

고충실도 시뮬레이터를 활용한 의학교육

Medical Education Using the High-Fidelity Medical Simulator

임태호

한양대학교 의과대학 응급의학교실

Tae Ho Lim, M.D., Ph.D.

Department of Emergency Medicine, Hanyang University
College of Medicine, Seoul, Korea

책임저자 주소: 138-788, 서울시 성동구 왕십리로 222

한양대학병원 응급의학과

Tel: 02-2290-8999, Fax: 02-2290-9280

E-mail: erthim@hanyang.ac.kr

투고일: 2011년 12월 13일, 심사일: 2011년 12월 23일, 게재확정일: 2011년 1월 25일

Abstract

Medical education using the high-fidelity simulator has developed rapidly in the last twenty years. Simulation-based medical education is now recognized as one of the powerful complementary teaching methods in the medical profession. It is driven by the combination of the following forces; patient safety movement, constructive learning theory, objective structured clinical examination, patient right movement, medicolegal atmosphere and simulation industry. During the last decade in Korea, the number of simulation centers and high-fidelity simulators has increased rapidly, but the development and implementation of the simulation program has not yet been achieved. In this review, I will discuss the history of the development of the high-fidelity simulator, current status and problems of medical simulation using the high-fidelity simulators in Korea.

Key Words: Computer Simulation; Models, Educational; Patient Safety

서론

과거의 의학교육은 그 방대한 양으로 인하여 사실적 지식을 전달하는데 치중하였고, 그 결과 의학적 프로페셔널리즘, 의료윤리, 의사소통기술, 임상술기의 숙련도, 새로운 지식의 습득과 효율적인 이용, 비판적 수용 능력 등과 같은 과학적 사실 교육 이외의 부분에서 많은 취약성을 보여왔다. 교수자가 지식을 전달하고 피교육자는 이를 수동적으로 받아들이는 것을 중심으로 하는 행동주의(behaviorism)와 인지주의(cognitivism) 학습이론과 달리, 20세기 후반에 이르러 학습자 및 그 학습자의 능동적 학습에 중점을 두는 구성주의(constructivism) 학습이론, Malcolm S. Knowles의 성인학습이론 및 John Dewey의 경험학습이론 등의 발전은 교육학에 큰 영향을 미쳤다. 이러한 시대적 변화는 의학교육에도 영향을 미쳐 의과대학생의 사실적 지식 수준뿐만 아니라 술기능력 및 태도, 행동 교육의 필요 등에 대한 인식 변화를 가져왔다. 이러한 변화의 결과 의대생이나 졸업 후 과정에 있는 의사들이 꼭 할 수 있어야 하는 것이 무엇인가에 대한 생각, 즉 필수 역량(competency)이라는 개념을 고민하게 했으며, 이를 달성하고 평가 할 수 있는 다양한 방법들이 21세기 들어 제시되고 확산되었다. 2000년대 들어 의료진과 병원에 의해 유발되는 의료 행위의 오류에 대한 위험성이 보고되고[1], 이에 대응하여 환자의 안전과 권리에 대한 요구가 높아졌으며, 이러한 시대적 흐름은 전통적인 교육의 변화와 새로운 교육 및 평가 방법의 확산에 큰 힘으로 작용했다. 객관구조화 임상시험(objective structured clinical examination, OSCE), 문제중심교육(problem-based learning, PBL), 진료수행시험(clinical performance examination, CPX) 등 다양한 방법이 제시되고 발전하였으며, 이러한 새로운 교육 방법 중 하나가 시뮬레이션 기반 의학교육(simulation-based medical education, SBME)이다. 시뮬레이션 기반 의학교육은 시행된 기간이 짧고 다양한 형태로 발전하여 표준화된 용어의 분류가 아직 되어 있

