

사망위험감소 및 암 발생확률감소가치의 추정[†]

전호철*

요약 : 본 연구는 양분선택형 조건부가치측정 방법을 활용하여 사망위험감소가치(Value of a Statistical Life, VSL)와 암 발생위험감소가치(Value per Statistical Case, VSCC)를 추정하였다. 선행연구에서 사망위험확률을 직접적으로 제시하였던 방법과 달리 사망위험을 암 발생위험확률과 암 발생 시 사망확률, 즉 조건부 확률 형태로 선택 대안을 구성하였다. 또한 사망 및 암 발생위험감소에 대한 지불의사액에 영향을 미칠 수 있는 변수 중 암 발생 시 동반되는 일상생활에 대한 영향과 고통 및 통증 수준을 속성으로 추가하여 분석하였다. 추정결과 사망위험감소가치는 약 9.52억 원에서 33.59억 원, 암 발생확률감소가치는 약 0.42억 원에서 약 2.72억 원으로 추정되었다. 사망위험감소가 암 발생확률의 감소에 의한 것인지 암 발생 시 사망확률의 감소로 인한 것인지에 따라 사망위험감소가치가 크게 차이가 발생하는 것으로 나타났다. 또한 암 발생 시 나타나는 일상생활에 대한 영향이나 고통 및 통증은 설문응답자의 지불의사액(WTP)에 영향이 있기는 하나 일관된 경향을 나타내지는 않았다.

주제어 : 사망위험감소가치, 암 발생위험감소가치, 조건부가치추정법

JEL 분류 : I1, J1, Q5

접수일(2023년 1월 4일), 수정일(2023년 2월 6일), 게재확정일(2023년 3월 7일)

[†] 본 논문은 한국환경연구원 연구과제(환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구)의 주요 결과를 수정·보완하여 작성하였으며 충남대학교(교육·연구 및 학생지도비)에 의해 지원되었음을 밝힌다.

* 충남대학교 경제학과 조교수, 교신저자(e-mail: hcjeon@cnu.ac.kr)

Valuing Reduction of Mortality and Cancer Risks from a Contingent Valuation

Hocheol Jeon*

ABSTRACT : This study employs the dichotomous choice contingent valuation method to estimate the Value of a Statistical Life (VSL) and the Value per Statistical Case (VSCC) of cancer risk. In contrast to the previous studies, which presented the mortality risk probability directly, the study uses conditional probability, which combines the chance of getting cancer and dying from it. In addition, the study examines the impact of variables that may affect willingness to pay for reducing the risk of death from cancer and getting cancer, such as the impact on daily life and pain levels associated with cancer. The results indicate that the estimated cancer VSL ranges from approximately 952 million won to 3.359 billion won, while the VSCC is estimated to be between about 0.42 billion won and 2.72 billion won. The study finds a significant difference in the VSL depending on whether the reduction in mortality risk is from a decrease in the chance of getting cancer or a decrease in the chance of dying from cancer. However, the effect of impacts on daily activities and pain on willingness to pay is inconclusive.

Keywords : Value of a Statistical Life, Value per Statistical Case, Contingent Valuation

Received: January 4, 2023. Revised: February 6, 2023. Accepted: March 7, 2023.

* Assistant Professor, Department of Economics, Chungnam National University, Corresponding author (e-mail: hcjeon@cnu.ac.kr)

1. 서론

대기오염은 인간의 건강뿐만 아니라 농작물의 수확량, 건축물의 부식, 여가활동, 가시거리, 노동생산성, 생태계 전반에 피해를 유발한다. 대기오염으로부터 발생하는 피해를 줄이고 후생을 증진하기 위해서는 다양한 정책적인 노력이 필요하다. 하지만 모든 공공 정책은 시행 전 시행의 정당성, 즉 해당 정책을 시행하는 데 필요한 비용과 정책 시행에 따른 편익을 비교하여 비용 대비 편익의 수준이 크다는 것이 입증되어야 한다. 하지만 앞서 언급하였듯이 대기오염으로 인한 피해, 다시 말해 대기오염 감축 정책에 따른 편익은 다양한 수용체에서 각기 다른 형태로 나타난다는 점에서 비용과 편익을 직접적으로 비교할 수가 없다. 따라서 비용과 편익을 직접 비교하기 위해서는 정책으로 인한 편익 역시 화폐 가치화되어야 한다. 이를 통해 단일화된 단위로 비용과 편익을 비교할 수 있을뿐더러 편익 간에도 비교가 가능해진다(Muller and Mendelsohn, 2007).

대기오염 감축 정책의 다양한 편익 중 가장 큰 부분은 단연 인간의 건강 부문이다.¹⁾ 따라서 대기오염 감축 정책의 편익 분석에 있어 건강 편익의 화폐적 가치 척도의 올바른 설정과 실증적 추정은 환경정책 수립과 시행에 있어 매우 중요한 의미를 가진다. 대기오염으로 인한 건강 피해는 크게 질병(morbidity)의 발생과 사망(mortality) 위험의 증가로 구분할 수 있다. 대기오염의 개선으로 인한 사망위험의 감소에 대한 가치 척도로는 사망 위험감소가치(Value of a Statistical Life, VSL)²⁾가 가장 널리 활용되고 있다. 사망위험 감소의 가치는 사회 혹은 국가의 구성원이 평가하는 사망위험 회피에 대한 주관적인 화폐적 가치의 평균값으로 설명될 수 있다. 다시 말해 사회나 국가를 구성하고 있는 구성원들이 사망위험감소를 위해 지불할 의향이 있는 화폐적 가치의 수준으로 이해할 수 있다. 환경정책의 편익을 사망위험감소가치(VSL)와 같은 척도로 평가한다는 것은 해당 사회나 국가의 구성원들이 평가하는 주관적인 기준을 최대한 객관화하여 정책의 시행으로 발생하게 되는 편익의 크기를 평가한다는 것을 의미한다.

1) Muller et al.(2011)에 따르면 미국의 석탄화력발전소에 따른 외부비용 중 인간의 사망과 건강피해가 약 98% 차지하는 것으로 추정되었다.

2) 통계적 생명가치(Value of Statistical Life, VSL)라는 용어가 가장 널리 사용되나 용어가 주는 잘못된 의미 전달로 인하여 최근 OECD 등을 비롯한 유럽국가의 연구들에서는 Value of Prevented Fatality(VPF)라는 용어를 사용하기도 한다. 이에 따라 국내에서도 김현노 외(2019)에서 사망위험감소가치를 대안으로 제시하였다.

