

시스템다이내믹스를 활용한 중환자실 환자의 비계획적 자가 발관 모델

송유길¹ · 윤은경²

¹경희대학교 간호과학대학, ²경희대학교 간호과학대학·동서간호학 연구소

Model for Unplanned Self Extubation of ICU Patients Using System Dynamics Approach

Song, Yu Gil¹ · Yun, Eun Kyoung²

¹College of Nursing Science, Kyung Hee University, Seoul

²College of Nursing Science · East-West Nursing Research Institute, Kyung Hee University, Seoul, Korea

Purpose: In this study a system dynamics methodology was used to identify correlation and nonlinear feedback structure among factors affecting unplanned extubation (UE) of ICU patients and to construct and verify a simulation model. **Methods:** Factors affecting UE were identified through a theoretical background established by reviewing literature and preceding studies and referencing various statistical data. Related variables were decided through verification of content validity by an expert group. A causal loop diagram (CLD) was made based on the variables. Stock & Flow modeling using Vensim PLE Plus Version 6.0b was performed to establish a model for UE. **Results:** Based on the literature review and expert verification, 18 variables associated with UE were identified and CLD was prepared. From the prepared CLD, a model was developed by converting to the Stock & Flow Diagram. Results of the simulation showed that patient stress, patient in an agitated state, restraint application, patient movability, and individual intensive nursing were variables giving the greatest effect to UE probability. To verify agreement of the UE model with real situations, simulation with 5 cases was performed. Equation check and sensitivity analysis on TIME STEP were executed to validate model integrity. **Conclusion:** Results show that identification of a proper model enables prediction of UE probability. This prediction allows for adjustment of related factors, and provides basic data to develop nursing interventions to decrease UE.

Key words: Airway extubation, Intensive care units, Nonlinear dynamics

서론

1. 연구의 필요성

중환자실은 중증의 환자에게 집중적이고 포괄적인 입원서비스를 제공하는 곳으로 중환자실에 입원한 환자의 대부분은 호흡곤란이나 의식불명 상태로 기관내관을 유지하고 있다. 기관내관은 폐의

환기 유지, 기도 폐쇄 예방, 인공호흡기를 통한 환기 보조, 위 내용물로부터의 기도 보호, 폐 세척을 위한 기구 삽입 등 다양한 목적을 위해 삽입되어 중환자의 생명을 보전하고 유지할 수 있는 주된 치료방법으로 이용된다[1,2]. 환자의 기도유지나 폐 기능 및 혈액학적 기능을 포함한 전신 상태가 호전되면 의료진에 의해 계획적으로 기관내관의 발관이 시도되거나[3], 치료자의 의도와 관계없이 처치나 치료 시 또는 환자가 움직이는 동안 우연히 기관내관이 이탈되거나 환자 스

주요어: 기관내관 발관, 중환자실, 비선형적 역동 모델

*이 논문은 제1저자 송유길의 석사학위논문 축약본임.

*This manuscript is a condensed form of the first author's master's thesis from Kyung Hee University.

Address reprint requests to : Yun, Eun Kyoung

College of Nursing Science, Kyung Hee University, 26 Kyungheedaero, Dongdaemun-gu, Seoul 130-701, Korea

Tel: +82-2-961-0917 Fax: +82-2-961-9398 E-mail: ekyun@khu.ac.kr

Received: October 2, 2014 Revised: October 19, 2014 Accepted: February 2, 2015

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution NoDerivs License. (<http://creativecommons.org/licenses/by-nd/4.0>)

If the original work is properly cited and retained without any modification or reproduction, it can be used and re-distributed in any format and medium.

스로가 제거하여 발생하는 비계획적 발관이 일어나기도 한다[4]. 비계획적 발관의 발생 빈도는 연구자에 따라 4.47%부터[5] 22.5%까지 [6] 매우 다양하며 국내 중환자실에서는 3~10% 정도로, 이 중 자가 발관(self extubation)이 85% 이상을 차지한다고 보고되고 있다[1].

비계획적 발관은 저혈압, 고혈압, 빈맥성 부정맥 등을 포함한 혈액학적인 문제를 발생시킬 뿐 아니라 환자의 상태에 따라 후두경련, 후두부종, 기도손상, 기도경련, 흡인성 폐렴, 호흡부전 등을 일으켜 인공호흡기 적용기간이나 입원기간의 연장 및 생명을 위협할 수 있다[7]. 또한, 갑작스럽게 발생한 응급상황으로 간호사들을 당황하게 하여 중환자실의 업무흐름과 치료계획에 심각한 영향을 미칠 수 있다[8]. 이에 중환자실 의료진은 환자의 기관내관 개방성과 정확한 위치 유지를 위해 최선을 다하는 것이 필요하며, 비계획적 발관은 환자안전의 한 부분으로 중환자간호에서 질 지표 및 중요 문제로 인식되어야 한다. 따라서, 비계획적 발관의 발생을 최소화 하기 위해 지속적으로 감시하고, 관련 요인을 규명하여 고위험 환자 및 상황에 대처할 수 있는 적절한 중재를 제공하는 것이 필요하다.

비계획적 발관에 관한 국내의 주요 연구로는 중환자실 환자를 대상으로 한 비계획적 발관의 빈도와 위험요인에 관한 연구[9-11], 자가 발관 및 재삽관과의 관련 연구[12], 비계획적 발관의 예방 및 중재에 관한 연구[13] 등이 있다. 대부분의 선행 연구가 비계획적 발관과 재삽관에 영향을 미치는 요인을 밝히는데 주력한 반면 비계획적 발관을 예방하기 위한 간호 중재나 효과에 관한 연구는 미흡하다. 또한, 비계획적 발관에 영향을 미치는 것으로 판명된 요인들도 연구에서 제시된 다양한 환경이나 조건에 따라 일관성 있는 결과를 나타내지 않아 간호 중재의 근거를 마련하는데 어려움이 있다. 이러한 한계점은 기존의 연구가 비계획적 발관에 대한 원인 변수를 밝히는데 초점을 둔 것에 기인하는 것으로 복합적 상황에서 다양한 변수들의 상호 인과관계로 발생하는 비계획적 발관에 대한 비선형적 분석 방법이 필요하게 되었다.

기존 연구들에서의 한계점을 극복하기 위한 방안으로 변수들의 인과관계를 고려하여 피드백 구조를 파악하고 시간의 흐름에 따른 역동적인 변화를 예측해 볼 수 있는 시스템다이내믹스(system dynamics) 방법론을 고려해 볼 수 있다. 시스템다이내믹스란 주어진 문제 또는 예상되는 문제에 대하여 그와 직접 또는 간접적으로 관련된 변수들로 구성된 시스템을 정의하고 변수들 간의 관계를 정량적으로 연구하여 컴퓨터 모델화 한 후 일련의 시뮬레이션을 통해 시스템의 동적 특성을 확인하여 문제해결에 도움이 되도록 하는 방법이다[14]. 시스템다이내믹스는 개발 당시에는 미국 군대조직을 위한 관리프로그램 개발에 사용되었으며, 그 과정에서 복잡한 현대조직의 문제해결을 위해 다양한 요인들의 상호작용을 고려하여 총체적 전략을 마련할 수 있다는 점이 각광을 받게 되었다. 그 결과,

교육, 교통, 금융, 기업체, 공공기관 등에서 정책 기획, 경영전략 개발, 관리시스템 개발 등에 광범위하게 이용되었고 국내에서도 이와 같은 다양한 영역에서 연구가 이루어지고 있다. 특히, 인간을 대상으로 하는 간호 및 보건의료 분야는 각 요인들이 상호 영향을 주고받는 양방향적인 특성을 가질 뿐 아니라 시시각각 변하고 예측 불가능한 상황에 직면할 수 있어 이에 대한 적절한 대응이 요구된다. 이에 따라 시스템다이내믹스가 생리적, 심리적, 사회적 반응에 대한 문제를 비롯하여 의료 시스템, 보건 행정 및 정책 등에 활용되어오고 있다. 국외의 경우 유방암 검진, 흡연조절환경, 병원간호사의 근무교대, 병원운영전략의 수립 등에 적용하였으며, 국내 간호학에서는 비만인의 에너지 균형, 적정 간호인력 산정, 신규간호사의 조직사회화 과정, 당뇨병 환자의 혈당 변동, 육창, 저 출생 체중아의 성장 예측 등의 연구에 시스템다이내믹스를 적용하였다.

이에 본 연구에서는 중환자실 환자의 비계획적 발관과 관련된 다양한 변수들의 상호 인과관계와 비선형 피드백 구조를 이해하기 위해 시스템다이내믹스 방법론은 이용하여 환자의 안전을 도모하고 중환자실 내 위기 상황과 환자 상태의 악화를 예방할 수 있는 질적인 간호의 기초 자료를 제공하는 데 도움이 되고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 시스템다이내믹스를 활용한 중환자실 환자의 비계획적 발관 모델을 개발하여 영향 요인을 확인하고 변화를 예측함으로써 비계획적 발관을 예방하기 위한 간호 전략의 근거를 마련하는데 있다. 본 연구의 구체적 목적은 다음과 같다.

