

임상유전학 교육에서 새로운 교과과정 개발의 필요성

이창우

원광대학교 의과대학 소아청소년과학교실

The Need for a New Curriculum in Clinical Genetic Education

Chang-Woo Lee

Department of Pediatrics, Wonkwang University School of Medicine, Iksan, Korea

It is becoming increasingly important for medical doctors to have a thorough understanding of human genetics and the ethical, legal, and social implications of genetic testing, counseling, and treatment. As genetic engineering and technology evolves, medical doctors will find themselves called in to counsel patients about a rapidly increasing number of diseases for which genetic testing and treatments are available. Medical doctors will need to master a new set of principles and clinical skills. A lack of knowledge about these issues and problems may lead to serious, lifelong or even fatal negative effects on patients. Medical genetics has moved from the study of rare conditions to the illumination of disorders that impact the entire spectrum of medical practice. This study demonstrates several areas in which medical genetics is clearly an important tool in medical practice and the necessity of establishing new curriculum for clinical genetic education in Korea. Medical students nearing graduation may lack genetic knowledge that is essential for daily practice because genetics has little or no place in clinical teaching. Medical schools should make extensive curriculum changes to increase students' awareness of clinical genetics and its ethical implications. The medical school curriculum will need creative new approaches to keeping up with the rapid pace of evolution of clinical genetics.

Keywords: Medical education, Genetics, Curriculum

Corresponding author

Chang-Woo Lee
Department of Pediatrics,
Wonkwang University School of
Medicine, 460 Iksan-daero, Iksan
570-974, Korea
Tel: +82-63-859-1500
Fax: +82-63-853-3670
E-mail: chan30411@gmail.com

Received: January 15, 2014
Revised: February 10, 2014
Accepted: February 11, 2014

서론

유전학은 최근 몇십 년 동안의 빠른 발전으로 임상의학에서 차지하는 비중이 계속 증가하고 있다. 초기에는 희귀한 질환에 대한 연구와 진단을 위한 연구로 시작되었지만 유전자에 대한 연구가 발전하면서 거의 모든 흔한 질환에 대한 유전학적 규명으로 거의 모든 질환에 대한 해석까지를 포괄하는 영역으로 확대되어가고 있다 (Collins, 1999). 국내에서는 유전공학, 생명공학에 대한 높은 관심과 이와 관련된 연구가 차세대 동력산업으로 지정되어 연구지원이 집중되고 있지만, 가장 중요한 부분인 유전 생명공학을 실제로 인체에 적용하여 국민의 건강과 환자치료에 적용하는 의학 유전학에 대한 교육 및 연구에 대한 관심과 지원은 미비한 실정이다.

유전학은 실제 진료에도 점점 더 중요한 역할을 하게 되고 있기 때문에 임상의학에는 정확한 기초지식과 윤리적인 치료원칙, 새로운 임상기술의 습득이 중요하다(Hunter et al., 1998). 하지만 외국에

서도 이러한 유전학적인 지식이 졸업을 앞둔 의과대학생들에게 부족하여 의학교육과정의 변화가 필요하다는 보고가 있다(Baars et al., 2005).

이는 필연적으로 의학교육과정에서도 임상유전학의 빠른 발전과 그 중요성을 인식하고 교육과정의 변화를 꾀해야 할 것이다. 이러한 유전학의 발전은 십여 년 전부터 시작되었지만 교육과정의 변화는 부족한 편이다(Challen et al., 2005). 초기에 유전학은 주로 기초과학으로 생각되어 혼자 독립되어 있는 과목이거나 생화학, 세포생물학의 일부로 생각되어 왔다. 그래서 임상교육 영역에 있어 유전학에 대한 관심도는 낮고, 이는 결과적으로 의과대학 학생들이 유전학 자체가 임상진료와 치료에 큰 관련이 없다는 생각을 가지게 만들 수 있었다. 최근 많은 대학들이 새로운 과정의 유전학 교육을 개발하고 임상 및 실습과정에 포함시키고자 노력하고 있다. 본 논문은 유전학을 기초과학 영역에서 임상교육에 자연스럽게 통합시키기 위한 접근법과 교육과정 변화의 필요성을 제시하였다.