사망위험감소가치를 추정하는 방법에는 사용되는 자료의 특성에 따라 현시선호방법(revealed preference approach)과 진술선호방법(stated-preference approach)으로 구분할 수 있다. 현시선호방법의 가장 대표적인 예는 직종에 따른 차별적인 위험 수준과 이에 대한 임금 프리미엄 사이의 상충관계(trade-off)를 통해 사망위험감소가치를 추정하는 헤도닉 임금모형(hedonic wage model)이 있다. 헤도닉 임금모형에 사용되는 직종별 위험 수준과 임금은 실제 자료를 이용하게 된다. 이에 반해 가상적인 상황을 설문자에게 제시하여 추정하는 진술선호방법에는 가상가치법(Contingent Valuation Method, CVM)과 선택실험법(Choice Experiment, CE)이 있다. 현실에서 실현된 사망위험에 대한 임금 프리미엄을 이용한다는 점에서 현시선호방법인 헤도닉 임금모형이 더 실제 현상을 잘 반영하고 있다는 장점이 있지만 직종에 따른 위험의 유형 및 대상 인구가 제한적이라는 한계가 존재한다. 또한 실제 위험수준이 높은 직종과 낮은 직종 간의 노동시장은 분리되어 있어 위험에 따른 임금프리미엄이 제대로 반영되지 못한 경우가 있어 사망위험감소 가치가 과소추정되기도 한다. 이러한 이유로 인하여 최근에 사망위험감소가치의 추정은 진술선호방법을 통한 방법이 더 널리 사용되고 있다(Cropper et al., 2011). 진술선호 방법은 다양한 형태의 위험과 상황에 대한 설정을 통해 연구자나 정책결정자가 관심을 가지는 결과를 도출할 수 있다는 장점이 있다. 다만 실제 현실에서 나타나는 결정을 통해 도출된 값이 아닌 연구자가 설정한 가상의 상황에서 수집되는 선택의 결과를 통해 추정된다는 점에서 발생하는 가상편의(hypothetical bias)의 근본적인 문제가 있다. 더불어 설문문의 문항, 응답자의 특성 및 설문의 방법에 따라라도 결과의 편차가 매우 클 가능성이 존재한다. 예를 들어 Banzhaf(2022)는 미국을 대상으로 수행된 사망위험감소가치 추정 연구를 검토한 결과 사망위험감소가치의 범위가 0.61~13.42 백만 달러로 매우 큰 범위를 가지고 있는 것으로 보고하였다. 따라서 국가의 환경정책의 편익을 분석하는 데 있어 독립적인 하나의 연구 결과를 활용하는 것은 권장되지 않는다. 국내는 물론 국외에서는 기존의 선행연구를 바탕으로 실시된 메타분석 연구를 통해 평균적인 사망위험감소가치를 추정하여 정책분석에 활용한다(OECD, 2012). 국내에서도 안소은 외(2018)에서 국내에서 진행된 선행연구의 결과를 바탕으로 메타분석을 통해 사망위험감소가치를 추정하였다. 다만 국내에서 진행된 선행연구는 특정한 정책적 상황, 예를 들어 대기오염감소 정책에 대한 사망위험감소가치 추정에 치중되어 있다. 또한 방법론적으로도 진술선호

방법 중 조건부가치평가방법(CVM)의 전형적인 형태로 진행된 결과가 대부분이다(전호철, 2020). 이러한 점들을 고려할 때 환경정책의 건강 편익의 산정을 위해서는 다양한 방법론에 기반한 사망위험감소가치 추정을 위한 개별 연구의 축적이 선행되어야 한다. 본 연구는 이러한 연구의 필요성에 바탕을 두고 있다. 또한 기존의 사망위험감소가치에 대한 연구에서는 사망확률의 변화만을 직접적으로 제시한 반면 본 연구에서는 대기오염으로 인해 나타나는 질병 중 가장 대표적인 암 발생확률과 암 발생 시 사망확률, 즉 조건부 확률로 구분하여 제시하였다. 이는 현실적인 측면에서는 그간 암 치료에 대한 의학적 발전으로 인하여 암이 사망을 의미하지 않는다는 인식을 반영한 것임과 동시에 암으로 인하여 사망에 이르지 않는 경우에도 치료과정에서 환자가 가지는 고통 등으로 인한 후생 손실이 있다는 점을 고려한 연구 설정이다. 이와 같은 접근 방식은 사망위험감소가치 뿐만 아니라 암 발생감소가치를 추정할 수 있게 하는 장점이 있다. 더불어 설문응답자가 암 발생에 따른 조건부 사망확률과 암 발생확률과 조건부 확률의 곱으로 나타나는 무조건부 사망감소확률에 대한 가치평가 구분하여 평가하는지에 대한 검증도 가능하게 해주는 장점이 있다.

본 연구에서는 진술선호방법 중 조건부가치평가방법의 하나인 단일경계 양분선택형(single-bounded dichotomous-choice) 설문 방법을 활용하였다. 하지만 기존의 단일경계 양분선택형 설문과 달리 선택실험법과 유사한 형태로 제시하였다. 즉, 각 현재 상태와 함께 암으로 인한 사망률이 개선된 대안을 제시하되 사망위험과 함께 암 발생 시 나타나는 증상 및 고통 등을 속성의 형태로 함께 제시하였다.

본 논문이 기존 문헌과의 또 다른 차이점은 사망위험감소가치를 추정한 선행연구들이 사망위험의 감소를 직접적으로 제시하였던 것과는 달리 Alberini and Ščasný(2018)이 제안한 단계적 접근법을 채택하였다. 암으로 인한 사망위험을 암 발생확률과 암 발생 시 사망확률, 즉 조건부 확률로 구분하여 각각의 속성으로 제시하였다. 따라서 기존 연구들에서 제시한 무조건부 사망확률은 본 연구의 암 발생확률과 암 발생 시 사망확률의 곱으로 나타나게 되는 것이다. 암으로 인해 사망에 이르지 않는 경우에도 투병이나 치료 과정에서 오는 후생 손실에 대한 화폐적 가치를 나타낼 수 있는 지표를 추정할 수 있다는 장점이 존재한다.

총 3,022명을 대상으로 조사하여 실증분석한 결과 사망위험감소가치는 약 9.52억 원

에서 33.59억 원으로 추정되었다. 더불어 암 발생확률감소가치는 약 0.42억 원에서 약 2.72억 원으로 분석되었다. 분석결과 분석에 포함되는 대상이나 모형의 설정에 따라 추정치에 큰 차이가 발생하였다. 이는 대기오염 정책의 편익을 평가하는 수단으로 사용되는 사망위험감소가치의 속성을 나타내 주는 것으로 평가된다. 다시 말해 사망위험감소가치는 연구의 대상 및 방법에 따라 추정치의 범위가 매우 넓을 수 있다는 것이다. 이러한 결과는 선행연구들의 결과와도 일치한다. 따라서 현실의 정책을 분석 시 사용할 추정치는 다양한 연구 결과의 종합, 즉 메타분석과 같은 방법을 통해서 도출되어야 한다. 하지만 메타분석은 개별 선행연구의 결과가 충분할 때 강건성이 확보된 추정치를 산정할 수 있다. 이러한 점을 고려할 때 사망위험감소가치를 비롯한 건강 편익에 사용되는 가치 척도 수단에 대한 다양한 개별 국내 연구가 선행될 필요가 있다.

본 논문에서는 위험에 대한 요소, 즉 암 발생확률과 암 발생 시 사망확률과 더불어 암 발생한 경우의 생활에 대한 영향과 통증의 정도를 선택의 속성으로 추가하여 분석하였다. 최근 연구결과에 따르면 단순한 사망위험뿐만 아니라 암 발생에 따른 영향 역시 사망위험감소가치에 영향을 미친다는 가설을 검증할 수 있다는 장점이 있다(Cameron and DeShazo, 2013). 본 연구의 추정 결과 생활에서의 불편함과 통증에 따라 다소 차이가 나는 추정결과가 도출하였지만 불편함의 정도와 통증의 정도에 비례하는 형태로 나타나지는 않았다. 따라서 환경정책의 편익을 산정함에 있어 질병에 따라 발생하는 생활에 대한 영향이나 불편함, 통증 등에 대해 별도의 고려를 하는 것이 비용-편익 분석의 측면에서는 반드시 필요한 사항이 아님을 말해준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II 장에서는 사망위험감소가치를 추정하기 위해 실시된 설문조사의 설계 및 특성을 살펴보았다. 제 III 장에서는 이론적 배경과 추정 모형에 대해 소개하였으며, 제 IV 장에서는 모형의 추정결과를 제시하였다. 마지막으로 제 V 장에서는 결론 및 시사점을 도출하였다.

