

# 물리적 의료서비스 품질 개선이 미숙아 생존율에 미치는 영향

## The Effect of Physical Aspects of Quality Improvement in Medical Services on Premature Infants' Survival Rate

최 진\* · 정관용\*\* · 박지윤\*\*\*

Choi, Jin\* · Jeong, Kwan-Yong\*\* · Park, Ji-Yun\*\*\*

### Abstract

This paper on an experiment, using System Dynamics, on the affect of increase in number of beds and medical instruments used for the care of premature infants, which constitute the physical requirements in quality of medical services, on changes in the survival rate of premature infants that leads to demographic changes of Newborn infants.

The model has four sectors: take-in capacity, survival rate of premature infants, demographics without newborn infants and demographics with newborn infants.

The model simulates the changes in demographics of the newborn infants from 2002 to 2022. The study results show that the survival rate of premature infants can be increased by improving the physical aspects in the quality of medical services. An average of 1,900 premature infants can survive as a result of the physical quality improvements in medical services, adding up to an increase of 37,300 newborn infants by the year 2022.

**Keywords:** 시스템다이내믹스, 의료서비스의 질, 미숙아, 신생아

(System Dynamics, quality of medical services, premature infants, Newborn infants, demographics)

\* 카톨릭대학교 대학원 박사과정, 상계백병원 방사선과 (제1저자, sbhr14@hanmail.net)

\*\* 시스템믹스(주) 이사 (공동저자, systemix@empas.com)

\*\*\*카톨릭대학교 강사 (공동저자, pijyun@freechal.com)

## I. 서론

최근 통계청 자료에 의하면 우리나라의 미숙아 출생비율은 전체 신생아 중 4%정도를 차지하는 것으로 발표되고 있다. 이 수치는 출생신고를 병원에서 하도록 되어있는 일본의 7.8%와도 차이가 크다. 우리나라는 신생아를 출산한 부모가 동사무소에서 출생신고를 하도록 되어있고, 미숙아를 출산한 부모는 미숙아 출산사실을 밝히는 것을 꺼려하기 때문에 출생신고서에 신생아 체중을 임의로 작성하고 이러한 신생아 체중을 근거로 통계치를 작성하기 때문에 차이가 발생하는 것으로 보인다. 실제로 지난해 발표된 대한신생아학회 보고서에 따르면 2000년 전국의 병원 75개를 대상으로 태어난 신생아 108,486명을 조사해서 만든 자료에서 체중 2,500g 이하의 미숙아 비율은 전체 신생아의 9.3%에 이른다. 신생아 중환자실을 운영하는 종합병원만을 대상으로 13만 사례를 조사한 경우에는 그 빈도가 더욱 증가하여 미숙아의 출생비율이 14%로 조사되었다(신생아학회지, 2004). 매년 태어나는 신생아를 45만 명으로 추산하여도 한해에 태어나는 미숙아가 4만 명이 넘는다. 또한 환경오염과 출산여성의 고령화로 미숙아의 출생비율은 증가추세에 있다.

이처럼 잘못된 통계에 근거하여 신생아 보건정책이 마련되다보니 미숙아를 치료하기 위한 의료시설과 장비가 턱없이 부족한 것이 현실이다. 미숙아는 초기 대응과 빠른 치료가 생존율을 좌우하는 관건인데 물리적인 의료서비스의 부족으로 인하여 미숙아의 생존율이 선진국 수준에 미치지 못하고 있다. 아울러 우리나라는 신생아에 대한 의료정보시스템이 미흡하다. 미숙아를 출산한 병원에서 여유병상이 없을 경우 전화를 이용하여 인근병원의 병상유무를 수소문하는 것이 현실이다. 산모는 출산을 위해 가장 가까운 병원을 찾는 것이 일반적이지만 미숙아를 출산한 경우 신생아 중환자실병상이 없어서 여유병상을 찾느라 미숙아의 치료시기를 놓치는 경우가 발생하고 이런 현실은 중소도시로 갈수록 심화된다.

더욱이 최근에는 출산을 저하로 인해 인구감소를 우려하는 목소리가 높다. 여성 한명이 평생 동안 낳은 자녀수를 나타내는 합계출산율이 2003년도에 1.19명에서 2005년도에는 1.15명 수준으로 떨어져 인구대치 수준(replacement level)인 2.08명에 비해 0.93명이나 적은 것으로 나타났다. 출산율의 하락은 경제성장에 따라 선진국에서도 나타나는 현상으로써 시대적으로 결혼과 출산, 육아 등에 대한 인식의 변화에서 기인한다. 경제성장에 따라 가족 등의 전통적 가치에 대한 관념이 약화되면서 결혼의 필요성이 줄어들고 있으며, 여성평등의 사회적 가치관의 변화로 여성의 경제활동참가율이 높아지면서 출산과 육아, 가사 등에 대한 부담을 이유로 출산을 기피하고 초혼연령이 상승하면서 결혼 이후 여성의 가임기간이 짧아지는 것도 출산율을 낮추는 요인이 되고 있다. 과거 자녀를 많이 낳기보다는 적게 낳아 잘 키우자는 인식에서 이제는 자녀가 없어도 별문제가 아니라는 경향까지 나타나고 있

다. 인구감소는 경제적으로는 소비감소로 이어져 경제 성장률이 둔화되고, 경제활동에 참가하는 노동력이 부족해지며 학생부족으로 야기되는 교육환경 변화, 군복무인원 감소로 인한 군사력 감소, 고령화 사회로 인한 연금부담증가 등의 사회문제를 야기 시킨다.

인구를 증가시키기 위한 정책에는 출산을 장려하는 출산율관리정책과 이미 태어난 미숙아의 생존율을 높이는 신생아관리정책을 들 수 있다. 그러나 전자의 경우 선진국들이 수십 년 전부터 저출산 문제에 대비하여 출산보조금 지급, 양육비 지원 등의 다양한 정책을 실시해 온 것이 출산율의 더 이상의 하락을 막는 데는 어느 정도 기여한 측면은 있겠지만 인구를 증가시키는 효과는 미비하다. 우리나라에서도 뒤늦게나마 유사한 정책을 마련하고 있지만 현재 상황에서 출산율의 급격한 증가는 기대하기 어려운 형편이다. 후자의 경우엔 단순히 신생아관리정책 이상의 의미를 지닌다. 우선 미숙아의 생존율을 높이는 정책은 사회 구성원인 부모와 그 가족들의 스트레스를 줄이는 효과가 있다. 또한 신생아관리 정책은 단순히 미숙아의 생존뿐만 아니라 그 미숙아가 건강하고 가치 있는 사회 구성원으로 자랄 수 있도록 관리함으로써 장애나 다른 질병으로 인한 사회적 비용을 미연에 줄일 수 있는 긍정적인 효과가 있다. 가장 큰 효과는 인구증가를 통한 사회적 경제적 문제를 해결할 수 있다는 점이다. 최근 출산율이 급격히 감소하고 있는 우리나라에서 신생아관리정책으로써 미숙아의 생존율을 높이는 것은 인구감소문제를 해결하는 출발점이 될 수 있다.

