

# 음압격리병실 설치의 경제성분석 - 실물옵션(Real Option) 적용



김동환 부연구위원  
건강보험심사평가원 자원정책연구팀

## Key Point

- ☑ 대부분의 의료기관은 신종호흡기 감염병 위험에 대한 음압격리병실의 필요성을 인식하고 있으나, 음압격리병실 설치 및 운영으로 인한 효과를 파악하기 어렵고, 감염병 발생 및 유행의 불확실성이 크기 때문에 투자 의사 결정이 어려움.
- ☑ 본 연구에서는 감염병 발생 및 유행의 불확실성이 큰 음압격리병실 설치에 대한 경제성분석은 기존 확실성하에서 분석하는 기법으로는 한계를 가지고 있기 때문에 실물옵션평가방법을 이용하여 경제성 분석을 시도함.
- ☑ 본 연구에서는 의료기관의 관점에서 상급종합병원(800~899병상)과 종합병원(400~499병상)에 음압격리병실 설치 및 운영하는 것에 경제성이 존재하는 것을 보였으며, 상급종합병원(800~899병상)이 종합병원(400~499병상)에 비해 높은 경제성을 보임.

**Key Word** 음압격리병실, 호흡기 감염병, 메르스, 경제성분석, 실물옵션

## 1. 들어가며<sup>1)</sup>

### 가. 21세기 신종 감염병 출현

2000년 이후, 중증급성호흡기증후군(Severe Acute Respiratory Syndrome, 이하 SARS), 신종인플루엔자 대유행(H1N1 Pandemic), 중동호흡기증후군(Middle East Respiratory Syndrome, 이하 MERS) 등이 전 세계적으로 유행하였다. 사스(SARS) 유행으로 인해 2002년 11월에서 2003년 7월까지 약 29개국의 8,098명이 감염되어 774명이 사망하였으며, 신종인플루엔자 유행으로 인해 2009년 4월부터 2010년 8월까지 약 136개국의 16,226명이 사망한 것으로 보고되었다. 그리고 메르스(MERS)는 2012년 9월에 사우디아라비아에서 처음 발생하여 2016년

1) 이 글은 건강보험심사평가원에서 수행된 「음압격리병실 설치에 대한 경제성분석」 연구보고서 내용의 일부를 발췌 및 재구성하여 작성된 것이다.

10월까지 전 세계적으로 감염자 1,843명, 사망자 705명이 발생하였다(질병관리본부, 2017).<sup>2)</sup>

이처럼 최근 20년간 고위험 신종 감염병이 지속적으로 출현함에 따라 세계 각국에서는 감염병 위험에 대해 효과적으로 대비하고 대응할 수 있도록 체계적인 감염관리 및 예방체계를 구축하고, 음압시설, 감염전문 인력, 전문장비 등을 강화하고 있다.

### 나. 우리나라 신종 감염병 유행과 음압격리병실

우리나라는 2009년 5월부터 12월까지 신종인플루엔자 대유행(pandemic)<sup>3)</sup> 대응 과정에서 감염관리 거점병원 및 병원의 시설 부족이 부각되었으며, 이와 관련하여 국가지정 격리병상 확대 설치 및 운영 등의 신종 감염병 대책을 계획하였다(보건복지부, 2010년 3월 31일 보도자료). 그러나 이러한 강화대책에도 불구하고 2015년 5월 첫 메르스 환자가 발생한 후 의료기관을 통해 2차 감염자가 급속히 확산 되면서 메르스에 의해 186명의 감염자와 38명의 사망자가 발생하였으며, 16,752명의 메르스 감염 의심자가 격리 관찰되는 등 메르스 확산 방지에 실패한 것으로 평가되고 있다(신민철, 2016).

음압격리병실은 ‘공기감염을 예방하기 위하여 음압을 유지할 수 있는 공조시설과 환기시스템, 전실 등을 갖춘 격리병실’로 정의하고 있다(질병관리본부, 2011).<sup>4)5)</sup> 음압격리병실은 일반병실 및 비음압격리병실과 달리 오염된 공기흐름의 통제 때문에 공조시설 및 전실 등의 시설이 추가적으로 설치되어 운영되어야 한다. 즉, 음압격리병실을 설치하기 위해서는 일반병실을 운영할 때보다 설치 및 운영비용이 높은 편이며, 일반병실보다 넓은 면적을 확보해야하기 때문에 면적 확보의 어려움이 있다. 그리고 음압격리병실은 감염병이 발생하고 유행할 때 그 편익이 극대화 된다. 감염병 유행시기에는 감염 환자뿐만 아니라 감염 의심환자도 격리대상으로 하기 때문에 음압격리병실의 수요는 기하급수적으로 늘어날 수 있다.<sup>6)</sup>

2) 2012년 9월부터 2018년 3월 15일까지 27개국에서 2,143명이 발생하여 750명이 사망한 것으로 보고되고 있다(질병관리본부, 2018). 발생환자 대부분이 중동지역과 직·간접적으로 연관이 있으며, 사우디아라비아, 아랍에미리트 등에서 주로 발생하고 있다. 최근 메르스 현황을 살펴보면, 2018년 1월 1일부터 3월 15일까지 세계적으로 53명 발생, 16명 사망하였으며, 국내에서는 총 68명이 메르스 의심환자로 신고 되고 있다(질병관리본부, 2018).

3) 신종인플루엔자(H1N1)는 인플루엔자 바이러스가 변이를 일으켜 생긴 새로운 바이러스로 2009년 현재 전 세계적으로 사람에게 감염을 일으킨 호흡기질환이었으며, 향후 항원변이 등에 의한 주기적 대유행 가능성이 우려되고 있다(천병철, 2009).

4) 음압격리병실은 공기감염 전파가 가능한 환자를 외부로부터 격리하기 위한 목적으로 병실 또는 전실의 압력을 외부의 압력보다 낮게 유지함으로써 내부 공기 및 바이러스가 유출되는 것을 방지한다(이병희 등, 2017).