지 않아, 구체적인 사항에 다다르면 그 용어가 겹치거나 의미가 어려울 수 있다. 고충실도 시뮬레이터를 예로 들면 풀스케일 시뮬레이터(full-scale simulator), 매크로시뮬레이터(macrosimulator), 마네킹 기반 시뮬레이터(mannequin-based simulator), 통합시뮬레이터(integrated simulator) 등 수많은 용어로 쓰이고 있다. 시뮬레이터들은 시뮬레이션에 사용되는 도구나 사용되는 장소 등, 여러 기준에 의해 분류된다. 크게 단순 술기 모형이나 카데바, 동물 부분 장기를 사용하는 경우를 단순기능 도구를 사용한 시뮬레이션이라고 하며, 컴퓨터 등의 기계가 들어가는 경우를 고기능 도구를 사용한 시뮬레이션이라고 한다. 이러한 고기능 도구를 사용한 시뮬레이션에는 컴퓨터 화면만을 이용하는 가상현실 시뮬레이션, 컴퓨터 화면과 함께 술기 도구가 함께 통합된 외과 술기 시뮬레이션, 실제 인체 사이즈의 고충실도 마네킹 환자 시뮬레이터를 사용한 것 등 다양한 형태들이 있다. 고충실도 시뮬레이터를 이용한 의학교육에 대해 각 임상 영역별로 그 교육 내용과 방법을 알아보는 것은 너무나 방대한 작업이다. 그러한 이유로 저자는 고충실도 시뮬레이터에 대한 기원, 국내외에서의 도입 및 발전 과정과 향후 과제 등에 대해 설명하고자 한다.

본론

1. 시뮬레이션 기반 교육과 고충실도 환자 시뮬레이터

시뮬레이션 기반 교육이라는 것은 교육적 메시지 전달을 높이기 위한 목적으로, 시뮬레이션에 대한 다양한 도구들이 사용되는 임상 시나리오를 이용하여 교육시키는 모든 것을 말한다. 이러한 의미에서 본다면 시뮬레이션 기반 교육은 과거 교육에 비추어 봤을 때 사실 완전히 새로운 것이라 할 수 없으며, 그 사용 도구에 따라 과거에도 시행했던 것이라 볼 수 있다. 그러나 고충실도의 환자 시뮬레이터는 과거에는 없었던 교육도구로, 컴퓨터 공학의 발전과 함께 새롭게 개발된 교육도구라 할 수 있다. 컴퓨터를 이용한 최초의 환자 시뮬레이터는 1960년대에 Denson 과 Abrahamson 이 만든 SimOne[®] 이라는 기계였다[2]. 이 SimOne[®]에 사용된 컴퓨터는 방 하나를 가득 채울 정도의 크기였으며, 상업적 용도로 쓰이지 못했다. 1980년대 중반 미국 스탠포드

대학과 플로리다 대학에서 각각 시뮬레이터 연구가 진행됐으며, 두 대학 모두 마취 영역에 대해 연구가 이루어졌다. 이들 모두 미국 마취환자안전재단(Anesthesia Patient Safety Foundation)에서 초기에 많은 연구비를 지원 받았다. 스탠포드 대학은 마취과 의사 David Gaba를 중심으로 Comprehensive Anesthesia Simulation Environment (CASE[®])라는 시스템을 만들어 최초의 상업화된 시뮬레이터를 개발하였으나, 초창기와 달리 현재는 제품이 나오지 않는다[3]. 플로리다 대학은 Gainesville Anesthesia Simulator (GAS[®]) 라는 시뮬레이터를 개발하고, 이를 실제 강의에 사용하였다[4]. 시뮬레이터가 마취과학 분야 이외에서도 그 응용범위가 넓다는 것이 인식되면서 GAS[®]는 대학에서 기술이전을 받은 상업화된 회사인 Medical Education Technologies Inc. (METI) 사에 의해 Human Patient Simulator (HPS[®])로 이름을 바꾸었으며, 대표적인 상업용 고충실도 환자 시뮬레이터로 자리매김하였다.