본 연구에서는 국내 신생아 의료를 담당하고 있는 대한신생아학회 소속 의사와 수도권 의 9개 종합병원의 소아과 전문가 등 50여 명의 인터뷰와 보건복지부의 의료기관 서비스 평가지침과 결과자료, 신생아 의료서비스와 관련된 병원의 전문자료와 인터넷 검색 등을 통해 미숙아의 생존율을 높일 수 있는 물리적인 의료서비스 품질변수를 도출하였으며 시스템 다이내믹스 기법을 이용하여 미숙아의 생존율을 증가시킬 수 있는 인과지도를 만들고 물리적인 의료서비스 품질과 미숙아생존율 변동모델을 구축하였다.

## II. 이론적 배경

### 1. 미숙아의 개요

미숙아는 재태기간이 37주 미만이 되는 아기로서 출생 시 체중에 따라 세분화 되는데 출생체중이 2,500g 이하이면 저출생체중아(Low Birth Weight Infant), 1,500g미만이면 극소저출생체중아(Very Low Birth Weight Infant), 1,000g미만인 경우는 초극소저출생체중아(Extremely Low Birth Weight Infant)로 분류된다(홍창의, 1997).

세계보건기구(WHO)에서는 1961년 2,500g이하를 저출생체중아로 정의하였으나, 이후 1976년 다시 2,500g미만을 저출생체중아로 개정하고, 재태기간의 중요성에 비추어 37주 미만 혹은 최종 월경 일에서 259일 미만에 태어난 아기를 미숙아 또는 조산아라고 정의하였다. 세계보건기구WHO(1990)가 발표한 자료에 의하면 저출생체중아 발생빈도는 개발도상국은 19%, 선진국은 7%, 지역별로는 아시아가 21%, 오세아니아가 20%, 아프리카 15%, 유럽 6%로 국민소득이 높을수록 낮다(이정애 1998). 저출생체중아의 영아사망률이 2,501g 이상군보다 약 20배 높고, 신생아 사망의 약 66%를 차지하고 있어 소아과 영역에서 큰 관심의 대상이 되고 있다(류은주 1990).

저출생체중아는 체온조절, 순환, 호흡, 소화기 등의 장애가 있어 사망률이 높다(권이혁 1978). 저출생체중아의 사망시기별 분포는 생후 24시간이내의 사망률이 48.8%로 가장 높게 나타났고, 생후 1일 이후 7일 이내가 30.2%, 8일 이후 18일 이내가 11.6%, 29일 이후가 9.3%로 보고되고 있다(이혜진 1993). 저출생체중아의 생존율은 900g미만에서는 4.41%, 900~1,000g까지는 12.5%, 1,001~1,500g까지는 28.57%를 나타냈으며, 1,501~2,000g까지는 85.05%, 2,001g이상인 경우에는 98.4%로 조사되어 체중이 많이 나갈수록 생존율이 높은 것으로 조사되었으며(김은우, 1995), 최근에는 의료기술의 발달과 신생아 관리기술의 발달로 저출생체중아의 생존율이 증가하고 있다.

2004년 미숙아 사망 회원 400명을 대상으로 실시한 설문조사에서 미숙아의 체중분포는 1,201~1,800g이 전체 미숙아의 61%로 가장 많았고 801~1,200g이 20%로 뒤를 이었다. 입원일수조사에서는 61일~90일이 49%로 가장 많았으며 60일 이하 26%, 91~120일이 15%로 조사되었다.

## 2. 의료서비스 품질

의료서비스 품질은 연구자들마다 다양하게 정의하고 있는데 나기승(1994)은 의료서비스 품질에 대하여 “환자가 병의 치료를 위해 병원서비스를 이용하는 동안에 인지하는 유형적, 무형적 요소에 대한 주관적 판단”이라고 정의하고 있다. Lytle과 Mokva(1992)는 의료서비스의 품질에 대하여 환자는 서비스 결과, 서비스 과정, 물리적 환경으로 서비스 품질을 평가하기 때문에 의료서비스 품질을 의사와의 관계, 기타 의료진들과의 관계, 물리적인 환경 차원 등으로 개념화하였다. Georgette(1997)는 의료의 질을 공급자 측면과 환자 측면에서 나누어 정의하였는데 공급자 측면의 의료의 질은 진단명의 정확성, 의료기술의 숙련정도 등 주로 임상적인 것을 평가한 반면 환자 측면의 의료의 질은 환자들이 인지한 것에 바탕을 두고 있다. 의사가 양질의 의료서비스를 제공했다 하더라도 환자가 인지하지 못하면 의료

서비스가 실패하게 되므로 의료산업에서 양질의 의료서비스는 환자들의 요구를 충족시켜야 한다고 주장하였으며. 강이주와 이상협(1997)도 의료서비스 품질은 소비자들이 개별적으로 다른 욕구와 필요를 가지므로 이를 만족시켜주는 것이 좋은 품질이라고 주장하였으며 안영송(2003)은 의료서비스의 품질이 평가자가 누구냐에 따라서 의료공급자 중심과 의료소비자 중심으로 구분되고 무엇을 평가하느냐에 따라서 기술적인 질과 기능적인 질로 구분되며 의료서비스 품질은 환자가 인지하는 질로 가장 잘 평가되며 환자가 인지하는 질은 기술적인 질보다 기능적인 질이 더욱 중요하다고 주장하였다.

### 3. 우리나라 신생아 의료서비스 시설과 장비현황

보건복지부 통계자료에 의하면 2004년 말 현재 우리나라의 의료기관은 47,403개소가 운영 중이고 이중 종합병원이 282개소, 병원이 763개소, 의원과 기타 특수병원이 나머지를 차지하고 있다. 총 병상수 356,778병상 중 종합병원이 117,323병상, 병원이 86,897병상을 차지하고 있으며 이중 5%내외가 중환자실로 운영되고 있다. 그러나 우리나라는 미숙아에 대한 잘못된 통계자료를 근거로 신생아 의료서비스가 이루어지기 때문에 미숙아의 생존율을 좌우하는 신생아집중치료실(NICU)<sup>1)</sup> 병상수와 인큐베이터, 정맥주입기, 감시장치, 인공호흡기 등의 필수 장비가 부족한 현실이다. 서울 소재 9개 병원을 대상으로 분석한 결과 신생아집중치료실 병상수는 1,111병상으로 필요한 1,964병상보다 853병상이 부족한 것으로 조사되었으며 이중 저출생체중아의 치료에 꼭 필요한 인공호흡기를 구비한 병상은 396병상으로 필요한 491병상수보다 95병상이 부족한 것으로 조사되었다.