5) 음압격리병실은 공기감염균 확산 억제를 위한 환기장치 및 공기감염균을 직접적으로 제거해 줄 수 있는 고효율(HEPA) 필터 등을 공조기에 설치 운영한다(성민기, 2015).

6) 메르스의 경우, 메르스 감염 의심환자는 국가지정 입원치료병상 또는 음압병상에서 검체를 채취하고 유전자 검사를 통해 메르스 코로나바이러스의 활동(최근)감염을 진단함으로써 확진여부가 판정된다. 따라서 메르스 감염 의심환자는 메르스 확진 여부가 결정되기 전까지 음압격리병실에 격리되어야 한다(질병관리본부, 2017).

감염병 발생과 유행시기 및 유행규모 등은 예측이 어렵고 불확실성이 매우 높다. 따라서 음압격리병실을 설치하고 운영함으로써 가질 수 있는 편익(효과)은 가시적으로 파악하기 어려운 실정이다. 즉 음압격리병실은 호흡기 감염병이 유행하지 않는 평상시에는 그 편익이 없거나 손실이 예상되기 때문에 의료기관의 관점에서는 음압격리병실 설치 및 운영에 대한 투자안이 불필요한 것으로 받아들여질 개연성이 매우 높은 편이다.

이에 본 연구에서는 감염병 발생 및 유행이 가지고 있는 불확실성을 고려하기 위해, 불확실성을 평가하는 실물옵션가치평가법을 검토하여 음압격리병실 설치 및 운영에 대한 경제성분석을 시도하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 가. 경제성분석

경제성분석은 투자안에 대한 비용(cost)과 편익(benefit)을 각각 추정하고, 비용과 편익의 차이로부터 경제적 수익률(economic rate of return)을 계산함으로써 투자안의 타당성 여부를 결정하는 분석방법이다. 경제성분석 방법으로는 미래의 현금흐름을 현재가치로 조정하여 순현재가치(Net Present Value, 이하 NPV)를 평가하는 현금흐름할인법(Discounted Cash Flow)과 미래의 불확실성을 반영하는 실물옵션(Real Option)평가법이 있다. 실물옵션평가법으로 추정되는 실물옵션의 가치가 반영된 순현재가치는 현금흐름할인법에 의해 추정되는 순현재가치와 실물옵션의 가치로 구성된다(조동욱과 임종인, 2012).<sup>7)</sup>

현금흐름할인법은 모든 투자안에 대한 명확하고 일관성 있는 기준을 가지며, 화폐의 시간가치와 위험구조를 반영하고 있어 설명이 용이하고 이해가 쉽다는 장점이 있다(Galvis and Bravo, 2008). 그러나 현금흐름할인법만 고려하는 경우에는 투자안에 영향을 미치는 변수들이 투자시점에 이미 확정되어 있으며, 이는 미래에도 고정된다는 가정이 전제된다. 반면, 실물옵션은 투자시점에는 알 수 없는 상황들이 미래에 변동이 가능하고, 변동된 상황에 따라 투자 결정이 변경될 수 있다. 따라서 실물옵션평가법은 현금흐름할인법만을 이용하여 추정하는 것보다 미래의 성장기회의 유연성(flexibility)을 고려할 수 있다는 점에서 장점을 가진다.

7) 실물옵션평가법은 금융자산을 대상으로 하는 옵션가치 평가방법론을 응용한 방법론이다.

### 나. 현금흐름할인법을 이용한 순현재가치 추정

일반적으로 음압격리병실 투자비용은 초기시점에 공사비용과 공사에 따른 기회비용, 그리고 설치완료 후 운영비용 형태로 발생한다. 그리고 이로 인한 투자효과는 신종 감염병이 유행하지 않는 평상시에 병실운영에 따른 현금유입(또는 현금유출)과 신종 감염병이 유행할 때 나타나는 현금유입(또는 비용절감)의 형태로 발생한다. 이때 비용발생과 투자효과의 발생 시점 차이는 현금흐름법을 이용하여 각 시점의 시간의 가치를 고려하여 현재시점의 가치를 추정한다. 그리고 비용과 투자효과의 현재가치의 차이로부터 순현재가치(NPV)가 추정된다. 순현재가치는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$NPV = \text{투자비용의 현재가치} - \text{투자효과의 현재가치}$$

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{X_t}{(1+r)^t}$$

여기에서  $X_t$ 는 투자안의 순현금흐름을 나타내고,  $r$ 은 할인율을 나타낸다.

### 다. 실물옵션

실물옵션은 Myers(1977)에 의해 처음 제안되었으며 금융옵션 개념에 기초하고 있다. 옵션(option)이란 미리 정해진 기간(만기)동안 정해진 가격(행사가격)으로 특정자산(기초자산)을 사거나 팔수 있는 권리가 부여된 자산을 말한다. 옵션은 그 옵션의 보유자에게 미래 만기일이 도래하였을 때, 이에 상응하는 의무 없이 권리만을 제공하는 자산(asset)이다. 만일, 투자하기 좋은 환경이 발생한다면, 옵션의 보유자는 보유옵션에 대한 행사가격(strike price)만큼 투자함으로써 옵션을 실행할 수 있다.

옵션은 권리의 종류에 따라 콜옵션(Call Option)과 풋옵션(Put Option)으로 구분하며, 권리행사가 가능한 시기에 따라 유럽형 옵션(European Option)과 미국형 옵션(American Option) 옵션으로 구분한다. 콜옵션은 사는 권리이며, 풋옵션은 파는 권리이다. 그리고 유럽형 옵션은 만기일에만 권리를 행사할 수 있는 옵션이며, 미국형 옵션은 만기일 이전에 언제든지 권리를 행사할 수 있는 옵션을 말한다.

옵션의 가치를 설명하는 이론은 연속시간(continuous time)을 따르는 블랙-숄즈(Black-Sholes)모형과 이산시간(discrete time)을 따르는 이항옵션가격결정모형(Binomial Options Pricing Model) 등으로 구분할 수 있다.

