

생명과학 및 의학의 연구윤리와 생명윤리 교육

김상득**

I. 들어가는 말: 연구에 왜 윤리인가?

“연구의 자유는 보장되어야 한다.” 이는 이의를 달 수 없는 당위 명제이다. “개인의 인권은 보장되어야 한다.”는 윤리원칙 역시 부인할 수 없는 당위 명제이다. 문제는 때로 이 두 당위 명제가 상충함으로써 말미암아 연구자들이 도덕적 딜레마에 봉착한다는 점이다. 연구자들이 이러한 딜레마에 봉착하는 근본적인 이유는 연구 활동 역시 인간의 행위이기 때문이다. 그러니까 윤리란 ‘인간이 마땅히 따라야 할 도리’를 말하는데, 과학자의 연구 활동 역시 인간의 행위이기에 윤리로부터 결코 자유로울 수 없다. 즉, 연구 활동은 결코 ‘치외 법권’의 영역도 ‘치외 윤리’의 영역도 아니다. 그리고 생명과학과 의학의 연구는 많은 경우 인간을 연구 대상으로 삼기 때문에, 윤리의 물음이 더 강하게 작용한다. 일반적으로 윤리는 사람과 사람 사이에 성립된다. 인간은 윤리의 주체이자 객체인

데, 생명과학은 그 연구자가 사람일 뿐만 아니라 그 연구 대상도 사람이기 때문에, 연구 활동 자체가 윤리적 평가의 대상이 된다. 무엇보다 오늘날 과학은 라베츠와 펀트위츠가 지적하였듯이 탈정상 과학(post normal science)이다. “사실은 불확실해지고, 가치는 논쟁에 휩싸이며, 결과는 중요하고, 결정은 시급한 그런 국면이 현대 과학이 맞이한 상황이다.”¹⁾ 즉, 체르노빌 사건, 광우병 파동, 오존층 파괴, GMOs 논쟁 등이 보여주듯이, 이제 과학은 스스로가 초래한 ‘과학 문제’에 대해 확실한 대답을 제공할 수 없기에, 과학 자체에 대한 윤리적 성찰이 요구된다. 물론 탈정상 과학에서 과학 자체에 대한 질적 평가는 더 이상 과학자만의 책임도 권리도 아니다. 인류를 위해, 그리고 무엇보다 과학 자체를 위해 과학은 윤리의 옷을 입어야 한다. 이와 같이 과학적 연구 활동과 연관된 모든 윤리를 우리는 ‘연구윤리’(research ethics)라고 부른다.

* 이 논문은 2011년도 전북대학교 연구기반 조성비 지원에 의하여 연구되었음.

교신저자: 김상득, 전북대학교 철학과, 02-.ethics@jbu.ac.kr

** 전북대학교 철학과

1) Ravetz J, Post normal science, Special Issue, Future 1999 ; 31 : 7. 여기서는 한국원자력연구소 편, 과학기술 연구윤리, 서울 : 두양사, 2006 : 21에서 재인용.

그러면 구체적으로 연구윤리는 무엇을 말하는가? 연구윤리는 ‘연구’라는 명사와 ‘윤리’라는 명사의 합성어이다. 물론 “윤리가 무엇이나?”의 물음은 도덕형이상학에 속하는 난해한 철학적 물음이다. 여기서는 앞서 언급한 대로 ‘인간이 마땅히 따라야 할 도리’ 정도로 규정하는 것으로 만족하고자 한다.²⁾ 물론 연구가 무엇을 의미하는지 그 정의를 정확하게 규정하기란 역시 쉬운 문제가 아니다. 특히 의학의 경우 연구와 진료 행위가 엄격히 구분되지 않는다. 실제로 찰머스(Thomas Chalmers)는 이렇게 주장한다. “동일한 질병이라도 그 양상이 사람마다 다르기 때문에, 모든 의사는 환자를 진단하고 치료할 때마다 다소간의 연구를 수행하고 있다.”³⁾ 하지만 <미국의 연방 규정>(Code of Federal Regulation)은 연구를 다음과 같이 정의한다. 즉, “연구란 일반화할 수 있는 지식을 도출하거나 기여할 수 있도록 설계된 체계적인 조사를 말한다. 체계적인 조사는 연구개발, 시험 및 평가 등을 포함한다.”⁴⁾ 이러한 정의는 연구윤리가 무엇인지 이해하는 데 큰 도움이 되지 않는다. 일반적으로 연구는 지식의 발견 내지 증진에 그 목적이 있다. 물론 응용 연구에서는 소위 ‘최종 사용의 문제’(end-use question)가 발생하는 것은 사실이지만, 지식은 그 사용과 상관없이 그 자체로 ‘인지적 가치’(epistemic value)를 지닌

다. 그런데 이러한 연구에는 크게 3가지 요소가 작용한다. 연구자, 연구대상 그리고 연구행위 자체가 그 세 요소이다. 이제까지 연구윤리는 주로 연구자에 초점을 맞추어왔다. 그것도 이러한 연구 활동의 결과로 얻어진 지식이나 이론 혹은 기술을 연구자가 발표하는 과정에 발생하는 불법적인 혹은 비윤리적 행위를 문제 삼아 왔다. 즉, 연구자의 부정행위(malfesance)가 연구윤리의 핵심 주제였다.

그러니까 이제까지 연구윤리는 대체로 ‘연구 부정행위’(research misconduct)에 치중하여 왔다고 해도 과언이 아니다.⁵⁾ 흔히 ‘FFP’로 불리는 연구 부정행위는 실제로 존재하지 않는 데이터나 실험을 임의로 만들어내는 위조(fabrication), 데이터나 실험 절차를 의도적으로 바꾸거나 정확하게 기록하지 않는 변조(falsification), 타인의 아이디어나 연구 결과물을 마치 자신의 것처럼 고의적으로 유용하는 표절(plagiarism) 등을 말한다. 여기에다 설정한 가설을 지지하는 자료만을 언급하고 그 반대의 자료는 의도적으로 은폐하는 소위 ‘쿠킹 데이터’(cooking data)나 거짓임을 알고 있으면서도 마치 참인 것처럼 말하는 과학적 사기(scientific fraud)도 이러한 연구 부정행위에 속한다. 이러한 연구 부정행위는 일종의 ‘장난질’(hoaxing)이다.⁶⁾ 일본 고고학자 후지무라 신이치 사건⁷⁾이나 우리나라 황우

2) 실제로 한국대학교육협의회 부설 고등교육연수원은 연구윤리를 이렇게 정의하고 있다. “연구윤리는 연구의 계획, 수행, 보고 등과 같은 연구의 전 과정에서 책임 있는 태도로 바람직한 연구를 추진하기 위해 지켜야 할 윤리적 원칙이라고 할 수 있다.” 위 연수원 편, 2011 연구윤리 교육 전문가 양성 과정(하계) 2011 : 12.