임상유전학 교육에서 새로운 교과과정의 필요성

유전자 기술의 비약적인 발전으로 유전학은 의학의 기초학문에 서 실제 환자의 진단과 치료에 도움을 줄 수 있는 임상과목으로 변화하고 있다. 각 분과별로 이루어지고 있는 임상유전학의 교육도 개별적인 교육보다는 통합적이고 체계적이며 전문적인 교육이 필요하다. 이러한 유전학의 변화와 그 교육의 필요성을 단계별로 서술하였고 외국의 예를 제시하였다. 임상에서 유전학의 비중 증가과정과 의학교육에 기본적으로 필요한 유전학의 중요성을 서술하였고 몇 가지 교육방법을 문헌 고찰하여 유전학 교육의 방향성을 제시하였다. 마지막으로 임상에서 환자와 가족, 사회에서 문제가 될 수 있는 윤리적, 법적인 문제도 간과해서는 안될 것이다.

임상에서 유전학의 비중 증가

유전학은 보통 임상에서 단일 유전자 또는 단일 염색체의 변화로 야기된 질환을 검사하고 진단하는 것에 주로 초점을 두고 있었다. 그러나 유전학의 빠른 발전으로 이에 대한 지식이 급격하게 늘어나고 유전공학적인 기술도 발전함에 따라 임상에 적용되고 응용되어 개인의 건강은 물론 사회적인 공중위생 차원에서 도 도움이 되고 있다(Holtzman & Marteau, 2000). 예를 들면 염색체의 불균형으로 인한 증후군을 규명하여 미리 예방할 수 있고 선천성대사질환에 대한 신생아 스크리닝이 가능하며 최근에는 진단을 유전자 분자구조를 검사하여 확진할 수 있게 발전하였다.

그러나 이러한 발전은 희귀한 질환들에 대한 진단과 치료라는 부분에 국한되어 의학 전체적인 질환의 진단과 치료에 주류가 되지는 못했다. 그래서 의과대학에서 유전학 교육은 임상적인 진단과 치료보다는 일반적으로 기초과학 교육과정에만 제한되어 있었으며 독립된 학문이거나 종종 분자생물학의 일부분으로 교육되어 왔다. 유전학적 인자가 고혈압, 심근경색, 뇌경색, 당뇨, 암과 같은 흔하고 치명적인 질병에 기여한다는 것은 오래 전부터 알려져 왔으나 이러한 질병들에 대한 발병은 매우 복잡하여 규명하기 어려운 것으로 알려져 있었다. 여러 유전학적 인자가 환경적 인자와 만나서 질환의 위험도가 증가한다고 생각하여, 특정 유전자가 발견되어도 개인에게 나타날 때는 다른 정도로 발현이 되는 것으로 생각되고 있었다. 그러나 human genome project가 완성되면서 우리는 어떤 유전자가 특정한 질환의 병태생리에 관여하는가를 파악할 수 있게 되었고 임상에서의 진료와 치료의 양상도 현재의 증상 치료 개념에서 크게 바뀌게 될 것이다(Collins, 1999). 그리고 유전학적 검사기술로 자신의 환자에게 미래에 발생할 질병을 알려줄 수 있고 이를 예방할 수 있는 약의 처방이나 생활스타일의 변화를 권고할 수 있게 된다. 그러나 유전학적 검사로 인해 확인된 유전학적 나쁜 인자로 인하여 사회적으로 매장되거나 격리되는 계층이 나타나게 될 것이라는 우려

도 있다. 산전 검사의 발달로 태어나지 않은 아기의 육체적, 정신적 특징을 미리 알고 선택하여, 유전공학을 통해 원하는 특징은 살리고 원하지 않은 특징은 제거할 수 있게까지 될 것이다.

이러한 많은 예견들은 실용성의 영역과 윤리적 영역에서 많은 문제점들이 나타나게 된다. 예를 들어, 흔한 질환의 경우 원인이 되는 유전자와 환경적 인자의 기여가 너무 복잡하여 진단의 정확도가 사람마다 다를 수 있고, 특정한 개인의 유전학적 인자의 조합 자체가 매우 복잡하기 때문에 일관된 유전자 치료나 유전자 조작 또한 달성하기 어려울 수 있다.

