유전자를 RNA 형태로 투여
재조합 백신	바이러스 항원 단백질을 유전자재조합 기술로 만들어 투여
바이러스 유사입자 백신	바이러스 항원 단백질을 바이러스와 유사한 입자 모양으로 만들어 투여

* 출처: 식품의약품안전처

- **(mRNA 백신의 원리)** 코로나19를 일으키는 것과 같은 코로나바이러스는 표면의 왕관처럼 생긴 스파이크에서 이름이 유래가 되었는데, 이것을 스파이크 단백질이라고 부름. 이 스파이크 단백질이 백신의 이상적인 표적. 백신에 포함된 mRNA*는 인체세포에 스파이크 단백질을 복사하는 법을 가르쳐 줌. 이후 인체가 진짜 바이러스에 노출이 되면, 인체는 그것을 알아보고 어떻게 퇴치해야 하는지 알게 됨

*mRNA란 : 메신저 RNA, 또는 mRNA는 인체에 단백질을 만드는 법을 알려주는 유전물질

□ mRNA의 백신의 인류에 대한 공헌 및 향후 발전 방향

- **(mRNA의 공헌)** 노벨위원회는 10월 2일(현지시간) 코로나19 예방에 효과를 보인 mRNA 백신을 개발한 커털린 커리코(68) 헝가리 세게드 대학 교수와 드루 와이스먼(64) 미 펜실베이니아 의대 교수를 올해 노벨 생리의학상을 수여함. 위원회는 "수상자들은 mRNA가 어떻게 면역체계와 상호 작용하는지에 대한 우리의 이해를 근본적으로 바꾼 획기적인 발견으로 인류 건강이 위협받는 시기에 전례 없는 백신 개발 속도에 기여했다"고 평가했으며, "여기서 중요한 것은 백신이 매우 빨리 개발될 수 있었다는 것"이라고 평함
- **(mRNA의 향후 발전 방향)** 암 연구자들은 종양과 싸우기 위해 면역 체계를 훈련시키는데 사용할 수 있는 백신을 오랫동안 찾고 있었지만, 암은 악성 세포가 빠르게 돌연변이를 일으켜 치료제의 힘을 약화시키기 때문에 암 백신 개발에 어려움을 겪어옴. 그러나 mRNA를 통해 연구자들은 종양 세포에 있는 수십 개의 항원을 동시에 표적으로 하는 암 백신을 개발할 수 있음. 현재 새로운 종류의 맞춤형 암 백신에 대한 임상시험이 진행 중에 있음

[관련 언론 동향]

- (10월 2일) 노벨 생리의학상 '코로나 mRNA 백신' 개발 커리코·와이스먼 선정
- (10월 2일) 노벨 생리의학상 '코로나 mRNA 백신 개발' 커털린·와이스먼 공동 수상
- (10월 2일) 노벨 생리의학상, mRNA 코로나 백신 개발 기여 2인 수상
- (10월 2일) 'mRNA 백신' 토대 커리코·와이스먼 교수 노벨 생리의학상 공동수상
- (10월 3일) 올해 노벨 생리의학상 'mRNA 백신 개발' 주역 2명
- (10월 3일) 미래 없다고 비웃었는데... mRNA 연구 집념의 커리코 노벨 생리의학상
- (10월 3일) mRNA 코로나 백신 개발 주역 2명, 노벨 생리의학상 받았다
- (10월 3일) mRNA 코로나 백신 개발자, 올해 노벨 생리의학상 수상
- (10월 4일) mRNA 코로나19 백신 개발자들, 노벨 의학상 수상
- (10월 4일) 'mRNA' 연구로 코로나 종식 막은 두 과학자, 노벨상 주인공 되다

※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.



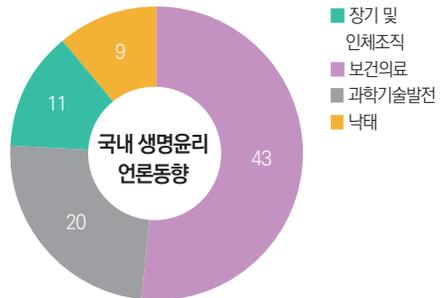
2023년 생명윤리 언론동향 이슈 분석

2023년 1월부터 12월까지 국가생명윤리정책원 홈페이지(www.nibp.kr)에 게재된 국내 생명윤리 언론보도 자료 437건, 국외 언론보도자료 51건을 대상으로 그 추이를 분석하여 각 분야 내에서 다빈도로 다뤄진 주제를 이슈로 선정하였습니다.

- 국내 생명윤리 언론보도 437건 중 ‘보건의료’에 관한 보도가 187건(43%)으로 가장 많았고, 다음으로 ‘과학기술발전’ 89건(20%), ‘유전자’ 36건(8%), ‘보조생식 및 출산’ 22건(5%)을 차지함. 기타 주제에는 개인정보보호, 보건의료데이터, 생명윤리, 연명의료 및 죽음, 의료윤리, 합성생물학이 포함되어 있음

표 1 국내 생명윤리 언론동향 전체 게재 현황

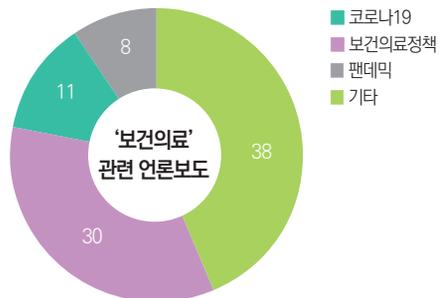
대분류	보건의료	과학기술 발전	유전자	보조생식 및 출산
게재건수(건)	187	89	36	22
비율(%)	43	20	8	5
장기 및 인체조직	낙태	기타	합계	
47	39	17	437	
11	9	4	100	



- ‘보건의료’ 관련 보도는 총 187건으로 2023년 4분기에 가장 많이 보도되었으며, 그중 보건의료정책 관련 기사가 56건(30%)으로 가장 많았고, 코로나19 관련 기사가 32건(17%), 팬데믹 관련 기사가 15건(8%), 비대면진료 관련 기사가 13건(7%) 보도됨. 기타에는 간호법, 동물실험, 인체유래물, 완화의료, 의료기기, 임상시험, 노인 고혈압, 자살, 피임약 등이 포함되어 있음

표 2 ‘보건의료’ 관련 언론보도 게재 현황

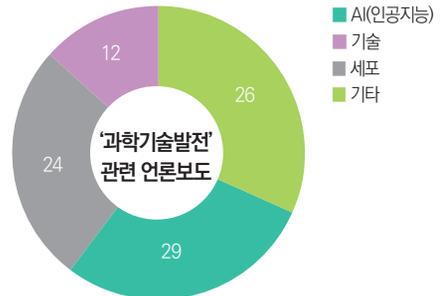
소분류	보건의료정책	코로나19	팬데믹
게재건수(건)	56	32	15
비율(%)	30	17	8
비대면진료	기타	합계	
13	71	187	
7	98	100	



- ‘과학기술발전’ 관련 언론보도는 총 89건으로 AI(인공지능)관련 기사가 26건(29%)로 가장 많았고, 세포(조혈모세포, 줄기세포, 세포, 세포치료) 기사가 21건(24%), 기술(디지털기술, 바이오기술, 나노기술, 미세유체기술, 의료기기 소프트웨어, 시퀀싱 기술, 3D 바이오프린팅 기술)관련 기사가 11건(12%) 보도됨. 이어 유전자(유전자연구, 유전체지도, 유전자편집기술, 유전자) 관련 기사가 8건(9%) 보도되었으며 기타 관련 기사가 23건(26%) 보도됨

표 3 ‘과학기술발전’ 관련 언론보도 게재 현황

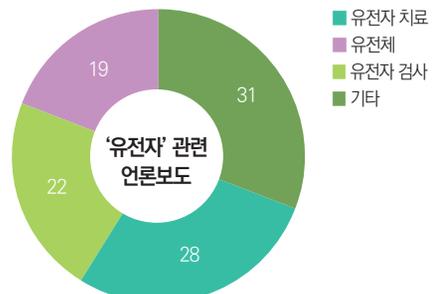
소분류	AI(인공지능)	세포	기술
게재건수(건)	26	21	11
비율(%)	29	24	12
유전자	기타	합계	
8	23	89	
9	26	100	