3) Levine R, Clarifying the Concept of Research Ethics, ed by Shanon TA, Bioethics, Ramsey, NJ : Paulist Press, 1981 : 296. 재인용. 진료와 연구의 구분에 관한 자세한 논의는 이 논문 참조.

4) 미연방규정 45 CFR 46.102, Definition, 여기서는 최병인, 생명과학 연구윤리, 서울 : 지코 사이언스, 2009 : 18, 재인용.

5) 지금까지 확인된 바에 따르면 이러한 과학적 사기 현상을 체계적으로 처음 다룬 자는 영국 수학자 찰스 배비지(Charles Babbage)이다. 그는 1830년 런던에서 발표된 “영국 학술의 몰락에 관한 고찰들”에서 한 꼭지를 할애하여 ‘학술사기’라는 주제를 다루었다. 즉, 이 발표에서 그는 오늘날 ‘FFP’로 불리는, 위조(forging), 요리하기(cooking), 다듬기(trimming) 등의 연구부정행위를 비난하였다. 이 셋 중에 그는 위조보다 요리하기가, 요리하기보다 다듬기가 더 위험하다고 하였다. 다듬기를 독일에서는 ‘데이터 마사지’라고 부른다. 이에 관한 자세한 논의는 H.Zankle, Falscher, Schwindler, Scharlatane, Betrug in Forschung und Wissenschaft, 2003, 도복선 김현정 역, 과학의 사기꾼, 서울 : 시아출판사, 2006 : 7-11 참조.

6) Whitbeck C, Research Ethics, Encyclopedia of Applied Ethics, Vol 3, New York: Academic Press, 1998 : 835.

석 박사의 ‘줄기세포 사건’, 그리고 가끔 언론에 보도되는 연구비의 부정사용 등은 이러한 연구 부정행위의 전형적인 사례라고 말할 수 있다. 이러한 연구 부정행위는 과학자 공동체가 연구 과정이나 결과물을 과학적인 객관적 기준에 따라 평가 내지 심사하지 않고 ‘제 식구 감싸기’식으로 눈을 감고 있기 때문에 발생하는 경향이 강하다. 그러니까 연구 부정행위의 근절을 위해서는 무엇보다 동료심사(peer review)의 엄정함이 요구된다.

II. 연구 활동과 관련된 윤리 물음

물론 연구 부정행위도 연구윤리의 핵심적인 주제라 아니할 수 없다. 실제로 연구 부정행위는 연구윤리의 기초여서, 현재 이에 관한 논의가 활발하게 전개되고 있다. 연구 활동이 실험실이라는 제한된 공간에서 행해지고, 과학이 전문화되고, 그리고 ‘개인과학에서 자본집약적이고 프로젝트화 된 거대과학’이 됨으로 말미암아 연구 과정의 투명성 확보가 어렵고 또 연구 결과에 대한 객관적 검증이 어려워 연구 부정행위는 끊어지지 않고 있다. 연구 활동 및 실험 기기의 복잡성으로 인한 혼돈이나 실수와 연구 부정행위는 구분되어야 하지만, 그 정확한 구분 기준이 무엇인가는 여전히 논쟁거리이다. 또 표절, 쿠킹 데이터 등이 무엇이며, 그 기준과 한계는 무엇인가 등도 연구윤리에서 다루어야 할 주요한 물음임에 분명하다. 하지만 이러한 연구 부정행위를 연구윤리의 전부로 생각하는 것은 잘못이며, 아니 엄밀히 말해 이러한 부정행위는 ‘연구윤리’라 부르기조차 어렵다. 왜냐하면 이러한 윤리는 ‘정직하라’ 혹은 ‘거짓말을 하지 말라’는 일상적인 도

덕규칙만으로도 얼마든지 설명가능하기 때문이다.

연구윤리가 학으로 성립하자면, 다른 맥락이나 상황에서 발생하지 않고 오직 연구와 연관된 고유한 도덕문제 영역이 존재해야 하기 때문이다. 예를 들어, 인터넷 윤리학 혹은 사이버 윤리학은 이미 철학에서 응용윤리학의 한 분야로 자리매김하고 있다. 사이버윤리학이 하나의 학문으로 분류될 수 있는 근본적인 이유는, 사이버 공간에서 발생하는 윤리 물음은 기존의 윤리이론이나 윤리원칙 혹은 도덕규칙으로 해결이 불가능하기 때문이다. 이와 대조적으로 우리는 ‘자동차 윤리학’이라는 용어를 사용하지 않는다. 자동차와 관련된 윤리적 물음이 없기 때문에 자동차 윤리학이라는 학문이 성립되지 않는 것은 아니다. 분명 자동차의 제조나 사용에도 윤리 물음이 발생한다. 그러면 왜 자동차 윤리학이라는 용어를 사용하지 않는가? 그 이유는 자동차의 제조나 사용에 관련된 모든 도덕 문제들은 ‘해악 금지 원칙’(no harm principle)과 같은 기존의 윤리원칙으로 설명이 가능하기 때문이다. 연구자의 부정행위도 마찬가지이다. 따라서 연구윤리는 연구자의 부정행위 이상을 함의한다. 즉, 연구윤리가 단순히 연구에 있어서 지켜야 할 ‘윤리강령’의 차원을 넘어, 응용윤리학의 새로운 하나의 학문으로 분류되자면 이제까지의 윤리이론이나 도덕규칙으로 설명이 곤란한 그 영역 고유의 도덕물음이 존재해야 한다.

그러면 연구윤리에 고유한 도덕문제는 무엇인가? 일부에서는 연구윤리의 쟁점을 과학 연구에서의 진실성 유지(research integrity), 논문 발표시의 저자표시(authorship) 및 공로(credit) 배분, 연구실 내에서의 권위 및 차별, 특정한 대

7) 일본 구석기 유물 날조 사건 보도, 부산일보, 2007. 11. 5.