첫째, 비계획적 발관에 영향을 미치는 변수들을 확인한다.

둘째, 변수들의 인과 관계와 역동적인 변화를 파악하여 중환자실 환자의 비계획적 발관에 대한 시스템다이내믹스 모델을 개발한다.

셋째, 개발된 시스템다이내믹스 모델의 시뮬레이션을 통해 비계획적 발관의 영향 요인을 확인하고 변화를 예측한다.

3. 용어 정의

1) 비계획적 발관(Unplanned extubation)

비계획적 발관은 의료인의 의도와 관계없이 비계획적으로 기관내관이 제거되는 것으로 환자 스스로 기관내관을 제거하는 고의적 자가 발관(self extubation)과 체위변경이나 환자 이송 시, 시술이나 검사 시행 과정에서 우연히 발생하는 우발적 발관(accidental extubation)을 의미한다[4]. 본 연구에서는 중환자실에 입원하여 기관내관을 유지 중인 환자가 스스로 기관내관을 제거하는 자가 발관을 말한다.

2) 시스템다이내믹스(System dynamics)

시스템다이내믹스는 1961년 포레스터(Jay W. Forrester)에 의해 구축된 방법으로 문제와 관련된 변수들로 이루어진 시스템을 구성하여 비선형적인 피드백 구조를 파악하고, 각 변수들 간의 관계를 모델화한 후, 컴퓨터 시뮬레이션을 통해 시스템의 역동적 변화를 예측 및 확인하는 과정이다[14]. 본 연구에서는 중환자실 환자의 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인들의 인과관계를 바탕으로 개발된 시스템다이내믹스 모델을 통하여 비계획적 발관 가능성을 동태적으로 살펴볼 수 있는 방법론을 말한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 중환자실 환자의 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인들 간의 인과관계와 피드백 구조를 파악하고, 이를 토대로 시뮬레이션 모델을 개발하여 검증하기 위해 시스템다이내믹스 방법론을 이용한 연구이다.

2. 타당도 검증을 위한 전문가 구성

비계획적 발관 변수의 타당도 검증을 위한 전문가는 Jang[15]의 구분에 따라 유능한 단계(입사 후 4~6년), 숙련단계(입사 후 7년 이상)에 해당되는 중환자실 임상 경력 5년 이상의 간호사로 구성되어 서울 소재 병원 중환자실 간호사 11명을 최종 선정하였다.

3. 모델 검증을 위한 환자 사례 선정

모델의 타당도 검증을 위한 사례는 본 연구에서 조사하고자 하는 변수를 충분히 포함하고, 변수에 대한 의무기록이 충실하며, 비슷한 사례가 중복되지 않고 다양한 조건을 만족하는 것을 고려하였다. 최종적으로 서울 소재 일개 상급종합병원 성인 중환자실에 입실한 환자 중 비계획적 발관이 발생한 환자 5명을 선정하였다.

4. 자료 수집

중환자실 환자의 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위해 2012년 2월부터 8월까지 국내외 문헌 및 선행 연구를 고찰하고 각종 통계 자료를 참고하여 이론적 토대를 마련한 후, 2012년 10월 전문가 타당도를 통한 내용 타당도 검증을 통해 관련 변수를 확정하였다. 개발된 모델의 검증을 위한 실제 자료수집은 A병원

IRB의 승인(AMC IRB 2013-0166)을 받은 후 실시하였다. 2013년 1월부터 4월까지 성인 중환자실에 입실한 환자 중 실제 비계획적 발관이 발생한 전체 환자의 의무기록을 검토하고 연구자가 개발한 조사양식을 이용하여 자료를 수집하였다. 선정 기준에 근거하여 모델 검증을 위한 다섯 환자를 정하였으며, 선정된 사례의 간호 업무량에 관한 자료는 OCS (Order Communication System) 상 병동간호시스템을 통해 비계획적 발관이 발생한 당일의 환자분류자료를 조회하여 수집하였다.

5. 연구 단계 및 자료 분석

본 연구는 시스템다이내믹스 방법론에 따라 진행되었으며 연구의 모델을 개발하기 위해 시스템다이내믹스 방법을 분석할 수 있는 프로그램인 Vensim PLE Plus Version 6.0b를 사용하였다.

1) 문제정의 및 변수 선정

시스템의 문제가 무엇인지 확인하고, 현재 문제에 영향을 미치며 또한 현재 문제가 영향을 미칠 수 있는 주요 변수들을 규명하는 단계이다. 비계획적 발관 관련 변수들의 체계적 파악을 위해 문헌고찰을 통한 예비단계와 전문가 타당도를 통한 내용타당도 검증의 두 단계로 진행하였다. 문헌고찰 후 선정 기준에 근거한 전문가 집단을 대상으로 내용 타당도(Index of Content Validation [CVI]) 검증을 시행하여 관련 변수를 확정하였다. 비계획적 발관과 해당 변수의 상호 관련성이 '매우 적절하다'를 4점, '적절하다'를 3점, '적절하지 않다'를 2점, '전혀 적절하지 않다'를 1점으로 한 설문지를 배부하고 3~4점을 표기한 전문가의 비율을 계산하여 내용 타당도 점수를 산출하였다. 참여하는 전문가의 수에 따라 5명까지는 100%, 6명은 83%가 합의 하는지를 권함에 따라 합의율 80% 이상인 경우를 최종 변수로 선정하였다[16].

2) 인과지도 작성(Causal loop diagram)

시스템을 구성하는 변수들 간의 관계 정의를 통해 시스템 전체를 구조적으로 표현하는 단계이다. 비계획적 발관과 관련하여 선정된 변수들 간의 상호 인과관계 및 피드백 구조를 규명하여 인과지도를 작성하였다. 선정된 변수의 인과관계를 위해 두 변수간 관계는 화살표를 이용하여 표현하고, 양의 관계인 경우는 '+', 음의 관계인 경우는 '-'를 이용하여 극성을 나타내었다.

3) 모델 개발

인과지도의 개념을 기초로 하여 시뮬레이션이 가능한 정량적인 모델을 개발하는 단계이다. 저장 변수, 유량 변수, 보조 변수를 규명

및 정의한 후 인과지도와의 일치성을 확인하고 저장-유량 흐름도(stock-flow diagram)로 작성하여 시스템다이내믹스 모델을 개발하였다. 저장 변수는 수준 변수라고도 하며 행위의 결과로 저장되는 변수를 의미하고, 유량 변수는 변화율 변수 또는 흐름 변수라고도 하며, 수준 변수의 값을 변화시키는 역할을 한다. 보조 변수는 매개 변수라고도 하며 유량 변수의 계산을 단순화시키기 위해 사용하는 변수이다. 두 변수 사이의 인과관계를 화살표로 나타내며 다양한 함수식을 활용하여 변수들 간의 관계를 정리하였다[14]. 본 연구에서 비계획적 발관 모델링은 환자 흥분 상태, 개별 집중 간호를 저장 변수로 하였다. 유량 변수는 흥분 증가/감소, 개별 환자 집중 간호 증가/감소이며 보조 변수는 환자 및 간호사 요인과 관련된 각종 변수들이다.

시스템다이내믹스 모델은 변수들의 관계가 수식으로 이루어지는데, 변수들의 수식은 단순한 사칙연산뿐만 아니라 복잡한 계산이나 함수식을 포함할 수 있다. 본 연구에서는 기초관계 균등단위 모델링(Normalized Unit Modeling By Elementary Relationship [NUMBER])을 활용하였다. 이는 모든 변수들의 단위를 0과 1까지의 값으로 균등화시켜 모델화하는 방법으로 추상적인 변수들을 계산 가능한 변수로 전환할 수 있어 모델링 작업을 쉽게 해줄 뿐만 아니라 연구자의 자의적인 주관을 배제시킴으로써 연구자의 고유한 사고를 시뮬레이션 할 수 있도록 한다[17]. 본 연구에서 중점적으로 파악하고자 하는 비계획적 발관 가능성이라는 변수는 값을 구체적으로 설정하기는 어렵지만, 가능성이 낮은 경우와 높은 경우를 인식할 수는 있다. 이에 많은 변수들의 수리적 조합으로 가능성을 표현하지 않고, 단순히 가능성의 최대값을 1로, 최소값을 0으로 설정하여 그 사이에서 인과관계에 따라 변화하도록 허용하였다. 또한, 모든 변수들이 동일한 단위로 정의될 경우 추상적인 변수와 구체적인 변수들 간의 관계 설정이 용이해지는데 이러한 인과관계를 일관되게 수식으로 적용하였다. 이와 같은 모델 개발 과정은 시스템다이내믹스 전문가 1인의 자문을 얻어 이루어졌다.