그럼에도 불구하고, 실제 진료에 유전학이 매우 중요한 역할을 하고 있는 경우도 존재한다. 예를 들면 상염색체 우성이나 반성유전 질환 같이 가족력이 확실한 특정 질환의 발병 위험성 평가는 더욱 중요해지고 있다. 하지만 이러한 질환들은 계속 많은 대중들이 관심을 가지게 되어 경우에 따라 위험도가 과대평가되는 경우도 생기고 있다. 그러므로 실제 진료에서는 가족력을 이해하고 그에 따라 가족 위험도에 기초하여 해당 환자를 어떻게 평가하고 파악하는 것이 더 중요해지고 있다. 이는 의사가 언제, 어떻게 유전학적 검사를 시행할 것인가, 결과를 어떻게 해석할 것인가, 정상범위군과 돌연변이를 어떻게 구분할 수 있는가 등의 문제가 포함된다. 1차진료의는 또한 언제 어떻게 환자를 유전학적 분야의 상위 전문가에게 보낼 것인가에 대한 지식도 필요하다(Guttmacher et al., 2007).

특정 질환에 관여하는 유전자를 알게 되면 병리적으로 정상적인 상태에서 기저질환으로 가는 분자생물학적 경로를 알 수 있게 되어 부작용은 줄이고 치료 효용성은 높은 표적 약물(target drug)의 개발이 가능하게 된다. 이러한 약물은 기존의 약물 개념과는 다르기 때문에 약물의 정확한 선택과 투여를 위해서는 임상에게 새로운 임상유전학의 기초적 지식이 필요하다. 약물의 선택은 유전학적 검사, 환자 질환의 특정 병인의 파악을 기초로 이루어지게 되고 최적화된 약물 용량의 결정에 필요한 환자의 약물 대사능력을 파악하는 것도 중요하다. 또한 치명적인 부작용의 발생 위험이 있는 개인을 미리 유전학적 검사로 파악함으로써 이에 대한 적절한 처방을 선택할 수도 있게 된다(Holtzman & Marteau, 2000).

의학교육에 기본적으로 필요한 유전학

의과대학 학생이 임상 영역에 사용할 유전학적 지식을 습득하는데 있어 그 모든 분야의 복잡한 부분을 숙련해야 할 필요는 없다. 의사가 전해질검사에서 사용되는 전문적, 화학적인 지식 없이도 전해질 이상에 관련된 질환을 분석하고 평가할 수 있는 것처럼, 임상에서 유전학적인 결과를 전문적인 유전공학적인 지식 없이도 일상적으로 이해하고 판단할 수 있어야 한다(Greendale & Pyeritz, 2001). 그러기 위해서는 꼭 필요한 중요한 개념과 지식이 요구된다. 유전학 자체는 그 변화와 발전의 속도가 매우 빠른 학문 영역이지만, 시간이

흘러도 변하지 않는 중요한 기초지식은 있다. 이는 물론 모든 임상 의들에게 필요하므로 의과대학에서의 교육에 중요한 내용이다.

예를 들면 개인의 표현형은 세포 내 유전자나 단백질 등의 내부적인 요인과 환경이나 가족, 지역사회와 같은 외부적인 요인이 함께 복합되어 발현하게 된다(Figure 1). 그래서 어떻게 유전자의 변화가 그 유전자 산물의 기능의 변화를 발생하게 하는가? 이는 어떻게 표현형의 변화로 이어지는가? 또 돌연변이를 이해하기 위해서는 DNA와 유전자의 기본적 구조, 전사, 번역, DNA 복제, DNA 수리에 대한 이해가 필요하다. 유전자의 전달의 기본적 방식이나 패턴의 이해도 중요하다. 즉, 멘델 유전방식, 미토콘드리아 유전과 예외적으로 각인(imprinting), 우세(epistasis)로 인한 복잡한 패턴의 방식을 분자 레벨에서 알 수 있어야 하겠다. 이밖에 인간 게놈은 어떻게 조직되어 있으며, 염색체의 정상기능과 구조를 알고 염색체의 수나 구조의 이상으로 나타나는 질환은 무엇이 있는가? 다양한 유전자와 환경적 인자는 유전질환의 발생에 어떻게 관여하는가? 어떻게 유전자는 배아 발달을 조절하며, 이러한 과정의 장애로 어떤 질환이 발생하는가? 그리고 유전학이 임상의학으로 응용되면서 발생할 수 있는 여러 가지 윤리적, 법적 문제점 등을 인지하여야 한다.