상이나 연구방법을 포함하는 연구 그리고 과학자의 책임 등 다섯 가지로 분류한다.⁸⁾ 하지만 필자는 연구의 본성에 따라, 크게 연구 활동의 영역과 연구결과물의 발표 영역으로 구분하고자 한다. 연구자의 부정행위는 대체로 후자에 속하는 물음이다. 그러면 연구 활동 영역에서는 윤리 물음이 발생하지 않는가? 앞서 언급하였듯이, 연구 활동의 세 요소에 결과물의 발표 요소를 첨가하면 연구 영역은 크게 네 요소, 즉, 연구자, 연구행위, 연구대상 그리고 발표로 구성되어 있다. 이 네 요소 가운데 연구윤리에 본질적인 요소는 연구자와 발표가 아니라 연구행위와 연구대상이다. 왜냐하면 연구자와 발표는 다른 영역에서도 얼마든지 존재하기 때문이다. 예를 들어, 자동차의 경우에도 자동차를 만드는 공학자가 있는 반면에, 완성된 자동차를 언론에 공개하는 발표자가 별도로 존재하기 때문이다. 그래서 필자는 여기서 연구 활동 및 연구대상과 관련된 연구윤리 물음을 생명윤리와 연관지어 논의하고자 한다.

과학은 가치중립적이지 않고, 일부 과학연구는 윤리 문제가 발생한다.⁹⁾ 과학적 연구 활동에서 발생하는 윤리 물음은 크게 두 가지이다. 하나는 '과학적 윤리' 물음이고, 다른 하나는 '생명윤리' 물음이다.¹⁰⁾ 최근 미 식품의약국(FDA)이

허가한 게론(Geron)사의 인간 배아줄기세포의 임상시험을 한 예로 들어보자.¹¹⁾ 이는 사고로 척수가 손상돼 하반신 마비 환자에게 신경세포로 자라날 수 있는 줄기세포를 주사하여 환자를 치료하고자 하는 임상시험이다. 이러한 시험은 앞으로 2년 동안 10명의 척추손상 환자를 대상으로 계속 진행될 예정이다. 여기에는 두 가지 고려할 사항이 있다. 하나는 가설의 타당성 물음이다. 즉, 이 시험이 성공할 개연성 내지 확률이 과학적으로 어느 정도인가가 문제시된다. 물론 그 구체적 수치를 객관적 기준으로 설정하기는 어렵지만, 적어도 현재의 과학지식 수준에서 평가할 경우 그 성공 가능성이 희박한 '가설'임에도 불구하고 이러한 시험을 시행한다면 이는 분명 윤리적으로 문제가 있다. 즉, '신뢰도가 낮은 가설'에 근거한 연구는, '해악 금지 원칙'에 위배됨으로 윤리적으로 의문시되는데, 이를 우리는 '과학적 윤리'라고 부를 수 있다.¹²⁾

이 임상시험에는 또 다른 윤리적 문제가 있다. 그것은 바로 인간 배아줄기세포를 얻은 과정에서 발생하는 윤리이다. 실제로 게론사는 인공수정 후 남은 잉여배아를 이용하여 줄기세포를 얻었다. 물론 이 과정에서 수많은 배아가 실험 후 폐기되었을 것이다. 여기서 이런 윤리 물음이 발

8) 이에 관한 자세한 논의는 한국원자력연구소 편, 과학기술 연구윤리. 서울 : 두양사, 2006, "제2절 과학윤리의 쟁점" 참고. 김명진 역시 연구수행 과정, 논문 발표, 실험실 생활, 생의학 연구분야, 사회적 책임 등의 다섯 가지를 연구윤리의 쟁점으로 파악하고 있다. 김명진, 연구윤리의 쟁점과 현황. 시민과학센터. 제2차 시민과학 포럼: 연구진실성, 그 쟁점과 대책, 2006 : 2-3.

9) Bryant J, Baggott la Velle, Searle J, et al. Introduction to Bioethics. New Jersey: John Wiley & Sons, Ltd, 2005. 이원봉 옮김. 생명과학의 윤리. 서울 : 아카넷, 2008 : 25-28.

10) 프리드만은 연구의 진실성(integrity)을 정직성(honesty)과 완전함(whole)으로 나누면서, 정직성을 윤리적 차원으로, 그리고 완전함을 연구수행 과정에서의 세심함과 정확성으로 해석하고 있는데, 후자가 바로 과학적 차원의 윤리이다. Friedman PJ. An introduction to research ethics. Science and Engineering Ethics 1996 ; 2(4) : 443-456. 여기서, 프리드만, 연구윤리 서설. 유네스코한국위원회편, 과학연구윤리. 서울 : 당대, 2001 : 252.

11) 미 기업, 인간 배아줄기세포 첫 임상시험. 조선일보. 2010. 10. 14.

12) 실제로 2000년 미국에서 발생한 제스 젤싱어 사건은 이를 잘 보여준다. 제스 젤싱어(Jese Gelsinger)라는 18세 소년은 유전자 돌연변이로 인한 희귀 유전병인 OTC 결핍증을 앓고 있었다. 그 병은 치명적이기도 했지만, 제스의 경우는 증상이 가벼운 상태였다. 그런데 때마침 그 병을 일으키는 유전자 돌연변이를 발견하고 유전자 치료법을 개발하려고 노력하고 있던 과학자들이 실험에 자원해줄 사람을 찾고 있었다. 제스는 그 실험이 초기 단계라는 사실을 잘 알고 있었기에 자신에게 도움이 되지 않겠지만, 나중에 많은 사람들의 고통을 없애주리라는 생각에 실험에 참여하게 되었다. 하지만 제스는 아데노바이러스를 주입받은 후 위독한 상태가 되었고, 3일 만에 사망했다.

생한다. “인간 잉여배아의 폐기는 윤리적으로 옳은가?” 이는 인간생명의 출발점이 어디인가, 배아 폐기가 윤리적으로 허용될 수 있는가 등의 물음과 깊은 연관성을 지닌다. 이러한 물음은 오늘날 생명윤리 물음으로 일컬어지고 있다. 연구 활동 자체에서 발생하는 이러한 윤리 물음을 연구윤리는 다루지 않을 수 있다. 연구 활동 자체에서 본질적으로 발생하는 윤리 물음이라는 점에서 이를 우리는 연구윤리의 ‘본래적 문제’(intrinsic problems)라고 부를 수 있다. 이 점에 있어서 연구윤리는 생명윤리와 밀접한 연관성을 지닐 수밖에 없다. 특히 후자의 생명윤리 물음은 과학자의 전유물이 아니라 철학자, 법학자 등과 함께 풀어가야 할 학제적인 물음이다.

