

의료 시뮬레이션

이 글에서는 의료 시뮬레이션(Medical Simulation)의 목적과 의의 그리고 핵심기술을 간략히 소개한다.

시뮬레이션은 실제 실험이 어려운 문제에 대한 해석에 있어서 효과적인 대안으로 선택되고 있고, 제품의 연구개발에 있어서도 비용을 줄일 수 있는 방법으로 활용된다. 문제를 해석하기 위해서가 아니라 훈련 또는 연습을 위한 방법으로서도 시뮬레이션이 활용될 수 있는데, 우리가 익숙하게 알고 있는 예가 항공기의 조종술을 익히는 시뮬레이터다. 항공기 조종을 배우기 위해서는 실제 항공기에 올라가기 전에 일정한 시간 동안 시뮬레이터에서 충분히 조종술을 익히는 것이 보편화되어 있다. 이런 방법이 채택되게 된 것은 실

제 조종 상황과 유사한 경험을 피교육자에게 제공할 수 있고, 조종술을 효과적으로 연습할 수 있는 항공기 조종 시뮬레이터를 구현할 수 있는 기술들이 성숙되었기 때문이다.

그런데 오랜 경험을 가진 숙련된 조종사들은 하나같이 훈련 중 경험했던 시뮬레이션이 나중에 경험한 실제 상황과 매우 다르다고 지적한다. 그럼에도 불구하고 시뮬레이터에서 익혔던 조종술이 적응과정을 거쳐 실제 항공기 조종에 활용된다는 것에 대해서는 동의한다. 이것을 전문용어로 기술이동(skill transfer)라고 하는데, 중요한 것은 얼마만큼 이동될

수 있는가이다.

항공기 조종 분야에서 거둔 시뮬레이터의 성공이, 사회적으로 그리고 경제적으로 훨씬 더 큰 임팩트(impact)를 가진 분야로 옮겨질 수 있는가에 대한 논의와 연구가 최근에 활발해지고 있다. 바로 의료 분야다. 의술은 오랫동안 인류와 함께 발전하여 왔으나 새로운 의사, 간호사, 치료사 세대를 육성하는 기본 패러다임(paradigm)은 수 천 년 동안 거의 변화가 없다. 즉, 인간의 사체, 동물, 그리고 환자에 대한 연습과 경험을 근간으로 하여 의술기와 지식이 다음 세대에게 전해진다.

이러한 패러다임은 환자의 안전과 사회복지라는 관점에서 지속적으로 위협을 받고 있고, 경제적인 측면에서도 교육 및 훈련을 위한 비용의 증가라는 문제를 안고 있다. 의사들이 흔히 하는 “교육용 사체(cadaver) 구하기가 점점 어려워지고 있다”는 말과 “인터넷의 홍수로 요즘 환자들은 준의사(pseudo physician)들이 많다”는 얘기들은 모두 의료 교육이 현실적으로 안고 있는 어려움을 시사한다. 어느 누구도 새로운 세대의 의사들을 교육하기 위한 연습의 대상이 되는 것을 즐기지 않는다.

현재의 의료 교육 패러다임이 안고 있는 어려움을 두 가지로 요약할 수도 있는데, 첫째는 기존의 패러다임은 원천적으로 “기회적(opportunistic) 훈련”이 될 수밖에 없다. 정해진 교육 기간 안에 기회적으로 접하게 되는 특정한 병변, 술기, 예후(prognosis) 등을 교육받을 수는 있으나, 그 이외의 다양한 병변, 술기 및 진료 사례 등에 대해서는 훈련받기 어렵다. 이러한 사실은 공학 분야에서 해당 전공 지식과 기술에 대해서 포괄적이고 체계적으로 반복적인 훈련을 받는 것과 비교할 때, 덜 과학적(scientific)이란 인상을 준다.