- ‘유전자’ 관련 보도는 총 36건으로, 유전자치료 관련 기사가 10건(28%) 보도되었으며, 유전자검사(DTC유전자검사, 유전자검사) 관련 기사가 8건(22%), 유전체 관련 기사가 7건(19%) 보도됨. 기타는 유전자가위, 유전체지도, 유전체분석, 유전상담 등을 포함하며 11건(31%) 보도됨

표 4 ‘유전자’ 관련 언론보도 게재 현황

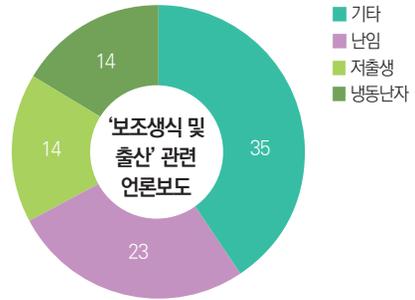
소분류	유전자 치료	유전자 검사	유전체
게재건수(건)	10	8	7
비율(%)	28	22	19
기타	합계		
11	36		
31	100		



- ‘보조생식 및 출산’ 관련 보도는 총 22건으로, 난임 관련 기사가 5건(23%), 냉동난자, 저출생, 임신부 관련 기사가 각각 3건(14%) 보도됨. 기타에는 난자동결, 저출생, 고령화, 비혼출산 등이 포함됨

표 5 ‘보조생식 및 출산’ 관련 언론보도 게재 현황

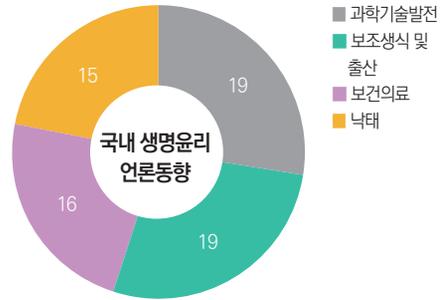
소분류	난임	냉동난자	저출생
게재건수(건)	5	3	3
비율(%)	23	14	14
임산부	기타	합계	
3	8	22	
14	35	100	



- 국외 생명윤리 관련 언론보도는 총 271건이 게재되었으며, ‘과학기술’ 관련 기사가 52건(19%), ‘보조생식 및 출산’ 관련 기사가 51건(19%) 보도됨. 이어 ‘보건의료’ 16건(16%)과 ‘낙태’ 41건(15%), ‘유전자’ 37건(14%) 관련 기사 순으로 보도됨. ‘장기 및 인체조직’은 9건(3%), 기타는 19건(7%)로 ‘생명윤리’와 ‘합성생물학’ 등을 포함함

표 6 2023년 국외 생명윤리 언론동향 전체 게재 현황

대분류	과학기술 발전	보조생식 및 출산	보건의료	낙태
게재건수(건)	52	51	44	41
비율(%)	19	19	16	15
유전자	장기 및 인체조직	연명의료 및 죽음	기타	합계
37	18	9	19	271
14	7	3	7	100



IV

2023 올해의 생명윤리 언론동향 주요 이슈

I. 2023년 생명윤리 언론동향 이슈 분석

2023년에도 다양한 의·생명과학 연구와 생명윤리 이슈가 발생하였음. 이 중 언론으로부터 가장 주목받은 이슈 중 하나는 동물의 장기를 사람에게 이식하는 '이종이식 임상 연구'가 진행된 것임. 장기이식 대기자 수가 지속적으로 증가하고 있는 것에 비하여, 장기공급은 턱없이 부족한 상황임. 이에 새로운 장기 공급원의 하나로 동물의 장기를 이용하고자 하는 기술적 시도가 계속되고 있으며 2023년 유의미한 연구 성과들이 발표됨. 이종이식에서 가장 문제가 되는 이종이식에서 풀어야 할 핵심적인 난제는 '면역반응'인데 올해 돼지 심장은 인간에게 이식하는 과정에서 유전자 편집 기술 등을 이용하여 면역반응을 최대한 억제하고자 함. 나아가 면역반응을 최소화하기 위하여 동물의 배아에서 동물의 장기가 아닌 '인간의 장기'를 직접 만들어내는 연구도 진행됨. 그 결과 돼지 배아에 인간 신장의 줄기세포를 주입하여 인간의 신장을 가진 돼지를 탄생시키기도 함. 그러나 과학기술의 성장 이면에는 많은 동물의 희생과 생명존중의 문제가 있음. 또한 아직 검증되지 않은 기술의 임상적용이라는 안전성 이슈도 해결해야할 문제임

또한, 올해는 인간의 줄기세포에서 인간의 특정 장기를 선별적으로 만들어냈을 뿐만 아니라, 정자와 난자가 없이 줄기세포만을 이용하여 완벽한 '합성배아'를 만들어 냄. 이는 (수정 후) 14일째 정상적인 배아 발달 모습을 그대로 재현한 최초의 사례임. 이렇게 만들어진 배아는 일반적인 생식세포의 결합으로 탄생한 것이 아니기 때문에 배아가 아닌 '배아 모델(embryo model)'이라고 지칭함. 국제 줄기세포 학회(International Society for Stem Cell Research, 이하 ISSCR)의 가이드라인에 따르면, 연구 목적 달성을 위하여 최소한 수량의 배아를 14일 이상 배양할 수 있다고 함. 최근 영국에서도 올해 말경 14일 연구 제한 규칙을 28일까지 확장하는 지침을 발표할 것이라고 발표함. 이처럼 배아 연구 가능 기간이 확장되는 속에서 '배아 모델'은 생식세포로 만들어진 배아가 아니라는 이유로 14일 연구 제한 기간 규칙을 전면 배제하고자 함. 이에 대해서는 전문가뿐만 아니라 일반 시민까지 함께 사회적 숙고가 필요할 것

마지막으로, 최근 우리 사회 전반에 널리 퍼져있는 인공지능(전체 영문, 이하 AI)이 보건의료분야에서도 널리 확산되고 있는 것을 확인할 수 있었음. 의약품 수요 예측부터 진단 및 치료법 제안, 신약 개발, 임상시험 설계 등 다방면에 (생성형) AI 기술이 사용되고 있음. 생성형 AI 경우에 대규모 데이터베이스를 구축할 것이 필수적으로 요구되기 때문에 정부는 보건의료빅데이터 구축 및 개방을 비롯하여 AI 기술 개발 지원에 박차를 가하고 있음. 다만, 그 과정에서 개인의 민감한 의료정보가 유출될 수도 있다는 우려가 제기됨. 이에 따라 EU에서는 생체정보 수집 등을 엄격하게 통제하는 'AI 법안'이 세계 최초로 통과됨. 최근 국내에서도 '의료 인공지능(AI) 연구윤리지침'을 발표함

2021년, 2022년에는 코로나 바이러스와 펜데믹, 미국의 낙태 판결을 중심으로 하는 낙태 문제, 의사조력자살 등 전반적으로 보건의료정책 관련한 이슈들이 주요한 사회적 관심사였다면, 2023년에는 생명과학 분야의 급속한 발달 및 그에 대한 국제사회의 수용과 규제에 관한 이슈들이 많은 주목을 받음

1분기 Issue. 보조생식술 관련

2023년 1분기에는 제3자 지원(Third party)를 통한 출산 등 보조생식술 활용에 따른 윤리적 문제를 다룬 바 있음. 최근 일명 '평택 대리모 사건'을 기화로 대리모 논쟁이 사회적으로 재점화됨. 나아가 지난 3분기에는 미국 연구진이 초기 발달 단계에 양(羊) 태아를 인공 자궁에서 성장시키는데 성공했다는 뉴스를 전하며, 연구진이 해당 기술을 인간 태아에게 적용하고자 FDA의 승인을 앞두고 있다고 알린 바 있음. 해당 기술은 극조산아의 생존율을 높이거나 자궁에 문제가 있어 임신을 지속하기 어려운 경우 도움이 될 것으로 예상함. 그러나 이 기술을 인간에게 적용함에 있어서는 안전성이나 실효성에 대한 검토가 우선 요구됨