연구 활동에는 본래적인 문제뿐만 아니라 외래적인 물음(extrinsic problems)도 존재한다. 그 첫째는 앞서 언급한 ‘쿠킹 데이터’ ‘과학적 사기’ 등의 도덕성 물음이다. 즉, 과학적 연구 활동에는 과학성과 윤리성이 담보되어야 할 뿐만 아니라, 데이터의 조작이나 은폐와 같은 비윤리적인 행위가 일어나서는 아니 된다. 이는 객관성을 생명으로 하는 과학에서 너무나 당연한 주장이다. 둘째는 연구자 동료와의 관계 물음이다. 인문학 내지 사회과학적 연구와 달리 생명과학이나 의학의 연구는 대개의 경우 팀 연구로써, 다수 연구원의 공동 활동이다. 특히 보조연구원과의 관계에서 연구 결과에 집착한 나머지 비인격적인 관계가, 즉 비윤리적인 언행이 발생할 개연성이 있다. 이는 법이나 제도로 규제할 수 없고, 오직 연구자의 인격 내지 품성에 의존할 수밖에 없다. 특히 연구원이 연구대상이 되는 경우 신중을 기해야 한다. 실제로 인간을 대상으로 하는 실험의 효시로 알려진 에드워드 제너(E. Jen-

ner)는 천연두 백신을 개발하여 자신과 자신의 아들에게 먼저 주사하였다.¹³⁾ 이는 연구의 특성을 가장 잘 이해하고 있는 연구자 자신 내지 과학자가 공동체가 그 첫 실험 대상이 되어야 한다는 한스 요나스(H. Jonas)의 주장과 잘 부합하는 좋은 예이다.¹⁴⁾ 하지만 종속 관계에 있는 연구원 내지 연구보조원이 실험 대상이 되는 경우는 상황이 다르다. 한 예로써, ‘황우석 박사 사건’의 경우, 일부 연구원들은 ‘힘의 역학 관계’로 인해 자신들의 의사에 반하여 난자 채취에 동의하지 않을 수 없었다. 요나스의 원칙에 따르면, 연구책임자는 연구원이 아니라 먼저 자신의 아내 내지 딸의 난자를 채취하여 줄기세포를 연구했어야 마땅하다. 종속 관계에 있는 연구원에 대한 이러한 실험 대상 강요는 ‘힘 없는’ 자에 대한 ‘힘 있는 자’의 ‘인격적 폭거’라고 말할 수 있다. 특히 ‘군사부일체’라는 문화적 특성으로 인해 한국 사회에서는 이러한 폭거가 은밀하게 이루어질 개연성이 높을 뿐만 아니라 당연하게 간주되는 경향이 있어 주의가 요망된다.

셋째는 연구 폐기물의 처리 물음이다. 즉, 연구 활동에는 반드시 연구 폐기물이 발생하는데, 그 폐기물의 처리가 생태계의 오염이나 환경파괴를 야기할 수 있고, 심한 경우 인체에 위해한 바이러스나 세균을 만들어낼 수 있다. 왜냐하면 최근의 생명공학과 의학의 연구는 생명의 신비로 알려진 유전자 조작과 깊게 연관되어 있어, 유전자 조작 생명체가 실험실 밖의 자연 생태계에도 인과적 영향을 미칠 수 있기 때문이다. 실제로 일본에서는 유전자 진단 등을 하고 있는 대학병원과 종합병원의 40% 이상이 DNA를 일반 폐기물과 같이 버리거나 배수구에 흘려 보내고 있음이 일본 후생성 연구반의 실태조사 결과 드러

13) 최병인, 생명과학 연구윤리, 95.

14) Jonas H, Philosophical Reflections on Experimenting with Human Subjects, eds by Mapps TA, Zembaty JS, Biomedical Ethics, New York : McGraw-Hill, Inc., 1991 : 219.

났다. 유전병이나 난치병 진단 과정에서 복제된 DNA가 연구원이나 쓰레기 처리업자의 호흡기나 피부의 상처 등을 통해 몸 안에 들어가게 되면, 세포에 자리 잡아 암 등을 유발할 위험이 크다고 이 연구반은 지적하고 있다. 이런 실태는 비단 일본뿐만 아니라 유전자 재조합 기술을 사용하는 거의 모든 나라에서 자행되기 쉽다. 네 번째는 이와 연관된 실험실의 안정성 물음이다. 즉, 환경 보호와 실험실의 안전성 물음도 연구윤리의 중요 영역으로 분류된다.¹⁵⁾ 실험실은 연구 폐기물을 안전하게 관리하도록 설계되어야 할 뿐만 아니라 연구원들의 건강에 위해하지 않도록 그 안전성을 확보해야 한다.

마지막 다섯 번째는 연구 활동 자체가 그리고 연구 결과물이 사회에 미치는 영향의 물음이다. 이를 우리는 ‘사회영향 평가’라고 말할 수 있다.¹⁶⁾ 예를 들어, 유전학자가 인간 유전자를 돼지에 주입하여 키메라를 ‘창조’하였다고 하자. 이에 대해 과학기술의 가치중립성과 진리 발견의 가치를 들어, 그 사회적 영향과 상관없이 이러한 생명과학 연구는 보장되어야 한다고 주장할 수 있다. 하지만 과학기술 역시 ‘인간을 위해’ 존재하기 때문에 우리는 그 사회적 영향 평가를 부인할 수 없다. 또 제도나 법률 혹은 윤리의식 고취를 통해 일부의 사회적 부작용을 제거할 수 있지만, 일부의 생명공학 기술은 사회에 지대한 악영향을 미치기도 한다. 최근 유전적 자질 함양 기술이 사회적 불평등을 심화시키지 않는

나에 관한 논쟁이 ‘유전자 윤리학’(Genethics)의 이름으로 활발하게 진행되고 있는 이유도 여기에 있다.¹⁷⁾ “과학은 할 수 있으면 해도 좋다.”는 논리를 따르지만, 윤리는 “할 수 있는 것에 대해 하여도 좋은지?”를 묻는다. 사회적 영향 평가에서 과학자의 양심 내지 객관적 태도가 무엇보다 중요하다. 그러니까 많은 과학기술은 사용자에 의해 그 가치가 결정되는 가치중립적이지만, 일부의 과학기술은 그 자체로 긍정적 가치와 부정적 가치를 동시에 지닌다. 예를 들어, 자동차는 인류에게 이동의 편리함을 가져다주었지만 이산화탄소의 배출로 인해 환경을 오염시킨다. 이는 자동차만의 문제가 아니라 대부분의 생명공학 기술이 그러하다. GMOs는 이러한 특성을 잘 보여준다.