건강보험심사평가원이 2004년 발표한 집중치료실 급여 적정성평가 결과에서 보더라도 2004년 3월말 기준으로 전국 87개 병원에서 신생아집중치료실(NICU)을 운영하고 있으며 총 병상수는 1393개였다. 병상 면적은 개당 3.92㎡~6.15㎡로 미국소아과학회 기준에 비해 50%에 불과했다. 또 1393개 병상 중 심전도 모니터 등 의료법에서 정한 5대 필수장비를 모두 갖춘 병상은 전체의 62.5%로 성인 중환자실(71.7%)보다 낮았다. 미국 소아과학회 기준에 따르면 연간 출생하는 신생아 1000명당 1개의 집중치료 병상이 필요하며 동시에 1000명당 3개의 중간 치료병상이 필요하다. 우리나라의 경우 2004년 신생아수가 49만 명인 것을 감안하면 490개의 집중치료 병상과 1500개의 중간치료 병상 등 총 2000개의 병상이 필요하지만 600병상 정도가 부족한 것으로 나타났다. 병원별 신생아집중치료실(NICU) 규모는 서울아산병원, 삼성서울병원 등 전국적으로 10여 곳을 제외하고는 대부분 10~20병상의 소규모였고, 신생아 중환자실이 별도로 분류되지 않은 곳도 상당수로 조사되었다.

1) NICU : Neonatal Intensive Care Unit 의 약자로 신생아 집중치료실 또는 신생아 중환자실을 의미

### Ⅲ. 모델의 구성

시스템 다이내믹스 기법을 이용한 모델은 우선 분석대상을 이해하는데 필요한 핵심구성요소를 도출하고 구성요소간의 관계수준을 고려하여 가설, 원리, 원칙을 세움으로써 구성요소간의 관계를 설정하고, 이 견해를 가지고 조합하여 체계적인 집합을 만드는 과정을 거친다. 이러한 이론적 모형을 구축하는 기본단위는 개념(Concept)이 되고 이러한 개념들이 모여 명제(Proposition)가 되며 이러한 명제들이 체계화되어 모형(Model)이 된다. 이런 모형이 입증되면 하나의 이론(Theory)이 되고 이 이론들이 모여 원리(Principle)가 만들어지고 이러한 원리들이 결합하여 과학(Science)으로 완성되는 과정을 거친다.

미숙아의 생존율을 높이기 위해서는 미숙아와 관련된 의료서비스 품질에 있어서 강화고리가 결합되어 동작하도록 하는 것이 중요하다. 시스템 다이내믹스 기법을 이용하는 연구자들은 강화고리들이 결합된 인과지도가 어떻게 유기적으로 결합하여 동작하고 실제 책임자들이 얼마만큼 실천하는가에 따라 그 정책의 성공여부가 결정된다고 본다. 사업 분야에 관계없이, 선순환을 가져올 수 있는 고리들이 연결된 양의 피드백 고리들의 힘이 음의 피드백 고리의 힘보다 지배적일 때에만 그 성과가 나타날 수 있다(Sterman, 2000). 이러한 피드백 고리들이 성과를 나타내는 원형으로 합이되고 피드백 고리의 원형과 그 메커니즘을 이해하여 이것을 실제로 실현했을 때 그 결과는 성공한다는 것이다(Senge, 1993).

#### 1. 구성변수의 정의

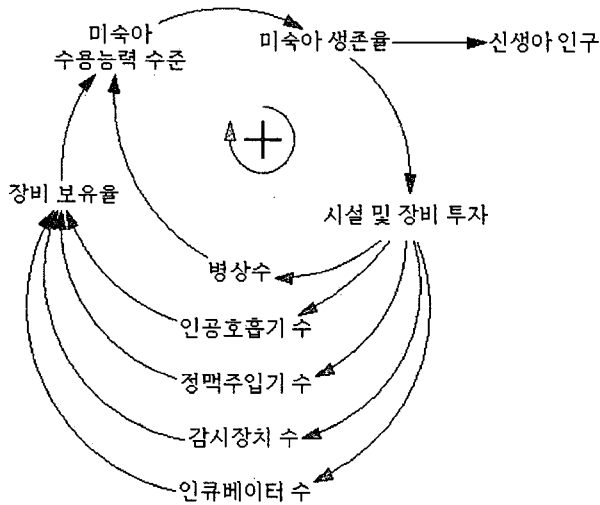
생존율은 일정의 연령층에 속하는 사람들 중에서 1년을 더 살 수 있는 사람의 비율, 즉 X 세(歲)의 사람이 1년간 생존하는 확률(確率)을 나타낸다. 따라서 미숙아의 생존율은 분만에 의해 태어난 미숙아가 출생 후 1년간 생존하는 확률로 정의할 수 있다. 미숙아 수용능력 수준은 미숙아의 치료에 필요한 병상수와 장비보유 정도를 의미하고, 장비보유율은 미숙아 대비 장비의 보유 대수를 나타내고 장비변수에 사용된 의료장비들은 의료기관 서비스 평가항목을 참고하여 미숙아의 생존율에 큰 영향을 미치는 필수장비들로 선정하였다.

#### 2. 인과지도의 정립

시스템 다이내믹스의 모델을 만드는 과정에 있어서 그 분야의 전문가에게 위탁하여 도움을 받는 델파이 기법(delphi method)이 많이 사용된다. 그 이유는 전문가가 그 시스템의 메커니즘을 잘 이해하고 있기 때문에 증상이 아닌 원인을 찾아낼 수 있으며 미래를 예측하

는 안목을 지니고 있기 때문이다.

본 연구에서는 의료서비스 품질의 구성요인에 대한 연구들을 바탕으로 미숙아의 생존율을 높일 수 있는 인과지도와 모델을 개발하기 위하여 국내 신생아 의료를 담당하고 있는 대한신생아학회 소속 의사와 수도권 9개 종합병원의 소아과 전문가 등 50여 명의 인터뷰와 보건복지부의 의료기관 서비스평가지침과 결과자료, 신생아 의료서비스와 관련된 병원의 전문자료와 인터넷 검색 등을 통해 정보와 자료를 수집하였으며 미숙아의 생존율을 높이기 위한 물리적인 의료서비스 품질구성변수를 이용하여 다음과 같은 인과지도(CLD)를 정립하였다.

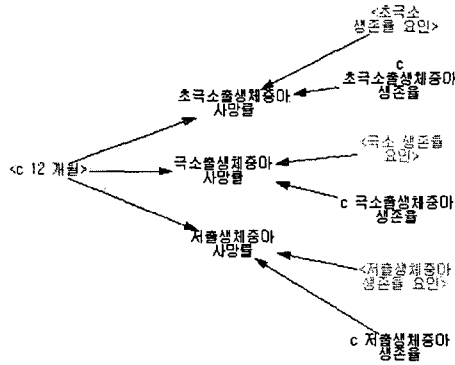


[그림 1] 물리적 의료서비스 품질과 신생아 인구변동 인과지도(CLD)

[그림 1]의 인과지도와 같이 미숙아의 생존율을 증가시키기 위해서는 시설 및 장비에 대한 투자가 선행되어야 하며 이로 인해 병상수와 필수의료장비인 인큐베이터, 인공호흡기, 감시장치, 정맥주입기 수가 늘어나고 장비보유율이 증가하면 미숙아를 치료할 수 있는 수용능력 수준이 증가되어 미숙아 생존율이 증가되는 강화고리가 형성되게 된다.