□ 대리모 또는 대리출산

● 국내 논쟁 재점화

- 초산의 연령이 점점 높아짐에 따라 난임으로 어려움을 겪는 부부도 늘고 있는 상황임. 지난 5월 25일 건강보험심사평가원이 최근 5년간 불임과 난임 시술 현황을 분석하여 공개한 자료에 따르면, 2018년 22만7,922명에서 2022년 23만8,601명으로 4.7% 증가함. 일반적으로 알려진 난임 시술 방법으로는 배란유도시술이나 시험관 아기 시술 등이 있음
- 2023년 거의 매달 대리모와 관련한 국내외 기사가 꾸준히 보도된 것을 확인할 수 있음. 올해 초, 스페인의 한 유명인이 대리모가 합법인 미국 플로리다주에서 대리모를 통하여 아이를 얻은 사건을 전 세계 언론이 이를 다루었고, 지난 6월 이탈리아에서는 이러한 '원정 대리모 출산'까지 처벌하는 법안이 상정됨. 지난 12월 국내에서도 60대 남성이 대리모를 통하여 3명의 아이를 얻은 사건이 있어 소개한 바 있음
- 이 사건을 두고 저출산 문제가 심각한 국내 상황을 들어 대리출산을 난임 시술의 대안으로 보아야 한다는 주장이 재점화되고 있으나, 우리 법원은 소위 '대리모 계약, 대리출산 계약'은 민법 제103조에 따라 "선량한 풍속 기타 사회질서에 위반하는 행위"로서 무효로 보고 있음
- 또한, 생명윤리법 제23조에서 "누구든 금전, 재산상의 이익 또는 그 밖의 반대급부를 조건으로 배아나 난자 또는 정자를 제공 또는 이용하거나 이를 유인하거나 알선하여서는 아니 된다"라고 규정하고 있음

● 대리모 또는 대리출산의 윤리적 문제

- **(취약계층 여성의 착취)** 대리모가 이루어지는 많은 국가에서 주로 재정적·사회적으로 취약한 여성들이 대리모가 되는 경우가 일반적임
- **(법적 보호 수단의 부재)** 앞서 언급한 바와 같이 대리모 계약은 전면 무효에 해당하여 계약 이행 주장을 할 수 없고, 따라서 상대적으로 사회적 취약계층에 해당하는 대리모는 더 큰 위험을 감수해야 함
- **(여성의 비자발적 동의)** 소득이 낮은 국가의 대리모를 하고자 하는 사람들은 본인의 자발적 동의보다 가족의 생계나 가부장적인 공격적 설득 혹은 강요로 대리모를 자원하는 경우도 있음

- **(대리모 여성의 건강 위협)** 대리모는 일반적인 임신의 증상인 입덧, 붓기 뿐만 아니라 당뇨, 고혈압 나아가 유산 시 겪는 부작용, 그밖에 임신으로 인한 다양한 건강상 위험에 노출됨
- **(자녀의 권리)** 대리모를 법적으로 친권자로서 모(母)로 인정하는 국가가 있는 반면, 출생 또는 수정할 때부터 위탁 부모에게만 친권을 부여하는 국가도 있음. 대리모 계약이 국경을 넘어 이루어지는 경우가 많은데 누구에게 친권을 인정할 것인지를 두고 각 관할권에 따라 친권자가 달라지는 문제 발생함

*2023년 대리모 관련 주요 기사

- (1월 26일)카다시안 자매에 힐턴까지, 할리우드는 대리모 출산 붐?...국내선 법 사각지대
- (2월 11일)"뇌사 판정 여성, '대리모'로 이용하자"...비난 봇물
- (3월 31일)스페인 유명 배우가 띄운 대리모 논란... "여성 몸은 인큐베이터 아냐"
- (4월 21일)54세 덴마크 왕자 부부, 대리모 출산...'윤리'보다 중요한 '혈통 잇기'
- (6월 21일)이탈리아, 원정 대리모 출산도 처벌 추진... "전례 없는 법안"
- (7월 3일)7000만원 '대리모' 직접 구해보니...
- (7월 7일)산모 바꿔치기·대리모 출산...'아동매매' 30대女 구속
- (8월 10일)상습 아동 매매·대리모 혐의 30대女, 재판서 혐의 대부분 부인
- (9월 18일)중국 한 별장에 수술실이...대리모 현장 적발
- (9월 27일)"친강 전 中 외교부장, 혼외자 美 대리모 통해 출산"
- (12월 7일)"아이 더 갖고 싶다"...각자 다른 대리모 통해 아기 3명 얻은 60대
- (12월 17일)"한국 대리모는 6천" 난임부부 노리는 덜...사기·협박도

※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.

□ 인공 자궁 개발 임상 연구로 확대 가능성

● 인공자궁 기술 발전 현황

- 미국 필라델피아 아동 병원(Children's Hospital of Philadelphia, 이하 CHOP)의 한 그룹은 2017년 '신생아 발달을 위한 자궁 외 환경(EXTrauterine Environment for Newborn Development, 일명 EXTEND)'이라는 장치를 개발하여, 액체로 채워진 멸균된 비닐봉지, 일명 '바이오백(biobag)'이라 불리는 인공 자궁 속에서 28일 동안 어린 양을 성장시킴. 양수, 약물 및 산소를 전달하는 튜브가 어린 양의 탯줄 조직에 연결되어, 어린 양의 폐, 뇌 및 위장관에서 긍정적인 성장과 발달을 보임
- CHOP의 연구원들은 '신생아 발달을 위한 자궁 외 환경(EXTEND)'이라는 장치를 양의 태아에게만 적용하는 실험을 해왔으나, 최근 첫 번째 임상 연구에 대한 FDA의 승인을 요청한 상태. 이에 따라 FDA는 지난 9월 19~20일(현지 시각) 이틀간 인공 자궁 기술의 가능성과 안전 문제에 대해 논의함. 전문가들에 따르면 인공자궁에 대한 FDA의 승인이 올해 말에서 내년 초쯤에 이루어질 것으로 전망함. 조만간 출시가 될 기술이라는 점에서 해당 기술의 이점뿐만 아니라 문제점도 아울러 검토해 볼 필요가 있음

● 인공자궁 기술의 문제점

- **(기술 이용비용에 따른 접근성 제한)** 미국의 저소득 아프리카계 여성의 조산율(14.8%)이 백인 또는 히스패닉 여성의 조산율(각각 9.5% 및 10.2%)보다 약 50% 높음에도 인공 자궁 기술에는 큰 비용이 소요될 것으로 예상되어 이 기술의 활용이 실제 필요한 저소득 아프리카계 여성에게 해당 기술의 혜택이 실질적으로 돌아갈 수 있을지에 대한 염려가 있음
- **(안전성 문제)** 인공자궁 기술은 현재 '어린 양'에 대한 동물실험만 이루어진 단계로 인간에게 직접 해당 기술을 적용해도 될지 그 안전성이 충분히 담보되지 않은 상황임

[관련 언론 동향]

- 9월 13일, Artificial Wombs for Premature Babies Are a Step Closer to Reality
 - 9월 14일 Human trials of artificial wombs could start soon. Here's what you need to know
 - 9월 15일, The world's first artificial womb is on the way
 - 9월 15일, FDA Reviewers Have Concerns About Artificial Womb Trials in Humans
 - 9월 19일 FDA advisers discuss future of 'artificial womb' for human infants
 - 9월 19일, Artificial wombs, after years in development, reach FDA review for human trials
 - 9월 19일, The Complicated Ethics of Testing Artificial Wombs in Humans
 - 9월 19일, Future of 'Artificial Wombs' for Human Premies to Be Weighed by FDA Advisors
-

- 9월 20일, FDA meeting this week on development of artificial womb technology
 - 9월 20일, 'Artificial wombs' may soon see human trials
 - 9월 21일, 'Artificial wombs' trial on human? It's a possibility if FDA approves
 - 9월 23일, 'Artificial Wombs' In Human Trials Await FDA Approval
 - 9월 26일, Artificial Wombs for Premature Babies Might Soon Begin Human Trials
 - 9월 29일, Everything you need to know about artificial wombs
 - 9월 16일, 100만 조산아 구할 '인공자궁'...인체실험 초읽기
 - 9월 18일, SF영화속 '출산기계' 현실로 ... 인공자궁이 저출산 해법될까
 - 9월 19일, 임신 부담 없는 시대 오나... FDA, 인공 자궁 사용 검토
 - 9월 25일, 23주 만에 태어난 '이른둥이' 새끼 양이 비닐백으로 만든 '인공 자궁'에서 한 달 살고 보인 변화
 - 9월 25일, 미숙아 탯줄 다시 연결하자...'인공 자궁' 놀라운 성과
 - 9월 25일, 엄마 몸 밖 또 하나의 자궁...'인공 자궁' 임상시험 눈앞
- ※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.