4) 모델 검증

객관성 검증과 건전성 검증에 따라 모델의 타당성을 검증하는 단계이다. 객관성 검증은 모델이 문제의 본질을 정확하게 표현하였는지에 대한 과정으로 시뮬레이션 수행을 통해 개발된 모델이 실제 상황을 반영하고 있는지를 평가하였다. 이를 위해 비계획적 발관이 일어난 다섯 환자의 사례를 선정하여 모델을 적용해보고 유사한 진행이 나오는가를 확인하였다. 건전성 검증은 모델의 식과 관계들이 연구자의 의도대로 완성되었는지 확인하는 과정으로 Vensim PLE Plus Version 6.0b를 이용하여 수식 검증(equation check), TIME STEP에 대한 민감도 분석을 시행하였다.

연구 결과

1. 변수 선정

변수의 선정은 문헌고찰 및 전문가의 검증을 바탕으로 비계획적 발관과 관련하여 의미 있고 시스템다이내믹스에 적용 가능한 변수들로 하였다. 문헌고찰 결과, 2개의 중환자실 유형(내과계, 외과계), 인공기도 유지 상태, 9개의 하부 영역이 포함된 간호활동(영양, 지속적 요구, 감시 및 측정, 활력 징후 측정, 교육 및 정서적 지지, 치료 및 시술, 호흡 치료, 활동, 정맥주입 및 약물요법), 간호 요구도, 업무 부하, 담당 환자 수, 간호사 경력, 중증도, 삽관 기간, 발관 지연, 연령, 자가 발관 경험, 의식 수준, 과잉 행동 양상, 진정제 투여 정도, 진정 상태, 불안, 스트레스, 통증 정도, 의사소통 장애, 움직임 정도, 억제대 적용 정도, 기관내관 고정 방법으로 총 32개의 변수가 확인 되었다. 이 중 전문가 집단을 대상으로 한 내용 타당도 검증을 통해 합의율 80% 미만인 중환자실 유형(내과계), 인공기도 유지 상태, 간호활동(영양과 활력징후 측정), 간호사 경력, 중증도, 연령을 제외하고 합의율 80% 이상을 보인 25개의 변수를 선정하였다. 선정된 변수 중 의미상 중복되는 변수를 확인하고, 모델에서의 적용 가능성을 검토한 후, 인과지도 작성 방법에서 제시된 변수 명 부여 원칙에 따라 명사 혹은 명사구로의 표현, 모호성을 배제한 명확한 표현, 중립적 표현을 선택하여[18] 최종적으로 18개의 변수를 확정하였다. 18개의 변수는 본 연구의 중심 주제인 비계획적 발관 가능성을 포함하여 정맥 주입 및 약물 요법, 감시 및 측정, 개별 환자 집중 간호, 간호 업무, 간호인력 조정, 계획적 발관에 대한 판단력, 의식명료 환자 발관 지연, 혼돈 정도, 환자 흥분 상태, 진정제 투여 정도, 불안 정도, 환자 스트레스, 통증, 의사소통 장애, 움직임 정도, 억제대 적용 상태, 기관내관 이중 고정이며, 이들이 인과지도 작성에 사용되었다(Figure 1).

2. 인과지도

비계획적 발관과 관련된 변수들의 전체적인 흐름을 파악하기 위하여 인과지도를 작성하였다(Figure 1). 비계획적 발관에 영향을 미치는 18개의 변수들은 일상적인 상황을 시작으로 위험 상황, 환자 상태 및 간호업무 변화에 따라 점차 확장된 인과지도를 형성하여 시스템이 전개되는 동안 지속적인 내부 작용을 일으킨다. 이에 따라 균형 상태의 일정 수준에 수렴하고자 하는 음의 피드백 루프와 증가는 더욱 증가되고 감소는 더욱 감소되는 극단으로 강화되는 양의 피드백 루프들이 순환 고리를 형성하며 조직화 되어있다.

기관내관을 유지 중인 중환자의 비계획적 발관은 언제든지 발생 가능성이 있는 일상적 상황으로 환자 흥분 상태, 움직임 정도, 개별

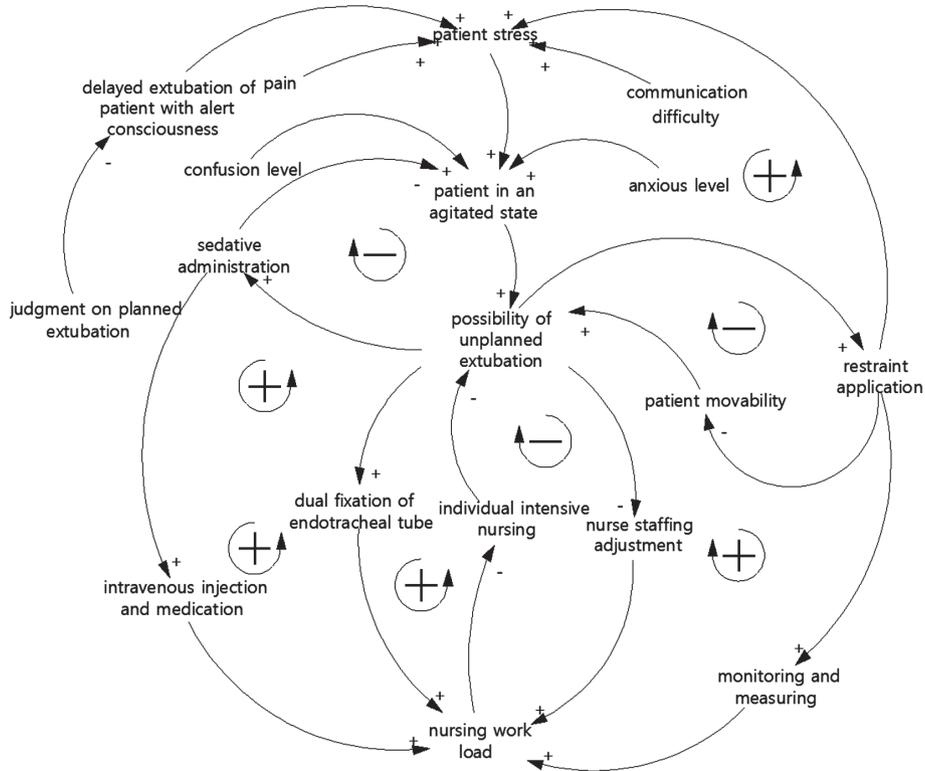


Figure 1. Causal loop diagram of unplanned extubation.

집중 간호가 영향을 미친다. 환자 흥분 상태 및 움직임 정도의 증가와 개별 집중 간호의 감소는 비계획적 발관의 가능성을 높이며, 환자 흥분 상태 및 움직임 정도의 감소와 개별 집중 간호의 증가는 비계획적 발관의 가능성을 낮춘다.

비계획적 발관의 가능성이 높아지는 위험 상황이 되면 이를 예방하기 위한 중재가 발생하는데, 물리적 또는 화학적 억제의 방법으로 신체 억제대를 적용하거나 진정제를 투여하게 된다. 즉, 증가된 진정제 투여 정도가 환자 흥분 상태를 감소하여 비계획적 발관 가능성을 낮추고, 강화된 억제대 적용 상태는 움직임 정도를 감소시켜 비계획적 발관 가능성을 낮추게 되는 음의 피드백 루프가 나타난다.

억제대 적용과 진정제 투여는 또 다른 변수인 환자 스트레스와 간호업무에 영향을 주게 된다. 비계획적 발관 가능성이 높아져 억제대 적용을 강화하면 점차적으로 환자의 스트레스가 발생해 환자의 흥분 상태를 증가시키는 원인으로 작용하고 이는 결국 비계획적 발관 가능성을 높이게 되는 양의 피드백 루프가 나타난다. 또, 다른 양의 피드백 루프를 보면, 강화된 억제대 적용 상태와 관련된 각종 간호업무의 증가는 결국 개별 집중 간호를 감소시켜 비계획적 발관 가능성이 증가되며, 강화된 진정제 투여 정도와 관련된 각종 간호업무의 증가 또한 개별 집중 간호를 감소시켜 비계획적 발관 가능성을 높이게 된다.

3. 모델 개발

1) 저장-유량 흐름도(Stock-flow diagram)

비계획적 발관 가능성을 중심으로 작성된 인과지도를 통해 파악된 시스템 구조를 시뮬레이션 모델로 전환할 수 있는 저장-유량 흐름도(stock-flow diagram)를 작성하였다(Figure 2). 비계획적 발관 관련 간호 중재가 보조 변수로서 변화율 변수에 작용하였고, 이들의 결과로 저장된 개별 집중 간호를 저장 변수로 생성하였으며, 환자 상태와 관련된 보조 변수들이 환자 흥분 증가 및 감소에 작용하여 저장된 환자 흥분 상태를 저장 변수로 생성하였다. 화살표가 나타내듯이 시간에 따른 저장 변수의 변화는 변화율 변수의 값이 되는 데 이처럼 저장-유량 흐름도는 인과지도에서와 마찬가지로 다른 변수들의 변화에 따라 영향을 받거나 영향을 주는 피드백 구조로 이루어져 있다.

2) 기본 모델(Basic model) 시뮬레이션

기관내관을 유지 중인 환자에게 영향을 미치는 다양한 상황적 조건이 평균인 기본 모델을 개발하여 시뮬레이션을 시행한 결과, 환자 스트레스, 환자 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 개별 집중 간호가 비계획적 발관 가능성에 가장 영향을 미치는 변수로 확인되었다(Figure 3-A).