### 3. 모형의 개요

#### 1) 미숙아 생존율



[그림 2] 미숙아 생존율과 사망률을 묘사한 SFD

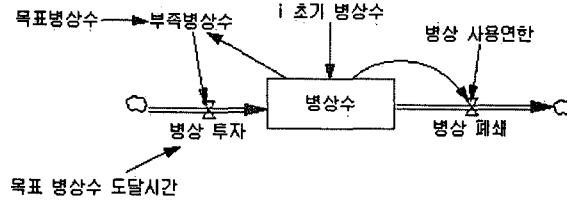
미숙아의 생존율은 체중별로 차이가 있기 때문에 앞에서 분류한 체중기준에 따라 3가지로 분류하였다. 저출생체중아(Low Birth Weight Infant) 생존율은 출생체중이 2.500g 이하인 신생아의 생존율, 극소저출생체중아(Very Low Birth Weight Infant) 생존율은 체중이 1.500g 미만인 신생아의 생존율, 초극소저출생체중아(Extremely Low Birth Weight Infant) 생존율은 체중이 1,000g 미만인 신생아의 생존율로 분류하였다. 대한신생아학회 소속 수도권의 9개 종합병원의 자료에 의하면 저출생체중아생존율은 95%, 극소저출생체중아 생존율은 79%, 초극소저출생체중아 생존율은 67%로 조사되었다. 이것은 그나마 시설과 장비가 잘 갖춰진 병원들에 속하므로 전국의 미숙아를 대상으로 할 경우 생존율은 이보다 낮은 수준일 것으로 추측된다. 위에서 조사된 체중별 미숙아의 생존율을 근거로 체중별 미숙아의 사망률을 계산하였다.

#### 2) 병상수

병상수는 초기 병상수에 병상투자를 더한 후 병상 폐쇄 값을 빼줌으로서 계산된다. 미숙아 수용에 필요한 병상수는 미숙아 평균입원일수를 30일로 산정하고 3,000병상을 목표병상수로 계산하여 년 수용인원 36,000명을 목표로 스톡과 플로우 모형을 작성하였다. 초기 병상수는 건강보험심사평가원이 2004년 발표한 집중치료실 급여 적정성평가 결과를 근거



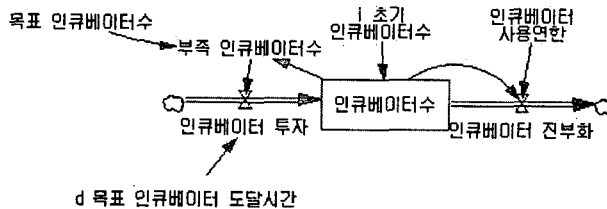
로 1,400병상을 사용하였으며 병상 사용연한은 20년으로 산정하였다.



[그림 3] 병상수 묘사를 위한 SFD

### 3) 필수장비수

장비의 수는 초기 장비수에 장비투자 값을 더한 후 장비 진부화 값을 빼줌으로써 계산된다. 미숙아 생존율에 큰 영향을 미치는 필수 의료장비로는 인큐베이터, 인공호흡기, 감시장치, 정맥주입기 등 4가지를 선정하여 스톡과 플로우 모형을 작성하였다. 인큐베이터와 인공호흡기는 미숙아 1인당 1대가 필요하므로 목표 장비수를 병상수와 같이 3,000대를 산정하였으며 감시장치와 정맥주입기는 2인당 1대가 필요한 것으로 산정하여 병상수 대비 절반 수준인 1,500대로 산정하였다. 초기 장비수는 건강보험심사평가원이 2004년 발표한 집중치료실 급여 적정성평가 결과 필수장비 구비율 62.5%를 적용하여 870대로 산정하였으며 장비의 사용연한은 일반적인 감가상각 기준에 따라 5년으로 산정하였다. 다음은 인큐베이터에 대한 스톡과 플로우 모형이다.

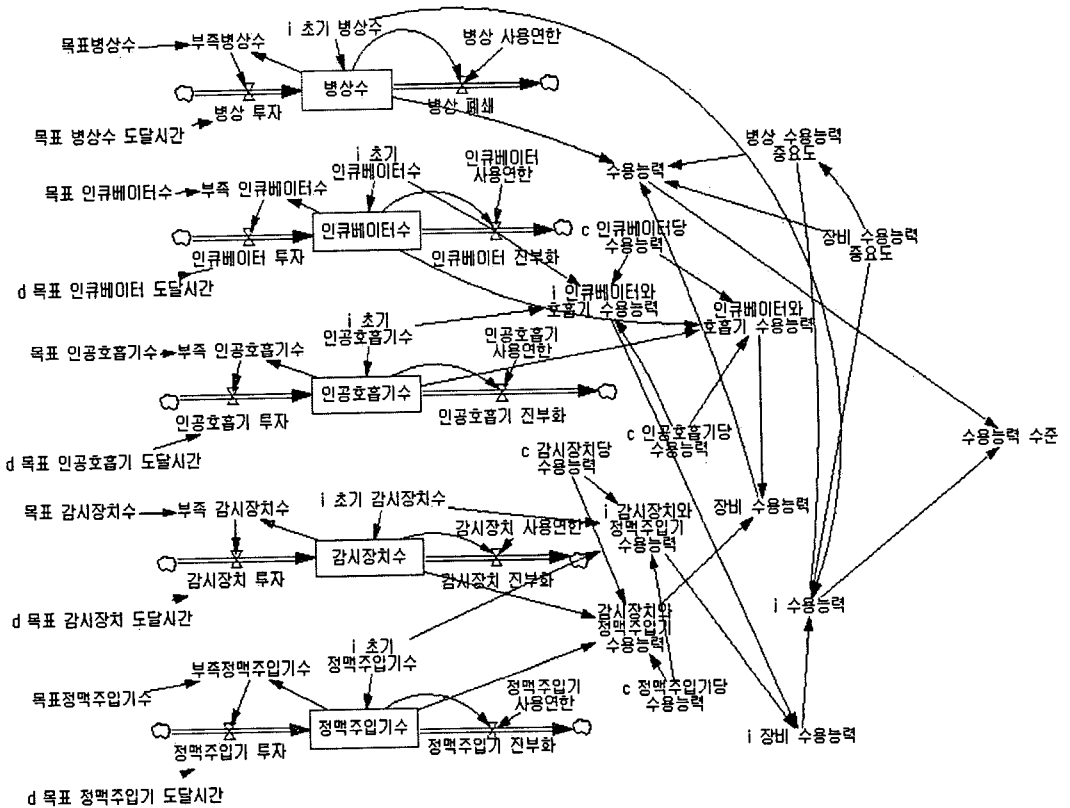


[그림 4] 인큐베이터를 묘사한 SFD

동일한 방법으로 인공호흡기, 감시장치, 정맥주입기의 스톡과 플로우 모형을 작성하였다.

