「한국 시스템다이내믹스 연구」 제10권 제4호(2009.12) : 73-83

연구노트

시스템 다이내믹스의 간호학에의 활용

Application of System Dynamics in Nursing Research

곽찬영*
Kwak, Chan-Yeong*

Abstract

Systemic Dynamics has been widely used as a method for studies in the areas of education, health care, and behavioral sciences. This paper discussed the SD application in nursing research by illustrating examples of published articles in nursing discipline, which can be classified into physiologic, socio-psychological, and health policy fields. It also identified the limitations of SD use in nursing and suggests strategies in order to facilitate a SD method for nursing research: 1) systematic introduction of SD in nursing research fields; 2) Interest about SD as an innovative research method; 3) researcher's efforts to understand the SD method in academic settings.

KeyWords: 간호연구 방법론, 시스템 다이내믹스의 간호학 활용, System Dynamics (Nusing Research Methodology, Application of System Dynamics in Nursing Research, System Dynamics)

* 고려대학교 간호학과 교수 (제1저자, chanyeong@gmail.com)

Ⅰ. 개 요

간호학은 인간의 반응에 대한 학문이다. 반응 중에는 신체 생리적 반응도 있지만 심리적 요인에 의한 행동학적 반응, 혹은 환경이나 문화 및 관습에 의한 사회적 반응도 있다. 간호사는 환자의 의학적 치료에 대한 신체 생리학적 반응과 심리적 혹은 사회적 반응을 분석하여 의사 결정에 반영해야 하는 전문인이므로 매우 복잡한 사례를 간호할 때 문제해결에 어려움이 있을 수 있다. 그것은 환자가 나타내는 반응은 생리학과 사회 심리학적인 측면에서 오는 복잡한 양상이 혼합되어 있어서 실제로 표면적으로 나타나는 외면적 현상은 단순화되어 표현되기 때문이다.

시스템 다이내믹스학은 이러한 양면성, 즉 복잡하나 단순 명료하게 나타나는 현상을 심도 있게 파악하여 이해하는 방법이므로 간호학 응용에 의의가 있다고 하겠다. 최근 국내 및 국외 시스템 다이내믹스 저널이나 박사 학위 논문에서 시스템 다이내믹스를 이용한 논문을 자주 접하게 되는 것도 이러한 이유가 아닐까 한다. 이 연구에서는 시스템 다이내믹스가 간호학의 어떤 분야에 어떻게 응용될 수 있는 지를 조사하기 위하여 국내외 출판된 문헌의 사례를 분석하고 간호학에 적극적으로 활용되기 위한 선결 조건이 무엇인지 논의하고자 한다.

1. 시스템 다이내믹스 응용 분야

그 동안 국내외 시스템 다이내믹스 학회 저널에 기고하거나 국내 박사학위 논문 들을 살펴보면 다음과 같은 분야로 구분할 수 있다.

- 생리적 반응에 대한 문제
- 심리적/사회적 반응에 대한 문제
- 의료 시스템, 보건 행정 및 정책 문제

2. 생리학적 반응

시스템다이내믹스 방법을 이용한 보건 건강 분야 연구 중에 생리학적 반응을 모델링한 것이 가장 잘 알려져 있다. 외국에서 최근에 보고된 대표적인 논문의 예를 들어보면, Incioglu(2007년)는 인간이 살아있는 동안 수명과 혈압과의 관계를 규명하고 혈압의 영향력과 역동성을 탐구하기 위하여 모델링을 하였다. 이 연구는 단순히 질병치료에 그치지 않고

예방의학에 초점을 맞추는 현대 의학의 최근 경향과 일치하는 것으로, 환자 자신의 혈압을 현재 생활 습관을 기반으로 하여 예측한 것을 시각적으로 볼 수 있기 때문에 건강 교육효과가 크다고 이 논문의 저자들은 보고하고 있다. Atun 등(2007년)이 개발한 모델은 결핵치료를 위해 쓰이는 항생제에 내성이 생긴 결핵균의 전파 과정을 모델화하고, multidrug 저항성 결핵과 HIV(Human Immune deficiency Virus)와 전파 경로와의 상관관계를 모델화하여 antiretroviral 치료의 비용을 산출하려고 시도하였다. 이 모델은 균에 대한 인간의 생리학적인 반응을 시뮬레이션 하여 질병치료를 위한 의료비용을 예측하려고 했다는 점에서 의의가 있다고 하겠다.