고충실도 환자 마네킹 시뮬레이터는 항공 시뮬레이터에서 많은 영감을 받았다. 그러나 교육 대상자가 기계 안으로 들어가면 외부 장치를 볼 수 없는 항공 시뮬레이터와 달리, 환자 마네킹 시뮬레이터는 외부에서 교육생이 마네킹을 보고 만지고 느껴야 하는 특수성으로 인하여, 환자 크기 이상의 공간을 확보 할 수 없어 내부에 설치할 수 있는 기계적 장치가 제한 되었다. 이러한 이유로 고충실도 환자 마네킹 시뮬레이터는 그 교육 목적에 따라 내부에 다른 기능의 장치를 가지는 다양한 형태가 개발 되었다. 현재 사용되고 있는 고충실도 시뮬레이터 중 대표적인 성인모형으로는 METI사의 HPS[®], iStan[®], Laerdal 사의 SimMan[®] 등이 있고, 산부인과 모형으로 NOELLE[®], SimMom[®], 유아모형으로 PediaSim[®], SimJunior[®], 신생아 모형으로 SimBaby[®] 등이 있다.

2. 국외 시뮬레이션 기반 교육의 발전

1990년대 전반기에 개발된 마취과 영역의 고충실도 시뮬레이터는 마취과 전공의 및 전문의들의 훈련에 사용되었고, 이에 참가한 전공의들은 이러한 과정을 높이처럼 즐기며 교육 받았으며, 교육 후 마취과영역의 응급상황에 대처하는 능력이 향상되었다[5,6]. 그러나 Gaba 등은 시뮬레이션으로 만들어진 마취과적 위기상황에서 술기평가도구

와 행동평가도구를 사용하여 임상 수행능력을 평가하고 이에 대한 신뢰도와 타당도를 검증하였으나 부분적인 성공만을 확인하였다[7]. 학문적으로 완전한 유용성이 검증되지는 못했으나, 낮은 수준의 유용성과 교육 참여자들의 긍정적 피드백에 대한 보고를 바탕으로 2000년대 들어 전공의를 대상으로 하는 졸업 후 교육이 아닌 의과대학생들에게 시뮬레이션 기반 교육이 시행되었다. Karnath 등은 심폐청진용 고충실도 마네킹인 하비(Harvey) 시뮬레이터를 사용하여 의과대학생들에게 성공적인 신체 검진 교육 시행을 보고 하였고[8], Rogers 등은 METI사의 HPS®를 사용하여 학생들에게 중환자의학에서 가르치는 급성 기도관리 관련 술기를 평가하는데 유용하게 사용하였다고 보고하였다[9]. Gordon 등은 하버드 의과대학에서 다직역의 시뮬레이션 기반 의학교육과정 개발을 보고하였다[10]. 2003년까지의 이러한 시뮬레이션 기반 의학교육의 보고들은 Issenberg 등에 의해 근거 중심 방식으로 리뷰 되었다[11]. 109개의 연구를 대상으로 한 이 리뷰에서 고충실도 시뮬레이션 기반 교육이 가지는 요소 중 가장 효과적인 학습을 유도하는 항목은 교육적 피드백(47%)이 가장 높았고, 반복적 연습(39%), 커리큘럼의 통합(25%), 난이도수준의 범위(14%), 다중학습전략(10%), 임상적 다양성 제공(10%), 개인의 학습과정에 대한 적극적인 참여(9%), 정확한 결과(6%) 등이 효과적인 학습을 유도하는 항목으로 제시되었다.