두 번째의 어려움은 의학에서는 인지적 기술(cognitive skill)과 함께 소위 “손기술(kines-thetic skill)”이라는 것이 중요하

다. 시술에 대한 계획 및 환자관리(patient management) 기술 뿐만 아니라 시술을 실제로 몸소 실행하기 위한 신체 감각과 기술이 중요하다. 이것은 해박한 축구 해설가라는 것과 실제 경기에서 훌륭한 선수로 뛰는 것과는 별개라는 것에 비유될 수 있다. 현재의 의료 교육 및 면허 체계에서는 이러한 손기술을 종합적이고 체계적으로 훈련, 평가, 추적, 관리하기가 어렵다.

이러한 어려움들은 개연적으로 추정될 수 있는 결과를 가져오고 있다. 미국에서 의료과실은 연간 약 9만 8,000여 명의 사망을 초래하고, 약 370억 달러 내지 500억 달러 정도의 관련 비용을 일으키고 있다(“To err is human: Building a safer health system,” Institute of Medicine, National Academy of Sciences, 1999). 동 보고서는 또한, 예방할 수도 있었던 의료과실에 의한 사망자는 자동차사고 사망자, 유방암 사망자, AIDS 사망자 등을 초과하여 미국의 제8위 사망원인이라고 밝히고 있다.

앞에서 언급한 의료 교육의 어려움을 완화하는 데 크게 기여할 수 있는 방안으로서 의료 시뮬레이션이 연구되고 있다. 시뮬레이션은 기본적으로 설계자가 고안한 다양한 병변과 환자의 상황을 재연할 수 있고, 피교육자는 심리적 압박이 없는 상태에서 얼마든

지 많은 연습을 원하는 시간에 할 수 있다. 또한 피교육자가 시뮬레이터에서 행한 행위는 기록될 수 있기 때문에 인지적 기술과 손기술을 모두 평가하고 관리할 수 있다. 문제는 현대 의학에서 행해지고 있는 다양하고 수많은 시술들에 대해서 충실한 시뮬레이션들을 구현할 수 있는가이다.

교육적 효과가 높고 실제 상황을 충실하게 재연할 수 있는 의료 시뮬레이션을 가능하게 하는 기술들은 다음과 같이 요약할 수 있다. 우선, 특정 시술의 어떤 부분을 시뮬레이션하는 것이 효과적이고, 또 개발된 시뮬레이터가 충분히 훈련 효과를 내는지 검증하는 기술이 필요하다. 모든 술기의 학습곡선(learning curve)이 모두 같지는 않다. 어떤 부분은 빠르게 학습할 수 있고 어떤 부분은 익히는 데 많은 연습과 시간이 소요된다. 느린 학습곡선을 갖는 부분을 시뮬레이션하는 것이 전체적으로 학습 효과와 비용 면에서 효율적이다. 또한 시뮬레이터는 수련의에게만 활용될 수 있는 것이 아니다. 특정한 시술의 경우에는, 오랜 경험을 가진 의사들도 실제 시술에 앞서, 시술을 계획하고 연습해 볼 수 있는 기회를 희망하는 경우가 많다. 이런 경우는 시술의 여러 가지 중요 변수들이 환자 개인에 따라서 많이 변하는 경우에 해당한다. 커리큘럼(curriculum)과 시뮬레이션을 설계하고 그 효과를 과학적으