Eskici와 Turkgulu(2007년)는 시스템 다이내믹스 방법으로 조류독감의 발병 원인을 규명하였다. 이 연구자들은 avian 인플루엔자의 발병이 오리나 가금류의 조밀도와 깊은 관계가 있다는 것을 나타내고, 낮은 병원성 바이러스에 감염된 조류와 격리시켜야 한다고 모델링을 통해 증명하고자 하였다. Ewers와 Dauelsberg(2007년)는 아시아, 아프리카 및 유럽에서 전파되고 있는 새 유행성감기를 통제하는 전략이 미국경제에 어떤 영향력을 미치는 지를 분석하기 위하여 시스템 다이내믹스를 사용하였다. 이 연구에 의하면 많은 사람들이 감염되었을 지라도 미국에 끼치는 경제 비용은 낮을 것이라고 예측 보고하였다.

시스템 다이내믹스 방법은 Naidoo(1997) 의 심혈관 질환 관리에 대한 연구와 같이 다양한 만성 질환 관리에도 사용되었다. 그 예로, 만성질환에 대한 구체적인 이해력을 높이고 보건 정책 결정의 수단으로 사용한 연구로서, Jones 등(2006)의 당뇨병에 대한 모델링을 들 수 있다. 이 연구는 당뇨병의 발생률과 여러 수정 가능한 요인(modifiable factor)들을 예방의학으로 질환을 관리할 경우에 발생하는 결과 변수에 대하여 컴퓨터 시뮬레이션을 하였다. 당뇨병을 관리하기 위한 보건 정치가들의 의사 결정 수단으로 시스템 다이내믹스 방법이 사용된 좋은 예라고 볼 수 있다. 그 외에 Homer, Hirsch와 Milstein(2007)등은 만성 질환의 발생률, 치료에 대한 반응, 질병 관리 및 합병증에 대하여 모델링하였다. 특히 이 모델은 만성 질환과 비건강적인 행위와 질병 발생을 일으키는 위험 요인들과의 연관성을 규명하여 질병관리를 위한 건강행위의 중요성을 보여주었다.

한국에서 발표된 연구들을 살펴보면, 시스템 다이내믹스를 이용하여 생리적 반응에 대한 문제를 최초로 발표한 논문으로서 “이순희”의 비만에 대한 모델을 들 수 있다. 이 모델은 성인에 대하여 체중이 늘어나는 요소(영양 섭취)와 줄어드는 요소(운동)를 연관시켜 모델화한 것으로, 개인의 식사량 및 운동량은 물론 식사 시간 및 운동 시간의 차이까지 묘사할 수 있는 정교한 모델이다. 즉, 개인의 약 1달간의 일반적인 식사 및 활동 정보를 모델에 입력하면, 그 개인의 체중을 시간변수에 따라 미리 예측할 수 있다. 이 모델에 관한 진단 및 검증과정을 통해 보다 완벽한 모델링 절차를 거친다면 건강 증진을 위한 환자 교육에 효과

적인 도구가 될 수 있을 것이다.

“최은옥 외”의 간염에 대한 모델은 간염 환자의 항체 형성과정 및 면역 체계의 역량을 중심으로 간염균의 체내 활동성에 관하여 모델링 하였다. 그러나 바이러스의 활동력은 면역체계의 생리학적 역량뿐만 아니라 정신 심리학적 요인, 예를 들면 스트레스 등에 밀접한 상관관계가 있으므로 현재 개발된 모델에는 응용도에 한계가 있다. 스트레스라는 소프트 변수를 검증이 잘된 도구를 사용하여 계량적 변수로 나타내어 모델에 포함시킨다면 만성 간염환자 관리를 위한 임상에서의 응용도를 높일 수 있을 것이다.