그런데 문제는 연구 성과에 집착한 나머지 결과물로 얻어진 과학기술이 지니는 부정적 가치가 은폐되고 있다는 점이다. 뿐만 아니라 과학자들은 ‘현재적 이득’을 지나치게 강조하는 반면에, 미래의 ‘잠재적 위험’에 대해서는 눈을 감는 경향이 있다.¹⁸⁾ 언론 플레이를 통해 교묘하게 이루어지고 있어서, 이러한 잠재적 위험은 연구 당사자 내지는 전문가가 아닌 일반 시민들은 알 수 없다. 따라서 과학자는 전문가로서 이러한 위험에 대해 알릴 ‘내부 고발’의 윤리적 의무 내지 ‘전문가적 증인’(expert witness)의 의무를 지닌다.¹⁹⁾ “과학자로서 할 수 있는 최악의 행동 중 하나는 일군의 동료과학자들 앞에서 진실을 부인하는 것이다.”²⁰⁾ 실제로 미국 등 선진국에서

15) Whitbeck C, Research Ethics, Encyclopedia of Applied Ethics, Vol 3, New York : Academic Press, 1998 : 836.
 16) 이는 과학자의 사회적 책임 물음으로 전문직 윤리와 중첩되는 부분이다. 즉, 연구윤리는 전문직 윤리에도 중첩되는 부분을 지닌다. 송성수, 연구윤리의 이해: 쟁점과 과제, 과학기술정책 2006 ; 16(1) : 3-4 참조.
 17) 유전자 윤리학 및 유전적 불평등 물음에 관한 자세한 논의는 김상득, 유전자윤리학, 서울 : 철학과현실사, 2009를 참조.
 18) 생의학 연구에서 위험을 인식하고 대처하는 방안에 관한 자세한 논의는 김호기, 생명공학기술의 사용과 위험평가 및 위험관리, 생명윤리정책센터, 생명윤리정책연구, 2008 ; 2(2) : 105-122 및 이일학, 의학연구에서 위험성 평가, 생명윤리정책연구 2008 ; 2(3) : 215-230 참조.
 19) ‘전문가적 증인’ 의무에 대해서는 Frazer MJ, Kornhauser A, Social Responsibility in Science Education, New York : Pergmon, 1996, 송진웅 옮김, 과학교육에서의 윤리와 사회적 책임, 서울 : 명경, 1994 : 58-59 참조.
 20) Friedman PJ, An introduction to research ethics, Science and Engineering Ethics 1996 ; 2(4) : 443-56. 여기서는, 프리드만, 연구윤리 서설, 유네스코한국위원회편, 과학연구윤리, 서울 : 당대 2001 : 278.

는 GMOs의 안전성 확보를 위해 2000년 캐나다 몬트리올에서 유전자 조작 농산물의 국제 거래를 안전하게 관리하려는 <생명공학 안전성에 관한 카르타헤나 의정서>를 채택하였다. 이 의정서는 생명공학의 위험성과 혜택을 동시에 인정하면서 이미 국제적인 이슈로 등장한 GMOs의 공정 및 수출입에 관한 안전 윤리를 제고할 것을 주장하고 있다. 즉, 이 의정서는 <환경과 개발에 관한 리우선언>(Rio Declaration on Environment and Development)에 의거하여 생명공학기술의 특성을 고려하여 ‘사전예방 원칙’(precautionary principle)이 결정적으로 중요하다는 사실을 처음으로 제도화하고 있다.²¹⁾ 그러니까 GMOs와 같이 현재의 과학기술로 그 위해성을 과학적으로 입증할 수 없는 경우에도, 관련 종사자는 그 잠재적 피해를 최소화하기 위해 필요한 모든 조치를 취해야 하며 또 수입국은 GMOs의 수입을 금지할 수 있도록 이 의정서는 규정하고 있다. 이처럼 부정적 가치를 지닌, 특히 잠재적 위험을 지닌 생의학 기술의 공표와 사용에 선의의 희생자가 발생하지 않도록 연구자의 양심이 필요한 시대이다.²²⁾

III. 연구 대상과 관련된 윤리 물음

연구 활동과 직·간접적으로 관련된 이러한 본래적 물음 및 외래적 물음뿐만 아니라 연구대상과 관련된 윤리 물음도 존재한다. 연구대상은 크게 세 종류로 구분할 수 있다. 첫째는 무생물이며, 둘째는 인간이 아닌 동식물이며, 셋째는 인체이다. 무생물이 아닌 동식물, 특히 동물을 실

험 대상으로 삼는 경우에도 동물의 권리 물음이 발생하지만, 여기서는 논외로 하고자 한다. 무엇보다 다른 공학과 달리 생명공학 및 의학은 인체를 연구대상으로 삼지 않을 수 없다. 왜냐하면 생명과학과 생명공학은 생명 현상을 과학적으로 탐구하여, 우리가 원하는 방식으로 생명을 ‘창조’하고자 하는데, 그 궁극적 대상은 결국 인간 생명이기 때문이다.²³⁾ 물론 대부분의 경우 인간 생명이나 몸의 전부가 아니라 그 일부가 연구 대상이 된다. 그럼에도 불구하고 인간은 자기 신체에 대한 소유권을 갖기에 신체 일부를 연구 대상으로 삼는 경우에도 ‘사람과 사람의 관계 윤리’ 물음이 발생할 수밖에 없다. 즉, 칸트가 말한 대로 우리는 결코 다른 인간을 목적이 아닌 수단으로 대우해서는 안 되기 때문에, 연구자는 연구대상을 목적으로 대우해야 한다는 윤리의 근본 원칙을 항상 명심해야 한다. 달리 말해, 연구자는 연구 대상의 ‘인간존엄성’을 존중해야 한다. 인간존엄성의 핵심은 개인의 자율성 존중이다. 이를 생명윤리학에서는 ‘자율성 존중 원칙’이라 부르며, 임상시험에서 반드시 지켜져야 할 윤리 원칙으로 자리매김하고 있다. 물론 이는 연구대상에 관한 사적인 정보를 본래의 목적 외에 다른 용도로 사용하지 말아야 하는 비밀유지의 의무도 포함한다. 연구자는 임상시험 대상자로부터 반드시 ‘충분한 정보에 근거한 동의’(informed consent)를 얻어야 한다. 이는 이미 1946년의 ‘뉴른베르크 강령’, 1964년의 ‘헬싱키 선언’ 그리고 1973년의 ‘벨몬트 보고서’ 등에서 명문화되었으며, 우리나라에서도 2004년 제정된 ‘생명윤리 및 안전에 관한 법률’은 제4조 책무 조항에서 ‘인

21) <The Cartagena Protocol on Biosafety>(2000.3) Article 1 Objective 참조.