#### 4) 미숙아 수용능력 수준

미숙아 수용에 필요한 병상수와 필수의료장비 스톡과 플로우 모형을 이용하여 미숙아 수용능력의 기준이 되는 수용능력 수준의 스톡과 플로우 모형을 작성하였다. 장비의 수용능력은 인큐베이터와 인공호흡기, 감시장치와 정맥주입기의 수용능력을 MIN함수를 이용하여 산정한 다음 장비 수용능력을 산정하였으며 병상 수용능력의 중요도와 장비 수용능력의 중요도에 따라 수용능력을 산정하고, 수용능력과 초기 수용능력의 비율로서 수용능력 수준을 산정하였다. 미숙아 수용능력 수준에 대한 스톡과 플로우 모형은 다음과 같다.

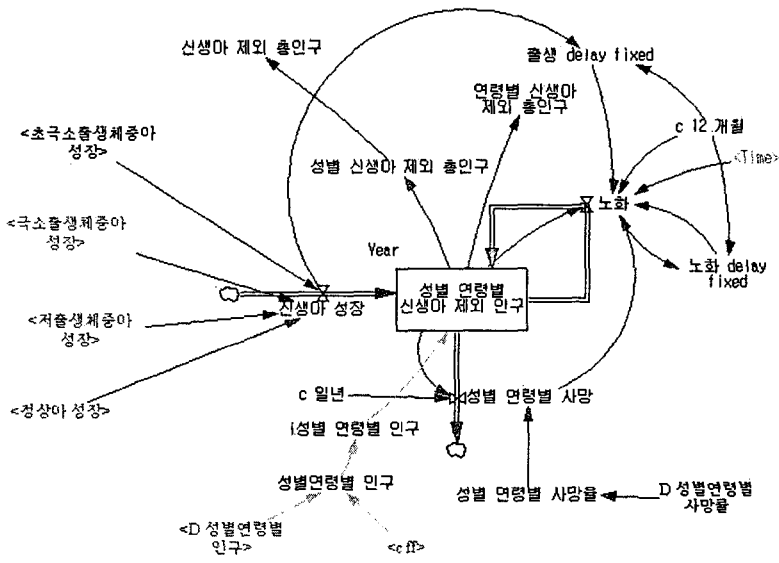


[그림 5] 미숙아 수용능력 수준을 묘사한 SFD

#### 5) 신생아 인구

모델의 정확성을 높이기 위하여 성별 연령별 인구 모형을 사용하였으며 성별 연령별 인구 모형에서 신생아 인구를 제외한 새로운 인구 모형을 만들었다. 신생아를 제외한 성별 연령별 인구 스톡과 플로우 모형은 다음과 같다. 성별 연령별 신생아 제외인구는 1세부터

의 성별 연령별 인구에 신생아 성장 값을 더한 후 1세 이후 성별 연령별 인구의 노화 값과 사망 값을 빼줌으로써 계산할 수 있다. 성별 연령별 사망은 1세 이후의 성별 연령별 사망률 자료 값을 이용하여 계산되었으며 신생아 성장은 초극소출생체중아의 성장, 극소출생체중아의 성장, 저출생체중아의 성장, 정상아의 성장 값의 합으로 계산된다.

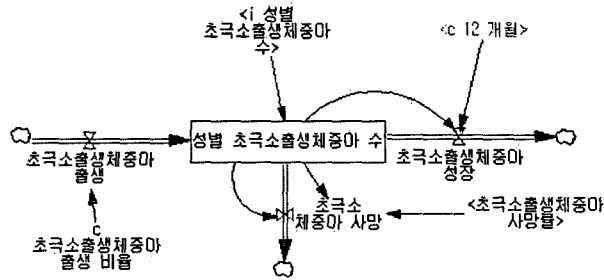


[그림 6] 성별 연령별 신생아 제외 인구 묘사를 위한 SFD

신생아 인구를 산출하기 위하여 신생아의 성별 체중별 분류 기준에 근거하여 초극소출생체중아 수, 극소출생체중아 수, 저출생체중아 수, 정상아 수를 산출하였다. 다음은 초극소출생체중아 수를 묘사한 스톡과 플로우 모형이다. 초극소출생체중아 수는 초기 초극소출생체중아 수에 초극소출생체중아 출생 값을 더한 후 초극소출생체중아 성장과 초극소출생체중아 사망 값을 빼줌으로써 계산된다. 초기 초극소출생체중아 수는 성별 연령별 인구 자료 값에 상수인 초극소출생체중아 비율 값의 곱으로 계산된다. 2000년 전국의 병원 75개를 대상으로 태어난 신생아 108,486명을 조사해서 만든 자료에 의하면 전체 신생아중 초극소출생체중아 비율은 0.7%, 극소출생체중아 비율은 1.4%, 저출생체중아 비율은 7.2%로 나타났다.

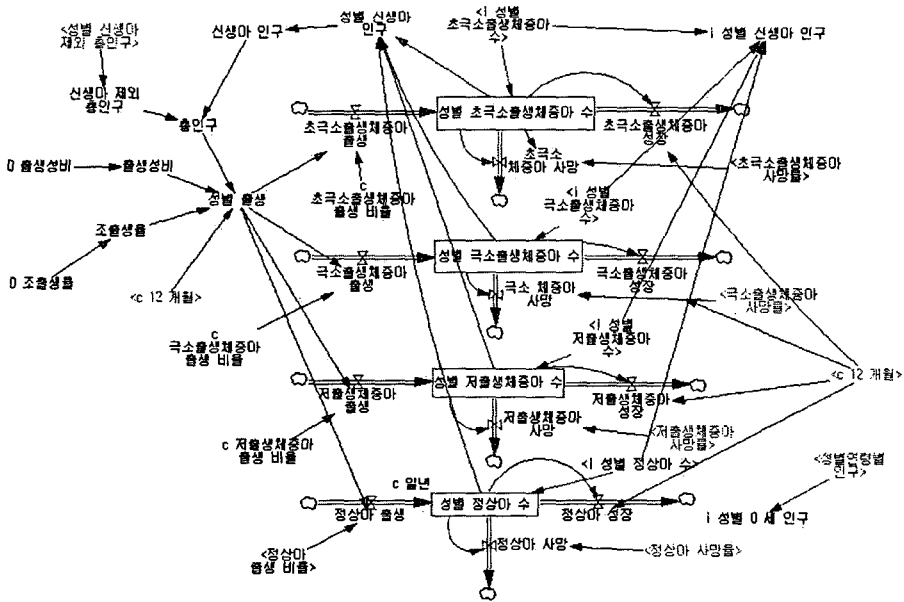
[그림 7] 성별 초극소출생체중아 수를 묘사한 스톡과 플로우 모형을 참고하여 성별 극소출생체중아 수, 저출생체중아 수, 정상아 수를 산출하는 모형을 만들었으며 체중별 신생아

수를 통합하여 신생아 인구 묘사를 위한 스톡과 플로우 모형을 다음과 같이 완성하였다.