“이영희”의 체중에 대한 모델은 이순희의 비만에 대한 모델을 신생아에 활용 한 모델로서, 기존 모델에 성장 및 발달 측면을 삽입하여 장기적 측면을 모델링하였다. 이 모델은 신생아의 일반적 행태로부터 출발하여 저체중아에 초점을 맞춘 연구이다. 그러나 이 모델 또한 연구자 개인적 모델화 개념을 기반으로 개발되었고, 약 20 여명의 신생아에 적용한 단계에만 머물러 있으므로, 앞으로 실증 실험을 거쳐야만 활용성 측면을 검증 받을 수 있을 것이다.

“최은옥과 곽찬영”의 당뇨병에 대한 모델은 “이순희” 및 “이영희”의 체중 모델 중에서 탄수화물 대사 부분을 인슐린 호르몬의 역할을 추가하여 혈중 포도당의 농도를 중심으로 관찰한 모델이다. 이 모델은 임상에서 자주 일어나는 저혈당 및 고혈당 증상을 개인의 일상생활을 기반으로 하여 예측할 수 있는 모델로 임상에서의 응용성이 크다고 할 수 있다. 특히 이 분야에는 Honeycutt (2003) 등의 연구와 같은 dynamic Markov model 방법을 쓰는 등의 다른 다양한 방법을 이용하여 당뇨병에 대한 계량적인 연구가 많이 되어 있으므로, 앞으로 검증과정을 통한 정교한 모델로 발전시킨다면 추후 당뇨병 관리에 중요한 교육 도구가 .될 수 있다.

“김지수”의 욕창에 대한 모델은 욕창의 원인과 체내의 방어기전을 중심으로 모델화한 것이다. 이 모델은 욕창이 생기는 원인, 즉 부동자세에 의한 계속적인 압력요인, 산소공급 부족, 영양 부족등과의 상관관계를 규명하여 최적의 욕창 치료법을 찾기 위하여 만들어 졌다. 이 연구는 약 10명의 실제 자료를 바탕으로 모델의 정교성을 입증하였는데, 아직 개인차에 대한 연구가 되어 있지 않아서 현제 모델의 응용성에는 제한점이 있다. 앞으로 좀 더 많은 데이터로 이 모델을 validation 할 수 있는 계속적인 연구가 이어진다면 정교한 모델이 될 수 있을 것이다.

3. 심리적/사회적 반응

가장 많이 활용될 수 있는 심리적/사회적 반응에 대한 모델은 예상외로 찾아보기 어렵

다. 그것은 소프트 변수를 측정할 수 있는 도구 문제도 있지만 논문의 타당성을 피력하기에 주관적인 면을 객관화하기 어렵다고 생각하는 연구자의 선입관 때문이기도 할 것이다. 현재 발표된 논문으로 가장 유사한 예로는 “이주영”의 음악을 이용한 치료 모델을 들 수 있다. 음악요법은 아로마 요법이나 터치 요법 등 간호학 연구에 자주 등장하는 주제이나 컴퓨터 시뮬레이션을 제시한 것은 드물다. 이주영 모델은 음악 치료가 환자의 인지된 통증과의 상관관계를 모델화한 것으로, 11명에 대한 적용 사례와 함께 연구하였다.