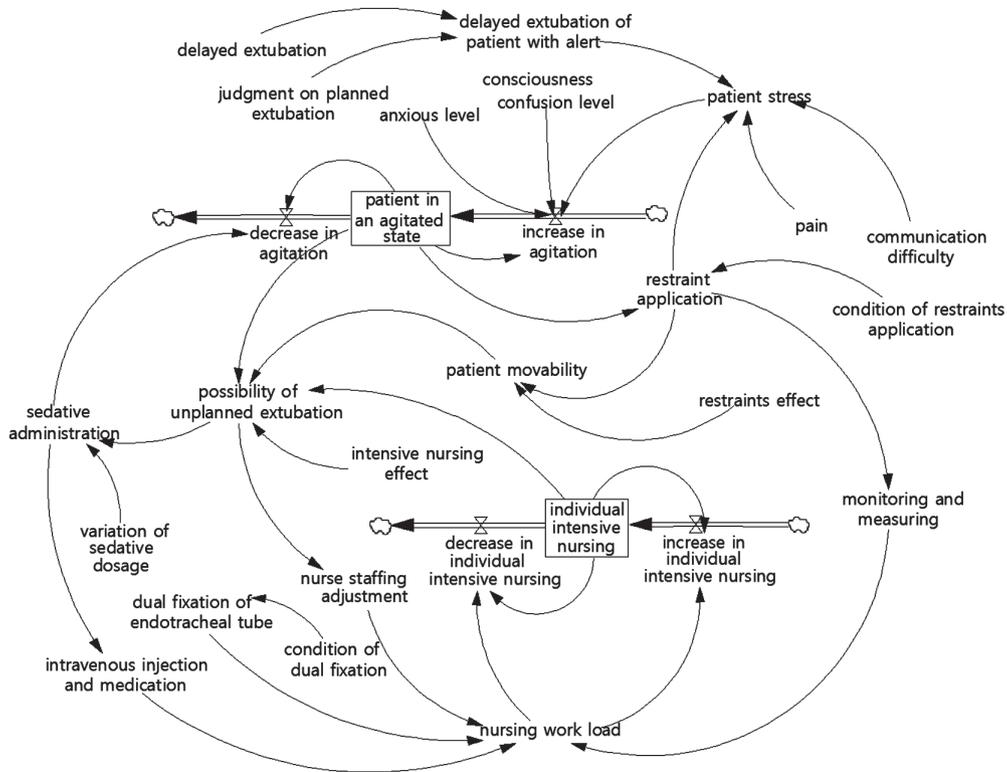


Figure 2. Stock & flow diagram of unplanned extubation.

환자 스트레스와 환자 흥분 상태가 급격히 증가함에 따라 비계획적 발관 가능성은 증가하게 된다. 환자 스트레스는 인과지도에서 밝힌 의사소통 장애, 통증, 발관 지연이 원인이 되었고 환자 흥분 상태는 불안, 혼돈이 영향을 준 것으로 나타났다. 시뮬레이션 초기에 환자의 움직임 정도는 높은 수준을 유지하고 있으나 비계획적 발관에 직접적인 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 이는 환자의 스트레스와 흥분 상태가 낮은 상태로 협조가 가능한 상황에서 이루어지는 움직임이기 때문에 비계획적 발관 가능성을 증가시키지 않는 것으로 확인할 수 있다. 반면, 환자의 스트레스와 흥분 상태가 점차 높아짐에 따라 억제대 적용 상태가 강화되면 환자의 움직임 정도가 낮아지는 것으로 나타났다. 기본 모델 상에서 보면 환자의 스트레스가 높아지고, 흥분 상태가 증가하면서 억제대 적용이 강화되고 개별 집중 간호 또한 지속적으로 증가하는 것으로 보여진다. 이에 따라 적절한 사정과 중재가 이루어지지 않던 초기에 급격한 증가를 나타내던 비계획적 발관 가능성이 개별 집중 간호가 증가하는 시간의 흐름에 따라 서서히 감소하는 것을 확인할 수 있다.

4. 모델의 타당성 검증

1) 모델 검증을 위한 사례

본 연구를 통해 개발한 기본 모델이 현실에 어느 정도 부합되는

지 알아보기 위한 모델 검증은 중환자실 입원 환자 5명의 실제 자료를 활용하였다(Table 1). 시간의 흐름에 따른 비계획적 발관 가능성 변화를 분석하기 위해 자료 수집의 시점은 실제 비계획적 발관이 발생한 시간을 기준으로 24시간 전·후로 하였다. 기본 모델에서 비계획적 발관에 영향을 미치는 변수로 확인된 환자 스트레스, 환자 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 개별 환자 집중 간호와 관련되어 의무기록에 입력된 내용을 자료로 수집하였다. 그 중 간호 업무량은 실제 임상에서는 하루를 기준으로 각 환자에 대한 간호 행위를 입력하기 때문에 본 연구의 분석 기준이 되는 발관 시점 24시간 전·후로 입력하는 것이 불가능하였다. 이에 따라 연구자가 사례 별 상황을 고려하여 모델에서 사용한 변수에 근접한 상대적 간호 업무량을 입력하였다.

2) 분석 사례에 대한 시뮬레이션

(1) 사례 1

상황: 사례 1의 환자는 지속되는 위장관 출혈로 관련 시술 및 수혈을 반복적으로 시행하고 있었으며 이로 인한 불안 및 통증, 의사소통 장애가 증가함에 따라 스트레스와 흥분 상태가 증가하고 있었다. 상지에 억제대를 계속 적용하고 있었으나 기관내관을 잡아당길 수 있을 정도까지 양팔의 움직임이 가능하였다는 것이 기록상 확인 되었으며 이렇게 움직임이 증가하던 상황에서 비계획적 발관

이 발생하였다.

시물레이션: 시물레이션 결과를 보면 환자의 흥분 상태가 높아져 있는 상황에서 스트레스가 증가하고 있고, 억제대는 계속 적용 중이었으나 움직임에 대한 통제가 완전하지 않아 한 순간에 움직임이 증가할 경우 비계획적 발관 가능성이 증가하게 됨을 확인할 수 있다. 실제 비계획적 발관이 발생한 시기도 시물레이션 결과와 같이 비계획적 발관 가능성이 최고점에 올라간 시점과 거의 동일하였다 (Figure 3-B).

(2) 사례 2

상황: 사례 2의 환자는 혼돈 및 공격적 행동으로 흥분 상태가 높아 중환자실 입실 후 열흘 간 진정제 주입과 중단이 반복되는 상황이었다. 환자의 스트레스 및 흥분 상태가 지속적으로 높은 수준을 나타내 상지, 하지, 흉부 등에 번갈아 가며 억제대를 적용 하였고 진정제의 주입 및 중단이 이루어졌으며, 이에 따라 환자 움직임 정도에 변화가 있었다. 환자의 혼돈 및 흥분 상태가 감소하기 시작하면서 진정제를 모두 중단하였고 상태에 따라 억제대의 적용과 제거를 반복하며 경과를 관찰하던 중 삽관 11일 째 비계획적 발관이 발생하였다.

시물레이션: 시물레이션 결과를 보면 비계획적 발관 가능성은 환자의 움직임 정도와 비슷한 변화를 보이며 파동이 있는 것을 확인할 수 있다. 환자의 스트레스와 흥분 상태가 높은 수준에 있음에도 불구하고 비계획적 발관 가능성과 움직임 정도에 파동이 있을 뿐 그 수준이 낮은 것은 당시의 억제대 적용 강화와 진정제 투여 때문인 것으로 보인다. 이후 환자의 스트레스와 흥분 상태가 감소하였으나 억제대 적용 상태가 유지 되지 않아 환자의 움직임 정도에 변화가 나타났고, 이때의 움직임 정도가 초기 시점에 비해 높아 비계획적 발관 가능성을 더 증가시켰음을 확인할 수 있다. 실제 비계획적 발관은 시물레이션 상에서 파동이 존재하는 불안정한 상황이 예측되던 25시간 시점에 발생하였다. 이후의 그래프는 비계획적 발관이 발생하지 않는 상황이 계속된다고 가정할 경우 개별 환자 집중 간호를 늘려감에 따라 안정적으로 변해감을 알 수 있다 (Figure 3-C).

(3) 사례 3

상황: 사례 3의 환자는 자가 발관 경험이 있는 환자로 객담 배출이 효과적이지 못해 재삽관 후 진정제를 투여하며 인공호흡기 치료를 유지하고 있었다. 상태가 호전되어 진정제 주입을 감량하다 저녁에는 투여를 완전히 중단하고 다음날 오전 발관을 계획 하였다. 이러던 중 환자의 의식 및 흥분 상태가 양호해졌음을 확인하고 억제대를 제거하였고 4시간 후에 비계획적 발관이 발생하였다.