[그림 7] 성별 초극소출생체중아 수 묘사를 위한 SFD

신생아 인구는 성별 신생아 인구의 합으로 산출되고 성별 신생아 인구는 성별 초극소출생체중아 수와 성별 극소출생체중아 수와 성별 저출생체중아 수 그리고 성별 정상아 수의 합으로 계산된다.



[그림 8] 신생아 인구 묘사를 위한 SFD

## IV. 신생아 인구변동 예측

완성된 모델을 이용하여 2002년부터 2022년까지 체중별 성별 신생아 인구변동을 예측하였다.

### 1. 시나리오 설정

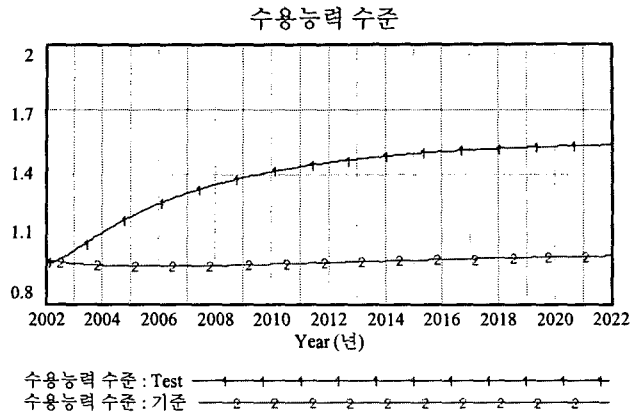
시나리오는 현재 상태를 의미하는 기준 시나리오와 물리적 의료서비스 품질의 향상결과를 반영한 Test 시나리오로 구성하였다. 기준 시나리오에서는 병상수와 장비보유율이 현재 상태를 유지하는 것으로 설정하였으며 Test 시나리오에서는 목표 병상수와 목표 장비보유율 도달시간을 10년으로 설정하였다. 체중별 신생아의 생존율도 기준 시나리오에서는 현재 상태 값을 갖도록 설정하였으며 Test 시나리오에서는 물리적 의료서비스 품질의 향상결과에 따라 체중별 미숙아의 생존율도 증가하도록 하였으며 설정값은 다음과 같다.

[표 1] 시나리오별 설정값(0<생존율<1)

시나리오	목표 도달시간	초극소체중아 생존율	극소체중아 생존율	저체중아 생존율
기준	현 상태 유지	0.6	0.8	0.9
Test	10년	0.7	0.9	0.95

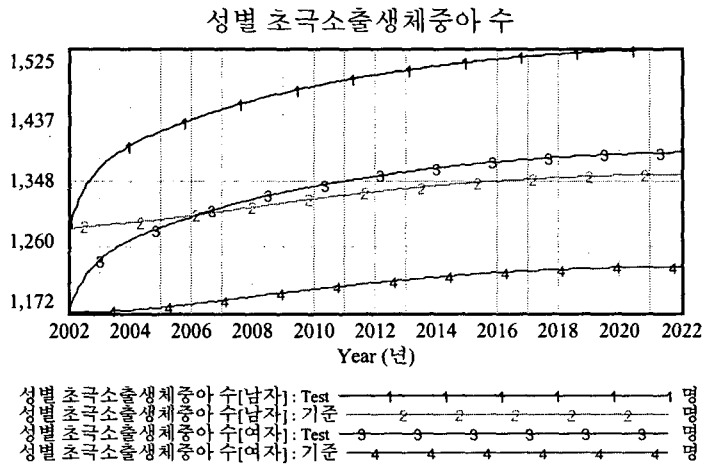
### 2. 체중별 성별 신생아 인구 예측

[표 1]과 같이 기준 시나리오와 Test 시나리오에 대한 물리적 의료서비스의 수용능력 수준에 대한 예측결과는 다음과 같이 나타났다. 시뮬레이션 결과는 2002년부터 2022년까지 20년간에 결과를 나타낸다. 미숙아의 생존율에 영향을 주는 미숙아 수용 병상수와 필수 의료장비의 보유율을 나타내는 미숙아 수용능력 수준은 향후 10년 동안 가파르게 상승하는 것으로 나타났다. 그 이후에는 원만한 상승세를 나타내고 있다.

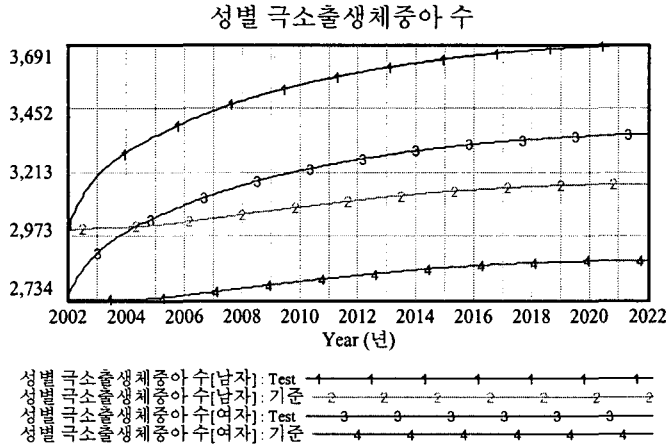


[그림 9] 미숙아 수용능력 수준 예측

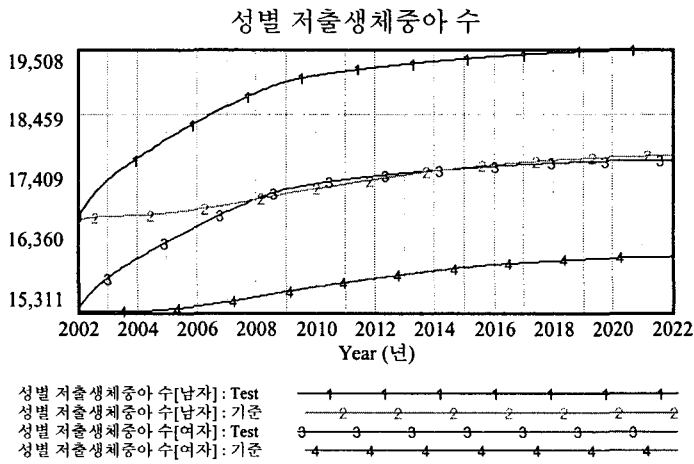
[표 1]의 기준 시나리오와 Test 시나리오에 대한 각 체중별 성별 신생아 인구를 예측한 결과이다.