2000년대 들어 컴퓨터 과학과 마네킹 산업의 경쟁적 발전은 마네킹을 실제 인체와 같이 혈압, 맥박, 호흡 등의 활력징후 측정이 가능하게 만들었으며, 심음, 폐음, 눈동자 움직임 등의 구현도 가능한 수준에 이르렀다. 또한 이러한 산업의 발전은 고충실도 시뮬레이터 가격을 20만불 수준에서 4만불 수준으로 낮추었으며, 이러한 가격하락은 고충실도 시뮬레이터의 광범위한 확산에 커다란 기여를 하게 되었다. 이러한 광범위한 시뮬레이터의 확산은 미국 응급의학 전문의 수련 프로그램에 시뮬레이션을 사용하는 비율을 2003년 29%에서 2008년 85%로 급속히 증가할 수 있도록 하였고, 하버드 의대 부속병원에서는 응급의학과 전공의 수련 프로그램을 100% 시뮬레이션 기반 교육 형태로 개편한 것을 보고하였다[12,13]. 영국 브리스톨 대학의 자료에 의하면 현재까지 브리스톨 대학의 홈페이지에 등재된 전세계 시뮬레이션 센터는 1542개소, 보급된 고충실도 시뮬레이터는 3810대이며, 이 중 2511 대가 미국에 위치하고

있다[14]. 이러한 하드웨어의 눈부신 성장에도 불구하고, 최근까지 시뮬레이션 기반 교육의 효율성은 그 객관적 증거와 신뢰도가 충분한 연구의 부재 등으로 인하여, 불명확한 상태로 남아있었다. 그러나 2011년 Cook 등은 지금까지의 여러 연구에 대한 메타 분석 기법을 통하여 이러한 고충실도 시뮬레이터를 사용한 교육을 받은 의료인들이 아무런 중재를 받지 않은 사람과 어떤 차이가 있는지에 대해 분석하였다. 10,903개의 연구 중 609개의 연구를 선정하고 이에 참여한 35,226명의 수련자를 대상으로 메타 분석을 시행하여, 시뮬레이션 기반 교육을 받은 것이 받지 않은 군에 비해 지식과 술기 및 행동 결과에 대해 지속적으로 매우 큰 효과와 연관 되어있음을 발표하였다[15].

3. 국내 시뮬레이션 기반 교육의 발전 과정

Dr. Harden에 의해 개발되고 보급된 객관구조화 임상시험(OSCE)은 부분 술기 마네킹과 표준화 환자를 주로 하여 구성되는 시험으로 국내에는 1993년에 도입되었다. 이에 대한 지속적 적용과 발전으로 의학계에서는 2009년부터 이를 의사국가시험에 적용하고 있고, 간호학 분야에서도 표준화 환자를 이용한 수준까지 점차 확산되고 있다. 이러한 확대 적용이 가지는 큰 의미 중 하나는 표준화 환자, 즉 인위적으로 시뮬레이션이 된 상태의 환자를 진료하고 이를 평가 받는 것이 정식 의사자격을 얻는 한 부분으로 의료인에게 인식되었다는 점이다[16].

국내 고성능 시뮬레이터의 사용과 보급은 2003년을 전후로 시작되었다. 2003년 연세대의대에서 응급의학과 전공의 교육 및 본과 3, 4학년의 학부교육에 고성능 시뮬레이터가 처음 사용되었고, 2004년 제주 한라대학에서 고성능 시뮬레이터를 최초로 간호학과, 응급구조학과 학생교육에 사용하였다. 2005년도 2월에는 부산대학교 의과대학에 국내 최초의 시뮬레이션 센터가 개소하였으며, 뒤를 이어 가톨릭 의과대학과 연세대 간호학과에 시뮬레이션 센터가 개소하였다. 2011년 9월까지 전국 38개 의과대학과 간호대학 100여 곳에 다양한 형태의 고기능 시뮬레이터가 보급되어 있으며, 전국적으로 50개 이상의 기관이 시뮬레이션 센터 형태로 운영하고 있다. 이러한 고기능 시뮬레이터는 성인모델, 소아모델, 분만모델, 전문인명구조(advanced life support, ALS) 마네킹 등을 합쳐서 180세트 정도가 국내에