시물레이션: 시물레이션 결과를 보면 억제대 적용 상태가 일정

수준 감소하는 것과는 반대로 움직임 정도는 점차 증가하여 가장 높은 수준에 이르렀을 때 비계획적 발관 가능성이 최고점에 이르는 것을 확인할 수 있다. 또한, 일정 수준을 유지하던 환자 스트레스가 이 시점에서 소폭 파동을 나타내며 변화하는 것이 함께 보여진다. 실제 사례에서도 환자에게 진정제 투여를 중단하고 억제대를 제거하면서 움직임이 증가하였고, 이때 통증을 지각하면서 환자의 스트레스가 증가하던 중 비계획적 발관이 발생되어 시물레이션의 예측과 유사한 상황이 나타났다 (Figure 3-D).

(4) 사례 4

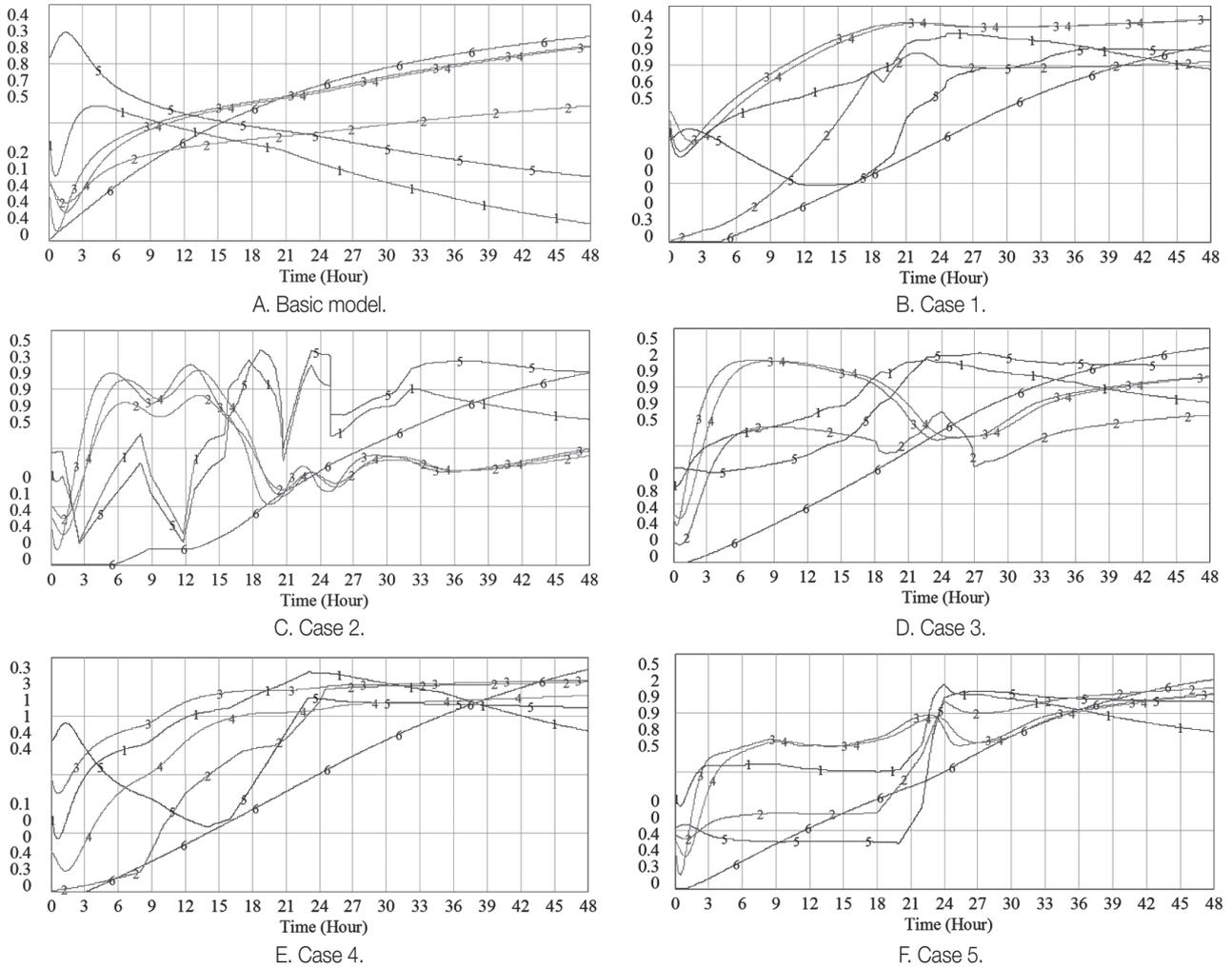
상황: 사례 4의 환자는 우울증 과거력이 있으며, 입원 기간 동안 기관내관 이탈 (weaning)을 위한 호흡 재할에 적극적으로 참여하지 않아 발관 후 재삽관이 우려되어 기관내관을 장시간 유지하고 있었다. 그러던 중 전신 움직임이 서서히 증가하였으며, 평소에는 표현하지 않던 통증을 호소하는 등 보다 적극적인 태도로 변화하는 상황에서 기관내관의 제거를 계획할 수 있는 호전 상태에 이르게 되었다. 그러나 의료진의 의사결정 지연에 의해 발관이 지체되던 중 비계획적 발관이 발생하였다.

시물레이션: 시물레이션 결과를 보면 움직임 정도의 변화가 두드러지며 이와 함께 통증, 발관 지연과 관련된 스트레스가 점차 증가하면서 비계획적 발관 가능성이 증가 하는 것을 확인할 수 있다. 실제로도 이 시점에 비계획적 발관이 발생하였다. 환자는 억제대를 계속 적용하지 않고 있었으며, 흥분 상태의 변화가 거의 없어 그래프의 모양이 기본 모델과 같은 양상을 나타내고 있다. 따라서, 사례 4의 비계획적 발관에는 환자 스트레스가 증가하는 중에 급격한 증가를 보이는 움직임 정도가 주요인으로 작용하였음을 확인할 수 있게 된다 (Figure 3-E).

(5) 사례 5

상황: 사례 5의 환자는 공격적인 행동을 보이는 흥분 상태가 지속되어 고 용량의 진정제 투여를 계속하고 있었다. 환자의 각성을 위해 진정제 투여를 모두 중단한 이후 환자 흥분 상태 증가가 없자 억제대를 제거하였고, 1시간 이내에 비계획적 발관이 발생하였다.

시물레이션: 시물레이션 결과를 보면 진정제가 투여되는 시간 동안 환자의 스트레스, 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도가 일정 수준을 나타내고 있다. 21시간이 경과한 시점인 진정제 투여 중단 후에는 환자의 스트레스, 움직임 정도가 급격히 증가하고, 비계획적 발관 가능성 역시 동일한 변화가 있음을 확인할 수 있으나 사례 환자 모습과 비슷하게 환자 흥분 상태는 오히려 감소하고 있다. 실제 비계획적 발관은 시물레이션 상 비계획적 발관 가능성이 최고점에 도달한 시점에 발생하였으며 이를 통해, 시물레이션 결과



Line 1=Possibility of unplanned extubation; Line 2=Patient stress; Line 3=Patient in an agitated state; Line 4=Restraint application; Line 5=Patient movability; Line 6=Individual intensive nursing.

Figure 3. Results of the simulation.

가 현실과 유사한 움직임을 보이고 있음이 확인된다. 따라서, 바로 눈앞에 나타난 환자의 흥분 상태가 감소하였다는 이유로 억제대를 제거하였으나 실제로는 그 당시 비계획적 발관 가능성이 증가 상태라는 것을 간과하여 문제가 발생되었음을 알 수 있다(Figure 3-F).

3) 모델의 건전성 검증

모델의 기본적인 검증 단계인 건전성 검증은 모델의 구조가 적합한지와 변수들의 값이 얼마나 민감하게 작용하는지를 보는 것으로 시스템다이나믹스의 여러 가지 검증 방법 중 다음과 같이 시행하였다.

(1) 수식 검증

본 연구의 기본 모델에서 논리적 관계를 확인하기 위해 Vensim의 검증 기능을 사용하여 모델의 수식 검증(equation check)을 수행하

였다. 수식 검증은 연구 모델에 입력한 모든 함수식이 각 변수의 관계 사이에서 충돌 및 중복이 없는지 구조적인 오류를 살펴보는 것으로 Vensim의 규칙에 어긋남이 없는지를 확인하였다. 'Check Syntax'를 시행하여 각각의 변수 별로 수식과 단위에 문제가 없는지 일차적으로 확인하고, 모든 변수에 대한 관계식 및 변수 값을 설정한 뒤에 전체 모델을 검증하는 'Check Model'을 시행하여 오류가 있는 관계식 또는 변수들을 수정하였다.

(2) TIME STEP에 대한 민감도 분석

본 연구의 모델에서 시스템다이나믹스 모델의 기본 가정인 시간의 연속선 상에서 발생하는 현상이 TIME STEP에 관계없이 동일하게 나타나는지를 검증하고자 민감도 분석을 시행하였다. 이는 시뮬레이션 결과가 TIME STEP과 관계없이 같도록 정확성과 편리성 면에서 최적의 TIME STEP을 확인하고, 모델의 TIME STEP을 변화시

켜 이에 따른 현상의 변화를 살펴보는 것이다. 이에 따라 TIME STEP A=0.25 Hour, TIME STEP B=0.0625 Hour, TIME STEP C=0.015625 Hour로 비교하였으며 세 가지 모두 거의 동일한 모양을 나타내어 적합한 모델이라고 판단하였다(Figure 4).