2분기 Issue. 의료AI 관련

2023년 주요 키워드 중 하나는 단언컨대 “생성형 AI”일 것. AI 기술은 다양한 분야에서 활용되고 있는데 특히 보건의료분야에서 AI 기술 활용에 대한 기대와 우려가 크게 교차하고 하고 있어 지난 2분기에 이를 정리하여 소개한 바 있음

□ 보건의료분야의 AI 기술 발전 현황

- **(폐암조기 진단을 위한 AI)** 폐암 환자의 4분의 3은 3기 또는 4기라는 늦은 시기에 폐암 진단을 받게 됨. 따라서 조기 진단시 많은 생명을 구할 수 있음. 현재 영국에서는 6개 병원이 15만 명의 환자를 대상으로 진행 중인 무작위 대조 연구에서 흉부 엑스레이를 촬영하자마자 AI를 적용하면 진단 시간이 얼마나 단축되는지 연구 중으로, 2024년에 그 결과가 나올 것으로 기대하고 있음
- **(유방암 진단을 높인 AI)** 지난 8월 스웨덴 룬드 대학 연구팀은 8만 여명을 대상으로 진행 중인 임상시험 중간평가에서 유방 X선 영상을 두 명의 영상전문가가 판독할 경우, 그중 한 명을 AI로 대체하면 두 명의 영상전문가의보다 유방암을 20% 더 찾아낼 수 있다고 밝힘. 뿐만 아니라 AI가 영상전문가의 1명을 대신함으로써 작업량이 약 44% 줄어든 것으로 밝혀짐
- **(AI의 심장이상 신호 진단)** 미국 연구진은 지난 11월 AI를 활용하여 이상 심장박동을 알아내는 기술을 개발함. 50만 명에게 심장박동을 기록하기 위한 심전도(ECG)패치를 붙인 뒤 AI가 심장박동 기록을 분석하여 심장이 불규칙하게 수축하는 '심방세동(AFIB)'을 구별하는 패치를 찾아냄. 이상 심장박동은 뇌졸중이나 심부전증을 확인할 수 있는 증상인 만큼 관련 질환 예방에 도움이 될 것으로 기대됨

□ 의료 AI의 문제점

- **(AI의 허위 정보 생산 문제)** Chat GPT는 축적된 데이터를 기반으로 정보를 생산 해내는 원리를 가지고 있는 만큼, 축적된 데이터의 출처가 불명확 하거나 허위의 정보인 경우도 다수 밝혀져 Chat GPT 같은 생성형 AI의 진단을 전적으로 신뢰하기 어려운 측면이 있음. 따라서 환자의 생명 및 건강과 직결되는 의료분야에 있어서는 더욱 신중하게 활용되어야 함
- **(AI활용이 무기화 될 수 있다는 견해)** 2022년 한 연구팀은 AI가 6시간 만에 40,000개의 새로운 화학 무기 화합물을 제안했다고 밝힘. 연구진은 독성을 예측하여 이를 줄이기 위한 수단으로 AI모델을 사용하였으나, 의도치 않게 독성을 증가시키는 훈련이 동시에 이루어지게 된 것임. 이렇게 생산된 정보가 자칫 잘못 이용될 경우에는 인류에 치명적인 화학 무기 생산으로 이어질 수 있는 위험이 존재함

□ 각국의 AI 규제 현황

- **(미국 FDA의 인공지능(AI)과 머신러닝(ML)을 사용한 의약품 개발에 대한 보고서 초안 발표)** FDA는 지난 5월 해당 보고서에서 AI와 ML은 의학 문헌에서 관련 연구 결과를 검색하여 어떤 사람이 치료에

더 잘 반응하고, 어떤 사람이 부작용 위험이 더 높은지 예측하는데 사용될 수 있는 등 긍정적으로 활용될 여지가 있으나, AI/ML은 편향된 데이터를 축적할 우려가 있기 때문에 “자동화된 시스템이 특정 범주의 사람을 다른 범주보다 선호할 때 발생하는 알고리즘 차별을 포함한 차별을 예방하고 시정함으로써 AI/ML 기술을 사용할 때 형평성을 증진하는 것을 목표로한다”며 이러한 우려를 해결하기 위해 보고서를 발표했다고 밝힘

- **(EU의 AI 규제법 통과)** 유럽연합은 12월 9일(현지시간) 세계 최초로 인공지능에 대한 규제 법을 제정함. 이는 과학 기술의 발전을 저해하기 위함이 아닌 더욱 안전하고 효율적이면서 더욱 저렴한 의료 서비스 제공과 같은 이점을 창출하기 위한 것으로, 다양한 위험 수준에 따른 차등적인 규제가 적용됨

AI 규제법 중 「허용할 수 없는 위험」

“허용할 수 없는 위험” AI 시스템은 사람들에게 위험이 되는 것으로 간주되어 금지될 시스템입니다. 여기에는 다음이 포함됩니다.

- 사람이나 특정 취약 집단에 대한 인지 행동 조작: 예를 들어 어린이의 위험한 행동을 조장하는 음성 인식 장난감
- 사회적 점수: 행동, 사회 경제적 지위 또는 개인적 특성을 기준으로 사람을 분류하는 것
- 안면인식 등 실시간 및 원격 생체인식 시스템

몇 가지 예외가 허용될 수 있습니다. 예를 들어 상당한 지연 후에 식별이 이루어지는 “포스트” 원격 생체 인식 시스템은 심각한 범죄에 대한 수사에는 사용이 허용되지만 법원의 승인 후에만 가능합니다.

- **(국내 「보건의료분야 인공지능 연구자를 위한 연구윤리 지침」 첫 제시)** 질병관리청은 지난 8월, 국내에서는 처음으로 보건의료 분야에서의 인공지능 연구윤리 지침을 발표함. 인공지능 기술은 임상에서 조기 치료와 맞춤 치료를 단계적으로 구현하여 질병 문제를 해결하는데 활용할 수 있지만, 빅데이터를 활용한 인공지능 기술이 프라이버시를 침해할 가능성·편향된 정보를 학습함으로써 오히려 사회적 차별을 공고히 할 가능성·인공지능을 통한 자동화된 의사결정 시스템이 인간의 존엄성과 기본적인 자유를 침해하면서 헌법적 가치와 질서에 영향을 줄 가능성 등의 우려가 제기되는 만큼 부정적인 결과를 예방하기 위하여 연구윤리 지침을 마련함

「보건의료분야 인공지능 연구자를 위한 연구윤리 지침」中 주요 윤리 원칙

1. 인간의 자율성 존중과 보호
2. 인간의 행복, 안정, 공공의 이익 증진
3. 투명성, 설명 가능성, 신뢰성
4. 책무, 법적 책임
5. 포괄성, 형평성
6. 대응성, 지속가능성

[관련 언론 동향]

- (12월 7일) 11 clinical trials that will shape medicine in 2024
- (12월 8일) The EU Just Passed Sweeping New Rules to Regulate AI
- (12월 10일) EU reaches agreement on world's first AI legislation
- (8월 3일) "유방 X선 영상 AI 판독, 유방암 진단율 20%↑"
- (11월 21일) '부정맥 AI 진단' 연구로 예측진단 솔루션 개발 성공
- (12월 10일) 생체정보 무단수집 벌금 500억원... EU, 세계 첫 'AI 법' 합의
- (12월 10일) 세계 첫 AI법 탄생... "수술로봇·자율주행 개발 엄격 감시, 안면인식 금지"
- (12월 11일) "EU 세계 첫 AI규제...韓 생태계 지킬 방안 시급"
- (12월 11일) EU "안면인식 제한" 세계 첫 AI 규제 합의
- (12월 11일) EU, 세계 최초 'AI 규제법' 합의... 안면인식 등 통제
- (12월 11일) 응급실 환자 사망, AI가 예측?...내년 눈길끄는 임상연구
- (12월 14일) 심장 이상 신호도 AI가 찾는 시대

※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.