Ⅱ. 의료시스템, 보건 행정 및 정책 문제

시스템 다이내믹스가 공중보건이나 의료보건 정책에 설득력 있게 접근하고 있으며, 그것의 유용성에 대한 가치가 컴퓨터 공학의 발달에 힘입어 Gunning-Schepers의 발표(1989) 이후로 나날이 증가되고 있다. 그러나 이 방법은 정책 결정이나 기관의 의사 결정 수단으로 이용되기 때문에 연구 논문 형식으로 발표된 것은 적은 수에 불과하다. Homer와 Hirsch(2006)가 발표한 논문에서 시스템 다이내믹스의 공중 보건에 대한 기여도에 대해 피력하였고, 미래 보건 정책의 방향에 대해서도 모델링을 하여 제시하였다. Azar 등(2007)은 혈액 투석 성과에 대한 hemodialysis 기계 정비의 효력을 평가하기 위하여 시스템 다이내믹스 모델을 만들었다. 또한 Akiyama, Goldsmith, 그리고 Siegel(2007년) 등은 약물 주입 시 발생하는 과실을 감소시키고 신속한 물자 교류를 목적으로 한 건강 정보 시스템을 구축하였다. 우리나라에서 발표된 논문으로는 유소영(2009)의 의료기관의 인력산출 개발모델을 들 수 있다. 이 모델은 시스템 다이내믹스 방법론을 사용하여 일반병동 간호인력 운영 모델을 개발한 연구이다. 이 연구에서는 간호인력 산정에 영향을 미치는 변수들 간의 인과관계와 역동적인 변화 메커니즘을 파악하고 최적의 간호 단위별 간호인력을 산정하는 모델을 만들었다. 특히 이 모델은 각 의료 기관의 특성을 반영하고 해당 의료기관의 일반 간호 단위와 특수 간호 단위를 대상으로 간호 인력을 산정하여 최적화를 도모하는 과학적인 인력 정책을 모델링하여 보여주었다. 최순옥(2004) 의 연구는 신규 간호사의 조직 사회화 과정을 시스템 다이내믹스를 이용하여 모델화하였다. 이 연구에서는 신규 간호사의 조직 사회화 과정에 영향을 미치는 요인들의 인과 관계를 파악하고, 그것에 관한 통합적인 개념적 틀을 구성하여 신규간호사의 효과적인 조직 사회화 과정을 위한 모델을 개발하고, 그 타당성을 검증하기 위해 시스템 다이내믹스(System Dynamics) 방법론을 적용하였다. 이러한 정책 결정에 관한 모델들은 간호 관리나 보건 정책 문제 등의 의사 결정에 중요한 tool 이 될 수 있다. 즉, SD 방법은 통계적인 자료를 바탕으로 모델을 구축한 방법이므로 과학적인 근

거를 제시할 수 있다는 면에서 그 활용성이 크다고 할 수 있다. 실제로 현재 미국의 NIH(National Institute of Health)에서는 SD를 활용한 정책 연구 과제가 활발히 진행되고 있다.(27thInternationalConferenceoftheSystemDynamicsSociety)

Ⅲ. 시스템다이내믹스 기법 활용의 현실적 문제

다학제 간의 협력을 통해 할 수 있는 새로운 연구 방법론이 간호학에 접목되는 것은 긍정적이고 필요한 일이기도 하다. 그러나 현재 발표된 시스템 다이내믹스 연구들이 단발성으로 끝나고 있거나 정교한 모델을 만들기 위한 후속 노력이 부족한 것이 현실이다. 시스템 다이내믹스 방법은 수학과 컴퓨터 공학에 대한 깊은 지식이 요구되므로 실제로 모델을 만드는 데에는 어려움이 많을 것이다. 그러나 간호학자들의 역할은 컴퓨터 시뮬레이션 모델을 어떻게 만드는가가 중요한 것이 아니라 causal loop diagram 을 만들기 위한 병태생리학, 사회 심리학, 인간 행동 과학 등 간호의 기반이 되는 다양한 학문에 대한 지식과 자료 수집에 대한 survey 혹은 focus interview 연구 방법에 대한 지식이 필요한 연구 방법론이다. 간호학에 시스템 다이내믹스 방법의 활용을 용이하게 하기 위하여 아래와 같이 세 가지의 문제점을 나열하고 그 문제 해결을 위한 제언을 하고자 한다.

1. 교육의 문제

가장 근본적인 문제는 시스템 다이내믹스 기법을 체계적으로 가르치는 간호대학이 없다는 점일 것이다. 사실 시스템 다이내믹스 소프트웨어는 통계 소프트웨어와는 질적으로 다르다는 점을 이해하지 못하고 시스템 다이내믹스 기법을 적용하고자 하였던 예가 많다. 앞서 언급한 예 중에서 독자적으로 시스템 다이내믹스 기법을 적용하고자 하였던 이순희, 김지수, 이주영이 모두 이러한 예에 속하는데, 이화여자대학교 간호학과처럼 교수가 주관이 되어 시스템 다이내믹스 기법의 도입을 적극적으로 검토한 경우는 학생들의 인지도는 충분하기는 하나, 시스템 다이내믹스 기법을 충분히 학습한 후에 논문 활동에 들어가지 못하다는 점에서 한계점을 보여주었다.