이러한 기초적인 개념에 대한 이해와 더불어, 실제 진료에 유용한 내용에 대한 교육도 필요하다. 즉, 가족력을 파악하고 유전자 전달의 패턴을 분석할 수 있거나 염색체 분석이나 분자 유전학적 검사, 산전 진단이 필요한 적응증을 알고 이러한 검사에 대한 결과를 파악할 수 있어야 한다. 이밖에 유전자를 다루는 상황에서 발생 가능한 인권 차별, 개인이나 가족에 관련된 문제에 대한 민감성을 이해하고 유전학, 유전자검사, 유전질환에 대한 최신 정보를 구할 수 있어야 하겠다.

유전학 교육의 방향

의과대학은 그 교육과정에 있어 매우 다양한 방식을 취하고 있고, 이와 마찬가지로 그 구성원인 학생들도 매우 다양한 전문분야에서

진료와 일을 할 것이다. 그렇기에 의학교육의 목표가 일관되고 항상 같을 수는 없다. 의과대학생은 대부분 일차진료의나 분과전문의를 희망할 것이지만, 연구나 공공정책에 대한 전문가가 되기를 원할 수도 있다. 한편 의과대학은 학교마다 교직원의 규모나 기초의학 교수와 임상의학 교수의 구성에 있어서도 다양한 차이를 보이고 각 학교는 그 교육철학과 특성으로 커리큘럼에 차이가 있다. 이는 단 하나의 학문체계를 모든 학교에 적용할 수는 없으므로 다양한 교육모델들을 개발하여야 할 것이다(Guttmacher et al., 2007).

대부분의 의과대학은 기초과학과 임상교육을 구분하고 있으며 대부분 1-2년에는 기초의학에 시간을 투자하고 상위학년에서 임상교육을 실시하는 형태를 취하고 있다. 몇몇 임상교육과 기초의학 교육과정이 통합되거나 problem based learning (PBL), 블록강의와 같은 형태로 이 둘이 혼합되어 강의가 진행되는 곳도 흔히 있다. 유전학의 경우 이러한 기초와 임상교육의 구분이 있는 상황에서 가르치는 데는 문제점이 있을 수 있다. 기초의학은 종종 임상적이 아닌 기초의학 교원에 의해 교육이 이루어지며 이는 학생들을 이 학문과 자신들의 미래 직업과의 관련성을 찾는데 혼란스러워하는 결과를 가져올 수 있다. 이는 해부학 교육에서도 유사하게 나타나는 현상이지만, 유전학의 경우 매우 중요한 문제이다. 학생들에게 있어서는 유전학 수업을 의예과나 학부교육의 재탕으로 생각하게 하거나, 유전학을 생화학의 하위 영역으로 생각하게 할 수도 있으므로 이러한 결과를 피하도록 강의내용을 보다 임상과 관련 있게 하여 학생들에게 흥미 있고 자신의 미래에 유전학적인 지식이 필요하다는 것을 인식할 수 있도록 하여야 하겠다.

학생들은 유전학을 배울 당시에는 임상에 대한 이해가 부족한 상태일 것이지만, 임상 증례와 함께 유전학의 주요한 개념을 소개하는 수업방식이 필요하다. 임상 증례는 학생들이 이해할 수 있는 형태를 채택하여 수업을 진행하면 학생들에게 유전학의 기초개념이 임상의학에서 왜 중요한지를 이해시킬 수 있을 것이다.