3분기 Issue. 장기이식 관련

늘어나는 수요와 부족한 공급에 초점을 맞추는 논의를 넘어서 2023년에는 유전자편집 기술의 발전에 따라 유전자변형 동물의 장기를 인간에게 이식하는 2번째 임상 연구가 이루어진 바 있음. 또한 2023년 11월 국내에서 처음으로 뇌사자의 자궁을 이식하는 연구가 이루어짐. 이처럼 장기 공급원이 인간에서 다른 종까지 확장되었을 뿐만 아니라 이식하는 장기의 종류 또한 확대됨

□ 키메라 장기 생산

● 돼지 자궁에서 인간 신장 배양

- 올해 가장 주목받은 생명과학 분야의 연구 중 하나로, 돼지의 배아에 인간 신장의 줄기세포를 주입하여 돼지 자궁에서 인간의 신장을 배양해 낸 사례가 있음. 장기이식에서 가장 부족한 장기는 '신장'으로, 키메라 장기 생산 기술은 기증만으로는 충족할 수 없는 장기공급 부족 문제를 해결하기 위해 떠오르는 대안으로 고려됨. 그러나 키메라 장기 생산은 다음과 같은 문제가 있음

● 키메라 장기 생산의 문제점

- **(레트로 바이러스의 전염 문제)** 동물의 유전자에 존재하는 레트로바이러스가 키메라 장기를 통하여 인간에게 전염될 수 있다는 우려가 있음. 이러한 레트로바이러스가 실제 인간에게 어떤 영향을 미칠지 예측하기 어려운 상황에서 선불리 키메라 장기를 이식하는 것은 새로운 인수공통전염병의 근원이 될 수도 있다는 지적이 제기됨
- **(비인간 동물의 복지 문제)** 키메라 연구 과정에서 비인간 동물에게 인간 세포가 주입됨에 따라 예상치 못한 심각한 통증이나 고통 또는 스트레스를 발생시킬 수 있음. 이는 오로지 인간의 이익과 복지에 초점이 맞추어져 있는 것으로, 이를 위하여 비인간 동물의 고통을 가하는 행위의 정당성에 대한 사유는 설명되지 않는 경우가 많음
- **(인간과 유사한 외양 발생 문제)** 동물의 '외양'은 종(種)으로 분류하는 주요한 기준의 하나임, 인간-비인간 동물의 키메라는 '인간 물질을 포함하는 동물(Animal Containing Human Material, 이하 ACHM)'로서 신체적 측면에 인간의 외모가 발생할 수 있다는 주장이 있음. 따라서 인간과 외양이 유사한 ACHM의 도덕적 지위에 대한 혼란이 발생할 수 있음
- **(비인간 동물에게서 인간의 의식 발달)** 인간과 비인간 동물을 구분짓는 가장 큰 기준의 하나는 '의식(consciousness)'의 유무임, ACHM이 인간의 의식을 보유하게 된다면 의식이 있는 비인간동물을 인간과 같은 존재로 보아야 하는지에 대한 문제가 발생할 수 있음

□ 유전자편집 기술 발전과 이종이식

● 2023년 2번째 이종이식 임상 연구

- 올해는 미국에서 돼지 심장을 인간에게 이식하려는 시도가 2번째로 이루어짐. 이번 이식 수술에서는 면역 거부 반응을 최소화하기 위하여 인간에게 특별히 면역 거부 반응을 일으키는 돼지 유전자 3개를 유전자 가위로 잘라냈고, 인간 유전자 6개를 삽입한 후, 이식한 심장이 비대해지지 않도록 성장 유전자 기능도 차단한 심장을 이식함. 이식받은 환자는 이식받은 지 6주 만에 사망하게 됨. 돼지 심장을 이식한 의료진은 면역 거부 반응을 막기 위하여 새로운 항체 치료법을 시도하려고 하였으나 직접 시술이 이루어지기 전에 사망한 것으로 밝혀짐

● 4분기 이종이식 최신 연구 동향

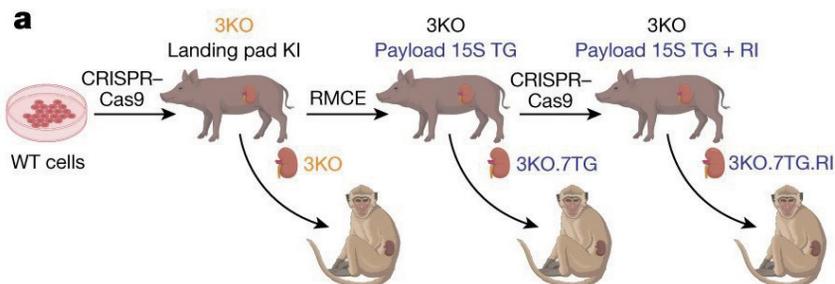
- **(유전자를 편집한 돼지 신장을 이식한 원숭이 2년 넘게 생존)** 지난 10월에는 면역 거부 반응을 최소화하고 인간 적합성을 높이기 위해 29개의 유전자를 편집한 미니 돼지의 신장을 이식받은 원숭이가 최장 758일까지 생존한 연구 결과를 발표함. 이때 사용된 기술은 크리스퍼 유전자 가위 기술로써 미니 돼지의 유전자 69개를 3차례 걸쳐 편집하고 복제하는 방식으로 거부반응을 최소화하고 인간 적합성을 높여, 인간에게 감염을 일으킬 수 있는 바이러스 위험을 제거함

Design and testing of a humanized porcine donor for xenotransplantation(초록 일부)

최근 사망자 모델 연구 등을 통하여 인간 이식을 위한 돼지 장기의 가능성을 탐구했습니다. 인간 연구를 진행하려면 임상적으로 준비된 기증자인 돼지의 유전자를 조작해야 하며, 영장류에서 성공적으로 테스트해야 합니다. 여기서 우리는 사이노몰구스 원숭이 모델에 이식된 유전자 조작 돼지 기증자의 신장 이식조직의 설계, 생성 및 장기적인 생명 유지 기능에 대해 설명합니다.

돼지 기증자는 글리칸 항원*을 제거하고, 인간 이식 유전자를 과발현하고, 돼지 내인성 레트로바이러스를 비활성화하는 등 69개의 게놈 편집을 수행하도록 설계되었습니다. 시험관 내 기능 분석에서는 편집된 신장 내피 세포가 인간 내피 세포와 구별할 수 없을 정도로 염증을 조절하는 것으로 나타났습니다. 이는 편집된 세포가 높은 수준의 인간 면역 적합성을 획득했음을 시사합니다.

이러한 결과는 신장 이종 이식에 대한 전임상 연구가 비인간 영장류에서 성공적으로 수행될 수 있으며 유전자 조작 돼지 신장 이식에 대한 임상 시험에 더 가까워질 수 있음을 보여줍니다.



* 글리칸 항원 : 면역 거부 반응을 유발하는 다당류

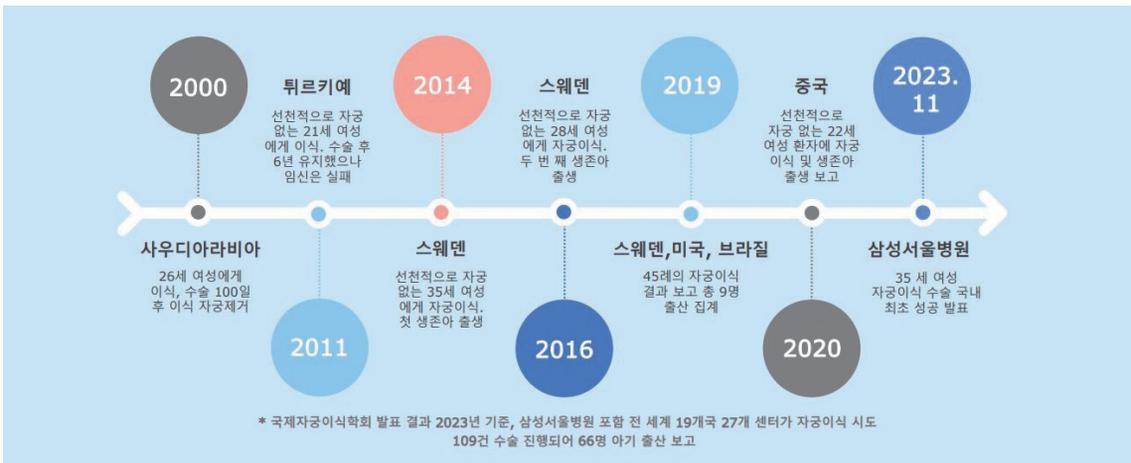
□ 이종이식의 문제점

- (동물 바이러스 감염 및 신종전염병 발생 우려) 동물이 가지고 있던 바이러스가 수증자인 사람에게 전염될 위험이 있음. 이는 수증자 개인에게도 생명과 건강을 위협하는 중대한 문제이기도 하나, 수증자인 인간에게 전염된 후에도 코로나 바이러스 사례와 같이 새로운 변이가 발생하여 변이가 발생하여 사회적으로 확산될 우려가 있음
- (이종이식 임상 연구윤리 문제) 이종이식 임상 연구는 '평생 추적 관찰 및 사후 부검' 등에 대한 동의가 필수인데 일단 동의를 한 이후에는 공중보건의 이유로 동의 철회가 사실상 불가능함
- (이식재로서 태어나는 동물들) 인간에게 장기이식을 목적으로 유전자편집에 따라 이식재로 태어나는 동물의 생명 침해