이러한 점을 해결하기 위해서는 간호학 대학원 과정에서 시스템 다이내믹스에 대한 전문적 소개가 필요하다. 그러기 위한 한 방법으로 학회가 주관하여 시스템 다이내믹스 교육과정을 개설하는 것을 들 수 있는데, 이 경우는 학점 인정 등의 문제가 남아 있다. 또 다른 방법으로 간호학과에서 직접 시스템 다이내믹스 과목을 개설하거나 연구 방법론 등의 과목

에 시스템 다이내믹스 기법에 대한 교육을 하는 방법이 있다.

2. 논리적 틀의 문제

두 번째 문제는 기존의 간호학 연구 방법과 궤를 달리하는 방법론 때문에 논문의 심사에 혼선이 있을 수 있는 점이다. 이는 다음번에 언급할 검증의 문제와 연결이 되기도 하는데, 이 절에서는 논리적 틀의 문제와 검증 문제를 같이 다루고 다음 절에서는 시스템 다이내믹스 기법의 검증 문제에 초점을 맞추기로 하겠다.

전통적 간호 연구 방법과 시스템 다이내믹스 연구 방법의 가장 근본적인 차이점은 연구 목적이 다르다는 점이다. 즉 간호학에서 연구는 대부분 단편적 사실을 가정하고 그 사실을 객관적 증거를 통해 증명해가는 것인데 반하여, 시스템 다이내믹스는 의사 결정(outcome based decision making process)을 전제로 문제를 접근해 나간다는 점이다. 단편적 사실의 가정에 대한 증거를 대기 위해서는 검증의 3요소인 계량성, 형식성, 객관성을 모두 만족시켜야 하는 매우 엄격한 검증이 필요하고, 이러한 엄격한 검증을 통해 학문을 체계적으로 발전시킬 수 있는 것이다. 그러나 실제 문제의 의사 결정을 전제로 한 시스템 다이내믹스 방법론에서는, 현실이 그러하듯이, 불확실한 환경에 따른 가정도 연구자가 받아들여야 하는 상황이 종종 발생한다. 하나의 모델로 완벽한 하나의 세계를 구상하여야 하기 때문에, 의사 결정에 필요하다면 반드시 모델화에 고려해야 하는 검증보다 현실성이 선행이 되는 접근방식을 택하게 되므로 연구논리에 맞지 않다고 반박할 수 있다. 그러나 시스템 다이내믹스 방법은 최종 outcome 을 기준으로 귀납법적인 논리로 역추론해 나가므로 이것 역시 과학적인 연구방법이라는 것을 역설할 수 있다.

시스템 다이내믹스 연구가 이루어지는 과정 중에는 연구의 일정한 틀이 존재하지 않을 수도 있고, 또한 있다 하더라도 문제에 따라 다를 수도 있다. 시스템 다이내믹스 방법론에 유일하게 공통적인 틀이 있다면 아마 시뮬레이션을 이용하여 시행착오(trial & error) 방법으로 최적안(optimization)을 찾아 간다는 사실일 것이다. 이러한 무정형성 연구 과정 때문에 연구자 혹은 지도자들을 당황하게 만들거나 모델에 대한 신뢰를 얻지 못하는 경우가 발생될 수도 있을 것이다. 그러나 간호학 연구자들이 시스템 다이내믹스 연구 방법론에 대해 충분히 이해하고 새로운 방법론을 받아들인다면 이것은 해결 가능한 문제라고 여겨진다.

3. 검증의 문제

사실 시스템 다이내믹스 학계에서도 모델의 검증 문제를 생각보다 심각하게 다루지 않

고 있다는 점을 지적해 둘 필요성이 있다. 간호학계 관련 논문은 다양한 검증 방법을 사용하려고 노력한 흔적이 있고, 어쩌면 그 노력이 간호학계가 시스템 다이내믹스 학계에 공헌한 바가 아닐까 한다. 앞서 언급한 간호학과에서의 논문에서 사용한 검증 방법에 대해 간단히 기술하고자 한다.