블랙-숄즈 모형은 다음과 같이 구할 수 있다(Hull, 1997). 콜옵션 가격식은 아래와 같다.

$$C = S \cdot N(d_1) - \frac{E}{e^{R_f T}} \cdot N(d_2)$$

$$d_1 = \frac{\ln\left(\frac{E}{S}\right) + \left(R_f + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma \cdot \sqrt{T}}$$

$$d_2 = \frac{\ln\left(\frac{S}{E}\right) + \left(R_f + \frac{\sigma^2}{2}\right) T}{\sigma \cdot \sqrt{T}} = d_1 - \sigma \cdot \sqrt{T}$$

C = Price of Call Option, e = Natural Logarithm = 2.71828  
 E = Exercise Price, Rf=Risk Free Rate  
 T = Maturity  
 ln(S/E) = Natural Logarithm of (S/E)  
 $\sigma^2$  = Annual Distribution of Stock Price - Earning Ration  
 N(d) = Cumulative Probability of d(standard normal deviate)

풋옵션 가격의 식은 아래와 같다.

$$P = \frac{E}{e^{R_f T}} \cdot [1 - N(d_2)] - S \cdot [1 - N(d_1)]$$

여기에서 C는 콜옵션의 이론가격을 P는 풋옵션의 이론가격을 나타낸다. N(·)는 표준 정규분포의 누적확률,  $\sigma$ 는 기초자산(S)의 변동성, X는 옵션행사가격, T-t는 잔존일수를 나타낸다. N(d1)는 주가 변화에 대한 콜옵션의 가격 민감도를 나타내며,  $-[1-N(d1)]$ 은 주가 변화에 대한 풋옵션 가격의 민감도를 나타내는 값으로 이해할 수 있다.

이항옵션가격결정모형은 Cox et al. (1979)에 의해서 제시된 모형으로 간단한 수학적 기법으로 설명된다. 이항모선가격결정모형은 다음의 가정에 기초한다. ①기초자산의 미래가격은 이항분포를 따르며, 기초자산의 가격은 매기간 일정률로 상승하거나 하락하며, 상승확률과 하락확률은 일정하다. ②기초자산의 거래시장과 옵션시장은 완전시장(perfect market)<sup>8)</sup>

8) 완전시장이란, 세금 및 거래비용이 없고 자산이 무한히 분할 가능한 시장을 의미한다. 또한 모든 투자자가 가격순용자(price taker)이며 필요한 정보는 누구나 아무런 대가없이 얻을 수 있는 시장이다.

이며, 차익거래(arbitrage transaction)<sup>9)</sup>의 기회가 존재하지 않는다는 가정이다(조동욱과 임종인, 2012).

이항옵션가격결정모형의 가정에 의하면 1기간 동안의 기초자산의 가격은 다음과 같다.

| 현재             | 1기간 후           |         |
|----------------|-----------------|---------|
| S <sub>0</sub> | S <sub>0u</sub> | 확률: q   |
|                | S <sub>0d</sub> | 확률: 1-q |

주: 현재의 편익을 S<sub>0</sub>, 1기간 동안의 (1+S<sub>0</sub>상승률)을 u, (1+S<sub>0</sub>하락률)을 d라 함.

특정자산을 기초자산으로 하고, 만기가 1년, 행사가격이 E인 콜옵션(Call Option)의 가치는 다음과 같이 표현될 수 있다.

| 현재             | 1기간 후                      |
|----------------|----------------------------|
| C <sub>0</sub> | Max[0, S <sub>0u</sub> -E] |
|                | Max[0, S <sub>0d</sub> -E] |

주: 현재의 콜옵션가치를 C<sub>0</sub>, 편익이 상승하면 1기간 후 콜옵션(Cu)의 가치는 Max[0, S<sub>0u</sub>-E]가 되고, 편익이 하락하면 1기간 후 콜옵션(Cd)의 가치는 Max[0, S<sub>0d</sub>-E]가 됨.

위험중립확률(risk-neutral probability) 또는 헷지확률(hedge probability)<sup>10)</sup>은 기초자산의 기대수익률이 무위험 이자율(Rf)과 같아지도록 해주는 기초자산의 상승확률을 의미하는 값이다.<sup>11)</sup> 기초자산의 상승확률(q)과는 다른 값이다. 위험중립확률을 p라고 할 때, 다음 식으로 표현된다.

$$p \cdot u + (1 - p)d = r \rightarrow p = \frac{r - d}{u - d}$$

r은 기초자산의 상승률이며, d는 기초자산의 하락률이다. 콜옵션의 균형가격은 위험중립확률을 자산의 상승확률로 해서 구한 만기일(1기간후)의 콜옵션의 기대가치를 무위험 이자율로 할인한 현재가치가 된다.

9) 차익거래란, 수익과 위험이 동일한 두 자산이 시장에서 서로 다른 가격으로 거래되고 있을 경우, 과대평가된 자산을 매각하고 과소평가된 자산을 매입함으로써 추가자금이나 위험을 전혀 부담하지 않고 두 자산의 가격차이 만큼 이익을 얻는 거래유형을 말한다.

10) 헷지(hedge)란 위험을 감소시키거나 제거하는 효과를 의미하며, 헷지확률(hedge probability)은 위험이 없는 확률이다.

11) 위험중립 세상에서는 모든 금융자산은 무위험이자율과 동일한 기대 수익률을 가진다.

## 라. 실물옵션평가법 적용 연구사례

실물옵션 적용 연구들을 살펴보면, 다음과 같이 다양한 분야에서 적용되고 있다. 조동욱과 임종인(2012)의 연구는 정보보호투자에 대한 투자분석시 실물옵션 평가기법을 활용하는 방법을 적용함으로써, 미래의 불확실성에 보다 유연하고 합리적인 결론을 도출해 낼 수 있다는 것을 보여주었다.<sup>12)</sup> 박정희(2013)의 연구는 무기체계 연구개발 사업에 대한 가치평가에 실물옵션평가기법을 적용함으로써 실물옵션이 무기체계 연구개발 사업에 대한 의사결정에 효과적으로 활용될 수 있음을 보여주었다.<sup>13)</sup> 강동진 등(2012)의 연구는 공공재 성격의 도로사업에 대한 경제성 평가를 수행하였다. 이 연구에서는 공공의 부가가치 및 교통량에 대한 미래 불확실성에 대한 가치를 반영 또는 의사결정에 대한 유연성을 고려하기 위해 실물옵션기법 적용이 제안되었다. 김성민과 권용장(2007)은 운송사업 분야에 실물옵션을 적용하여 고속전철의 투자가치를 분석하였으며, 황두건과 이기환(2007)은 여객부두 건설 투자 평가에 실물옵션을 적용하였다. 이상의 연구들은 미래의 불확실성이 높은 안에 대해 실물옵션을 적용하여 경제성 분석을 수행하고 있다는 공통점을 가지고 있다.