22) 독일 헌법재판소는 대학의 연구자는 연구가 사회에 미치는 효과를 함께 고려할 의무와 위험한 연구 결과를 알릴 의무를 부과한 독일 헤센 주의 대학법 제6조에 대해 합헌 결정을 내린 바 있다. 김은정, 과학 기술 연구의 자유의 한계와 연구 윤리, 생명공학 시대의 법과 윤리, 서울 : 이화여자대학교출판부, 2000 : 337.

23) 생명공학과 의학이 왜 윤리 물음을 야기하는지에 관한 자세한 논의하는 김상득, 생명의료윤리학, 서울 : 철학과현실사, 2000 : 22-27 참조.

간의 존엄과 가치를 침해하지 않는' 범위 내에서의 생명과학 연구가 이루어져야 한다고 규정하고 있다.²⁴⁾ 특히 '벨몬트 보고서'는 인간 대상 연구에서는 인간존중(Respect for Person), 선행(Beneficence), 그리고 정의(Justice)라는 3가지 윤리 원칙이 준수되어야 한다고 강조하고 있다. 이런 면에서 보면 연구윤리의 상당 부분은 임상시험의 윤리와 중복된다고 말할 수 있다.

이처럼 연구윤리는 임상시험의 윤리를 핵심으로 하면서 생명윤리와 밀접하게 연관되어 있다. 이미 알려진 대로 '생명윤리학'(bioethics)이라는 신조어를 만들어 처음 사용한 자는 위스콘신대학의 암 연구가 포터(Van Rensselaer Potter) 교수이다. 즉, '생명윤리학'이라는 용어는 1970년 「생물학 및 의학에 관한 관점들」(Perspectives in Biology and Medicine)에 발표한 그의 논문 "생명윤리학, 생존의 과학"(Bioethics, the Science of Survival)에서 처음 사용되었으며, 그 이듬해 1월 그가 「생명윤리학: 미래에로의 다리」(Bioethics: Bridge to the Future)라는 책을 출간함으로써 학계에 본격적으로 알려지게 되었다. 논문과 책 제목에서 알 수 있듯이, 그는 생명윤리학을 이질적인 두 학문인 과학과 인문학 사이에 다리를 놓아주는, 그럼으로 말미암아 인류의 생존을 보장하는 '학제적 학문'으로 생각하였다. 이 책에서 그는 생명

윤리학을 "생물학 및 생명과학 일반으로부터 발생하는, 그리고 인간 복지와 직·간접적으로 연관된 도덕적, 사회적, 정치적 물음들을 탐구하는 학문"으로 정의하였다.²⁵⁾ 그러니까 그는 "각 개인의 삶을 풍요롭게 하고 나아가 사회가 수용할 수 있는 형태로 인간 종의 생존을 연장하는 것"을 생명윤리학의 궁극 목적으로 보았다. 이런 정의에 따르면, 환경윤리를 포함하여, 인간 복지와 관련된 거의 모든 물음이 생명윤리학의 탐구 대상이 되고, 연구윤리도 예외가 아니다. 하지만 협의의 의미로 보면 생명윤리학은 생명과학과 밀접한 연관성을 지닌다. 그러니까 'bioethics'에서 'bio'는 '생명'(life)을 뜻하는 게 아니라, '생명과학'(life science)을 의미한다. 다시 말해, 생명윤리학은 단순히 생명을 존중하는 윤리가 아니라 생명과학의 발전으로 인해 제기한 새로운 윤리 물음을 다루는 학문이다. 특히 생명과학과 의학의 발달이 우리들에게 예상하지 못한 새로운 윤리 물음을 야기하기에, 생명윤리학은 생명의료윤리학(biomedical ethics)이라 불리기도 한다.

따라서 생명윤리학을 이런 협의의 의미로 받아들인다면, 연구윤리는 생명윤리학과 불가분의 관계를 지니지만, 일부 연구윤리는 생명윤리학으로 간주하기 어렵다.²⁶⁾ 즉, 생명과학 및 의학과 연관된 윤리학적 연구는 크게 생명윤리적 접근법과 연구윤리적 접근법으로 나눌 수 있는데,

24) '뉴른베르크 강령' 제5조는 "사망이나 기능적 장애를 일으킬지도 모른다고 미리 예상되는 실험은 해서는 안 된다"고, 그리고 '헬싱키 선언' 제1조 4항은 "사람을 대상으로 하는 생물학적인 연구는 그 연구 목적의 중요성이 그 대상인 사람에 대한 위험성을 고려한 것이 아니면 합법적으로 행할 수가 없다."라고 규정하고 있다. 金英均, 인품드 컨센트, 서울 : 수석문화재단, 1997 : 28-29 참조.

25) Frey RG, Bioethics, ed by Craig E, Routledge Encyclopedia of Philosophy, Vol 1, London and New York : Routledge, 1998 : 773. 길런 역시 생명윤리학을 "생물학 분야에서 제기되는 윤리적 물음에 대한 연구"로 정의한 다음, 의학, 간호학, 생명과학 등이 생물학 분야에 속한다고 주장한다. Gillon R, Bioethics, Encyclopedia of Applied Ethics, Vol 1, New York : Academic Press, 1998 : 306.