비치되어 있는 것으로 추정 된다. 학교 이외의 기관으로는 전국 일곱 곳의 소방학교 중 중앙소방학교, 서울소방학교, 경기소방학교, 세 곳에 고기능 시뮬레이터가 보급되어 있고, 국군의무학교와 국군간호사관학교는 자체 시뮬레이션 센터도 운영하고 있다. 그러나 이런 국내의 외형적인 성장에도 불구하고 고충실도 시뮬레이터를 사용하는 교육 프로그램의 적용과 이에 대한 연구 발표는 극히 적은 상태이다. 2007년 Kim 등이 시뮬레이션에 기반한 응급기도관리 과정을 적용하고 보고하였고[17], 2008년 Park 등이 출산 시뮬레이터를 사용하여 의과대학생 교육을 시행하고, 의과대학생들의 분만에 대한 자신감과 술기 능력 획득에 대한 내용을 보고하였다[18]. 2008년 Baek 등은 위기자원 관리에 대한 팀 훈련에서 시뮬레이션 기반 교육을 시행하고, 교육생들에게 잘 적용되었음을 보고 하였다[19]. 2011년에는 Byeon 등이 수련의 및 전공의를 대상으로 시뮬레이션을 응용한 심폐소생술 훈련의 반복이 피교육자의 교육에 대한 만족도에 부정적 영향을 미치지 않음을 보고하였다[20]. 이와 같은 연구 자료에서 알 수 있듯이 국내의 고충실도 마네킹을 이용한 교육과 평가에 관련한 연구 논문은 응급의학과, 산부인과, 마취통증의학과 정도에서만 발표가 있으며, 이러한 논문들의 수준 또한 예비연구 혹은 기초적인 적용과 만족도 정도에 머무르고 있는 실정이다. 외국의 연구들은 이제 단순한 기술적인 술기를 측정하는 범위를 넘어, 시뮬레이션 교육을 통한 임상 현장의 실제적 변화의 측정과 적용, 팀워크, 리더십, 의사소통 등의 비기술적인 술기(non-technical skill)에 대한 분야로 까지 그 적용범위를 넓히고 있음을 볼 때 국내 고충실도 시뮬레이터를 이용한 의학교육의 갈 길은 멀다고 할 것이다.

4. 고찰

고충실도 시뮬레이터를 이용한 의학교육은 지난 10년 동안 북미 선진국을 중심으로 폭발적인 증가세를 보이고 있다. 이러한 증가세를 보이는 시뮬레이션 기반 교육의 원인을 생각해 보면, 다음과 같은 장점들로 인해 그 필요성이 늘어나고 있다고 생각된다. 첫째, 임상에서 드물게 일어나는 상황을 안전하고 반복적으로 경험할 수 있다. 둘째, 고위험 환자 상황에 대해 경험하고 처치해 볼 수 있다. 셋째, 임상에서 수행하기 어려운 술기에 대한 안전한 실습 경험을 할

수 있다. 넷째, 통상적 임상술기를 숙련되게 훈련하고 평가할 수 있다. 다섯째, 시나리오에 따라 성인 학습 이론에 따른 자기성찰과 디브리핑을 통한 추가적 경험이 가능하다는 점 등이다. 이런 많은 장점에도 불구하고 국내의 시뮬레이션 기반 교육은 하드웨어만 갖추고 그 내용은 일부 임상과에서 수련의나 전공의에 대해 응급기도관리나 전문심장구조술을 교육하는 매우 한정적인 적용을 하고 있으며, 의과대학생을 대상으로 하는 고충실도 시뮬레이터를 사용한 의학교육은 그 보고가 더욱 적다.