본 연구의 음압격리병실에 대한 설치투자안은 호흡기 감염병이 발생 및 유행하기 전에는 비용만 들어갈 수 있고 호흡기 감염병 발생의 불확실성이 높다. 따라서 음압격리병실 설치 및 운영에 대한 투자안에 대한 경제성분석에 실물옵션평가법을 적용하는 것이 적절하다고 판단된다.

## 3. 음압격리병실 경제성분석

### 가. 경제성분석 방법

#### 1) 분석 관점

본 연구는 의료기관 관점에서 음압격리병실 설치에 대한 경제성분석을 수행하였다.

#### 2) 분석대상 기간·감염병 발생 및 확산(유행) 주기

음압격리병실의 내용연수(service life, useful life)는 20~30년이며, 본 연구에서는 20년을 기본 분석대상 기간으로 설정한다. 분석대상기간이 길어지는 것은 그만큼 불확실성도

12) 정보보호투자는 생산설비처럼 미래의 매출액 증대에 직접적으로 영향을 미치는 투자안이 아니며, 실제로 침해사고가 발생하기 전에는 기업으로서는 불필요한 투자로 의사결정 될 수 있는 개연성이 매우 큰 투자안이다.

13) 무기체계 연구개발사업은 막대한 예산과 장기간의 투자가 필요하고, 기술의 위험이 높고 무기체계 적용의 불확실성을 가지며, 단계적 의사결정이 필요하다는 점에서 실물옵션평가방법이 적합한 것으로 나타났다.

높아진다는 의미와 같으며, 실물옵션의 가치는 분석대상기간이 길어질수록 증가하는 특성을 가진다. 따라서 본 연구에서는 음압격리병실의 내용연수를 최단기간을 설정함으로써 보수적으로 접근하고자 하였다.

감염병 발생 및 확산주기는 최근 신종 감염병 발생주기가 6년임을 고려하여 20년 동안 3회 발생을 기본적용하였으며, 20년 동안 2회 발생, 20년 동안 1회 발생에 대해 단계적으로 민감도분석을 수행하였다.

### 3) 분석대상 기관

「의료법 시행규칙」(시행 2017.2.3.) 제4조제1항에는 300병상 이상인 종합병원은 2018년 12월 31일까지 보건복지부장관이 정하는 기준에 따라 전실 및 음압시설 등을 갖춘 1인 음압격리병실을 1개 이상 설치하되, 300병상을 기준으로 100병상 초과할 때 마다 1개의 음압격리병실을 추가로 설치하여야한다.<sup>14)</sup>

본 연구는 유사한 의료기관을 대상으로 음압격리병실이 설치된 의료기관 그룹과 음압격리병실이 설치되어있지 않은 의료기관 그룹을 구분하여 비교하였다. 본 연구에서는 상급종합병원의 경우 800병상 이상 900병상 미만, 종합병원의 경우 400병상 이상 500병상 미만을 분석대상으로 선정하였다.<sup>15)</sup> 상급종합병원의 경우 800병상 이상 900병상 미만의 기관점유율(32.6%, 14개소)이 가장 높았다. 종합병원의 경우에는 200병상 이상 300병상 미만의 기관점유율(41.9%, 104개소)로 가장 높았으나, 의무설치대상 기본 규모에 포함되지 않아 대상에서 제외하였다. 그리고 음압격리병실 의무설치를 위한 기본 병상규모 중 병상축소로 의무설치대상 기관에서 제외될 수 있음을 고려하여 종합병원 분석대상을 400병상 이상 500병상 미만(6.5%, 16개소)으로 선정하였다.

(표 1) 종별 및 규모별 경제성분석 분석대상 기관수

|     | 상급종합병원<br>800병상 이상 900병상 미만 (A) |              | 종합병원<br>400병상 이상 500병상 미만 (B) |              |
|-----|---------------------------------|--------------|-------------------------------|--------------|
|     | 음압격리병실<br>있음                    | 음압격리병실<br>없음 | 음압격리병실<br>있음                  | 음압격리병실<br>없음 |
| 기관수 | 5개소                             | 9개소          | 6개소                           | 16개소         |

주: 2014년 병상수

14) 다만, 중환자실에 음압격리병실을 설치한 경우에는 입원실에 설치한 것으로 인정하고 있다. 의료법시행규칙 별표4의 2호 카목은 중환자실에는 보건복지부장관이 정하는 기준에 따라 병상 10개당 1개 이상의 격리병실 또는 음압격리병실을 설치하여야하고, 이 때 음압격리병실은 최소 1개 이상 설치하는 것을 명시하고 있다. 중환자실 음압격리병실 설치 기준은 2021년 12월 31일까지 충족해야한다.

15) 「상급종합병원의 지정기준」에는 상급종합병원은 500병상마다 국가지정음압격리병실 수준의 음압격리병실 1개씩을 의무설치하여야한다.



#### 4) 실물옵션의 가치 결정요인<sup>16)</sup>

기초자산의 가격(S)은 음압격리병실의 만기일까지의 총편익으로 적용하였다. 현재의 편익이 높을수록 실물옵션(콜옵션)의 가치가 상승하는데 이는 현재 편익이 높을수록 만기시점의 편익이 투자금보다 높을 확률이 크기 때문이다. 민감도 분석시 편익추정치가 감소하는 것을 고려하였다.