26) 이와 달리 홍석영은 생명과학의 연구윤리 지형에 대해 이렇게 말한다. "연구윤리란 인간의 여러 활동 중 연구와 관련된 윤리로 정의할 수 있다. 그렇다면 단어의 외연은 윤리 < 연구윤리 > 과학연구윤리 < 생명과학 연구윤리 순으로 감소함을 알 수 있다. 즉 연구윤리는 윤리가 연구 활동과 관련하여 특수화한 것이고, 과학연구윤리는 연구윤리가 과학과 관련하여 특수화한 것이고, 생명과학 연구윤리는 그 과학연구윤리가 다시 생명과학과 관련하여 특수화한 것이다." 이는 단지 연구윤리의 관점에서 분석한 개념 틀로 생명윤리학과 연관성을 간과하고 있다. 홍석영, 생명과학 연구윤리 교육과정 개발을 위한 일 연구, 한국의료윤리교육학회지 2007 ; 10(1) : 100.

전자가 생명윤리학과 후자가 연구윤리학으로 둘 다 응용윤리학에 속한다.²⁷⁾ 하지만 이 둘은 어느 하나가 다른 하나를 포섭하는 관계가 아니라 상호 증첩적인 관계에 있다. 예를 들어, 연구 결과물의 출판 내지 공표와 관련되어 제기되는 많은 연구윤리의 물음은 생명윤리학에 포함시키기 어렵기 때문이다. 이미 앞서 지적하였듯이, 이는 “거짓말을 하지 말라.”는 일반적인 도덕 규칙으로 모두 설명이 가능하기 때문이다. 그럼에도 불구하고 연구윤리에 생명윤리학적 논의가 중요한 이유는 앞서 지적하였듯이, 연구 활동 및 연구 대상과 관련된 대부분의 연구윤리 물음들이 이미 생명윤리학에서 중심 주제로 다루어지고 있기 때문이다. 이런 면에서 생명과학 및 의학에서의 연구윤리는 생명윤리를 그 핵심으로 하고 있다고 해도 과언이 아니다. 개념적인 관계가 이처럼 명확함에도 불구하고, 아직 우리나라의 연구윤리 연구는 연구부정 행위에 초점이 맞추어져 있고, 생명윤리학적 논의는 간과되고 있다. 따라서 생의학에서 연구윤리를 정착하자면 이에 종사하는 과학자에 대한 생명윤리 교육이 필요하다.

IV. 연구윤리를 위한 제언: 생명윤리 교육

생명윤리 교육이 필요한 근본적인 이유는 인간은 ‘안경’을 끼고 세상을 본다는 사실 때문이다. 그러니까 인간은 동일한 현상 내지 사건을 두 눈으로 보고서도 이해하거나 받아들이는 ‘사실’이 다르다. 실제로 과학적 연구 역시 일반인

들이 두 눈으로 보고서도 ‘보지 못하는 사실’을 우리에게 알려주는 작업이라고 말할 수 있다. 이런 면에서 과학자는 ‘과학의 눈’을 갖고 우리에게 ‘새로운 눈’을 뜨게 해주었다고 해도 과언이 아니다. 하지만 과학자에게는 과학의 눈만 필요한 것이 아니라 ‘윤리의 눈’도 필요하다. 다시 말해, 연구자는 과학의 안경을 끼고 연구 대상을 관찰하고 실험해야 할 뿐만 아니라 윤리의 안경도 껴야 한다. 왜냐하면 연구자 역시 인간이고, 연구 활동 역시 인간을 위한 활동이기 때문이다. 이제까지 대학과 대학원 커리큘럼은 오직 ‘과학의 눈’을 길러주는 데 역점을 두었지, ‘윤리의 눈’은 길러주지 못하고 있다. 아니 더 정확하게 말하면, 과학자가 되는 길은 이제까지 끼고 있던 ‘윤리의 안경’을 벗도록 강요하여 왔다고 해도 과언은 아니다. 물론 연구자는 베이컨이 말한 대로 ‘우상’이라는 편견에서 벗어나 사실을 객관적으로 보도록 훈련받아야 한다. 그러나 윤리는 결코 ‘우상’이 아니라 ‘나침반’이다. 그러니까 연구자는 두 나침반, 즉 과학의 나침반과 윤리의 나침반을 따라야 한다. 문제는 이 두 나침반이 때로 상충한다는 사실이다. 이 상충의 물음을 해결하고자 탐구하는 학문이 바로 ‘연구윤리학’이라고 말할 수 있다. 그럼에도 이제까지 우리는 아예 윤리의 나침반을 무시하고, 과학의 나침반만 맹신하고 연구 활동에 종사해 왔다.

윤리의 나침반을 회복하여 연구자가 윤리의 안경을 끼고 연구에 종사하도록 하는, 윤리 의식을 고취시켜야 한다.²⁸⁾ 즉, 연구자가 연구 활동, 연구 대상자와의 관계, 연구 결과물의 공표 등을

27) 한면회도 연구윤리를 응용윤리학의 한 분야로 간주하면서 생명윤리학과 동등한 지위를 부여하고 있다. 한면회, 환경 분야 연구윤리의 특성과 과제, 성균관대학교 연구윤리위원회 편, 연구윤리의 기초와 응용-2007년 대학 학회 연구윤리 학술대회, 2007 : 42.

28) 연구윤리 교육에 대한 홍석영의 제안은 의미심장하다. “생명과학 연구윤리를 교육할 때 기본 가치 또는 내용을 전달하는데 중점을 둘 것인가, 아니면 연구윤리와 관련된 판단능력을 함양하는 데 중점을 둘 것인가에 대한 논의가 있다. 대학원 또는 연구책임자 수준에서는 연구윤리와 관련된 판단 능력의 함양에, 학부 교양 수준에서는 연구윤리와 관련된 기본 가치 및 내용을 전달하는 데 좀 더 집중해야 한다고 생각한다.” 홍석영, 생명과학 연구윤리 교육과정 개발을 위한 일 연구, 한국의료윤리교육학회지 2007 ; 10(1) : 105.