2002년 세계의학교육기구(Institute for International Medical Education, IIME)는 의과대학의 소재지와 상관없이 전 세계의 의과대학 졸업생이라면 반드시 갖추어야 할 최소 학습성과 일곱 가지 내용을 발표하였다. 이 일곱 가지 최소 요구 사항은 전문가적 윤리와 가치, 과학적 기초, 의사소통기술, 임상술기 능력, 비판적 사고 능력, 정보의 관리, 공중 보건과 의료체계에 대한 이해 등이다[21]. 이러한 일곱 가지 최소 학습 성과 중 고충실도 시뮬레이터를 사용하는 시뮬레이션 기반 의학교육은 과학적 기초, 의사소통기술, 임상술기, 비판적 사고 능력, 정보의 관리 부분에서 많은 교육적 역할을 담당할 수 있다. 또한 졸업 후 교육에 있어서도 미국 졸업후신임 위원회(Accreditation Council of Graduate Medical Education, ACGME)는 1999년 전공의에게 반드시 있어야 하는 핵심 역량 여섯 가지를 제시하고, 2001년까지 미국 졸업 후 신임 위원회의 인증을 받는 모든 임상 과목의 전공의 수련 프로그램은 이 여섯 가지 핵심 역량을 훈련하고 평가할 수 있는 방안을 포함하고, 점목할 것을 요구하였다[22]. 여섯 가지 핵심 역량은 환자 진료 역량, 의학지식, 진료중심의 학습과 발전 역량(practice-based learning & improvement), 시스템 중심의 환자 진료 역량(system-based practice), 프로페셔널리즘, 대인 관계 및 의사소통 역량이다. 이러한 역량의 많은 부분은 고충실도 시뮬레이터 및 시뮬레이션 기반 교육을 통해 습득하고 발전시킬 수 있는 것들이다.

모든 환자들은 경험이 충분한 숙련된 의료진에게 진료를 받고 싶어 하며, 의료진 또한 의료진의 교육보다는 환자의 안전을 가장 우선으로 삼아야 하는 의료윤리적 시대에 살고 있다. 이와 같은 상황으로 인해 신규 혹은 기존의 의료진마저 교육기회는 줄어들고 있지만, 이와 반대로 이 시대는 드물거나 어려운 상황에서도 능숙하게 처치해 내는 의사

를 기대하고 있다. 이렇듯 전통적인 형태의 교육 기회가 줄어드는 상황에서 고충실도 시뮬레이터를 사용하면 드문 질환뿐만 아니라, 일상적으로 흔한 질환에 대한 내과적 혹은 외과적 경험을 포함한 여러 형태의 경험을 얻을 수 있다. 이러한 시뮬레이션 기반 교육은 임상술기 및 해당 분야의 전문가가 되기 위한 기간을 최대한 좁혀 줌으로써, 궁극적으로 환자 안전에 기여하고 의료진에게도 스스로 지적, 윤리적 만족감 등을 얻을 수 있게 해줄 것이다.

결론

시뮬레이션 기반 의학교육의 국내 활용과 연구 현황은 구미 선진국에 비해 매우 낮은 수준이다. 전세계적으로 모든 부분에서 국제 표준 혹은 인증화 작업이 시대 흐름인 시기에 국제적으로 요구되는 의과대학생 및 졸업 후 전공의들의 핵심적 임상 역량 획득하고 보다 높은 수준의 환자 안전을 보장하기 위해서는 국내의 시뮬레이션 기반 의학교육의 발전적 확대 적용이 매우 필요하며, 이를 위해 유관 기관과 관련 학술단체 등의 적극적 활동이 절실하다 하겠다.