“이순희”의 검증 방법: 이순희 박사는 박사학위 논문을 시스템 다이내믹스 방법을 사용한다는 결정을 한 후에 몇 년간 자료를 충실히 수집하고 모델화를 시작하였다. 그러한 관계로 문헌 등에 나와 있는 체중과 관련된 거의 모든 자료를 소지할 수 있었으며, 모델의 결과와 이러한 문헌에 나오는 자료와 비교하는 방식을 택하였다. “최순옥”의 검증 방법은 모델을 완성한 후 실제 간호사들과 인터뷰 및 설문조사를 수행하여 모델의 타당성을 “객관적 의견”의 형태로 정리하는 방법을 취하였다. “유소영”의 검증 방법은 모델을 개발한 후 비록 짧은 시간이지만 과거 1년의 실제자료와 2달간의 모의 자료와 모델결과를 비교하는 방식을 택하였다. “이영희”의 검증 방법은 저체중아에 대한 일반 모델을 개발한 후, 개인차 모수를 따로 구분하여 약 20 여명의 저체중아에 대해 캘리브레이션을 수행하여 각 모수가 신빙성 있는 범위 안에서 있음을 보여줌으로써 간접적으로 모델 타당성을 제시하였다. “이주영”의 검증 방법은 “이영희”의 검증 방법에 각 모수에 대한 범위에 대해 추가적인 연구를 하는 방식을 택하였는데, 이는 검증 방법의 개선이기도 하지만 캘리브레이션의 개선 방안이기도 하다는 점에서 의의가 크다.

시스템 다이내믹스 모델의 검증 방법을 연역적 방식과 귀납적 방식으로 나눌 때, 모델에 포함된 수식의 개수가 최소 몇 백을 넘는다는 점에서 연역적인 검증이 사실상 어렵다. 따라서 귀납적 방식 밖에 사용할 수 없는데, 자료가 많은 경우는 R2등 통계적 방식을 택할 수 있지만, 자료가 없는 경우는 앞서 언급한 “최순옥”의 검증 방식이 유일한 대안이었다. “이영희”의 검증 방식이나 이를 발전시킨 “이주영”의 검증 방식은 아직 부족한 측면이 많기는 하지만 시스템 다이내믹스 학계에서도 보다 심도 있는 연구를 해 볼 필요가 있다고 본다.

Ⅳ. 제 언

위에 살펴본 바와 같이 시스템 다이내믹스 기법이 간호학에 조금씩 활용되는 것을 알 수 있다. 지금은 어떻게 보면 하나의 시험 기간으로도 볼 수 있는데, 간호학계와 시스템 다이내믹스 학계의 보다 적극적인 학문적 협조가 필요할 것이다,

시스템 다이내믹스 기법이 유용하지 않다고 증명되어 간호학계에서 이용되지 않는다면

그것은 당연히 받아들여져야 할 것이다. 그러나 선입관이나 인식의 차이 또는 단순한 교육 부족 등의 이유로 시스템 다이믹스가 받아들여지지 않는다면 그것은 미래 지향적인 간호학 발전을 저해하는 요인의 하나가 될 수 있다. 그러한 잠재적 가능성을 배제하기 위하여 다음과 같은 세 가지 제언을 하고자 한다.

첫째, 시스템 다이내믹스의 간호학 활용을 위하여 간호학계에 체계적인 소개가 필요하다. 특히 생리 및 병태학의 메커니즘을 모델링하여 인간에 대한 치료 및 질병 양상에 대한 인관 관계를 나타내는 모델은 의료진의 최적화된 치료 결정을 내리는데 중요한 도구가 될 수 있다. 그것은 인간을 대상으로 시행되는 실험 및 연구는 의료 윤리상의 한계가 있으므로 이러한 컴퓨터공학과 의학과의 접목은 필수적인 것이라고 할 수 있다. 또한 이는 다학제 간의 협력을 도모하는 최근의 연구 동향에도 부합하는 미래 지향적인 연구 방법론이라고 할 수 있다. 이러한 장점을 부각시켜 간호계에 우선 널리 알리는 것이 필요할 것이다. 둘째, 간호관리 및 의료기관의 인력 관리법에도 시스템 다이내믹스법을 이용할 것을 제언한다. 경제적 효율성 및 간접 효과성을 추구하기 위하여 여러 전략을 미리 시뮬레이션을 통해 예측할 수 있다면, 의료기관의 효율적인 인력관리 및 의료기구 관리에 유용한 도구가 될 것이다. 마지막으로 시스템 다이내믹스에 대한 보건 정책가들의 관심을 끌기 위하여 간호계의 정치적인 참여 활동이 필요하다. 제한된 의료 자원의 최적화된 활용을 위하여 보건 정책가들이 이 기법을 통해 정책 결정을 한다면 보다 더 과학적이고 근거 중심적인 의료 정책을 펼 수 있을 것이다. 또한 간호계 교수들과 연구원들의 연구 발표는 의료 정책가들의 관심을 끌 수 있는 중요한 방법 중의 하나이므로 시스템 다이내믹스를 사용한 계속적인 연구 발표와 학회 활동이 권장되어야 할 것이다.