논 의

본 연구는 중환자실 환자안전과 관련된 중요 임상적 문제 중 하나인 비계획적 발관을 예방하기 위한 간호 전략 마련에 도움이 되고자 실시 되었으며, 다양한 변수들의 상호 인과관계로 발생하는 비계획적 발관에 대한 비선형적 분석을 위해 시스템다이나믹스 방법론을 활용하였다.

문헌고찰과 전문가 타당도 검증을 통해 계획적 발관에 대한 판단력, 의식 명료 환자 발관 지연, 통증, 의사소통 장애, 환자 스트레스, 혼돈 정도, 불안 정도, 환자 흥분 상태, 진정제 투여 정도, 정맥 주입 및 약물 요법, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 감시 및 측정, 기관내

관 이중고정, 간호 업무, 간호 인력 조정, 개별 집중 간호를 비계획적 발관에 영향을 미치는 최종 변수로 확정하였다. 선행 연구에서는 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인으로 환자의 의식 수준 및 행동 특성, 진정 상태, 억제대 적용 상태, 간호사의 업무량, 간호활동, 간호사 당 담당 환자 수, 중증도 등이 나타난 바[10,19,20], 본 연구에서 확정된 변수의 명명과는 차이가 있음을 알 수 있다. 그러나 이는 변수의 명칭 부여 시 인과지도 작성 방법에서 제시된 원칙에 따라 명사 혹은 명사구로의 표현, 모호성을 배제한 명확한 표현, 중립적 표현을 선택함에 따른 것으로[18] 의미 상으로는 일치하는 것이다.

본 연구에서는 일부 선행 연구에서 비계획적 발관에 영향을 미치는 것으로 확인된 비계획적 발관 발생 시간, 중환자실 유형, 환자의 일반적 특성, 기관내관 크기, 인공호흡기 적용 유형, 기관 삽관 기간, 자가 발관 경험, 간호사 경력 등[3,9,21-23]의 변수가 선정되지 않았는데, 이는 선행 연구가 시행되던 각 상황에 따라 다양한 연구 결과가 나타났기 때문이다. 일반적인 상황에서의 비계획적 발관 가능성을 예측하기 위해, 각 조건에 따라 연구 결과가 다르고 전문가 타

Table 1. Characteristics of Case Patients

Characteristics	Case 1	Case 2	Case 3	Case 4	Case 5
Gender	Male	Male	Male	Female	Female
Age (yr)	52	52	59	60	43
Intubation period (days)	12	11	7	12	6
Experience of self-extubation	No	No	Yes	Yes	No
Mental status	Alert	Confused	Alert-drowsy	Alert-drowsy	Confused
Reintubation (within 24 hrs)	No	No	No	No	No

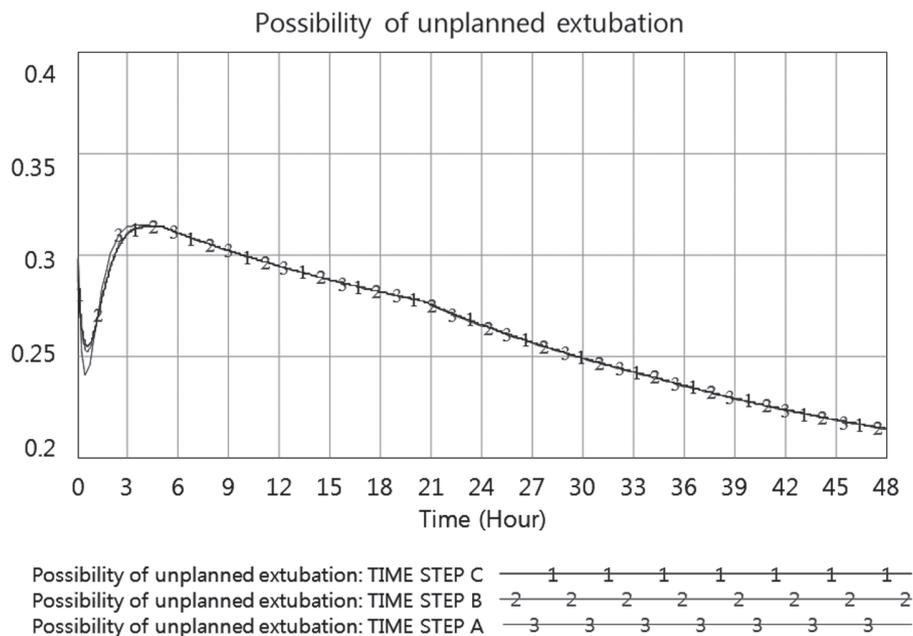


Figure 4. Sensitivity analysis on TIME STEP.

당도에서도 합의율을 보이지 않은 변수들은 최종 변수 확정 시 제외하였다. 그러나 본 연구에서 제외된 변수들이 선행 연구에서처럼 상황에 따라 다르게 영향을 미칠 가능성이 있다면 다음 시스템다이나믹스 연구에서는 이들 변수를 포함한 여러 가지 상황을 고려해 보는 것이 필요할 것으로 사료된다.

인과지도 작성에서는 비계획적 발판 관련 변수들 간의 인과관계를 화살표와 극성으로 표현하였다. 이는 기존 연구에서 비계획적 발판과 관련 요인들 간의 통계적 상관관계를 증명하여 일 방향으로 영향요인을 밝힌 것과는 달리 행태의 원인적 요소를 구조적 관점에서 고찰하고 상호 인과관계를 설명했다는 점에서 차이가 있다. 다시 말해, 일반적인 통계 분석에서는 독립변수들이 상호 배타적 관계에 있다는 가정 하에 일 방향으로 종속변수에 영향을 주는 요인에 대한 각 시점에서의 점 추정을 전제로 하고 있다. 그러나 현실을 보면 본 연구의 인과지도에서처럼 종속변수도 독립변수의 원인이 되는 순환관계가 존재하거나, 독립변수들 사이에서도 상호 영향을 미치는 인과적 메커니즘이 작용하는 경우를 볼 수 있다. 이에 본 연구는 한 시점의 정량적인 결과를 제시한 선행 연구와 달리, 시간의 흐름에 따른 각 변수의 변화와 함께 비계획적 발판 가능성이 변화하는 것을 제시할 수 있어 위험 상황을 예측하는 데 도움이 될 것이다. 이는 특정 시점에서 예측된 수치의 정확성 보다는 일정 구간에서 나타나는 시스템 행태의 정확성에 보다 비중을 두는 시스템다이나믹스의 특성에도 부합되는 것이다[14,18]. 결국, 시스템 내에 존재하는 변수 간 피드백 구조를 발견하여 이를 적절히 변경함으로써 행태를 바람직한 방향으로 바꾸기 위함이며, 이는 본 연구의 목적인 비계획적 발판에 대한 다양한 변화를 예측함으로써 보다 효과적인 간호 전략의 근거를 마련하고자 시스템다이나믹스 방법론을 활용한 근본적 이유가 될 수 있을 것이다.

계량적 성격을 지닌 모델링 과정에서는 비계획적 발판에 대한 기존 자료가 체계화 되어 있지 않아, 정량화 된 값이 없는 변수 설정 및 관계 정의 시 상대적 가치 평가에 근거하여 저량-유량 흐름도를 작성하였다. 정성적 자료 이용에 관한 것은 본 연구의 제한점이기도 하며 보다 명확한 변수 설정 및 관계 정의를 위해 앞으로 비계획적 발판에 대한 기초 연구가 요구됨을 확인할 수 있다. 이를 통해 본 연구에서 고려하지 못한 변수들을 추가한 모델의 확대가 이루어질 수 있는 후속 연구가 필요할 것으로 사료된다. 비계획적 발판 모델의 시뮬레이션 결과 기관내관을 유지 중인 환자에게 영향을 미치는 다양한 조건이 일반적인 기본 상황에서는 환자 스트레스, 환자 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 개별 집중 간호가 비계획적 발판 가능성에 가장 영향을 미치는 변수로 확인되었다. 이는 선행 연구에서 제시된 변수인 환자의 의식 수준, 행동 변화, 진정제 사용, 중증도, 억제대 적용 상태, 간호사의 업무량 등과 일치함을 알 수 있다[20,24].

모델 검증을 위해 본 연구에서 개발된 모델에 임상의 실제 사례에 해당되는 자료를 바탕으로 시뮬레이션을 진행하여 현실과 유사한 변화가 나타나는지를 확인하였다. 사례 1은 환자의 스트레스가 증가하고 있는 중에 억제대가 제대로 적용되어 있지 않아 환자 움직임에 대한 통제가 불완전한 상태에서 비계획적 발판이 발생한 것으로 나타났다. 이는 잦은 시술, 동통 등의 이유로 흥분 상태나 혼돈을 경험한 환자가 부착된 장치를 제거하려고 시도하는 것과 같이 손상의 위험에 놓여있다고 한 결과와 같다[25]. 또한, 신체 억제가 불안과 섬망을 야기해 오히려 자가 발판의 가능성을 더 증가시킬 수 있어 효과적 예방법이 아니므로, 억제대 적용의 적절성을 고려해야 함이 언급된 선행 연구와 유사하다[26,27].