□ 국내 뇌사자 자궁 이식 사례

● 자궁 이식 동향

- 전 세계적으로 자궁 이식이 성공한 사례는 약 100여 건으로 알려져 있음



* '자궁이식 연표', 이미지 제공:삼성서울병원

● 국내 뇌사자 자궁 이식 사례

- 이번 자궁 이식 수술은 MRKH 증후군* 환자에게 뇌사자의 자궁을 이식한 것으로, 동일인에게 2번 이식을 시도하여 성공한 것임. 자궁 이식을 재시도하여 성공한 것은 이번 국내 자궁 이식 사례가 최초임. 자궁 수증자는 자궁 이식 29일 만에 첫 월경이 시작되어 성공적으로 환자의 몸에 안착한 것을 확인함. 첫 월경 후 규칙적인 생리주기를 유지 중이며 6개월째 이루어지는 조직검사에서도 거부반응 징후도 나타나지 않음

MRKH 증후군이란?

선천적으로 자궁, 질 등 생식기가 없는 기형 질환으로 염색체 이상으로 발생하는 증후군으로 여성 5000명 중 1명 꼴로 발생하는 증상임. 태아 발생과정 중에 일어나는 뮐러관 기형의 일종으로 자궁과 질의 무형성 혹은 형성부전이 특징임

[관련 언론 동향]

- (10월 12일) "유전자 조작 미니돼지 신장 이식한 원숭이 2년 넘게 생존"
- (10월 12일) 유전자 교정 돼지 신장 이식한 원숭이 758일 살았다
- (11월 1일) '유전자 변형' 돼지 심장 이식받은 두 번째 환자, 6주 만에 사망
- (11월 2일) 인간 몸 속 돼지심장, 6주 만에 멈췄다...두번째 이식 환자도 사망
- (11월 2일) 아직 갈길 멀었나... '돼지 심장' 두 번째 이식 환자, 결국 6주 만에 사망
- (11월 17일) 국내 첫 자궁이식 수술 성공...선천성 질환 앓던 여성에 희망
- (11월 17일) 국내 첫 '자궁이식' 수술 성공... 재이식 수술로는 세계 최초
- (11월 17일) 자궁 없이 태어난 35세녀 기적...자궁이식 국내 첫 성공
- (11월 17일) "태어나 처음 월경"...33세 주부, 국내 첫 '자궁이식' 성공
- (11월 17일) "새 생명의 기회 만드는 '자궁 이식', 이보다 더 귀한 경험 있을까"
- (11월 17일) '자궁이식' 국내 첫 성공..."임산·출산도 가능?"
- (12월 4일) "임산·출산 불가능을 '가능'으로 바꾼 자궁이식"

※ 제목을 클릭하면 기사로 연결됩니다.

2023년 눈여겨볼 만한 이슈

□ 합성배아 생성

● 생식세포 없는 인간 배아 생산 기술

"이스라엘 와이즈먼 연구소의 제이콥 해나 교수 연구팀은 9월 7일 줄기세포를 되돌려 14일간 배양해 인간 배아의 구조와 형태를 구현하는데 성공했다"고 발표함. 수정 7일째 단계에서 줄기 세포의 특정 유전자를 유전자 가위로 교정해 배아로 발달할 수 있는 세포만 유지되도록 만들어, 줄기 세포가 실제 배아로 발달한 것임. 배아는 2주 뒤 0.5mm까지 자라 뇌와 피부, 근골격계 초기 구조가 모두 만들어짐

「Complete human day 14 post-implantation embryo models from naive ES cells」 초록 요약

착상 후 자궁 내 발달과 관련된 윤리적, 기술적 문제로 인해 착상 후 발달을 연구할 수 있는 능력은 여전히 제한적입니다. 연구가 가능한 착상 후의 모든 배아 및 배아 유사 모델은 여전히 부족합니다. 최근 연구에서 생쥐의 '순수한' 배아 줄기 세포는 배아를 생성한 후, '구조화된' 줄기 세포 기반 배아 모델로 자가 조직할 수 있는 배아 및 배아 외 줄기 세포를 생성한 바 있습니다. 여기서 우리는 이러한 발견을 유전적으로 변형되지 않은 순수한 인간 배아 줄기 세포만을 사용하여 인간으로 확대 적용해보았습니다.

완전히 조직화된 형태를 갖춘 배아는 수정 후 최대 13~14일 까지의 착상 후 배아 형성의 주요 특징과 유사한 발달 성장 역학을 보여주었습니다. 이 완전히 구조화된 배아 형성 플랫폼은 아마도 이전에 접근할 수 없었던 인간 초기 이식 후 발달의 실험적인 연구를 가능하게 할 것입니다.

● 합성배아 생성의 문제점

“현재 대부분 국가에서는 수정 후 14일 이후의 배아는 인간으로서 하나의 개체로 형성되는 잠재력을 지닌 것으로 판단되어 실험실에서 배양하는 것을 금지”하고 있음. 그러나 ISSCR 가이드라인(2021)에 따르면, 연구 목적 달성을 위하여 최소 수량의 배아를 14일 이상 배양할 수 있다고 함. 최근 영국에서도 2023년 말에 14일 연구 제한 규칙을 28일까지 확장하는 지침을 발표할 예정이라고 함

- 배아 연구 기간이 확장되고 있는 가운데 '배아 모델'은 전형적인 배아가 아니라는 이유로 14일 연구 제한 기간 규칙에서 전면 배제하고자 하는 움직임이 있으나 신중해야 한다는 이견 있음



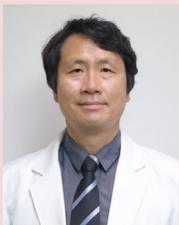
전문가 기고 I

인공지능 위에 집단지성

이름 모를 꽃과 나무를 확인하려면? 1) 꽃 사진을 '네이버'에 올린다. 방대한 이미지 자료를 검색하여 가장 비슷한 꽃 이름을 알려준다. 2) 사진을 '모야모'에 올린다. 식물에 정통한 대중들이 사진을 보고 이름을 알려주는 앱이다. 전자가 시라면 후자는 집단지성이다. 결과는? 네이버는 모야모의 적수가 되지 못한다. 틀린 답이 올라오면 또 다른 전문가가 거의 실시간으로 교정해 주기 때문이다. 성큼 다가온 인공지능(AI, Artificial Intelligence)은 미래 의료를 어떻게 바꾸어 놓을까? 현 수준에선 딱 '기대반, 우려반'이다. 기술의 진보는 한 번 길이 나면 무서운 속도로 통제 불능 상태가 되곤 한다. 최신 임상시험 결과들을 발굴, 융합, 요약해 주는 수준에서 '인간의사'들의 조력자에 머물면 좋겠으나, 인간의 질병에 관한 강력한 지식을 학습한 AI가 인류멸망의 수단으로 이를 활용할 가능성도 배제하기 어렵다. 현 시점에서 고삐의 방향을 어느 쪽으로, 어떤 강도로 당길 것인가가 중요하다. 최근 유럽연합(EU)에서는 인공지능규제법(AI Act)에 합의함으로써 인공지능에서 안전을 중시하는 '효과적 이타주의(Effective Altruism)'를 강조했다. 반면, 미국에서는 '효과적 가속주의(Effective Accelerationism)'가 실리콘밸리 주요 기업대표들의 적극적인 지지를 얻고 있다. 속도를 더 내야 한다는 미국과 브레이크를 밟아야 한다는 EU의 줄다리기에 인류의 명운이 달려있다.