행사가가격(X)은 만기시점까지의 음압격리병실에 대한 설치 및 운영비용 등의 총투자금액이다. 투자금이 낮을수록 실물옵션(콜옵션)의 가치가 상승하는데, 이는 투자금이 낮을수록 만기일까지의 총투자금액보다 만기일까지의 총편익이 높을 확률이 크기 때문이다. 따라서 민감도 분석시 비용추정치가 증가하는 것을 고려하였다.

기초자산의 변동성( $\sigma$ )은 음압격리병실의 총편익의 변동성으로 적용하였다. 편익의 가치 또는 수익률의 분산이 클수록 실물옵션(콜옵션)의 가치는 상승한다. 분산이 크다는 것은 편익의 변동성이 크다는 것으로 수익이 더 커지기 때문이다. 따라서 민감도 분석시 편익의 변동성이 감소하는 것을 고려하였다.

만기(t)는 옵션을 행사하는 시점이며, 경제성분석 평가기간인 음압격리병실 내용연수를 적용하였다. 만기가 길수록 실물옵션(콜옵션)의 가치는 상승하는데, 이는 만기가 길수록 기초자산의 가격 변동 가능성이 커지고 이에 따라 상승 가능성도 커지기 때문이다. 따라서 음압격리병실의 내용연수 20~30년에서 최단기연수를 적용하였다.

무위험이자율(Rf)은 2.5%을 적용하였다. 무위험이자율이 상승하면 만기시점까지의 행사가격(총투자금액)의 현재가치가 감소하여 실질적인 행사가격(총투자금액)의 인하효과를 가져오기 때문에 실물옵션(콜옵션)의 가치가 상승한다. 2017년 현재 시점의 금리상승을 고려해서 민감도 분석시 무위험이자율이 증가하는 것을 고려하였다.

## 나. 비용과 편익

### 1) 비용

본 연구에서는 투자비용으로 음압격리병실 설치비용과 운영비용, 음압격리병실 설치기간 동안의 기회비용을 포함하며, 감염병 유행시 의료인력 추가투입비용을 구분하여 적용하였다.

첫째, 음압격리병실 설치비용은 격리병실, 전실, 화장실을 1세트(set) 및 별도 공간에 공조시설을 설치하는 비용이다.<sup>17)</sup> 둘째, 음압격리병실 운영비용은 음압공조시설 및 냉난방시

16) 실물옵션가치 결정요인의 내용은 콜옵션을 기준으로 기술하였다.

17) 국가지정음압격리병실의 경우 음압격리구역 구성(음압격리구역, 음압격리병실 1인실 설치, 천정(2.4m), 출입구(유효폭 1.2m이상) 적정 치수 확보 등), 기밀(밀폐)구조, 재료, 출입문 및 창문 등에 대한 기준이 공통사항으로 명시되어 있으며, 예 비용 배기팬, 배기구 위치 기준, UPS와 비상발전기 등의 기준과 시설사항(음압격리병실, 내부복도, 폐기물(오물)처리실, 탈의실, 장비보관실, 간호스테이션 등의 개별요소별 세부기준과 기계설비와 전기통신설비 등의 기준이 명시되어 있다.

설 운영에 따른 비용과 필터교체(프리필터 및 헤파필터) 및 청정도 점검 등의 비용과 음압격리 병실 감염관리교육 등 기타 운영비용을 포함하는 비용이다. 셋째, 음압격리병실 설치기간 동안의 비용은 기존의 일반병실을 음압격리병실로 교체할 때 발생하는 기회비용으로 음압 격리병실 설치를 위한 공사기간인 70일을 적용하였다. 넷째, 감염병 유행시 음압격리병실에 의료인력이 추가투입 되는 비용을 포함하였다.<sup>18)</sup>

국가지정음압격리병실은 일반음압격리병실에 비해 공간의 단계 및 시설의 건립조건이 더 엄격하게 적용되기 때문에(질병관리본부, 2011), 시설 설치비가 일반음압격리실에 비해 높게 요구된다.

**(표 2) 음압격리병실 설치비용**

| No | 음압격리병실 총 설치 개수 | 일반음압격리병실 병상당 평균설치비용 | 국가지정음압격리병실 수준 병상당 평균설치비용 |
|----|----------------|---------------------|--------------------------|
| 1  | 1개             | 2억 5천만원             | 3억 1천만원                  |
| 2  | 2개             | 2억 3천만원             |                          |
| 3  | 3~5개           | 2억원                 |                          |
| 4  | 6~9개           | 1억 7천만원             |                          |

- 주: 1) 국가지정음압격리병실의 경우 국가예산결정에 따라 동일하게 지원되는 것으로 가정함.  
 2) 전문가 자문을 통해 조사된 일반음압격리병실 설치비용은, 1개병상 설치시 병상당 평균 2억 2천만원, 2개병상 설치시 병상당 평균 2억원, 3개병상 설치시 병상당 평균 1억 8천만원, 4개병상 설치시 병상당 평균 1억 5천만원 수준이었음.  
 3) 음압격리병실 확충사업 예산사업의 단가와 철거비용을 고려하였음.

**(표 3) 음압격리병실 병상당 운영비용**

| 분류               | 최소기준    | 국가지정음압격리병상수준 |
|------------------|---------|--------------|
| 전기료(공조시설 및 냉·난방) | 600만원   | 2,000만원      |
| 필터교환             | 360만원   | 1,200만원      |
| 기타운영비            | 270만원   | 900만원        |
| 합계               | 1,230만원 | 4,100만원      |

- 주: 1) 국가지정음압격리병실 배당 예산의 30% 수준을 최소기준으로 설정.  
 2) 의료기관 현장방문을 통해 선별적으로 확인한 결과, 상급종합병원임에도 불구하고 실제운영비용이 본 연구에서 정하고 있는 최소 기준보다 낮은 경우도 많았음. 본 연구에서는 음압격리병실 운영에 대한 실무자 인식 차이가 많아 실제 파악된 운영비용보다 높은 국가지정병상운영비용의 30%를 최소기준으로 가정하여 보수적으로 반영함.  
 3) 국가지정 음압격리병실 운영비용은 국가에서 지원됨.