[그림 10] 성별 초극소출생체중아 수 예측

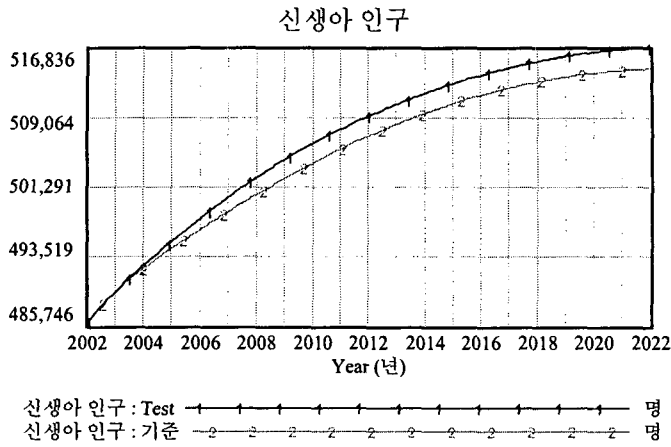


[그림 11] 성별 극소출생체중아 수 예측



[그림 12] 성별 저출생체중아 수 예측

[그림 13]은 앞서 예측한 체중별 성별 신생아 수를 모두 합산한 결과이다.



[그림 13] 신생아 수 예측

## V. 결론

### 1. 년도별 신생아 인구 예측

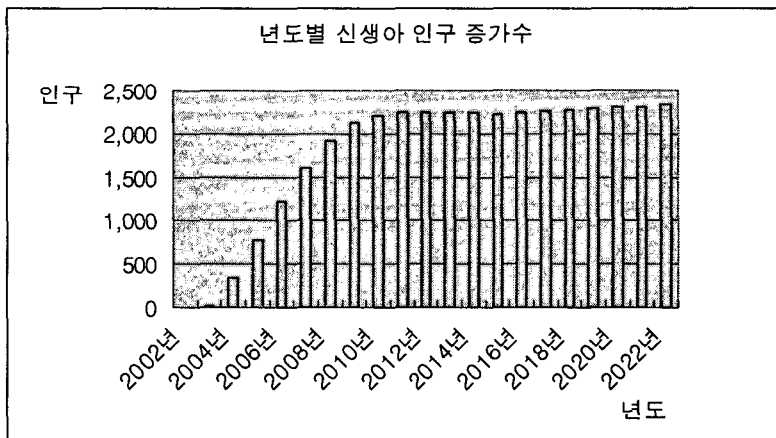
물리적 의료서비스 품질인 병상수와 필수의료장비의 보유율 증가로 미숙아 수용능력 수준이 향상되고 체중별 성별 미숙아 생존율이 증가하여 신생아 인구 모델의 예측 결과에 의하면 신생아 인구가 4년이 지난 2006년에는 1,200여 명씩 증가하고 7년이 지난 2009년부터는 매년 2,100여 명씩 증가하는 것으로 나타났다. 결과적으로 20년간 늘어난 신생아 누적 인구는 37,300여 명으로 예측되었다.

[표 2] 년도별 신생아 인구 예측(단위 : 명)

년도	Test 시나리오	기준 시나리오	증가인구
2002	485,746	485,746	0
2003	489,475	489,458	17
2004	492,415	492,082	333
2005	495,121	494,346	775
2006	497,669	496,455	1,214
2007	500,061	498,460	1,601
2008	502,281	500,369	1,912
2009	504,302	502,178	2,124
2010	506,080	503,870	2,210



년도	Test 시나리오	기준 시나리오	증가인구
2011	507,685	505,444	2,241
2012	509,147	506,900	2,247
2013	510,484	508,238	2,246
2014	511,700	509,463	2,237
2015	512,798	510,566	2,232
2016	513,768	511,529	2,239
2017	514,602	512,349	2,253
2018	515,304	513,036	2,268
2019	515,879	513,596	2,283
2020	516,327	514,028	2,299
2021	516,648	514,333	2,315
2022	516,836	514,504	2,332



[그림 14] 년도별 신생아 인구 증가수

## 2. 모델의 한계점 및 향후 연구방향

이번 연구를 통하여 물리적인 의료서비스 환경이 개선될수록 미숙아의 생존율이 증가하여 신생아 인구가 증가한다는 결과를 얻었다. 그러나 미숙아의 생존율을 향상시키는 여러 가지 원인 중에서 물리적인 의료서비스 변수만을 구성변수로 사용한 것은 이 모델의 한계로 나타났다. 물리적인 의료서비스 품질 이외에도 인적 변수, 정책 변수가 구성변수로 추가된다면 정교한 모델이 될 수 있으리라고 생각된다. 또한 사용된 인구모델도 최근의 변화추세를 감안하여 지속적인 수정이 필요할 것으로 판단된다. 향후 지속적인 변수 추가를 통하여 정교한 모델을 구성한다면 정확도 높은 신생아 인구 예측이 가능할 것으로 생각된다.

## [ 참고문헌 ]

- 김도훈 · 문태환 · 김동환. (1999). 「시스템다이내믹스」 서울 : 대영문화사.
- 김상한. (2004). 「병원의 서비스 품질이 고객만족과 성과에 미치는 영향에 관한 연구」 경희대학교 대학원 석사학위논문.
- 이경연. (2004). 「저출생 체중아, 극소 저출생 체중아의 빈도 및 재태연령에 따른 출생체중 분포에 관한 연구」 단국대학교 대학원 석사학위논문.
- 전효숙. (2002). 「고위험 신생아 치료중단에 대한 윤리적인 의사결정에 관한 연구」 연세대학교 대학원 석사학위논문.
- 홍창의. (1997). 「소아과학」 대한교과서(주) : 244-245.
- 인터넷 사이트 : 미숙아사랑
- Senge, P. M. et al. (1994). *The fifth discipline fieldbook; strategies and tools for building a learning organization*, Currency Doubleday.
- Sterman, John D. (2000). *Business Dynamics : System Thinking and Modeling for a Complex World*. McGraw Hill.