II. 설문 설계 및 특성

본 연구에서 실시된 양분선택형 설문조사는 설문조사 전문업체에서 보유한 온라인 패널 약 55만 명을 대상으로 휴대전화 문자와 이메일을 통해 조사의 웹페이지 링크를 받

송하여 설문 응답자를 모집하였다. 모집단은 만 19세 이상의 성인남녀를 대상으로 지역별, 성별, 연령별 기준 비례할당추출을 적용하여 표본을 추출하였다. 총 9,422명을 대상으로 조사를 요청하였으며 조사에 참여한 인원 3,429명 중 완전히 조사를 완료한 3,022명을 최종 표본으로 선정하였다.

사망위험감소가치를 추정하기 위한 국내 연구에서 시행된 진술선호방법, 특히 조건부가치측정법(CVM)은 대기오염, 교통사고 혹은 화학물질사고를 줄이는 정책을 통해 달성할 수 있는 특정한 수준의 사망위험의 감소를 제시한 후 이에 대한 지불의사액(willingness to pay, WTP)에 대해 질문하는 방식을 활용하였다. 다시 말해 특정 정책을 고려하여 사망위험감소가치를 추정하였다. 반면 본 연구에서는 일반적인 사망원인의 하나인 암으로 인한 사망위험만을 제시하였다. 대기오염으로 인한 피해가 호흡기 및 암 발생으로 인한 조기사망으로 나타나고 이를 분석하는 영향경로분석의 화폐가치화 단계에서 가장 일반적으로 사망위험감소가치가 사용되기 때문이다(전호철, 2020).³⁾ 다만 본 연구에서는 구체적인 암의 종류를 제시하지는 않았다. 비록 질병의 종류에 따라 사람들이 평가하는 위험감소를 위한 지불의사액이 다르다는 연구 결과가 있지만 본 연구에서는 다양한 형태로 활용될 수 있는 사망위험감소가치의 추정에 집중하였다.⁴⁾ 더불어 구체적인 암 종류를 제시하는 것은 설문자의 경험, 즉 가족이나 자신에게 있어 발생하였던 경험이 반영될 우려가 있기 때문이다. 다시 말해 이러한 개인의 경험은 해당 암에 대한 프리미엄을 높일 우려가 있는 반면 우리는 설문조사를 통해 개인의 이력에 대한 구체적인 정보가 없어 이를 통제할 수 없기 때문이다.

본 연구에서는 Alberini and Ščasný(2018)에서 활용되었던 단일경계 양분선택형(single-bounded dichotomous-choice)을 채택하였다. 기존 문헌에서 활용된 단일경계 양분선택형이 개별 설문응답자에게 한 번의 선택의 기회를 제공하여 정보를 수집하는 방법과 달리 선택실험법에서와 유사하게 속성의 수준을 달리하며 총 7번의 반복 질문을

3) 대기오염의 영향경로분석(impact pathway analysis)은 특정 정책의 효과는 배출량 산정 단계에서 고려되는 반면 화폐 가치화 단계의 척도는 이와 별도로 산정되게 된다.

4) 질병의 종류에 따라 지불의사액이 차이를 보이는 가장 대표적인 예는 암 프리미엄(cancer premium)이다. 하지만 암 프리미엄에 대한 연구 결과는 다양하다. 예를 들어 Hammitt and Liu(2004)와 Van Houtven et al.(2008)는 사망위험감소가치에 대한 암 프리미엄이 상당한 수준으로 존재한다는 결과를 보였다. 반면 Hammitt and Haninger(2010)와 Adamowicz et al.(2011)는 암과 다른 질병, 교통사고에서의 사망감소가치를 추정한 결과 차이가 없다는 결과를 발견하였다.

통해 설문자로 하여금 보다 많은 정보를 획득하여 추정의 효율성을 높였다.

본 연구가 기존 문헌과 비교하여 가지는 마지막 차별점은 사망위험감소 확률이 직접적으로 제시된 반면 본 연구에서는 암으로 인한 사망위험을 암 발생확률과 암 발생 시 사망에 이르게 될 조건부 확률의 곱으로 나타내었다는 점이다. 이러한 구조는 의학의 발달로 인하여 암 발생 시 5년 생존률이 2018년 기준 약 70.3%에 이르고 있어, 구분할 필요가 있기 때문이다.⁵⁾ 더불어 이러한 형태의 표현은 의학 및 공공 보건 분야의 전문가들이 일반적으로 암에 대해서 받아들이는 방식이기 때문이다(Alberini and Ščasný, 2018). 암 발생확률과 암 발생에 따른 사망확률과 더불어 암 발생 시 환자가 느끼게 될 고통과 삶의 질에 대한 영향의 정도 역시 속성으로 함께 제시하였다. 이는 암으로 인한 사망위험감소에 대한 응답자의 지불의사액의 현실성을 높이는 효과를 기대할 수 있다.

응답자별로 총 7개로 구성된 양분선택형 설문을 실시하였다. 설문 속성으로는 암 발생확률과 5년간 생존률, 연간 추가지불비용과 함께 일상생활에 대한 영향, 고통 및 통증의 정도를 포함하였으며 이에 대한 수준은 <표 1>과 같다.

가장 중요한 속성인 암 발생확률과 5년간 생존률은 현재 수준을 감안하여 선택하였으며 일상생활의 영향, 고통 및 통증의 정도 및 추가 비용은 선행연구를 검토하여 결정하였다.

<표 1> 양분선택형 질문의 속성과 수준

속성	수준
향후 5년간 암 발생확률	1,000명 중 23명, 21명, 18명
(암 발생 시) 5년간 생존률	60%, 65%, 70%, 80%
(암 발생 시) 일상생활의 영향	절반 이상의 침대에서 생활하여야 함 모든 육체노동/운동 불가능 힘든 육체노동/운동 불가능 모든 일상생활 가능
(암 발생 시) 고통 및 통증의 정도	중간 이상의 통증(10단계 중 6 정도) 가벼운 통증(10단계 중 3 정도)
연간 추가지불비용 (5년간 총 지출비용)	연간 110만 원(5년간 550만 원) 연간 225만 원(5년간 1,125만 원) 연간 370만 원(5년간 1,850만 원) 연간 540만 원(5년간 2,700만 원)

5) 보건복지부 「암등록통계」

본 연구에서 활용된 단일경계 양분선택형 설문은 기존의 전형적인 형태의 조건부 가치추정법과 달리 오히려 선택실험법과 유사한 형태로 현재의 상태의 암 발생확률, 생존률 및 비용과 함께 대안의 각 속성의 수준을 함께 나란히 보여주고 현재 혹은 대안을 선택하는 방법으로 설문을 진행하였다.

실험디자인에 있어서 본 연구는 개인별로 총 7번의 선택 기회를 부여하는 것으로 결정하였다. 이는 본 설문에서 조건부 가치추정에 관한 문항뿐만 아니라 다른 일반적인 문항에도 답변해야 하는 설문자의 응답에 있어서의 피로 및 시간 등을 고려해서 결정하였다.⁶⁾ 선택실험법에서 활용되는 개인당 질문 수와 비교하여 적은 선택 기회에 따른 정보 획득이 부족할 수 있음을 고려하여 설문을 총 6개의 블록으로 구분하여 다른 설문 문항으로 구성하였으며 총 응답자 3,022명은 임의로 각 블록에 배정되었다.⁷⁾ 설문 문항 구성에 있어서는 <표 1>에 주어진 총 3가지의 속성과 속성별 수준을 이용하여 설문지를 설계하였다. 설문 설계는 전문 소프트웨어(NGene Software)를 이용하여 분산-공분산 행렬을 최적화하는 D-Efficient 베이지안 방법을 적용하였다. 이를 적용하기 위해서는 Prior 값이 필요한데, 이는 Alberini and Ščasný(2018)에서 추정된 계수 값을 활용하였다.