사례 2는 진정제의 투여 정도에 따라 환자 흥분 상태, 환자 스트레스, 움직임 정도가 크게 변화했고 비계획적 발판 가능성 또한 파동을 보이는 불안정한 상황에서 비계획적 발판이 일어났다. 이는 자가 발판 전 나타나는 환자의 안절부절 못하는 증상, 지남력의 부분적 장애나 혼란, 불안정한 행동 특성이 자가 발판 군에서 유의하게 높다는 연구 결과와 같다[9]. 이 사례의 시뮬레이션을 보면, 만일 비계획적 발판이 발생하지 않았을 경우 개별적인 집중 간호를 늘려감에 따라 불안정한 상태를 나타내는 그래프가 보다 안정 상태로 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 환자의 상황에 맞는 집중적인 간호가 요구되며 이에 대한 구체적 중재 방안 마련 및 적용의 중요성을 시사하는 것이라 볼 수 있다.

사례 3은 진정제 투여 중단 및 억제대 제거 후 환자의 움직임 정도가 증가 상태였고, 일정 수준을 유지하던 환자 스트레스에 소폭 파동이 존재하며 증가하던 중에 비계획적 발판이 발생한 것으로 확인되었다. 당시 환자 흥분 상태가 감소 중이었음을 볼 때 비계획적 발판 가능성을 증가시킨 요인으로는 움직임 정도 증가와 통증을 지각 하면서 늘어난 스트레스가 주요하게 작용하였을 것으로 보인다. 이는 몸에 부착된 각종 장치와 관련되어 부동, 통증을 경험한 환자가 높은 수준의 심리적 불안을 나타내나, 이러한 환자의 변화를 인지하지 못하고 진정제 투여를 적절히 하지 않아 불충분한 진정상태를 야기하고 비계획적 발판을 증가시킨다는 연구 결과와 유사하다[28].

사례 4는 두드러진 움직임 정도의 변화와 함께 통증, 발판 지연과 관련된 스트레스가 점차 증가하면서 비계획적 발판이 발생한 경우이다. 실제 환자는 억제대를 계속 적용하지 않고 있었으며, 흥분 상태의 변화가 거의 없었기 때문에 환자 스트레스가 증가하는 중에 급격한 증가를 보이는 움직임 정도가 비계획적 발판의 주요인으로 작용하였다고 판단된다. 환자의 스트레스 원인은 기관내관 제거가 지연됨에 따라 발생한 각종 불편감이며, 자가 발판 후 재삽관을 하지 않고서도 호흡문제 없이 안정 상태를 유지했던 실제 상황을 보더라도 발판에 대한 판단이 적시에 이루어지지 않아 지연되었다고 볼 수

있다. 이는 자가 발관 환자의 85%가 인공호흡기 이탈 과정 중에 있었으며 대부분 재삽관을 요하지 않았다는 연구 결과와 일맥상통한다 [22]. 각종 문헌에서 계획적 발관에 대한 지침이나 권고안을 제시하고 있지만 임상에서의 적용은 제 각각이며, 대부분이 의료진의 경험에 의한 판단으로 발관을 행하고 있다. 이로 인해 지식과 확신 부족으로 발관이 지연되는 경우가 발생하고 있어 적용 가능성을 높일 수 실용적인 지침과 적절한 적용이 필요할 것으로 사료된다.

사례 3과 사례 4는 환자에게 자가 발관의 경험이 있었다는 것과 함께 환자 스트레스와 움직임 정도가 비계획적 발관 가능성에 주요인으로 작용하였다는 공통점이 있다. 하지만 사례 3은 환자 스트레스의 원인으로 통증이, 움직임 정도에 영향을 미치는 원인으로 진정제 투여 중단과 억제대 제거가 작용하였고, 사례 4는 환자 스트레스의 원인으로 통증과 발관지연이, 움직임 정도에 영향을 미치는 원인으로 환자 행동 양상의 변화가 작용하였다. 이는 환자 별 특성에 따라 다양한 위험 요인을 파악하여 그 상황에 맞는 중재가 이루어질 필요가 있음을 나타내는 것이라 할 수 있겠다. 또한, 본 연구의 시뮬레이션에서는 이전의 자가 발관 경험이 변수로 사용되지는 않았으나 사례 3과 4에서 환자의 공통적인 특성으로 제시되어, 선행 연구 결과에서와 [29] 같이 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인으로 작용했을 가능성이 있다. 이에 추후 연구에서는 자가 발관 경험을 비롯한 보다 다양한 변수를 포함하여 모델을 개발하고 시뮬레이션해 볼 필요가 있을 것이라 여겨진다.

사례 5는 진정제 투여 시 일정 수준을 유지하던 환자 스트레스, 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도가 진정제를 중단하면서 변화를 보이며 비계획적 발관 가능성 증가에 영향을 주는 것으로 나타났다. 실제 상황에서는 진정제 투여 중단 후 환자 흥분 상태가 감소하는 것을 확인하고 억제대를 제거했지만, 급격한 증가를 보이는 환자 스트레스, 움직임 정도를 파악하지 못한 상태에서 비계획적 발관이 발생하였다. 이는 바로 눈 앞에 보여지는 환자의 흥분 상태 감소라는 상황만을 가지고 판단한 것으로, 시뮬레이션 상에서 비계획적 발관 가능성이 증가하고 있는 것처럼 실제로도 비계획적 발관 가능성이 증가 상태임을 인지하지 못했다고 볼 수 있다. 따라서 환자 사정 시 주의 깊은 관찰 및 통찰력이 요구되며 이를 위한 사정 도구가 마련되어 보다 객관적이고 정확한 판단을 이끌어 낼 수 있도록 해야 할 것이다.

본 연구의 모델 검증에 위한 자료 수집은 비계획적 발관이 발생한 환자의 의무기록을 통해 후향적으로 조사되어 모델의 모든 변수에 대한 자료를 얻기가 어려웠다. 특히, 최근 연구에서 기관내관 이중고정, 상품화된 고정 기구가 효과가 있음이 보고되어 [1,23,30] 실제 임상 현장에서도 적용 중이나, 비계획적 발관 당시 기관내관의 고정 상태에 대한 기록이 일정하지 않아 정확한 확인이 불가능하

여 본 연구의 사례 별 시뮬레이션에서 영향력 있는 변수로 작용하지 않았다. 또한, 검증 시 제시된 비계획적 발관의 다섯 사례는 모두 자가 발관이었으며, 체위변경이나 환자 이송, 시술이나 검사 과정에서 우연히 발생하는 우발적 발관은 최근 사례에서 찾아보기 어려웠다. 이는 국내 연구에서 발생한 비계획적 발관 중 85% 이상이 자가 발관이라는 결과와 [1,12,30] 유사한 것으로 추후에는 우발적 발관 사례에 대한 시뮬레이션이 필요하다고 여겨진다. 따라서, 모델의 변수를 모두 포함할 수 있는 체계적인 자료수집을 위해 다양한 사례 선정과 같은 개선이 필요하며 비계획적 발관이 발생한 전후 상황에 대한 깊이 있는 분석이 요구되는 바이다.

결과 및 논의를 바탕으로 본 연구의 간호학적 의의를 살펴보면, 지금까지의 선행 연구에서는 선형적이고 정태적인 접근 방법으로 시간의 흐름을 배제한 채 비계획적 발관에 대한 예측 요인만을 설명하고 있어 간호 현장에서 일어나는 다각적인 변수의 변화를 확인하는 데 제한점이 있었다. 이에 본 연구는 시스템다이나믹스 방법론을 활용하여 비계획적 발관이 일어나는 복잡한 상황의 인과관계에 대한 상호작용은 물론 시간의 흐름에 따른 행태의 변화를 설명함으로써 선행 연구를 보완할 수 있을 것으로 본다. 또한, 사례 별 시뮬레이션을 통해 시시각각 변화하는 비계획적 발관 가능성을 살펴보고 각 상황에 맞는 개별화된 간호 중재가 이루어진다면 비계획적 발관을 보다 감소시킬 수 있을 것이라 확신하게 되었다. 이에 따라 간호 실무에서는 비계획적 발관을 예방하기 위한 전략을 마련하는 데 기초 자료로 활용할 수 있을 것이며, 간호 연구에서는 다양한 변수에 따른 역동적인 변화를 파악하기 위한 분야에 시스템다이나믹스를 널리 활용할 수 있을 것이다.