병든 한국의료에 대한 염려가 깊다. 30여 년 의사로 살아오는 동안 요즘 같은 위기감은 처음이다. 지방의대 필수진료과 교수들의 이탈 조짐이 심상치 않다. 중소병원들은 의사 구인란에 지쳐가고 있다. 피부질환을 보지 않는 피부미용원들이 건물마다 넘쳐난다. 열리는 아이를 품에 안은 엄마들의 '오픈런'이 일상이 되었다. 초진 환자들의 실손보험가입여부를 일일이 확인하는 병원들의 불순한(과잉진료) 의도를 알만한 환자들은 다 안다. 정부와 의료계는 '수가나, 정원이나?'라는 해묵은 동상이몽식 해법을 제시하고 있으나 도무지 만족스럽지 못하다.

라인홀드 니버는 개인과 집단의 행동 양태를 분석하고 사회적 정의를 수립하기 위한 방안을 제시한 저작 『도덕적 인간과 비도덕적 사회』에서 "개인적으로는 도덕적인 사람들도 사회 내의 어느 집단에 속하면 집단적 이기주의자로 변한다"라고 하였다. 이를 차용해 보면 현재 한국 의료는 '중립적 의사와 비도덕적 시스템(neutral physician and immoral system)'에 가까워 보인다. 한국사회에서 의사를 지망하는 이들은 평균보다 더 도덕적이지도 덜 도덕적이지도 않다. 만일 이들이 속한 의료 시스템이 도덕적이라면 대부분의 의사는 도덕적 의사가 될 것이며, 그 역도 성립할 것이다. 중병으로 편명이 난 한국 의료를 살리기 위한 근저적 처방으로 '윤리 기준'을 최우선으로 고려해야 하는 이유다. 현 상황에서 한국의 의사들을 비윤리적인 의료환경으로 내몰고 있는 주범들은 무엇인가? 의대정원을 늘리거나, 필수의료의 수가를 대폭 올리는 정책결정은 과연 미래 한국의사들을 윤리적 진료환경으로 이끌 수 있을까? AI의 양대 방향성인 가속주의와 이타주의 중 어느 쪽이 더 윤리적 고려를 하고 있는가? 이러한 물음에 AI보다 집단지성에 힘을 실어 주자. 그것이 '우려반, 기대반'의 현실을 기대쪽으로 기울여 모두가 사는 방향이리라.



[저자 약력] 정유석. 단국대병원 가정의학과·의료윤리학교실 교수, 한국의료윤리학회 회장.

서울대학교 의과대학 학사 및 충남대학교 예방의학 석사, 충북대학교 의료관리학 박사 학위를 취득하였다. 1997년 의료윤리교육연구회 출범 당시 창립 멤버로 합류해 의료계와 우리 사회의 의료윤리 수준 향상을 위해 활동하였다.

주요 저서로는 『의사파업의 윤리적 성찰』, 『현대인의 건강학』, 『의료문제의 윤리적 성찰』, 『의료윤리학』 등이 있다.



전문가 기고 II

인공지능과 관련하여 우리는 무엇을 논의하고 준비해야 하는가?

인공지능과 관련하여 최근 등장하는 언론 기사는 과거 인공지능에 대한 초기 주제와 상당한 차이가 있어 환영할 만하다. 초기 간혹 등장했던 “인공지능 의사”라든가 “인공지능 판사”와 같은 용어는 사라지고, 인공지능 기술이 어느 정도 정확하고 신뢰할 만한 것인지에 대해 초점을 맞추는 것은 매우 바람직해 보인다. 물론 아직도 일부 철학자들을 중심으로 논의되는 인공지능의 존재론적 지위에 대한 논의는 인공지능 기술을 수용하고 활용하는 데 결코 바람직한 논의가 아니라고 필자는 생각한다. 왜냐하면 인공지능은 인간과 같은 지위를 지닌 존재가 결코 될 수 없기 때문이다. 문제의 핵심은 책임 문제이다. 인공지능은 인간과 같은 행위자가 될 수 없는데, 그 이유는 인공지능은 자율적인 행위자도 과와 고통을 느끼는 존재자도 정체성에 중요한 역할을 하는 자의식을 지닌 존재자도 아니라고 필자는 생각하기 때문이다. 심지어 인공지능에 법인의 지위를 부여하는 것조차도 유네스코는 『인공지능의 윤리에 대한 권고』(Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence, 2021)에서 반대하는 입장을 천명하고 있다.

이런 점에서 새롭게 등장하는 기술의 정확성과 안정성, 안전성 등과 같은 인공지능의 신뢰성에 대해 논의하는 것은 이 기술을 이용하게 될 전문가나 소비자들에게 매우 실질적으로 중요한 이슈를 다루고 있어 환영할 만한 일이다. 그러나 여전히 아직도 인공지능의 문제를 다루는 언론의 관심에는 매우 중요한 한 가지가 빠져 있다. 그것은 바로 ‘과연 우리 사회는 왜 기술을 사용해야 하고, 이런 사용이 우리 사회에 어떤 도움을 주는가’에 대한 논의이다. 의사의 노동을 대신해 줄 수 있고, 정확성을 증진시킬 수 있다면 그 사용을 마다할 이유는 없다. 하지만 이 기술에 의존함으로써 책임 소재가 불분명해지는 일이 없어야 한다. 의사는 여타의 일반적인 의학적 검사 결과에 대해 책임을 져야 하는 것과 마찬가지로 인공지능 기술을 이용하는 경우에도 궁극적인 책임의 주체는 의사라는 점에 유념해야 할 것이다. 나아가, 인력을 대체하는 것은 필요에 따라 좋은 근무 환경을 만드는 데 기여할 것이다. 하지만 인력을 대체함으로써 우리 사회에 실질을 유발하고 새로운 직업군이 창출되지 못한 상황에서 고용불안이 가중된다면 이 기술의 수용은 완급 조정이 필요해 보인다.

최근 언론 기사에서 주목할 만한 또 하나의 특징은 인공지능 기술이 빅 데이터 기술과 결합될 수밖에 없음을 시사하는 보도이다. 따라서 자연스럽게 빅 데이터 구축과 관련된 쟁점에도 우리가 주목해야 함을 잘 보여준다. 하지만 인공지능 개발에만 몰두하고 기술 개발 경쟁에만 주목하는 사람들은 정보 수집 방법의 편의성에만 골몰하는 모양새다. 우리나라의 「개인정보보호법」은 명칭과는 다르게 개인정보를 어떻게 하면 손쉽게 수집·이용될 수 있도록 할 것인지에 주목하고 있는 법이다. 이런 사실은 수집된 정보를 동의 없이 가명화할 수 있게 했든가, 동의 없이 가명처리된 정보를 여전히 동의 없이 제3자에게 제공할 수 있도록 하는 규정을 담고 있다는 점에서 확인할 수 있다. 정보 수집의 효율적 방법에만 몰두한 채, 보다 중요한 것을 놓치고 있다. 보다 중요한 것은 정보 주체로부터의 신뢰 획득이며 시민들로부터의 신뢰 구축이다. 우리 시민들은 대한민국의 기술 발전을 열망한다. 하지만 이런 시민들의 열망이 불신의 벽에 부딪혀 새로운 기술 개발에 적대감을 갖지 않게 되길 바란다. 그래서 우리는 시민들과 빅 데이터 구축과 관련된 여러 쟁점들을 함께 논의해야 한다. 어떤 경우 정보를 제공할 의사가 있는지, 포괄동의를 언제 가능한지, 제공된 정보는 어떤 목적에 어떤 방식으로 그리고 어떤 개인정보 보호조치를 취하며 이용되는지, 다른 정보와 결합할 경우 어떤 주의 조치를 취하고 있는지, 이런 기술 개발의 이익이 어떻게 공유되는지 사회에 환원되는지 등등에 대해 논의할 필요가 있다. 하지만 이런 논의 없이 일부 정보 수집자나 이용자의 편의에만 골몰하는 행태는 의도치 않게 시민의 후폭풍을 유발하지는 않을까 심히 우려된다.



[저자 약력] 이화여자대학교 법학전문대학원 교수, 일반대학원 생명윤리정책 협동과정 주임교수.

서울대학교 미학과에서 학사, 석사학위를 취득하고, 미국 Michigan State University 철학과에서 박사학위를 취득했다. 유네스코 국제생명윤리위원회(IBC) 위원이었으며, 현재 국가생명윤리심의위원회 부위원장, 한국생명윤리학회 회장을 맡고 있다.