유전학은 매우 빠르게 발전하는 영역이기 때문에 의과대학 교육

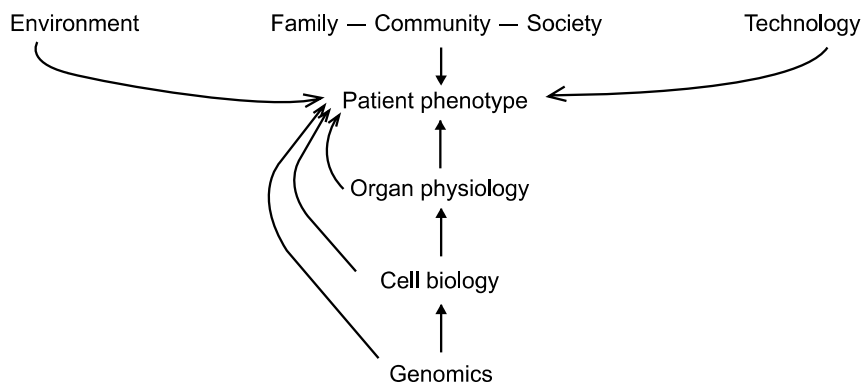


Figure 1. A patient phenotype is the sum of the internal (genome, proteome, cell, and organ) and external (environment, family, community, and society) elements of the patient.

과정에서 습득되는 유전학과 관련된 대부분의 지식들은 졸업할 즈음이 되면 이미 지나간 지식이 되어버릴 수 있다. 그러므로 학생은 단순 지식의 습득보다는 어떤 문제에 필요한 최신의 정보를 찾을 수 있게 도와줄 수 있는 교육이 필요하다. 그러기 위해서는 수업도 문제해결방식의 접근법이 필요하고 답을 알려주기 전에 질문을 많이 하는 방식이어야 하겠다(Lapham et al., 2000).

유전학은 기초과학과 임상의학의 많은 영역이 겹치고 있어서 각 임상과목의 한 부분으로 흡수되어 강의되고 있다. 그러나 임상유전학의 특정한 지식과 기술이 발전함에 따라 학생들은 다른 임상과목과 별개의 과목으로 분리된 교육과정을 통해 습득할 필요가 있다.

유전학이 실제 임상에서 얼마나 기여하는가를 학생들에게 인지시키는 것도 중요하다. 예시를 통하여 환자관리에 참여하는 팀의 일원으로 일하는 방법을 배우게 할 수 있다. 가능한 한 병동이나 클리닉에서 학생들이 직접 볼 수 있는 케이스를 강의한다. 실질적인 케이스를 교육에 사용하면 학생들의 집중도도 향상될 것이다. 가능하다면 대표적인 유전질환을 가진 환자나 가족을 직접 초대하여 인터뷰를 하거나 본인들의 경험을 들으며 강의를 진행할 수도 있다. 수업 전에 인터뷰 내용이나 질문 등을 미리 환자나 가족에게 통보하고 정리하여 당황스러운 일이 벌어지지 않게 조심하여야 한다. 학생들은 환자가 가진 질환에 대한 구체적인 의학정보에 대해서는 인터뷰하지 말도록 하고, 신체적 특징을 아는데 주의를 기울이기보다는 어떻게 진단을 내렸는가, 어떤 종류의 상담이 필요하였나, 이 질환이 환자의 삶의 질에 어떤 영향을 끼칠 것인가에 대해 자유롭게 토의하도록 하는 것이 좋다. 강의는 유전학적 질환이 사람에게 끼치는 영향에 대해 초점을 맞추고, 학생들에게 이러한 환자를 처음 접했을 때 무엇을 해야 되는지에 대해 초점을 맞춘다. 이러한 수업은 유전학적 질환을 이해하는 데에 학생들의 흥미를 끌게 만들 것이다.

PBL식의 교육도 필요하다. 교수의 주요 역할은 이 토론이 제대로 된 길을 가고 있는지 알려주는 것이며, 강의내용이나 질문에 대답하지는 않는다. 교수는 토의 중 가장 조용한 사람이 되어야 하며 학생들로 하여금 그 수업이 더 활발하게 토론하며 진행되도록 한다.