[ 부록 : 수식 ]

초극소출생체중아 생존율=0.6 ~ Units: 1/년

극소출생체중아 생존율=0.8 ~ Units: 1/년

저출생체중아 생존율=0.9 ~ Units: 1/년

초극소출생체중아 사망률=MAX(0, 1 - c 초극소출생체중아 생존율\* 초극소 생존율 요인 ) / c 12 개월 ~ Units: 1/월

극소출생체중아 사망률=MAX(0, 1 - c 극소출생체중아 생존율\* 극소 생존율 요인 ) / c 12 개월 ~ Units: 1/월

저출생체중아 사망률=MAX(0, 1 - c 저출생체중아 생존율\* 저출생체중아 생존율 요인 ) / 12 개월 ~ Units: 1/월

12 개월=12 ~ Units: 월

초극소 생존율 요인= c 초극소출생체중아 생존율\* 수용능력 수준 ~ Units: Dmnl

극소 생존율 요인= c 극소출생체중아 생존율\* 수용능력 수준 ~ Units: Dmnl

저출생체중아 생존율 요인= c 저출생체중아 생존율\* 수용능력 수준 ~ Units: Dmnl

성별 초극소출생체중아 수[xSex]=INITIAL(성별연령별 인구[xSex,A0] \* c 초극소출생체중아 출생 비율)~ Units: 명

성별 극소출생체중아 수[xSex]=INITIAL(성별연령별 인구[xSex,A0] \* c 극소출생체중아 출생 비율)~ Units: 명

성별 저출생체중아 수[xSex]=INITIAL(성별연령별 인구[xSex,A0] \* c 저출생체중아 출생 비율)~ Units: 명

성별 정상아 수[xSex]=INITIAL(i 성별 0 세 인구[xSex])~ Units: 명

성별 초극소출생체중아 수[xSex]=INTEG(-초극소출생체중아 성장[xSex]+초극소출생체중아 출생[xSex]-초극소 체중아 사망[xSex])+initial value(i 성별 초극소출생체중아 수[xSex])~ Units: 명

성별 극소출생체중아 수[xSex]=INTEG(-극소출생체중아 성장[xSex]+극소출생체중아 출생 [xSex]-극소 체중아 사망[xSex])+initial value(i 성별 극소출생체중아 수[xSex])~ Units: 명

성별 저출생체중아 수[xSex]=INTEG(-저출생체중아 성장[xSex]+저출생체중아 출생[xSex]-저출생체중아 사망[xSex])+initial value(i 성별 저출생체중아 수[xSex])~ Units: 명

성별 정상아 수[xSex]=INTEG(+정상아 출생[xSex]-정상아 사망[xSex]-정상아 성장 [xSex])+initial value(i 성별 정상아 수[xSex])~ Units: 명

초극소출생체중아 출생[xSex]=성별 출생[xSex] \* c 초극소출생체중아 출생 비율~ Units: 명/월

극소출생체중아 출생[xSex]=성별 출생[xSex] \* c 극소출생체중아 출생 비율~ Units: 명/월

저출생체중아 출생[xSex]=성별 출생[xSex] \* c 저출생체중아 출생 비율~ Units: 명/월

정상아 출생[xSex]=성별 출생[xSex] \* 정상아 출생 비율~ Units: 명/월

초극소출생체중아 성장[xSex]=성별 초극소출생체중아 수[xSex] / c 12 개월~ Units: 명/월

극소출생체중아 성장[xSex]=성별 극소출생체중아 수[xSex] / c 12 개월~ Units: 명/월

저출생체중아 성장[xSex]=성별 저출생체중아 수[xSex] / c 12 개월~ Units: 명/월

정상아 성장[xSex]=성별 정상아 수[xSex] / c 12 개월~ Units: 명/월

초극소 체중아 사망[xSex]=성별 초극소출생체중아 수[xSex] \* 초극소출생체중아 사망률~ Units: 명/월

극소 체중아 사망[xSex]=성별 극소출생체중아 수[xSex] \* 극소출생체중아 사망률~ Units: 명/월

저출생체중아 사망[xSex]=성별 저출생체중아 수[xSex] \* 저출생체중아 사망률~ Units: 명/월

정상아 사망[xSex]=성별 정상아 수[xSex] \* 정상아 사망률~ Units: 명/월

성별 신생아 인구[xSex]=성별 극소출생체중아 수[xSex] + 성별 저출생체중아 수[xSex] + 성별 초극소출생체중아 수[xSex] + 성별 정상아 수[xSex]~ Units: 명

신생아 인구=SUM(성별 신생아 인구[xSex!])~ Units: 명

c 초극소출생체중아 출생 비율=0.007 ~ Units: Dmnl

c 극소출생체중아 출생 비율=0.014 ~ Units: Dmnl

c 저출생체중아 출생 비율=0.072 ~ Units: Dmnl

c 정상아 출생 비율=INITIAL(1 - c 초극소출생체중아 출생 비율 - c 저출생체중아 출생 비율 - c 극소출생체중아 출생 비율) ~ Units: Dmnl

성별 연령별 신생아 제외 인구[xSex,A1]=INTEG(+신생아 성장[xSex] - 노화[xSex,A1] - 성별 연령별 사망[xSex,A1])+initial value(i성별 연령별 인구[xSex,A1])~ Units: 명

신생아 성장[xSex]=극소출생체중아 성장[xSex] + 저출생체중아 성장[xSex] + 정상아 성장[xSex] + 초극소출생체중아 성장[xSex] ~ Units: 명/월

노화[xSex,A1]=IF THEN ELSE(Time<=c 12 개월, 성별 연령별 신생아 제외 인구[xSex,A1] / c 12 개월, 출생 delay fixed[xSex]) - 성별 연령별 사망[xSex,A1]

성별 연령별 사망[xSex,xAgeO]=성별 연령별 신생아 제외 인구[xSex,xAgeO]

\* 성별 연령별 사망율[xSex,xAgeO] /c 일년 ~ Units: 명/월

성별 신생아 제외 총인구[xSex]=SUM(성별 연령별 신생아 제외 인구[xSex,xAgeO!]) ~  
Units: 명

신생아 제외 총인구=SUM(성별 신생아 제외 총인구[xSex!]) ~ Units: 명

노화 delay fixed[xSex,xAgeO]=DELAY FIXED(노화[xSex,xAgeO], c 12 개월, 0)~ Units: 명/  
월

병상수=INTEG(병상 투자 - 병상 폐쇄)+initial value(i 초기 병상수)~ Units: 병상

부족병상수=목표병상수-병상수 ~ Units: 병상

병상 투자=부족병상수/목표 병상수 도달시간 ~ Units: 병상/월

병상 폐쇄=병상수/병상 사용연한 ~ Units: 병상/월

인큐베이터수=INTEG(인큐베이터 투자 - 인큐베이터 진부화)+initial value(i 초기 인큐베이  
터수)~ Units: 대

인큐베이터 투자=부족 인큐베이터수/d 목표 인큐베이터 도달시간~ Units: 대/월

인큐베이터 진부화=인큐베이터수/인큐베이터 사용연한

수용능력=병상수\*병상 수용능력 중요도+장비 수용능력\*장비 수용능력 중요도

인큐베이터와 호흡기 수용능력=MIN(인큐베이터수\*c 인큐베이터당 수용능력 , 인공호흡기  
수\*c 인공호흡기당 수용능력 )

장비 수용능력=MIN(인큐베이터와 호흡기 수용능력, 감시장치와 정맥주입기 수용능력)

병상 수용능력 중요도=1-장비 수용능력 중요도

수용능력 수준=수용능력 / i 수용능력