18) 감염병 유행시 의사 및 간호사가 평상시의 2배 증원되는 것을 가정하였으며, 증원기간은 2015년 메르스 유행기간을 고려하여 3개월로 가정하였다. 추정값은 개별의료기관의 입원진료비를 기초로 산출하였다.

**(표 4) 음압격리병실 초기 설치공사에 따른 병상당 기회비용**

| 분류                 | 상급종합병원 800~899병상규모 | 종합병원 400~499병상규모 |
|--------------------|--------------------|------------------|
| 기회비용 <sup>1)</sup> | 1억 640만원           | 2,131만원          |
| 일평균 입원진료비          | 1,520천원            | 304천원            |
| 공사기간               | 70일                | 70일              |

주: 1) 의료기관의 입원진료비 기회비용 = 의료기관 병상가동률 × 의료기관 일평균 병상당 입원진료비 × 공사기간 (70일 가정)

**(표 5) 감염병 유행시 의료인력 병상당 평균 추가 투입 비용 추정값**

| 구분류 | 상급종합병원(800~899병상) | 종합병원(400~499병상) |
|-----|-------------------|-----------------|
| 의사  | 10,185천원          | 6,100천원         |
| 간호사 | 6,366천원           | 3,812천원         |

주: 2014년 기준이며, 2016년 기준으로 조정하여 적용함.

## 2) 편익

본 연구에서는 편익을 음압격리병실 운영에 따른 순편익과 감염병 발생 및 유행시 발생하는 손실비용감소편익을 포함하였다. 순편익은 음압격리병실을 운영하는 것이 일반병실을 운영하는 것보다 편익이 더 클 때 발생하고, 손실비용감소편익은 감염병 발생 및 유행시 음압격리병실 설치 및 운영을 통해서 예방될 수 있는 편익이다.<sup>19)</sup>

본 연구에서는 유사한 특성을 가진 의료기관을 대상으로 음압격리병실 운영여부에 따른 병상운영에 따른 단위병상당 월평균 입원진료비의 차이로부터 음압격리병실 운영에 따른 순편익을 산출하였다.

$$\text{월별 순편익} = \frac{\sum_{i=1}^n NPS_i}{n} - \frac{\sum_{j=1}^m S_j}{m}$$

단,  $NPS_i$  = 음압격리병실이 있는  $i$ 의료기관의 단위병상당 월평균 입원진료비

$S_j$  = 음압격리병실이 없는  $j$ 의료기관의 단위병상당 월평균 입원진료비

$n$  = 음압격리병실이 있는 의료기관 수

$m$  = 음압격리병실이 없는 의료기관 수

19) 본 연구에서는 메르스 유행시 손실금액을 음압격리병실 손실비용감소편익으로 적용하였다. 메르스 유행시 월평균 진료비 대비 상급병원은 2015년 5월 8%감소, 6월 15.5% 감소하였으며, 종합병원은 2015년 5월 1.4%감소, 6월 8.5% 감소하였다.

편익산출을 위한 음압격리병실의 단위병상당 입원진료비 추정은 (표 6)과 같이 추정하였다. 본 연구에서는 단위병상당 입원진료비 추정시, 해당 의료기관별 감염병 발생내용과 병상가동률 등을 반영하였다. 그리고 감염병 환자가 없는 경우(정상시)에는 일반 입원환자의 음압격리병실 입원이 가능한 것으로 가정하였다. 단, 해당의료기관의 전체병상가동률은 초과하지 않는 것으로 보았다.

(표 6) 음압격리병실 단위병상당 입원진료비 추정

| 항목                         | 산식  |
|----------------------------|---|
| 음압격리병실 병상가동률               | 감염병 환자의 월간 총 입원일수 / (음압격리병실 의무설치 개수 × 월 일수)                               |
| 음압격리병실 입원진료비               | 감염병 입원진료비 + 병상가동률 충족 여부 × 비감염병 입원진료비                                      |
| 감염병 입원진료비                  | 감염병 일평균 입원진료비 × 음압격리병실 병상가동률 × 음압격리병실 의무설치 개수 × 월 일수                      |
| 비감염 입원진료비                  | (병원전체 병상가동률-음압격리병실 병상가동률) × 비감염병 일평균 입원진료비 × 음압격리병실 의무설치 개수 × 월 일수        |
| 병상가동률 충족 여부                | if 음압격리병실 병상가동률 ≥ 병원 병상가동률 then 0<br>또는 if 음압격리병실 병상가동률 < 병원 병상가동률 then 1 |
| 의무설치 음압격리병실 1실당(병상당) 입원진료비 | 음압격리병실 입원진료비 / 의무설치 개수  |

### 3) 편익의 변동성 추정

본 연구에서는 실물옵션의 가치추정을 위해서 편익의 월간 수익률과 수익률의 변동성을 추정하여 적용하였다. 편익의 월간 수익률은 다음과 같이 계산할 수 있으며, 일반적으로 과거의 편익변화를 토대로 역사적 변동성을 계산한다.

$$x_{i,t} = \ln \left( \frac{B_{i,t-1} + B_{i,t}}{B_{i,t-1}} \right)$$

단,  $x_{i,t}$  :  $i$  기업의  $t$  시점의 수익률,  $B_{i,t}$  :  $i$  기업의  $t$  시점의 편익

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - m)^2}{n - 1}}$$

단,  $\sigma$ : T시점의 역사적 변동  $n$ : n개월의 자료

$x_i$  :  $i$  시점의 수익률  $m$ : 수익률의 평균

## 4. 분석결과

### 가. 경제성분석 결과

20년 동안 신종 감염병이 3회 발생하고, 무위험이자율 2.5% 및 수가인상을 1.5%를 가정하여 실물옵션평가법으로 음압격리병실 설치에 대한 경제성분석을 수행한 결과, 상급종합병원(800~899병상)과 종합병원(400~499병상) 모두 실물옵션가치를 반영한 순현재가치(NPV)가 0보다 큰 결과를 보여 음압격리병실 설치 투자안에 경제성이 있는 것으로 나타났다.