선택지 구성은 현재, 즉 베이스라인과 위험확률의 감소와 함께 연간 추가 지출비용이 증가하는 대안으로 구성하였다. 모든 설문자가 7번의 선택기회에서 보게 되는 베이스라인의 5년간 암 발생확률 및 5년간 생존률은 23명/1,000명과 60%로 고정하였다. 해당 수치는 통계청 사망원인통계 및 보건복지부 암등록통계를 활용하여 베이스라인의 암으로 인한 사망률과 암 발생률을 결정하였다. 대안에서 제시된 암 발생확률과 생존률은 베이스라인을 기준으로 가상적으로 개선되는 것으로 설계하였다. ‘일상생활에 있어서의 영향’과 ‘고통 및 통증의 정도’의 수준은 각각 4단계와 2단계로 구성하였다. 다만 실제로는 보다 더 다양한 수준이 존재하지만 속성의 수준의 개수에 따라 필요한 관측 수가 급격히 늘어난다는 점을 고려하여 2개의 수준만 고려하였다. 더불어 많은 경우 고통 및 통증에 대한 충분한 경험이 없어 이를 세부적으로 구분하기 어렵다는 점에서 중간 이상 및 가변

6) 본 연구의 설문은 일반적인 선택실험법에 비해서는 간소한 형태를 가지고 있어 실험의 개수에 따른 피로도 가 높지 않을 것으로 판단되어 보다 많은 실험이 더 높은 효율성을 줄 수 있다. 하지만 실험의 개수를 정함에 있어 전체 설문에서 응답자가 가지게 될 피로감 혹은 응답자 스스로 설문을 단순화해서 생각하는 경향 예방 등을 고려해야 한다(Johnston et al., 2017).

7) 본 조사는 온라인 설문으로 진행되어 설문조사 웹페이지 접속하는 순서대로 1에서 6 블록까지 순서대로 배정하여 각 블록별 총 응답인원이 각각 504, 502, 506, 503, 504, 503명으로 유사한 수준으로 집계되었다.

은 통증만을 수준으로 설정하였다. 각 속성에 대해서는 실험 전 정보제공 단계에서 충분히 설명하였다.⁸⁾ 설문자의 총 7번의 가치평가 선택에서는 ‘일상생활에 있어서의 영향’과 ‘고통 및 통증의 정도’의 수준을 다르게 제시하였지만 각 선택의 기회에서 현재와 대안에서는 동일한 수준으로 유지하였다.

모든 사전 정보를 숙지한 후 설문 응답자는 <그림 1>에서 제시된 예시와 같은 현재와 대안을 제시받고 선택하게 된다.

<그림 1> 선택화면 예시

E-1 아래 대안 중 가장 선호하는 것을 골라주세요.

※ 제시된 비용 및 암발생률, 암으로 인한 사망확률, 일상생활의 영향, 고통·통증 정도에 대한 대안들은 선생님의 의사결정을 돕기 위해 가상적으로 설정된 것입니다.

	<input type="radio"/> 현재	<input type="radio"/> 대안(A) (위험확률감소)
5년간 암발생확률	1000명 중 23명	1000명 중 21명
(암발생후) 5년간 생존율	60 %	65 %
(암발생시) 일상생활의 영향	절반 이상을 침대에서 생활하여야 함	절반 이상을 침대에서 생활하여야 함
(암발생시) 고통·통증 정도	중간이상의 통증(10단계 중 6정도)	중간이상의 통증(10단계 중 6정도)
연간 추가지출비용 (5년간 총 지출비용)	연 15만원 (5년간 75만원)	연 30만원 (5년간 150만원)

해당 문항에 답변한 후에는 앞 문항으로 되돌아 갈 수 없으니 신중히 생각하고 답변해주세요.

앞서 언급한 바와 같이 현재 상태와 대안이 제시되었고 5년간의 암 발생확률 및 암 발생 시 5년간 생존율에서 차이가 난다. 즉, 대안에서는 현재보다 낮은 암 발생확률과 높은

8) <부록 그림 1>은 설문 응답자가 암으로 인한 사망 확률의 변화와 이에 대한 지불의사액에 대한 선택실험 전 현재 기준의 한국인의 기대 수명과 암 발생 현황에 대한 기본적인 설명을 제시하여 충분한 시간 동안 관련 사항을 숙지하도록 설계하였다. 또한 선택 속성 중 암 발생에 따른 고통과 영향이 반영되었다는 점을 감안하여 관련 사항을 제시하였으며 더불어 암 발생률 감소, 암으로 인한 사망위험감소 등을 위해서는 추가적인 비용이 필요하다는 점을 안내하였다.

생존율을 가지며 높은 추가 비용이 수반된다. 하지만 일상생활에 영향과 고통/통증 정도는 현재와 대안에서 동일하게 제시되었다. 반면 각 선택 기회별로는 다른 수준을 제시하여 일상생활에 대한 영향 및 고통/통증 정도가 사망위험감소가치 및 암 발생 감소가치에 미치는 영향을 분석하였다.

〈표 2〉 설문조사 요약통계량

구분	전체표본		40세 미만		40세 이상	
	평균	표준편차	평균	표준편차	평균	표준편차
나이	44.6	13.5	29.9	5.9	53.4	8.0
여성	49.5%	-	48.90%	-	49.90%	-
기혼	62.8%	-	29.00%	-	83.10%	-
소득(만 원)	474	287.3	437.7	276	495.3	291.8
대졸	66.8%	-	75.20%	-	61.70%	-
암 발생(본인)	4.8%	-	1.94%	-	6.52%	-
암 발생(가족)	35.3%	-	24.16%	-	24.38%	-
건강검진	66.9%	-	35.10%	-	86.07%	-
표본수(명)	3,022		1,134		1,888	

<표2>는 요약 통계량을 나타내고 있다. 실증 모형 분석 시 나이에 따른 지불의사액을 확인하기 위해 표본을 40대 이상과 미만으로 구분하여 추정하였다. 이를 반영하여 요약 통계량 역시 나이대를 구분하여 살펴보았다. 나이에 따라 가장 크게 차이를 보이는 변수는 소득과 학력과 함께 본인의 암 발생 경험과 건강검진 여부이다. 40세 미만의 표본에서 본인이 암 발생을 경험한 경우는 1.94%에 불과하였으나 40세 이상에서는 6.52%로 약 3.4배에 이른다. 또한 건강검진 여부 역시 40세 이상의 경우 약 86%에 이르지만 40세 미만은 약 35.%에 불과하다.⁹⁾ 다만 가족 중 암 발생 경험 여부는 40세 미만과 40세 이상에서 큰 차이를 보이고 있지 않다.

9) 직업을 가진 비율이 높은 40대 이상의 경우 직장 및 건강보험공단의 의무 검진 등으로 인한 결과로 해석된다.