결 론

본 연구는 중환자실 환자의 비계획적 발관 관련 요인에 따른 비계획적 발관 가능성의 변화를 분석하고 간호 중재 개발을 위한 자료를 제공하고자 시스템다이나믹스 방법론에 따라 시행되었다. 중환자실 환자의 비계획적 발관에 영향을 미치는 요인들을 파악하기 위해 2012년 2월부터 8월까지 국내외 문헌 및 선행 연구를 고찰하고 각종 통계자료를 참고하여 이론적 토대를 마련하였으며, 2012년 10월 전문가 집단을 대상으로 한 내용타당도 검증을 통해 관련 변수 18개를 확정하였다. 비계획적 발관 가능성을 중심으로 계획적 발관에 대한 판단력, 의식 명료 환자 발관지연, 통증, 의사소통 장애, 환자 스트레스, 혼돈 정도, 불안 정도, 환자 흥분 상태, 진정제 투여 정도, 정맥 주입 및 약물 요법, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 감시 및 측정, 기관내관 이중고정, 간호 업무, 간호 인력 조정, 개별 집중 간호가 변수로 선정되었으며, Vensim PLE Plus Version 6.0b를 사용하여

변수 간의 인과관계를 화살표와 극성을 나타내 인과지도를 작성하였다. 이들은 시스템이 전개되면서 지속적인 내부 작용을 일으키게 되고, 크고 작은 피드백 구조를 이루고 있다. 작성된 인과지도를 바탕으로 컴퓨터상에서 시뮬레이션 할 수 있도록 저장-유량 흐름도를 작성하여 비계획적 발관 모델을 개발하였다. 기관내관을 유지 중인 환자에게 영향을 미치는 다양한 상황적 조건을 평균으로 설정한 일반적인 상황에서의 시뮬레이션 결과, 환자 스트레스, 환자 흥분 상태, 억제대 적용 상태, 움직임 정도, 개별 집중 간호가 비계획적 발관 가능성에 가장 영향을 미치는 변수로 확인되었다. 비계획적 발관 모델 검증에 위해 다섯 사례의 시뮬레이션을 시행하여 현실과의 일치 정도를 확인하였고, 수식 검증 및 TIME STEP에 대한 민감도 분석을 실시한 결과 모델의 타당성이 검증되었다. 이상의 결과를 종합해 보면, 비계획적 발관 가능성을 예측할 수 있는 적합한 모델이 개발되었으며, 이를 바탕으로 시간의 흐름에 따른 비계획적 발관 가능성의 변화를 예측할 수 있고, 관련 요인들을 조절하여 비계획적 발관을 예방하는데 기여할 수 있는 근거 자료로 활용될 수 있을 것이다.

본 연구의 결과를 토대로 다음과 같이 제언하고자 한다. 본 연구에서 개발된 모델을 근거로 하여 보다 다양한 변수와 대상자의 객관적이고 실제적인 자료가 보완된 모델 개발이 필요하다. 또한, 본 연구는 모델을 개발하고 실제 사례를 통해 모델의 타당성을 검증하는 데 그쳤으나 모델을 통해 제시한 간호 중재 방안을 실제 임상 현장에서 적용하여 그 결과를 분석할 필요가 있겠다.

REFERENCES

- Choi YS, Chae YR. Effects of rotated endotracheal tube fixation method on unplanned extubation, oral mucosa and facial skin integrity in ICU patients. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2012;42(1):116-124. <http://dx.doi.org/10.4040/jkan.2012.42.1.116>
- Yang HJ. Comparison of planned extubation and self-extubation of intubated patients in ICUs [master's thesis]. Busan: Pusan National University; 2011.
- Moons P, Sels K, De Becker W, De Geest S, Ferdinande P. Development of a risk assessment tool for deliberate self-extubation in intensive care patients. *Intensive Care Medicine*. 2004;30(7):1348-1355. <http://dx.doi.org/10.1007/s00134-004-2228-2>
- Listello D, Sessler CN. Unplanned extubation. Clinical predictors for reintubation. *Chest*. 1994;105(5):1496-1503.
- Moons P, Boriau M, Ferdinande P. Self-extubation risk assessment tool: Predictive validity in a real-life setting. *Nursing in Critical Care*. 2008;13(6):310-314. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1478-5153.2008.00305.x>
- Yeh SH, Lee LN, Ho TH, Chiang MC, Lin LW. Implications of nursing care in the occurrence and consequences of unplanned extubation in adult intensive care units. *International Journal of Nursing Studies*. 2004;41(3):255-262. [http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7489\(03\)00136-6](http://dx.doi.org/10.1016/s0020-7489(03)00136-6)
- de Lassence A, Alberti C, Azoulay E, Le Miere E, Cheval C, Vincent F, et al. Impact of unplanned extubation and reintubation after weaning on nosocomial pneumonia risk in the intensive care unit: A prospective multicenter study. *Anesthesiology*. 2002;97(1):148-156.
- Cho HI, Lee YW, Kim HS, Sim BY. Comparison of related characteristics between unplanned and planned extubation of patients in medical intensive unit. *Korean Journal of Adult Nursing*. 2012;24(5):509-519.
- Choi YK, Kim KS. A study on the influencing factor of unplanned endotracheal extubation in ICUs. *Quality Improvement in Health Care*. 2002;9(1):74-89.
- Tanios MA, Epstein SK, Lively J, Teres D. Can we identify patients at high risk for unplanned extubation? A large-scale multidisciplinary survey. *Respiratory Care*. 2010;55(5):561-568.
- de Groot RI, Dekkers OM, Herold IH, de Jonge E, Arbous MS. Risk factors and outcomes after unplanned extubations on the ICU: A case-control study. *Critical Care*. 2011;15(1):R19. <http://dx.doi.org/10.1186/cc9964>
- Koo BN, Koh SO, Kwon TD. Predictors for reintubation after unplanned endotracheal extubation in multidisciplinary intensive care unit. *Korean Journal of Critical Care Medicine*. 2003;18(1):20-25.
- Richmond AL, Jarog DL, Hanson VM. Unplanned extubation in adult critical care. Quality improvement and education payoff. *Critical Care Nurse*. 2004;24(1):32-37.
- Kim DH, Moon TH, Kim DH. System dynamics. Seoul: Dae Young Co.; 1999.
- Jang KS. A study on establishment of clinical career development model of nurses [dissertation]. Seoul: Yonsei University; 2000.
- Lynn MR. Determination and quantification of content validity. *Nursing Research*. 1986;35(6):382-385.
- Kim DH. A simulation method of causal maps: NUMBER. *Korean System Dynamics Review*. 2000;1(2):91-111.
- Kim SW. Systems thinking and scenario planning. Cheongju: CBNU Press; 2010.
- Tung A, Tadimeti L, Caruana-Montaldo B, Atkins PM, Mion LC, Palmer RM, et al. The relationship of sedation to deliberate self-extubation. *Journal of Clinical Anesthesia*. 2001;13(1):24-29.
- Chang LC, Liu PF, Huang YL, Yang SS, Chang WY. Risk factors associated with unplanned endotracheal self-extubation of hospitalized intubated patients: A 3-year retrospective case-control study. *Applied Nursing Research*. 2011;24(3):188-192. <http://dx.doi.org/10.1016/j.apnr.2009.09.002>
- Curry K, Cobb S, Kutash M, Diggs C. Characteristics associated with unplanned extubations in a surgical intensive care unit. *American Journal of Critical Care*. 2008;17(1):45-51.
- Razek T, Gracias V, Sullivan D, Braxton C, Gandhi R, Gupta R, et al. Assessing the need for reintubation: A prospective evaluation of unplanned endotracheal extubation. *The Journal of Trauma*. 2000;48(3):466-469.
- Choi EH, Kim JH, Park MH, Lee JY. The comparison of the unplanned extubation according to the method for fixing the endotracheal tube. *Clinical Nursing Research*. 2006;12(2):7-16.
- Birkett KM, Southerland KA, Leslie GD. Reporting unplanned extubation. *Intensive and Critical Care Nursing*. 2005;21(2):65-75. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iccn.2004.07.012>
- Kim HJ. A study on the influencing factor of unplanned extubation in MICU [master's thesis]. Seoul: Chung-Ang University; 2005.

26. Hofso K, Coyer FM. Part 1. Chemical and physical restraints in the management of mechanically ventilated patients in the ICU: Contributing factors. *Intensive and Critical Care Nursing*. 2007;23(5):249-255. <http://dx.doi.org/10.1016/j.iccn.2007.04.003>
27. Chang LY, Wang KW, Chao YF. Influence of physical restraint on unplanned extubation of adult intensive care patients: A case-control study. *American Journal of Critical Care*. 2008;17(5):408-415.
28. Balon JA. Common factors of spontaneous self-extubation in a critical care setting. *International Journal of Trauma Nursing*. 2001;7(3):93-99. <http://dx.doi.org/10.1067/mtn.2001.117769>
29. Atkins PM, Mion LC, Mendelson W, Palmer RM, Slomka J, Franko T. Characteristics and outcomes of patients who self-extubate from ventilatory support: A case-control study. *Chest*. 1997;112(5):1317-1323.
30. Kim JS, Lee ES, Park JH. Effects on unplanned extubation, oral mucosa, and facial skin integrity of new method to secure endotracheal tube. *Journal of Korean Clinical Nursing Research*. 2009;15(3):49-59.