(표 7) 음압격리병실 설치에 대한 경제성분석 결과

(단위: 백만원)

|                      | 항목                        | 상급종합병원(800~899) | 종합병원(400~499) |
|----------------------|---------------------------|-----------------|---------------|
| 편익                   | 1. 운영편익(순편익)              | 380             | 202           |
|                      | 2. 감염병 확산(유행)시 운영편익       | 1,817           | 446           |
|                      | 소계                        | 2,197           | 648           |
| 비용                   | 1. 설치비용                   | 217             | 230           |
|                      | 2. 설치기회비용(70일 가정)         | 132             | 21            |
|                      | 3. 기본운영비용                 | 683             | 410           |
|                      | 4. 운영비용(순비용)              | -               | -             |
|                      | 5. 감염병 확산(유행)시 의료인력 증원 비용 | 30              | 30            |
|                      | 소계                        | 1,082           | 691           |
| 편익-비용                |                           | 1,115           | -43           |
| 실물옵션가치               |                           | 1,571           | 281           |
| 실물옵션가치 반영 순현재가치(NPV) |                           | 2,686           | 238           |

주: 1) 진료비에 기초한 비용과 편익은 비급여본인부담 부분이 포함되었다. 종합병원급 이상 요양기관 비급여본인 부담은 2014년 기준 전체 19.6%, 입원 19.4%, 외래 19.8%를 적용함(국민건강보험공단, 2015년 진료비 실태조사).

2) 본 분석 대상이 되는 상급종합병원(800~899병상)과 종합병원(400~499병상)에서는 순비용이 아닌 순편익이 산출됨.

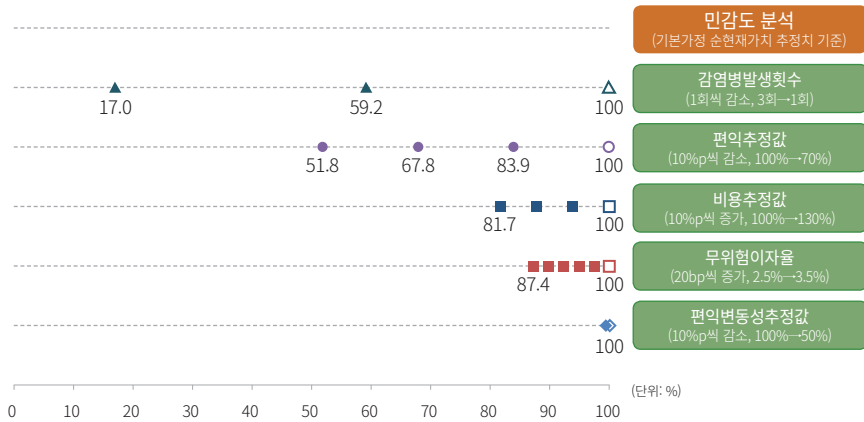
### 나. 민감도분석 결과

본 연구에서 추정된 실물옵션가치가 반영된 순현재가치(NPV)가 기본가정(감염병 발생횟수, 무위험이자율 등) 및 추정치(편익, 비용, 편익변동성 등)의 변동에 따라 달라지는 정도를 분석하였다. 기본가정의 경우, 감염병 횟수가 감소할 때와 무위험이자율이 단계별로 증가하는 경우를 살펴보았으며, 편익추정치는 단계별로 감소시키고, 비용추정치는 단계별로 증가시키고, 편익변동성추정치는 단계별로 감소시켰다. 이러한 민감도분석방향은 추정되는 실물

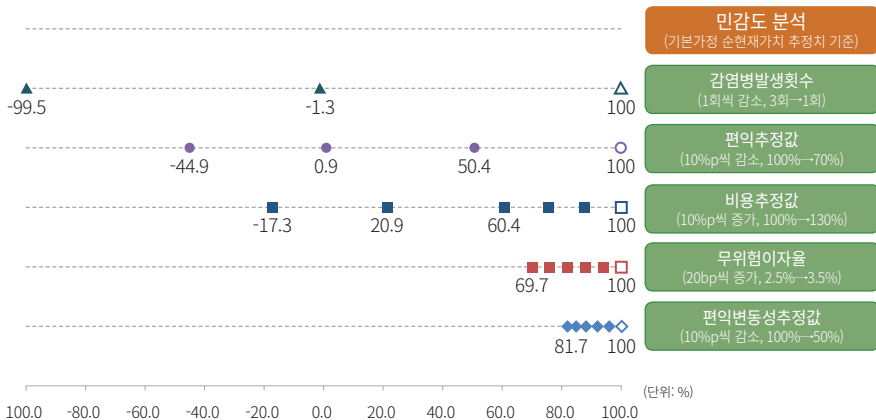
옵션가치가 반영된 순현재가치(NPV)가 감소하는 요인을 살펴보는 것으로 보수적 관점으로 접근하였다.

상급종합병원(800~899병상)과 종합병원(400~499병상) 경제성분석에 대한 민감도분석결과 감염병 발생횟수의 가정이 가장 큰 영향을 미치는 것으로 나타났으며, 그 뒤를 이어 편익추정값, 비용추정값, 무위험이자율이 뒤를 이었다. 편익변동성 추정값은 상대적으로 실물옵션가치가 반영된 순현재가치(NPV)에 미치는 영향이 작았다.

상급종합병원(800~899병상)은 민감도분석 항목별 수준들이 모두 경제성이 있는 범위에 위치하고 있는 것으로 나타났으나, 종합병원(400~499병상)은 민감도 분석 항목의 수준에 따라 경제성이 없는 범위의 값이 관찰되기도 하였다.



[그림 1] 상급종합병원(800~899병상) 음압격리병실 경제성분석에 대한 민감도 분석 결과



[그림 2] 종합병원(400~499병상) 음압격리병실 경제성분석에 대한 민감도 분석 결과

## 5. 나가며

본 연구는 음압격리병실 설치에 대한 경제성분석에 실물옵션을 적용한 연구이다. 음압격리병실 설치 투자안은 투자 초기시점부터 고액의 투자비용 및 기회비용이 발생하는 반면 투자로 인한 편익발생 시기와 규모에 대한 불확실성이 매우 높아서 평가가 어렵다는 특성이 있다. 실물옵션은 미래의 불확실성을 유연하게 반영한다는 장점을 가지고 있다. 이에 본 연구에서는 음압격리병실에 대한 경제성분석의 방법으로 실물옵션을 적용하는 것을 시도하였다.