III. 이론적 배경 및 추정 방법

본 연구에서는 암으로 인한 사망위험감소가치(VSL)뿐만 아니라 암 발생위험감소가치(Value per Statistical Case, VSCC)를 함께 추정하게 된다. 따라서 사망위험감소가치와 암 발생위험감소가치 간의 관계를 이론적으로 먼저 살펴볼 필요가 있다.¹⁰⁾

사망위험감소가치만을 대상으로 추정하는 연구에서는 사망위험을 하나의 확률로 제시하게 되는데 반해 본 연구에서는 암 발생확률(r)과 암 발생 시 사망확률, 즉 암 발생 조건부 사망확률(p)로 구분하였다. 따라서 암으로 인한 비 조건부 사망확률은 두 확률의 곱($m = r \cdot p$)로 표현된다. 사망위험감소가치는 상태 의존적(state-dependent) 효용함수를 가정할 수 있다(전호철, 2020). 다시 말해 생존확률과 그에 따른 효용과 사망 시 받게 되는 효용으로 구분되어 표현될 수 있다. 본 연구에서는 생존과 사망 상태만을 가정하는 효용함수에서 암이 발생하여 생존하는 상태도 함께 고려하는 기대효용함수를 다음과 같이 설정하였다.¹¹⁾

$$EU = (1 - r)U(w) + r(1 - p)(1 - h)U(w) \quad (1)$$

위 식에서 $U(\cdot)$ 는 건강한 상태에서의 효용 수준을 나타내는 효용함수, w 는 소득을 나타낸다. $h(0 < h < 1)$ 는 암이 발생했거나 혹은 현재 암에 걸린 상태일 때 감소되는 효용을 반영하는 계수이다. 따라서 첫 번째 항은 암이 발생하지 않은 건강한 상태에서 받게 되는 효용을 나타내며 두 번째 항은 암이 발생하였으나 생존하는 경우의 효용을 나타내고 있다. 따라서 기대효용함수는 암이 발생하지 않고 생존하는 경우의 효용과 암이 발생하였으나 생존하는 경우의 효용을 암 발생확률로 가중합한 것으로 정의할 수 있다.

암 발생위험감소가치(VSCC)를 암이 발생하는 위험을 매우 작은 수준 감소시키기 위해 지불하고자 하는 금액이라 정의할 수 있고 이는 위의 식 (1)을 전미분해서 다음과 같이 도출할 수 있다.

10) 이론적 배경은 Alberini and Ščasný(2018)을 참고하여 정리하였다.

11) 일반적인 경우 사망상태에서도 효용이 있는 것으로 가정할 수 있으나 본 연구에서는 논의의 단순화를 위해 사망 시에는 소득이 없으며 효용 역시 0이 되는 것을 가정하였다.

$$VSCC = \frac{\partial w}{\partial r} = \frac{p + h(1-p)}{1-m-h(m-r)} \cdot \frac{U(w)}{U'(w)} \quad (2)$$

위의 식 (2)는 결국 암 발생확률을 감소(Δr)시키기 위해 우리가 지불해야 하는 금액으로 인해 줄어든 소득(Δw)의 크기를 의미한다. 사망위험감소가치(VSL)는 암으로 인해 사망하는 확률($m = r \cdot p$)의 감소에 따른 지불의사액으로 다음과 같이 도출할 수 있다.

$$VSL = \frac{\partial w}{\partial m} = \frac{1}{p} \cdot \frac{p + h(1-p)}{1-m-h(m-r)} \cdot \frac{U(w)}{U'(w)} \quad (3)$$

위의 식 (2)와 (3)을 통해 암 발생위험감소가치(VSCC)는 사망위험감소가치(VSL)에 암 발생 조건부 사망확률(p)을 곱한 값으로 표현되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 암 발생위험감소가치(VSCC)는 암 발생에 따른 조건부 사망확률이 1에 가까울수록 사망위험감소가치(VSL)에 근접함을 알 수 있다. 이는 직관적으로 암 발생 조건부 사망확률(p)이 1에 가까운 값을 가질 경우 암 발생이 곧 사망을 의미하기 때문에 암 발생위험을 감소시키는 것으로 사망위험을 감소시키는 것과 같기 때문임을 알 수 있다.

실증분석 모형으로 단일경계 양분선택형 조건부 가치추정방법(single-bounded dichotomous choice contingent valuation method)을 선택하였다. 그간 국내의 사망위험감소가치 연구에는 이중경계 양분선택형 조건부 가치추정방법(double-bounded dichotomous choice contingent valuation method)이 많이 활용되었다(이수형 외, 2016; 안소은 외, 2016). 이중경계 양분선택형은 단일 경계방법에 비해 추정의 효율성이 담보되는 반면 두 번째 제시액(bid)에 대한 응답이 첫 번째 제시액에 대한 응답과 일관성(consistency)이 확보되지 않을 수 있다는 단점이 존재한다(Cooper et al., 2002).¹²⁾ 이중경계 양분선택형 접근법이 가지는 응답의 비일치성 문제와 함께 본 연구에서는 기존의 응답자에게 한 번의 선택만을 하는 방법과 달리 7번의 반복 선택을 진행한다는 점에서 상대적 선택의 단순성이 보장되는 단일경계 양분선택형 질문을 통해 설문을 진행하였다.

양분선택형뿐만 아니라 선택실험법과 같은 접근 방법은 설문 응답자로 하여금 실제

12) Cooper et al.(2002)는 이중경계 및 단일경계 방법의 단점을 보완하기 위해 1.5경계(one and one-half bound)를 제안하였다.

지불의사액을 직접적으로 도출하는 방법이 아니라 주어진 대안에 대한 선택에 대한 정보를 통해 유추하는 방법이다. 따라서 현재 수준의 사망률, 암 발생확률을 선택하면 $y_i = 0$, 그렇지 않고 암 발생률이나 암 발생 시 사망률이 개선되는 반면 보다 많은 금액을 지불해야 하는 대안을 선택하면 $y_i = 1$ 로 표현되는 결과만을 알 수 있을 뿐이다. 다만 이러한 선택은 직접적인 관측은 불가능하지만 선택을 좌우하는 지불의사액에 따라서 결정된다고 가정한다. 지불의사액은 개인의 사회경제변수 및 대안의 특성에 따라 다음과 같은 함수로 표현할 수 있다.

$$WTP_{it}^*(\Delta M, \varepsilon_{it}) = \alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k (h_k \times \Delta M) + \varepsilon_{it} \quad (4)$$

i 는 개별 설문응답자, t 는 선택 기회(본 연구에서는 개인별로 총 7번 반복 선택을 실시), ΔM 은 암으로 인하여 사망하게 되는 비조건부 확률의 변화, h_k 는 삶의 질에 영향(4가지 상태)과 고통의 정도(2가지 상태)의 8가지 조합을 나타내는 더미변수이다. 따라서 δ_k 는 8가지의 조합에 해당하는 사망위험감소가치를 나타내게 된다. ε_{it} 는 오차항으로 평균 0, 분산이 σ^2 인 정규분포(normal distribution)를 따른다고 가정한다.