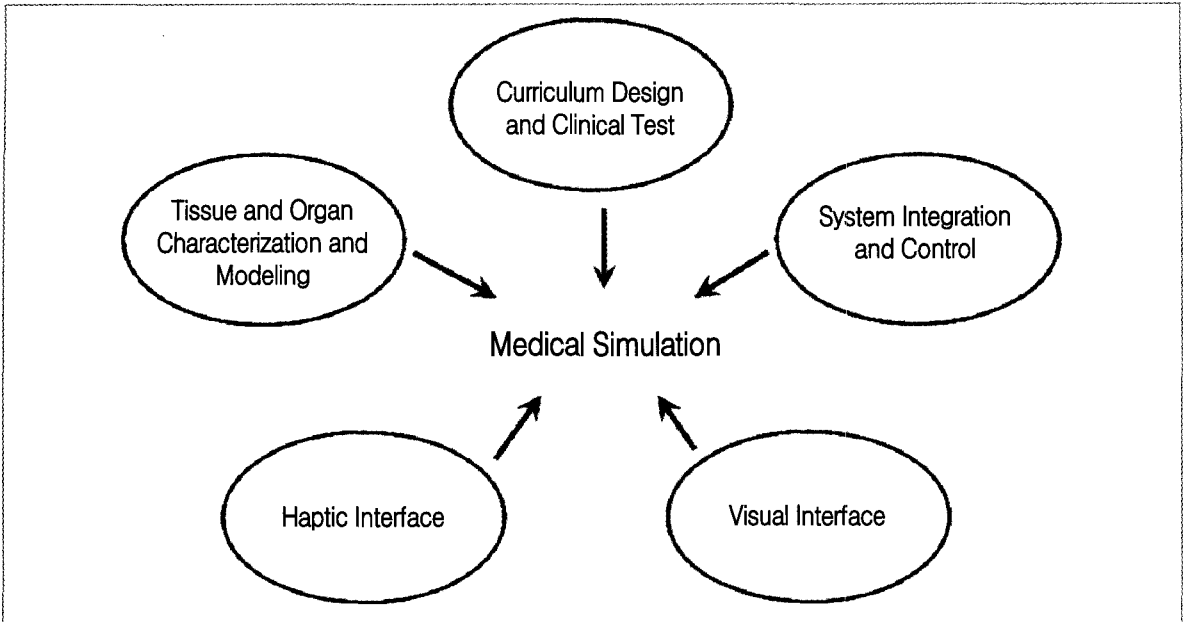


그림 1 의료 시뮬레이션을 위한 핵심기술

로 검증하는 임상시험 기술은 의료 시뮬레이션의 성공에 가장 중요하다고 할 수 있다.

의사는 기본적으로 눈으로 보고 손으로 느끼며 시술을 한다. 청각이나 후각을 함께 활용하는 경우도 있으나 시각(visual feedback)과 촉각 및 역감(haptic feedback)에 비하면 상대적으로 적다. 따라서 사용자에게 시각적 현실감을 제공하는 시각 인터페이스와 촉각 및 역감을 재연하는 햅틱 인터페이스가 필요하다. 그리고 시각 인터페이스와 햅틱 인터페이스를 동기화하고 전체적으로 안정된 시뮬레이션을 제공하기 위한 시스템 통합 및 제어 기술이 필요하다.

충실도(fidelity)가 높은 시뮬레이션을 제공하기 위해서는, 앞서 언급한 인터페이스들과 제어시스템에서 사용하는, 인체 장기 및 조직의 모델이 충실하고 효율적이어야 한다. 생체는 그 물성 및 거동이 사체와 현격하게 다르다. 인간 생체의 여러 가지 조직(tissue)과 장기(organ)의 특성과 거동에 대한 현재의 자료는 많은 보완을 필요로 하고 있다. 이러한 자료를 축적하여 충실하면서도 계산적으로도 효율적인 인체 조직 및 장기의 모델을 만드는 기술이 필요하다.

의료 시뮬레이션이 환자를 통한 연습을 완전히 대체할 수 있을지는 불분명하지만, 기존 패러

다임에 보완적으로 접목되었을 때 큰 효과를 낼 수 있다는 증거들이 계속 축적되고 있다. 이 테마기획에서는 국내에서 수행되고 있는 의료 시뮬레이션 분야의 연구들을 소개한다. 첫 번째로, 의료 시뮬레이션을 통해서 얻은 술기가 실제 시술로 이동되는 문제와 관련된 연구를 소개하고, 두 번째는 시각 인터페이스를 위한 컴퓨터 그래픽에 관한 연구를 소개한다. 세 번째 글에서는 인간 생체의 물성을 획득하고 모델화하기 위한 연구를 소개한다. 마지막 두 글에서는 국내에서 현재 개발되고 있는 의료 시뮬레이터의 사례들을 소개한다.