실물옵션을 적용하여 음압격리병실의 경제성을 분석한 결과, 상급종합병원(800~899병상)과 종합병원(400~499병상)에서 음압격리병실을 설치 및 운영하는 투자안은 경제성이 있는 것으로 나타났다. 또한 병상규모가 커서 더 많은 음압격리병실을 설치해야하는 상급종합병원(800~899병상)이 종합병원(400~499병상)에 비해 더 높은 경제성을 보였다.

본 연구에서 전제하고 있는 기본 가정 및 추정치들에 대한 민감도분석을 실시한 결과, 상급종합병원(800~899병상)은 가정수준의 변화에도 경제성이 존재하였으나, 종합병원(400~499병상)의 경우에는 감염병발생횟수가 감소하거나, 편익추정값이 70%로 줄거나, 비용추정값이 30%증가한 경우에는 경제성이 없을 가능성이 관찰되었다.

종합병원(400~499병상)은 상급종합병원(800~899병상)에 비해 기본적인 단위병상당 입원진료비가 낮은 수준이며(절대적으로 작은 편익), 종합병원(400~499병상)은 설치해야하는 음압격리병실 설치 개수가 단위 설치비용이 감소하는(규모의 경제가 발생하는) 규모에 해당되지 않는다는(높은 단위설치비용) 특성이 있다. 이러한 특성은 실물옵션 가치가 반영된 순현재가치(NPV)가 상급종합병원(800~899병상)이 종합병원(400~499병상)에 비해 11.3배의 차이의 결과로 나타났다. 그러나 메르스 사태 때 규모가 작은 병원에서 병원 전체 폐쇄 및 격리되었던 점을 고려한다면, 종합병원(400~499병상)은 상급종합병원(800~899병상)에 비해 감염병 확산에 따른 병원 전체 폐쇄 및 격리가 요구될 가능성이 높을 수 있다. 본 연구에서는 병원 전체 폐쇄 가능성을 고려하지 않았으며, 이를 고려한다면 종합병원(400~499병상)의 음압격리병실 설치 및 운영에 대한 순현재가치(NPV)가 높아질 수 있다.

음압격리병실의 편익이 가지는 특성은 감염병 발생과 유행이 사전에 예방이 되는 경우에는 가시적으로 측정되기 어려움을 가지고 있다.<sup>20)</sup> 이로 인해 음압격리병실에 대한 편익추정에 대한 한계점은 실물옵션가치평가법을 이용한 본 연구에서도 한계점으로 지적될 수 있다. 그럼에도 불구하고 본 연구에서는 미래의 불확실성에 대한 가치를 평가하여 경제성

20) 본 연구에서는 음압격리병실의 절대부족으로 감염대응실패사례로 평가되는 메르스 사태시 발생했던 의료기관 손실 부분을 향후 감염발생시 음압격리병실 설치 및 운영으로 인해 예방할 수 있는 편익으로 가정하여 평가에 적용하였다.

분석에 반영하는 시도를 했다는 점에서 연구의 의의를 찾을 수 있을 것이다.

본 연구는 음압격리병실 설치에 대한 경제성 분석을 통해 투자의사결정의 어려움을 일부 해소함으로써 의료기관의 감염예방 및 관리 시스템 인프라 구축에 기여할 것으로 예상된다. X

## 참고문헌

- 강동진, 송병록, 노정현. 실물옵션기법을 이용한 도로사업의 경제성 평가. 국토연구. 2012;72권:41-62.
- 김명희, 이기환. 실물옵션을 이용한 항만배후단지의 가치평가: 부산신항 배후단지 사례. 한국항만경제학회지, 2012;28(3): 235-257.
- 김성민, 권용장. 실물옵션을 활용한 G7 한국형고속전철의 다이나믹 가치평가, 한국철도학회논문집. 2007;10(2):137-145.
- 박정희. 실물옵션을 활용한 무기체계 연구개발 사업가치평가 방안 연구(이항옵션가격결정모형을 중심으로). 광운대학교 박사학위논문. 2013.
- 성민기. MERS로 보는 병원의 공조방식과 감염제어. 대한설비공학회 설비저널. 2015;44(8):58-64.
- 신민철. 메르스 감사를 통해 본 국가방역체계. 감사원. 감사. 2016;130:34-39.
- 이병희, 윤진하, 윤충식, 이기영, 민경복, 여명석 등. 공기감염균 확산 방지를 위한 국내·외 음압격리병실 시설 기준 비교분석. 한국건축친환경설비학회. 2017;11(2):1-13.
- 조동욱, 임종인. 정보보호투자자와 실물옵션. 정보처리학회논문지/컴퓨터 및 통신 시스템. 2012;1(3):229-242.
- 질병관리본부. 국내외 메르스 발생동향(18년 11호). 질병관리본부. 2018.
- 질병관리본부. 질병정보. <http://cdc.go.kr>
- 질병관리본부. 2017메르스(MERS) 대응 지침. 질병관리본부. 2017.
- 천병철. 신종인플루엔자 H1N1 대유행의 역학, 가정의학회지. 2009;30(11):125-133.
- 황두건, 이기환. 실물옵션과 항만개발의 경제성평가. 해운물류연구. 2007;55(0):43-68.
- Cox, J.C., Ross, S. A.; Rubinstein, M.. Option pricing: A simplified approach. Journal of Financial Economics. 1979;7(3):229-263.
- Galvis, F. and Bravo, O.. Dynamic Decision Trees as an Alternative for Real Options Valuation. SPE Annual Technical Conference and Exhibition. 2008.
- Hull. John C.. Options, Futures, and Other Derivatives. Prentice Hall. 1997.
- Myers, S. C. . Determinants of corporate borrowing. Journal of Financial Economics. 1977; 5:147-175.