하지만 앞서 언급한 바와 같이 양분선택형 조건부 가치추정방법의 설문에서는 실제 지불의사액, 즉 WTP^* 이 직접적으로 관측되지 않는다. 하지만 연구자가 설문을 통해 알 수 있는 정보는 응답자가 대안에서 제시된 비용보다 자신의 지불의사액이 크다면 대안을 선택한다는 것뿐이다. 따라서 대안을 선택한다는 것은 응답자의 지불의사액이 제시된 금액(T_{it})보다 크다는 것을 의미한다. 다만 식 (4)에 표현된 것과 지불의사액은 오차항(ε_{it})을 포함하고 있는 확률함수로 표현되기 때문에 응답자가 대안을 선택하게 되는 확률은 다음과 같이 표현된다.

$$\begin{aligned} \Pr(y_{it} = 1 | \Delta M) &= \Pr(WTP_{it}^* > T_{it}) \\ &= \Pr\left(\alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k (h_k \times \Delta M) + \varepsilon_{it} > T_{it}\right) \\ &= \Pr\left(\varepsilon_{it} > T_{it} - \left[\alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k (h_k \times \Delta M)\right]\right) \end{aligned} \quad (5)$$

ε_{it} 이 평균 0, 분산이 σ^2 인 정규분포를 따른다고 가정하였으므로

$$\begin{aligned} \Pr(y = 1 \mid \Delta M) &= \Pr\left(v_{it} > \frac{T_{it} - [\alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k (h_k \times \Delta M)]}{\sigma}\right) \\ &= 1 - \Phi\left(\frac{T_{it} - [\alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k (h_k \times \Delta M)]}{\sigma}\right) \end{aligned} \quad (6)$$

v_{it} 는 표준정규분포를 따르는 변수이며 $\Phi(\cdot)$ 은 표준누적정규분포함수를 의미한다. 따라서 프로빗(probit) 모형을 통해 추정가능하다. 다만 본 연구의 설문에서 각 응답자는 총 7번의 선택을 하게 되며 이때 각 선택은 서로 상관관계를 가지게 될 가능성이 높다. 따라서 이를 반영할 수 있는 임의효과 프로빗모형(random effect probit)을 통해 추정하였다.

본 연구에서 정의된 사망위험확률 감소(ΔM)는 두 가지 요인, 즉 암 발생위험과 암 발생 시 사망위험의 감소로 구분된다. 따라서 사망위험확률 감소는 다음과 같이 표현할 수 있다.¹³⁾

$$\Delta M = \Delta R \Delta P_0 + R_0 \Delta P - \Delta R \Delta P \quad (7)$$

$\Delta R = 0$ 인 경우, 즉 현재와 대안 사이에 암 발생확률이 같고 암 발생 시 사망률만 변화하는 경우 식 (7)은 $\Delta M = R_0 \Delta P$ 으로 표현된다. 해당 설정은 기존의 암 발생에 따른 사망위험감소가치를 추정하는 문헌에서의 설정과 동일하다. 실증분석을 위해 식 (7)을 식 (4)에 대입하면 다음과 같은 식이 도출가능하다.

$$WTP_{it}^*(\Delta R, \Delta P, \varepsilon_{it}) = \alpha + \sum_{k=1}^8 \delta_k \cdot h_k \times \cdot [\Delta R \Delta P_0 + R_0 \Delta P - \Delta R \Delta P] + \varepsilon_{it} \quad (8)$$

이미 식 (4)에서 δ_k 가 유형별(삶의 질에 영향과 고통의 정도의 조합) 사망위험감소가

13) $\Delta M = M_0 - M_1 = R_0(1 - S_0) - R_1(1 - S_1)$
 $= \Delta R(1 - S_0) + R_0 \Delta S - \Delta R \Delta S$
 $= \Delta R \Delta P_0 + R_0 \Delta P - \Delta R \Delta P \quad (\because \Delta S = S_1 - S_0 = P_0 - P_1 = \Delta P)$

치인 것을 확인했다. 암 발생확률감소가치는 암 발생확률의 변화(ΔR)에 대한 지불의사액으로 정의되므로 식 (8)에서 도출가능하다.

$$VSCC_k = \frac{\partial WTP^*}{\partial \Delta R} = \delta_k P_0 - \delta_k \Delta P \quad (9)$$

앞서 보았던 이론적 접근에서와 마찬가지로 만약 조건부 사망위험의 변화(ΔP)가 0이 라면 암 발생확률감소가치는 사망위험감소가치에 베이스라인 조건부 사망위험확률 (P_0)로 표시된다.

IV. 추정결과

앞에서 도출한 이론적 근거를 바탕으로 임의효과 프로빗모형으로 추정한 결과를 <표 3>에 정리하였다. 첫 번째 열에 있는 결과는 모든 샘플을 활용하여 추정한 결과로서 암 발생에 따른 일상생활과 통증의 영향에 따라 다른 사망위험감소가치를 가진다는 가정, 즉 지불의사액을 나타내는 추정계수가 모두 다르다는 가정하에서 추정된 결과이다 ($\delta_k \neq \delta \forall k$). 따라서 ΔM 에 해당하는 추정계수는 유형별 더미변수와 곱의 형태로 총 8개가 존재한다.¹⁴⁾ 유형별 총 8개의 사망위험감소가치가 추정되었는데 약 9.6억 원에서 14.12억 원으로 나타났다. 다만 이는 우리의 직관과는 다소 차이가 있다. 예를 들어 암 발생 시 모든 일상생활이 가능하고 통증 역시 가볍다면 암 위험으로 인한 사망을 줄이기 위한 지불의사액은 상대적으로 작게 나타날 것이 예상된다. 하지만 본 연구의 추정치에서는 14.12억 원으로 가장 높게 나타났다. 하지만 본 연구와 유사한 실험 디자인을 가진 Alberini and Ščasný(2018)의 결과에서도 사망위험감소가치가 생활에 대한 영향과 통증의 정도에 따라 일관성을 보이지 않은 결과를 보고하고 있다. Alberini and Ščasný(2018)는 생활에 대한 영향 및 통증에 대한 더미변수의 차이에 대한 가설검정 ($\delta_1 = \delta_2 = \dots = \delta_8$) 결과 통계적으로 유의미하게 다르지 않은 것으로 추정된 반면 본 연구에서는 귀무가설을 통계적으로 기각하지 못하였다.¹⁵⁾ 하지만 앞서 살펴본 바와 같이

14) 지면의 한계로 표시하지 않았으나 저자에게 요청 시 모든 추정결과를 제공할 수 있다.

유형별로 우리의 직관과는 다소 다른 결과를 고려하여 이를 유형별 구분 없이 추정한 결과를 두 번째 및 세 번째 열에 나타내었다.

두 번째 열은 암 발생 시 조건부 사망확률의 변화가 없는 조건이 주어진 경우($\Delta S = 0$, 즉 $P_0 = P_1$)로 한정된 표본으로 암으로 인한 사망위험감소는 오로지 암 발생확률의 감소를 통해서 나타나는 것으로 한정하여 설문한 경우이다. 이에 반해 세 번째 열은 현재와 비교하여 대안에서 암 발생확률과 암 발생 시 조건부 사망확률이 모두 변하도록 설정된 경우를 포함하고 있다.

암 발생으로 인한 사망확률의 감소에 대한 추정계수는 유의수준 1%에서 통계적으로 유의한 양의 계수가 추정되었다. 또한 응답자가 추가적으로 부담하여야 하는 비용에 대한 계수는 통계적으로 유의한 음의 계수가 추정되어 경제학적 이론과 일치하는 결과도 도출되었다. 앞서 가정한 바와 같이 Alberini and Ščasný(2018)의 선행연구 결과에 따라 모든 생활에 대한 영향 및 통증에 따른 조합에서 사망위험감소가치가 같다는 가정하에서 추정한 결과 암 발생확률의 변화없는 조건에서 암 발생 시 사망확률만이 감소하는 경우 사망위험감소가치는 약 28억 원으로 높게 추정되었다. 그에 반해 모든 샘플을 다 포함한 경우는 약 9.52억 원으로 기존 국내 문헌에서 도출된 사망위험감소가치의 추정치보다 다소 작게 나타났다.¹⁶⁾ 이러한 결과는 사망위험감소가치(VSL)이 사망위험감소에 대한 지불의사액을 사망위험감소분으로 나눈 값을 말한다. 따라서 분모에 해당하는 사망위험감소분이 작은 경우 지불의사액의 작은 변화에도 사망위험감소가치(VSL)는 크게 변화되기 때문이며 이는 상대적으로 작은 위험변화의 조건에서 추정된 사망위험감소가치가 더 크게 나타났던 기존 국내외 연구 결과와 일치한다(안소은 외, 2018). 다시 말해 암 발생 시 사망할 조건부 확률은 고정된 채 암 발생위험만 변화하는 경우 사망위험의 변화가 조건 모두 변하는 경우에 비해 매우 작게 나타났다.