윤리적 관점에서 바라보도록 하는 ‘눈’을 기르지 않는 한 연구 윤리는 요원해질 수밖에 없다. 그렇다고 연구윤리를 단순히 개인윤리의 문제로 치부해서는 안 된다. 왜냐하면 “연구윤리 문제는 부분적으로는 연구자 자신의 주관적·도덕적 자세의 문제이기도 하지만 그러나 근본적으로는 사회윤리의 문제요, 따라서 정치적·제도적 차원의 정의구현의 문제”이기 때문이다.²⁹⁾ 그러면 연구자의 윤리의식을 어떻게 고양시킬 수 있는가? 두 가지 방안을 생각할 수 있다. 하나는 제도 내지 법률의 마련이요, 다른 하나는 생명윤리 교육이다. 실제로 1997년 유네스코 제29차 총회에서 채택한 ‘인간유전체와 인권에 관한 만국 선언’은 4가지 윤리 원칙-인권 존중, 기본적 자유, 인간존엄성, 공중보건-을 제시하면서, 제20조는 이렇게 규정하고 있다. “각국은 선언에서 제시된 원칙들을 촉진하기 위해 교육 및 관련 수단을 통해서 적합한 조치를 강구해야 한다.”³⁰⁾ 교육과 제도, 이 두 가지는 물론 서로 밀접하게 연관되어 있지만, 연구윤리위원회의 활성화는 전자의 좋은 예이고, 공학인증제를 통한 생명윤리교육은 후자의 좋은 예라고 말할 수 있다. 연구윤리위원회가 형식적 기구가 아니라 앞서 언급한 과학적 윤리와 생명윤리 물음뿐만 아니라 외래적인 연구윤리 물음을 실질적으로 감시하여 보장하는 역할을 감당하고자 하면, 위원의 구성 및 위원 교육에 철저해야 한다.³¹⁾ 즉, 연구윤리위원회에는 과학자뿐만 아니라 인문사회학자가 반드시 참여해야 하며, 과학의 문외한인 인문사회학

자에게는 과학의 눈을, 그리고 윤리의 문외한인 과학자에게는 윤리의 눈을 갖도록 교육해야 한다. 그리고 지금의 공학인증제를 강화하여, 생명윤리학을 그 필수과목으로 채택해야 할 것이다. 생명윤리학을 필수과목화 할 뿐만 아니라, 그 내용 역시 연구윤리 확보에 필수적인 주제들을 다루도록 해야 할 것이다. 그러니까 연구자, 연구활동, 연구 대상 등과 관련된 생명윤리가 다루어져야 하며, 윤리의 눈을 개발하기 위한 근본적인 윤리 원칙에 대한 교육이 필요하다. 뷰참과 치일드레스의 ‘생명의료윤리의 네 가지 원칙’-자율성 존중 원칙, 악행 금지 원칙, 선행 원칙, 정의 원칙-이 그 좋은 예이다.³²⁾ 어쩌면 생명윤리 교육 자체가 연구윤리의 핵심인지 모른다. 왜냐하면 적극적인 행위뿐만 아니라 소극적인 무위(inaction)도 중대한 결과를 야기하기 때문이다. 다시 말해, 생명윤리 교육을 행하지 않는 무위 역시 연구윤리 확보를 불가능하게 만드는 ‘연구윤리 위반’이다.

그렇다고 연구자가 이 모든 연구윤리를 직접 고려하면서 연구 활동을 해야 한다는 뜻은 아니다. 필자는 과학자는 ‘연구윤리’를 준수해야 한다고 주장할 따름이지 과학자가 ‘연구윤리학’을 직접 감당해야 한다고 주장하지는 않는다. 연구윤리를 준수하는 일과 연구윤리학을 탐구하는 일은 별개의 물음이다. 물론 과학자도 연구윤리학을 탐구할 수 있고, 아니 어느 누구보다도 연구윤리학 탐구의 책임자임에 분명하다. 다만 연구윤리학의 객관성 내지 공정성 확보를 위해 과

29) 박은정, 생명공학과 연구윤리, 유네스코한국위원회편, 과학연구윤리, 서울 : 당대, 2001 : 84.

30) 의학교육연수원 편, 임상윤리학, 서울: 서울대학교출판부, 2009: 595.

31) 연구윤리위원회가 과학의 가치 물음을 넘어 연구 방법이나 결과물의 과학적 타당성까지 심사해야 하느냐의 물음은 연구윤리학에서 중요한 논쟁점 가운데 하나이다. Levine R, Research Ethics Committees, Encyclopedia of Bioethics, Vol 4, New York : Simon & Schuster Macmillan, 1995 : 2267 참조.

32) Beauchamp TL, Childress JF, Principles of Biomedical Ethics, Oxford : Oxford University Press, 1994 참조.

33) ‘성찰성’ 및 ‘과학의 민주화’에 관한 자세한 논의는 김환석, 과학기술 시대의 연구윤리, 유네스코한국위원회 편, 과학연구윤리, 서울 : 당대, 2001 : 35-38 참조.

학자와 인문사회과학자들이 함께 학제적으로 연구하고자 하는 개방적인 태도가 필요하다. 즉, 과학자는 과학의 전문가이지 윤리의 전문가가 아님을 겸허하게 인정하고, ‘성찰적 과학자’로서 인문사회과학자 및 일반인과 함께 과학윤리 내지 연구윤리를 논의하는 ‘과학의 민주화’가 필요하다.³³⁾ 이러한 과정을 통해 연구윤리가 확보되지 아니하면, 정치철학의 화두인 ‘더러운 손’(dirty hands)의 정당성 물음이 과학자에게도 제기되어 과학적 연구 활동 자체가 손상당할 수 있다.³⁴⁾ ㉠

“인간이 얻게 된 모든 새로운 힘은
동시에 인간을 지배하는 힘이다.
인간은 진보할 때마다 더 강해지면서
동시에 더 약해진다.
모든 승리에서 인간은 개선장군이면서
동시에 개선 행렬을 뒤따르는 포로이다.”
- C.S. Lewis, *The Abolition of Man*, 1947

색인어

연구윤리, 생명윤리학, 연구 부정행위, 생명윤리 교육

34) 이 글은 한국학술단체총연합회 주최 ‘2010년 제2차 연구윤리 포럼(2010. 한밭대학교)에서 발표된 원고를 수정보완한 논문이다.

Research Ethics and Bioethics Education in Biomedical Science

KIM Sang-Deuk*

Abstract

The purpose of this article is to inquire into the nature of research ethics in biomedical science and argue for the necessity of bioethics education. The article examines *extrinsic* problems, such as research misconduct (“FFP”), as well as *intrinsic* problems that arise in the process of carrying out biomedical research. Since bioethics refers to the moral problems that arise in biomedical science, there is an essential connection between research ethics and bioethics. In particular, this article argues that bioethics should be treated as a core component of research ethics education and, furthermore, that it is a violation of research ethics not to teach research ethics and bioethics within the field of biomedical science.

Keywords

research ethics, bioethics, research misconduct, education of bioethics

* Department of Philosophy, Chonbuk University: Corresponding Author