유전자 연구와 치료가 발전된 선진국에서는 의과대학생의 임상 실습과정에 유전학과가 포함되어 있다. 학생들은 전문 유전학자들에게 임상의학에서 유전학에 대해 접근하는 것을 전반적으로 배울 수 있다. 학생들은 병원에 입원한 환자들의 가족력과 가계도를 작성하고 제출해야 하며 그 내용을 평가 받고 수정하게 된다. 좋은 증례로 선택된 가계도는 학생 그룹 간에 토의를 하면서 그 가계의 유전전달 방식을 설명하고 환자의 위험을 미리 알게 하여 질환 예방을 할 수 있는지를 인지한다. 가족 다른 구성원들과의 대화로 어떻게 그들의 질환과 건강의 중요성을 설명할 것인지도 학습한다. 이는 학생들이 급히 입원한 환자에서 가족 과거력 정보를 직면했을 때 어떻게 인식해야 하는지, 예를 들면 어떤 것은 심근병증이나 근이영양증 같은 단일 유전질환인지 유방암, 대장암 같은 다인자 유전질환인가

에 따라 설명이 달라질 것이다.

이밖에 미국의 스탠포드대학에서는 실습 학생들이 자신의 유전자검사를 해보는 교육과정에서 임상적인 경험과 지식은 좋아졌지만 자신의 유전자검사를 해보기 전과 후에 설문조사결과 학생들의 호응도에 큰 변화는 없었고 검사결과에 대한 비밀보장 등 윤리적인 문제로 그 과정의 찬반 의견도 많았다(Ormond et al., 2011). 미국에서 시간과 장소를 구애받지 않는 온라인으로 유전학 검사와 유전학 상담을 할 수 있는 교육과정을 개발하여 학생들의 유전학에 대한 지식과 호감도가 증가하는 좋은 결과를 얻었다는 보고도 있었다(Metcalf et al., 2010).

임상유전학에서 윤리적, 법적인 문제

유전학을 임상에서 환자의 진단과 치료에 적용하게 되면 여러 가지 철학적, 법적, 인류학적인 문제에 직면할 수 있으므로 임상유전학의 정의와 개념을 인문학적으로 확립해 놓을 필요가 있다. 임상유전학은 유전질환의 진단, 치료, 예방을 목표로 하는 임상분야로 인간의 건강과 질병을 유전학적 원칙을 통하여 접근하여 유전지식과 기술을 환자와 가족을 위한 실용적이고 의미 있는 정보로 응용함으로써 환자의 질병관리에만 그치는 것이 아니라 고위험 가족원의 조기진단 및 예방을 목적으로 한다. 즉, 대상이 환자는 물론 가족까지 포함되고 가계도분석과 유전상담이 필수적이기 때문에 진료시간이 오래 걸리고 비밀이 보장되어야 한다. 또한 임상 각 과와의 협진이 가능해야 하고, 각종 특수유전자검사를 개발하고 시행할 수 있는 임상유전학 연구실과 검사실의 유기적인 연계로 유전질환의 진단, 치료, 관리를 총괄적으로 수행할 수 있어야 한다(Hyon, 2000).

임상유전학에서의 검사는 각종 생명과학연구를 위한 연구목적과 친자검증, 혈족확인, 범죄자 확인 등의 개인식별, 그리고 질환의 진단, 예측, 치료 등 임상에서의 진료목적으로 시행하게 된다. 여기서 얻어진 유전지식, 정보, 기법 등을 임상에 적용할 때 생길 수 있는 제반 문제점을 예측하고, 유전자검사의 오·남용을 막고 국민의 건강

Framework for biomedical ethics
Autonomy
Beneficence
Non-maleficence
Justice

Figure 2. A more practical approach to ethical decision making is important. Four principles widely used to deal with ethical scenarios are as follows. Autonomy: freedom of patients to choose and be an advocate for their own health. Beneficence: what is considered to be in the patient's best interest. Non-maleficence: all treatments can in some way cause harm. The benefits of certain actions should be balanced against the amount of harm they can do. Justice: equity and avoidance of unjustifiable discrimination.

과 질병관리에 효율적으로 이용할 수 있도록 하기 위한 윤리적, 법적 문제에 대한 의과대학생의 교육이 중요하다.