전문가 기고 Ⅲ

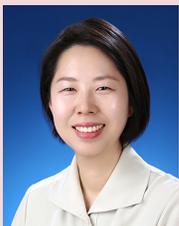
합성배아 연구 - 새로운 길, 새로운 가치

세계적으로 세포 공학의 발전으로 줄기세포를 사용하여 세포들을 조립, 분화, 집합, 또는 재결합하여 배아 발달의 주요 단계를 모방하거나 재현하는 기술이 빠르게 발전하고 있다. 특히 지난해 쥐의 줄기세포를 이용한 합성 배아를 만든 것에 이어, 2023년에는 정자와 난자가 아닌 줄기세포를 이용하여 합성 '인간배아'를 만드는 데 성공하였다. 이는 수정 후 14일째 정상적인 배아의 발달 형태를 재현한 최초 사례라고 이해되고 있다.

이와 관련하여 국제줄기세포연구학회(International Society for Stem Cell Research, ISSCR)는 지난 2021년 「ISSCR 줄기세포 연구 및 임상중개 가이드라인(Guidelines for Stem Cell Research and Clinical Translation)」에서 이러한 모델을 '줄기세포 기반 배아 모델(Stem cell-based embryo models)'이라고 정의하고 이를 새로운 기술로 분류하였다. 줄여서 '배아 모델'로 불리우는 이 기술은 크게 두 가지 윤리적 쟁점을 제기한다. 첫째, ISSCR 가이드라인에서 강조한 것처럼 배아 모델은 배아 및 조직 발달에 새로운 과학적 지식과 생명에 대한 통찰력을 제공할 수 있는 반면, 실험실에서 계속적으로 발달을 지속함으로써 보다 통합된, 발달이 진행된 배아, 더 나아가 태아에 가까운 발달을 이룰 것인가에 대한 우려다. 체외에서 생물학적으로 생명체로 생존하고 발달할 수 있는 능력(viability)을 갖추수록, 연구윤리의 엄격성이 강조될 것이다. 반면, 이 기술은 난임의 대안이자 새로운 가족 구성의 방안으로 여겨질 수도 있으며, 자궁과 같은 인간의 신체적 기능에 대한 고려 등, 기존 인간 존엄성 및 인간성이 다양한 각도에서 탐색되도록 기여할 것이다.

둘째, 이러한 체외 생명체인 배아 모델의 생존 능력(viability)이 인정될수록 흥미롭게도 인간 배아를 연구하는 기간이 연장되어야 한다는 논의로 이어진다. 영국에서 시작하여 지금까지 전세계적으로 인정되는 인간배아 연구의 원칙은 수정 후 14일이나 발생학적으로 원시선(primitive streak) 생성 이전까지만 연구하도록 허용한다는 것이다. 보다 확장된 기간 동안 배아 연구를 지속함으로써 질병과 생명의 새로운 발견이 이뤄질 수 있다는 것이다. 2021년 ISSCR 가이드라인은 가장 먼저 연구 목적 달성을 위하여 최소한의 수량의 배아를 14일 이상 배양할 수 있다고 명시하였으며, 이에 따라 영국은 가장 먼저 인간 배아 연구의 기간을 연장하는 지침을 발표할 예정으로 알려져 있다.

우리 생명윤리 및 안전에 관한 법률 상 (1) 연구용 배아 생성은 금지되며(제23조 제1항), (2) 잔여 인간 배아를 사용하는 연구는 원시선 이전까지 허용하고(제29조 제1항), (3) 배아 모델 연구를 인간 배아 연구에 포함하여 볼 것인지 명확하지 않으며, (4) 체세포복제배아나 단성생식배아를 자궁에 착상하거나 출산하는 것을 금지하고 있다(제20조제1항). 최근 배아모델은 전통적인 배아가 아니라는 이유로 14일 연구 제한 기간 규칙을 배제하려는 논의까지 등장하는 상황에서, 전문가뿐만 아니라 일반 대중 전반에 걸친 사회적 숙고와 합의의 도출이 시급한 과제로 떠오르고 있다.



[저자 약력] 김한나. 연세대학교 의과대학 인문사회학과의학교실 의료법윤리학과 연구부교수.

연세대학교 의과대학을 졸업, 동 대학원 의료법윤리학협동과정에서 박사를 취득하였다. 동 의과대학 강사 및 연구조교수, 맥길대학교 방문교수를 거쳐 현재 연세의대에 재직하며 연구와 교육을 수행하고 있다.

《편집자 주》 ‘생명윤리 언론동향 브리프 No.12’을 발간하며

2023년 마지막 브리프입니다. 2023년 4분기 브리프는 4분기 주요 이슈와 함께 올 한 해를 되짚어 보는 ‘2023 올해의 생명윤리 언론동향 주요 이슈’를 정리하여 담아보았습니다. 이번 브리프를 준비하면서 새삼 1년이라는 시간이 참 빠르게 흘러간다고 생각했습니다. 2023년 한해도 이렇게 빨리 지나갔으나 도처에 묵직한 생명윤리 이슈들이 끊이지 않아 브리프를 통해 이를 알리고자 더욱 분주하였습니다. 무엇보다 가볍지 않게 다루고자 노력하였으나 돌아보니 시간이라는 한계 속에서 미처 다듬지 못한 것들이 계속 눈에 밟힙니다.

올해 초, 대리모와 정자 기증 등 보조생식술 활용에 따른 윤리적 이슈와 국내 이종이식 연구 현황과 제도를 눈여겨 볼만한 이슈로 다룬 것을 시작으로 시를 보건의료분야에도 활용하는 것이 과연 적절한가, 만약 활용한다면 어떻게 활용할 수 있는가에 관한 문제를 다각적으로 살폈습니다. 또한, 인간 합성배아 생성과 관련된 법적 윤리적 쟁점도 선제적으로 검토한 바 있습니다. 하반기에는 키메라 장기 배양과 유전자 편집 기술에 근거하는 이종이식 임상 연구 등을 재조명하였습니다. 마지막 4분기에는 다양한 이슈들이 산재하였으나 그중에서도 2023년 노벨생리의학상을 받은 코로나19 mRNA 백신과 2020년 노벨 화학상의 주인공이었던 크리스퍼(CRISPR) 유전자 가위 기술을 기반으로 한 치료제 승인에 대해 정리하였습니다. 노벨위원회는 코로나19 mRNA 백신을 올해의 노벨생리의학상에 선정하며 해당 백신은 그 기술력도 중요하지만, “빠른” 보급력을 가지고 있었기 때문에 전 세계적인 대규모 사상(死傷)을 줄일 수 있었던 것을 높이 평가했다고 그 선정의 이유를 밝혔습니다. 생명과학 기술의 발달 속도는 더욱 빨라지고 있습니다. 펜데믹과 같은 전 세계적 긴급상황에서는 빠른 기술 개발과 결단이 매우 중요합니다. 그러나 간과할 수 없는 사실은 그 결단의 결과가 곧 인간 생명과 직결된다는 점입니다. 전 사회적 파급효를 가지는 생명윤리 문제가 발생했을 때 각 분야 전문가와 일반 시민들이 충분히 숙고하는 과정을 거칠 수 있는 공론의 장이 있으면 어떨지요? 어떤 사회적 숙고와 합의에 이르기도 전에 새로운 기술이 긴급한 상황 속에서 상용화되고 있는 것은 아닐지, 성급한 결정에 따른 위험 부담을 온전히 개인의 몫으로 남겨두는 것은 아닐지 많은 생각을 하게 합니다.

2024년 생명윤리 브리프에서는 우리가 놓치고 있는 중요한 생명윤리 이슈들이 없는지 더욱 꼼꼼하게 살펴서 치우침없이 다면적인 사실 자체를 전달하는 전달자로서의 소임을 다하겠습니다. 올 한 해도 생명윤리 언론동향 브리프와 함께 해주신 독자분들께 진심으로 감사드립니다. 생명윤리 브리프는 2023년 여러분이 주신 아이디어를 반영하여 다가오는 2024년 갑진년, 푸른 용의 기운을 담아 더욱 새롭고 알찬 내용으로 다시 찾아뵙겠습니다. 새해 더욱 강건하십시오.

본 간행물은 국가생명윤리정책원(www.nipb.kr)과 디비피아(www.dbpia.co.kr)에서 무료로 다운로드 가능합니다.