<표 4>는 선택 대안에 포함된 속성인 생활에 대한 영향과 통증 정도를 더미변수 형태로 추가하여 모형을 추정한 결과이다. 암으로 인한 사망확률 감소(ΔM)는 통계적으로

15) 다만 Alberini and Ščasný(2018)에서는 모든 더미변수에 대한 계수가 차이가 없다는 귀무가설은 기각되었지만 7개의 변수 중 일부가 차이가 없다는 귀무가설은 기각되지 않았다.

16) 안소은 외(2018)의 메타분석과 전호철(2020)의 선택실험법을 통해 추정한 사망위험감소가치는 약 13억 원 내외로 추정되었다. 본 연구와 유사한 실증분석을 진행한 Alberini and Ščasný(2018) 역시 모든 샘플을 포함한 경우가 암 발생 시 사망확률 감소만을 가정한 경우의 약 40% 수준으로 도출되었다.

유의한 양의 값을 가지며 비용($\Delta Cost$)은 통계적으로 유의한 음의 계수로 추정되었다. 생활에 대한 영향, 즉 힘든 육체노동 및 운동 불가능, 육체노동 및 운동 불가능 및 절반 이상을 침대에서 생활은 통계적으로 유의한 음의 계수를 가지며 가벼운 통증은 양의 계수로 추정되었다.¹⁷⁾ 모든 표본을 포함하여 추정된 결과 설명변수는 통계적으로 유의한 것으로 나타났다. 사망위험감소가치는 약 10.7억 원으로 기존 국내 연구 결과 범위 안에 위치하지만 국외의 연구 결과와 비교해 낮은 값을 나타내고 있다.¹⁸⁾ 암 발생확률을 고정된 표본을 이용하여 분석한 결과는 약 33.59억 원으로 상대적으로 높게 추정되었으며 40세 이상만을 대상으로 분석한 결과는 약 10.55억 원으로 추정되었다. 이는 생활에 대한 영향과 통증 변수를 포함하지 않은 경우와 유사한 결과를 보여주고 있다. 다만 생활에 대한 영향을 나타내는 변수의 추정계수는 통계적으로 유의하지만 크기는 직관과는 다르게 추정되었다. 생활에 대한 영향과 통증의 조합에 따라 다른 사망위험감소가치를 가지는 것으로 가정하고 추정된 앞의 결과와 유사한 수준의 결과를 보이고 있다.

앞서 언급한 바와 같이 사망위험감소가치를 추정한 대부분의 국내 연구가 국외 연구 결과를 편익이전한 값에 비해 낮은 추정치를 보이는 것과 같과 본 연구 결과도 동일한 결과를 보여주고 있다 (전호철, 2020). 특히 본 연구는 유럽 4개국을 대상으로 사망위험감소가치를 추정한 Alberini and Ščasný(2018)에서 적용하였던 방법과 유사하게 설정하고 충분한 표본 수를 확보하였음에도 불구하고 여전히 국외 메타분석 결과를 소득수준으로 보정한 수치에 비해서 낮게 나타났다는 점에 주목할 필요가 있다. 다시 말해 사망위험감소가치에 대한 추정값은 연구의 설정이나 추정 방법론 등에 의해 차이를 보일 수 있으나 본 연구에서는 최근 진행되었던 국외 연구와 연구의 설정이나 방법론을 유사하게 하였음에도 불구하고 추정 값에 큰 차이가 발생하였다는 점은 사망위험의 감소에 대한 국민들의 지불의사가 경제 수준에 비해 낮은 것으로 해석할 수 있다는 점이다.

본 연구에서는 사망위험감소가치와 함께 암 발생확률감소가치를 함께 추정할 수 있도록 설문을 디자인 하였다.

17) ‘일상생활에 영향’ 변수는 ‘모든 일상생활 가능’, ‘고통·통증 정도’ 변수는 ‘중간 이상 통증’을 기준(baseline)으로 설정하였다.

18) 안소은 외(2018)에서는 국내 연구결과를 활용하여 메타분석을 실시하였는데, 메타분석의 최종 표본의 범위는 약 0.17~352.4억 원으로 조사되었다. Alberini and Ščasný(2018)가 체코, 영국, 이탈리아, 네덜란드에서 진행한 설문을 토대로 분석한 결과 사망위험감소가치가 약 5.95 백만 유로(약 81억 원)로 추정되었다.

〈표 3〉 모형 및 사망위험감소가치 추정결과

Variable	$(\delta_k \neq \delta \forall k)$		$(\delta_k = \delta \forall k)$	
	All Sample		Sample if $\Delta S=0$	All Sample
ΔM			549.63*** (55.74)	202.10*** (8.84)
$\Delta Cost$	-0.0019*** (0.0001)		-0.0020*** (0.0003)	-0.0021*** (0.0001)
상수항	-0.05 (0.06)		-0.50*** (0.12)	0.04 (0.05)
사망위험감소가치 (억 원)	모든 일상생활 가능/ 가벼운 통증	14.12 (1.18)	28.00 (5.18)	9.52 (0.68)
	모든 일상생활 가능/ 중간 이상의 통증	13.59 (1.43)		
	힘든 육체노동 운동 불가능/ 가벼운 통증	11.66 (1.17)		
	힘든 육체노동 운동 불가능/ 중간 이상통증	9.80 (0.95)		
	육체노동 운동 불가능/ 가벼운 통증	9.60 (0.83)		
	육체노동 운동 불가능/ 중간 이상 통증	9.63 (1.20)		
	절반 이상 침대생활/ 가벼운 통증	11.55 (1.48)		
	절반 이상 침대생활/ 중간 이상 통증	10.16 (1.02)		
암 발생확률 감소가치 (억 원)	$\Delta S=0$		2.72 (0.50)	0.92 (0.07)
	$\Delta S=5\%$			0.79 (0.06)
	$\Delta S=10\%$			0.66 (0.05)
	$\Delta S=20\%$			0.42 (0.03)
Observations	21,154		6,036	21,154

※ 모든 δ_k 는 1% 유의수준에서 통계적으로 유의함

※ H_0 : 8가지의 다른 형태의 암 사망형태별 계수가 같음($\delta_k = \delta \forall k$)

Wald Statistic: 87.00(p-value: 0.000)

〈표 4〉 모형 및 사망위험감소가치 추정결과: 생활에 대한 영향 및 통증 포함

Variable	All Sample	Sample if $\Delta S=0$	Sample 40세 이상
ΔM	211.87*** (9.65)	533.18*** (67.06)	185.99*** (12.46)
$\Delta Cost$	-0.0020*** (0.0001)	-0.0016*** (0.0005)	-0.0018*** (0.0002)
힘든 육체노동/ 운동 불가능	-0.21*** (0.04)	-0.34** (0.16)	-0.22*** (0.05)
육체노동/ 운동 불가능	-0.30*** (0.04)	-0.18** (0.08)	-0.29*** (0.05)
절반 이상 침대에서 생활	-0.22*** (0.03)	-0.28*** (0.08)	-0.16*** (0.04)
가벼운 통증	0.10*** (0.03)	0.22*** (0.07)	0.12*** (0.03)
상수항	0.11** (0.05)	-0.50** (0.21)	0.19*** (0.07)
사망위험감소가치 (억 원)	10.68 (0.86)	33.59 (12.36)	10.55 (1.26)
암 발생확률 감소가치 (억 원)	$\Delta S=0$	1.04 (0.08)	3.26 (1.20)
	$\Delta S=5\%$	0.88 (0.07)	2.77 (1.02)
	$\Delta S=10\%$	0.74 (0.06)	2.31 (0.85)
	$\Delta S=20\%$	0.47 (0.04)	1.47 (0.54)
Observations	21,154	6,036	13,216