【참고문헌】

김지수. (2009).「시스템 다이내믹스를 이용한 욕창 모델 개발=Development of system dynamics model for pressure ulcer」.

권경자. (2006).「의료기관의 간호인력 산정을 위한 시스템 다이내믹스 모델 개발」.『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제7권 2호. 215－226.

최순옥. (2004).「시스템 다이내믹스를 이용한 신규간호사의 조직 사회화 과정 모델 개발」.

최은옥・곽찬영. (2008).「당뇨병 환자의 혈당변동에 대한 시스템 다이내믹스 모델 개발」.『한국 시스템 다이내믹스 연구』, 제9권 1호. 155－170.

이영희. (2007).「시스템 다이내믹스를 이용한 저 출생 체중아의 성장예측모형」.

이순희. (2003).「시스템 다이내믹스를 이용한 비만인의 에너지 균형 모델 개발」.

유소영. (2009).「시스템 다이내믹스 방법론에 의한 일반병동 간호인력 운영 모델 개발」.

Azar, A. T., Wahba, K. M., & Mohamed, A. S. (2007). “System dynamics highlights the effect ofmaintenanceonhemodialysisperformance.” *25th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston: Massachusetts, July 29－August 2.

Eskici, B., & Turkgulu, B. (2007). “Modeling the dynamics of avian influenza epidemics and possible pandemics.” *25th International Conference of the System Dynamics Society,* Boston: Massachusetts, July 29－August 2.

Ewers, M., & Dauelsberg, L. (2007). “Pandemic influenza mitigation strategies and their economic impacts.”, *25th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston: Massachusetts, July 29－August 2.

Forrester, J. (1993). “System dynamics as an organizing framework for pre-college education.” *System Dynamics Review. 9*(2): 183－194.

Gunning-Schepers LJ. (1989). “The health benefits of prevention: a simulation approach”, *Health Policy Special Issue*. 12: 1－255.

Homer, J. Hirsch, G. (2006). “System Dynamics Modeling for Public Health: Background and Opportunities.” *AmericanJournalofPubicHealth. 96*(3): 452－458

Homer, J. Hirsch, G. Milstein, B. (2007). “Chronic illness in a complex health economy: The perils and promises of downstream and upstream reforms.” *25th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston: Massachusetts, July 29－August 2.

Honeycutt AA, Boyle JP, Broglio KR, et al. (2003). "A dynamic Markov model for forecasting diabetes prevalence in the United States through 2050." *Health Care Manage Science 6*: 155－164.

Incioglu, F. A (2007). "dynamic simulation model for long-term hypertension progression." *25th International Conference of the System Dynamics Society*, Boston: Massachusetts, July 29－August 2.

Jones, A. P., Homer, J. B., Murphy, D., Essien, J., Milstein, B., & Seville, D. (2006). "Understanding diabetes population dynamics through simulation modeling and experimentation." *American Journal of Pubic Health. 96*(3): 488－494.

Naidoo B, Thorogood M, McPherson K, Gunning-Schepers LJ. (1997). "Modeling the effects of increased physical activity on coronary heart disease in England and Wales." *J Epidemiol Commun Health. 51*: 144－150.

논문접수일: 2009. 09. 10 / 심사완료일: 2009. 12. 10