References

1. Kohn LT, Corrigan J, Donaldson MS, Institute of Medicine, Committee on Quality of Health Care in America. To err is human: building a safer health system. Washington, D.C.: National Academy Press; 2000:1-5.
2. Denson JS, Abrahamson S. A computer-controlled patient simulator. JAMA 1969;208:504-8.
3. Cooper JB, Taqueti VR. A brief history of the development of mannequin simulators for clinical education and training. Qual Saf Health Care 2004;13 Suppl 1:i11-8.
4. Lampotang S, Ohn MA, van Meurs WL. A simulator-based respiratory physiology workshop. Acad Med 1996;71:526-7.
5. Chopra V, Gesink BJ, de Jong J, Bovill JG, Spierdijk J, Brand R. Does training on an anaesthesia simulator lead to improvement in performance? Br J Anaesth 1994;73:293-7.
6. Holzman RS, Cooper JB, Gaba DM, Philip JH, Small SD, Feinstein D. Anesthesia crisis resource management: real-life simulation training in operating room crises. J Clin Anesth 1995;7:675-87.
7. Gaba DM, Howard SK, Flanagan B, Smith BE, Fish KJ, Botney R. Assessment of clinical performance during simulated crises using both technical and behavioral ratings. Anesthesiology 1998;89:8-18.
8. Karnath B, Thornton W, Frye AW. Teaching and testing physical examination skills without the use of patients. Acad Med 2002;77:753.
9. Rogers PL, Jacob H, Thomas EA, Harwell M, Willenkin RL, Pinsky MR. Medical students can learn the basic application, analytic, evaluative, and psychomotor skills of critical care medicine. Crit Care Med 2000;28:550-4.
10. Gordon JA, Pawlowski J. Education on-demand: the development of a simulator-based medical education service. Acad Med 2002;77:751-2.
11. Issenberg SB, McGaghie WC, Petrusa ER, Lee Gordon D, Scalese RJ. Features and uses of high-fidelity medical simulations that lead to effective learning: a BEME systematic review. Med Teach 2005;27:10-28.
12. Okuda Y, Bond W, Bonfante G, McLaughlin S, Spillane L, Wang E, et al. National growth in simulation training within emergency medicine residency programs, 2003-2008. Acad Emerg Med 2008;15:1113-6.
13. Binstadt ES, Walls RM, White BA, Nadel ES, Takayasu JK, Barker TD, et al. A comprehensive medical simulation education curriculum for emergency medicine residents. Ann Emerg Med 2007;49:495-504.
14. Bristol Medical Simulation Center. World simulation center database [Internet]. Bristol (UK): Bristol Medical Simulation Center; c2011 [cited 2011 Dec 11]. Available from: <http://www.bmsc.co.uk>
15. Cook DA, Hatala R, Brydges R, Zendejas B, Szostek JH, Wang AT, et al. Technology-enhanced simulation for health professions education: a systematic review and meta-analysis. JAMA 2011;306:978-88.
16. Dent JA, Harden RM. A practical guide for medical

- teachers. 3rd ed. Philadelphia: Churchill Livingstone; 2009:217-22.
17. Kim YM, Oh YM, Kim HJ, Lee WJ, Im TH, Chung HS, et al. Development and pilot applications of simulation-based comprehensive emergency airway management courses. *J Korean Soc Emerg Med* 2007;18:1-9.
18. Park JH, Jung E, Ko JK, Yoo HB. Delivery training for undergraduate medical students using birth simulator. *Korean J Obstet Gynecol* 2008;51:950-6.
19. Baek HJ, Kim YM, Jung SK, Park SH, Park KN, Park JE. Development and pilot applications of simulation-based emergency department crisis management team training program. *J Korean Soc Emerg Med* 2008;19:603-10.
20. Byeon GJ, Lee HJ, Kim HK, Song BJ, Kim JY, Yeom SR. The effect of repetition of simulation-based cardiopulmonary resuscitation training on the satisfaction of the trainee. *Anesth Pain Med* 2011;6:195-201.
21. Institute for International Medical Education. Global minimum essential requirements in medical education [Internet]. New York (NY): Institute for International Medical Education; c1999-2006 [cited 2011 Dec 11]. Available from: <http://www.iime.org/gmer.htm>
22. Leach DC. Evaluation of competency: an ACGME perspective. *Accreditation Council for Graduate Medical Education, Am J Phys Med Rehabil* 2000;79:487-9.