예를 들면 유전자검사는 4가지 원칙 즉 환자의 자율성, 이득성, 무해성, 정당성 등에 입각하여 결정되어야 한다(Figure 2). 이러한 원칙을 실행하기 위한 제도적이고 법적인 지침이 필요하다(Schneider, 2002). 그리고 유전학검사에 대한 인증법률의 제도화도 필요하다. 현재에는 유전적인 검사에 대한 제도와 법률이 완전하지 않다. 유전학 전문의제도도 아직 없는 상태이고 전문이나 일반의의 처방 없이 일반인이 임의로 비 의료인인 회사의 광고를 보고 유전자 검사를 받을 수 있다. 자신의 키, 성격, 인지능력 등의 개인정보가 이러한 회사에 보관되어 있으며 회사도 유전자 소인검사를 일정한 기준이나 법적인 제제가 없기 때문에 영리를 위해 무분별하게 검사를 할 수도 있다. 이러한 상황의 윤리적, 법적 문제를 예비 의료인인 학생들도 인식하고 있어야 하겠다.

결론

유전학은 미래의 '유전의료시대'에 부합하는 새로운 의료서비스 시스템의 일환으로 새롭게 정립되고 있다. 대중적인 관심과 주목을 받고 있으며, 의학과 새로운 인간 게놈지식이 합쳐져 질병 치료에 기여할 것이라고 높이 기대되고 있는 것이다. 그러므로 임상 의사들은 유전학 원리에 대한 깊은 이해가 필요하고 특별한 유전학적인 지식과 기술뿐만 아니라 윤리적, 법률적인 지식도 요구되고 있다. 하지만 일반인에게 잘 알려져 있지 않은 유전학 정보가 일반지식으로 빠르게 전달되고 있어서 어떤 경우에는 의학교육시스템이 이러한 정보의 발전을 따라잡지 못할 수도 있다. 그러므로 의학교육과정에서 빠르게 발전하는 유전학에 대한 교육에의 다양한 접근과 변화가 필요하고 우리나라 의과대학들의 교육과정에서 유전학 교육의 실제와 문제점에 대한 더욱 큰 규모의 연구가 필요하다.

ACKNOWLEDGMENT

This work was supported by Wonkwang University in 2011.

REFERENCES

- Baars, M. J., Scherpbier, A. J., Schuwirth, L. W., Henneman, L., Beemer, F. A., Cobben, J. M., ... Ten Kate, L. P. (2005). Deficient knowledge of genetics relevant for daily practice among medical students nearing graduation. *Genet Med*, 7(5), 295-301.
- Challen, K., Harris, H. J., Julian-Reynier, C., Ten Kate, L. P., Kristofferson, U., Nippert, I., ... GenEd Research Group. (2005). Genetic education and nongenetic health professionals: educational providers and curricula in Europe. *Genet Med*, 7(5), 302-310.
- Collins, F. S. (1999). Shattuck lecture: medical and societal consequences of the Human Genome Project. *N Engl J Med*, 341(1), 28-37.
- Greendale, K., & Pyeritz, R. E. (2001). Empowering primary care health professionals in medical genetics: how soon? How fast? How far? *Am J Med Genet*, 106(3), 223-232.
- Guttmacher, A. E., Porteous, M. E., & McInerney, J. D. (2007). Educating health-care professionals about genetics and genomics. *Nat Rev Genet*, 8(2), 151-157.
- Holtzman, N. A., & Marteau, T. M. (2000). Will genetics revolutionize medicine? *N Engl J Med*, 343(2), 141-144.
- Hunter, A., Wright, P., Cappelli, M., Kasaboski, A., & Surh, L. (1998). Physician knowledge and attitudes towards molecular genetic (DNA) testing of their patients. *Clin Genet*, 53(6), 447-455.
- Hyon, J. K. (2000). Clinical genetic service in Korea. *J Genet Med*, 21, 21-28.
- Lapham, E. V., Kozma, C., Weiss, J. O., Benkendorf, J. L., & Wilson, M. A. (2000). The gap between practice and genetics education of health professionals: HuGEM survey results. *Genet Med*, 2(4), 226-231.
- Metcalfe, M. P., Tanner, T. B., & Buchanan, A. (2010). Effectiveness of an online curriculum for medical students on genetics, genetic testing and counseling. *Med Educ Online*, 15, 4856.
- Ormond, K. E., Hudgins, L., Ladd, J. M., Magnus, D. M., Greely, H. T., & Cho, M. K. (2011). Medical and graduate students' attitudes toward personal genomics. *Genet Med*, 13(5), 400-408.
- Schneider, K. A. (2002). *Counseling about cancer: strategies for genetic counselors* (2nd ed.). New York: Wiley-Liss.