본 연구에서는 사망위험감소가치와 함께 암 발생확률감소가치를 추정하였다. 암 발생 감소에 따른 지불의사액은 모형별로 약 0.42~2.72억 원으로 추정결과는 Tonin et al.(2012) 및 Alberini and Ščasný(2018)와 비교하여 매우 낮게 나타났으며 이는 사망위험감소가치와 동일한 경향을 보인다. 다만 본 연구의 결과 중 암 발생사건의 확률을 고정하였을 때는 상대적으로 사망위험감소가치가 크게 나타난 것을 토대로 볼 때 연구의 설계에 따라 다른 결과가 도출될 가능성도 있다는 점을 확인하였다.

사망위험감소 및 암 발생확률감소가치의 추정

<표 5>는 소득, 학력, 암 경험, 가족력 및 건강검진 등 사회경제변수를 설명변수로 추가하여 추정한 결과를 나타내고 있다. 사회경제변수 중 소득과 대학원 이상의 학력 및 가족력은 통계적으로 유의한 양의 값을 가지는 것으로 추정되었다. 소득과 학력 모두 양의 계수를 나타내고 있는데 이는 우리의 직관이나 이전 연구결과와 일치한다. 하지만 그 외 본인의 암 발생 경험이나 건강검진 유무와 같이 직관적으로 위험회피를 위한 지불의사액이 높을 것으로 예상되는 사회경제적인 요소에 대해서는 통계적으로 유의하지 않은 결과가 나타났다. 이는 전체 표본에서 암 발생 경험이 있는 응답자가 약 4.8%에 불과하여 충분한 표본이 확보되지 않은 것이 하나의 원인일 수 있다. 더불어 40세 이상 응답자 등 건강검진의 경험이 있는 응답자는 약 86.07%에 달할 정도로 나타나 통계적으로 유의

< 표 5 > 모형 및 사망위험감소가치 추정결과: 사회경제변수 포함(All Sample)

Variable	(1)	(2)	(3)	(4)
ΔM	202.14*** (8.84)	202.14*** (8.84)	202.16*** (8.83)	202.11*** (8.83)
$\Delta Cost$	-0.0021*** (0.0001)	-0.0021*** (0.0001)	-0.0021*** (0.0001)	-0.0021*** (0.0001)
Dummy(여성)	-0.25*** (0.07)	-0.25*** (0.07)	-0.24*** (0.07)	-0.25*** (0.07)
ln(소득)		0.30*** (0.06)	0.28*** (0.06)	0.26*** (0.06)
대학교			0.01 (0.07)	0.03 (0.07)
대학원 이상			0.26** (0.12)	0.26** (0.12)
암 경험: 본인				0.15 (0.16)
암 경험: 가족				0.22*** (0.07)
건강검진				0.06 (0.07)
상수항	0.17*** (0.06)	-1.62*** (0.34)	-1.54*** (0.34)	-1.59*** (0.34)
사망위험감소가치 (억 원)	9.52 (0.68)	9.52 (0.68)	9.52 (0.68)	9.52 (0.68)
Observations	21,154	21,154	21,154	21,154

한 수준으로 추정되기에 표본 수가 충분하지 않기 때문에 나타나는 현상으로 판단된다. 사망위험감소가치 및 암 발생위험감소가치를 추정하게 되는 암으로 인한 사망확률 및 비용에 대한 추정계수는 사회경제변수를 추가하지 않고 추정한 결과와 유사하게 나타났다. 이러한 결과는 사회경제변수가 사망위험감소가치나 암 발생확률감소가치에 큰 차이를 발생시키지 않는다는 것을 확인 할 수 있다.

V. 결론 및 시사점

본 논문에서는 사망위험감소가치(VSL)와 암 발생확률감소(VSCC)를 단일경계 양분 선택형(single-bounded dichotomous-choice) 설문을 통해 추정하였다. 성인 총 3,022명을 대상으로 온라인 설문을 통해 자료를 수집하였으며 설문 응답자별 총 7번의 반복 선택실험을 실시하였다.

기존 선행연구와 본 연구의 가장 큰 차이점은 평가의 대상이 되는 위험확률, 즉 암으로 인한 사망확률을 암 발생확률과 암 발생 시 사망하는 확률, 즉 조건부 확률로 구분하여 제시하였다는 점이다. 다시 말해 사망위험감소가치를 추정하는 문헌에서는 사망확률을 무조건부 확률로 제시하였던 반면 본 연구에서는 사망확률을 암 발생확률과 암 발생에 따른 조건부 사망확률로 구분하여 선택 대안을 구성하였다. 따라서 기존의 연구에서 제시되었던 무조건부 사망확률은 발생확률과 암 발생에 따른 조건부 사망확률의 곱의 형태로 나타나게 된다. 이러한 조건부 사망확률 제시는 선행연구에서 다양하게 연구되었던 사망위험감소가치는 물론 상대적으로 연구가 부족하였던 암 발생확률감소가치를 추정할 수 있게 한다. 추정결과 사망위험감소가치는 약 9.52억 원에서 33.59억 원, 암 발생확률감소가치는 약 0.42억 원에서 약 2.72억 원으로 나타났다. 사망위험감소가치는 기존 국내 문헌에서 제시된 결과의 범위 안에 있는 반면 유럽이나 미국 등의 국가에서 진행된 연구에서의 추정된 값보다 낮게 추정되었다. 기존 국내 문헌에서는 연구된 적이 없어 비교는 어려우나 암 발생확률감소가치 역시 해외에서 진행된 결과를 고려한다면 상대적으로 낮게 분석되었다. 본 연구가 최근에 진행되었던 해외 선행연구와 유사한 방법론을 충분한 표본을 통해 분석하였다는 점을 고려한다면 우리나라 성인들의 위험감소에 대한 지불의사액이 낮다고 평가할 수 있다.

더불어 선택 대안의 속성으로 암 발생이 생활에 미치는 불편함에 대한 영향과 통증의 정도를 추가하여 사망위험감소가치 및 암 발생위험감소가치에 미치는 다양한 영향에 대해 검토하였다. 이러한 연구의 설정은 암 발생으로 인해 나타나는 현상에 따라 차별적인 사망위험감소가치를 기대하였다. 하지만 추정결과 생활에서의 불편함과 통증에 따라 일부 차이가 존재하나 불편함의 정도와 통증의 정도에 비례하는 형태로 추정되지는 않았다. 이는 암 발생 자체가 매우 위험한 것으로 인식할 뿐 그에 따른 불편함이나 통증은 당연히 수반되는 것으로 이해하여 선택에 있어 차이를 두지 않았던 것으로 해석할 수 있다.

사망위험감소가치는 환경정책의 비용-편익 분석에 매우 중요한 가치 척도로서 사용된다. 하지만 개별 연구의 결과는 연구의 설계와 목적, 표본의 구성 및 시기에 따라 큰 차이를 보이게 되어 정책 분석 시 필요한 강건성(robustness)을 부여하기 어렵다. 따라서 국내는 물론 국외의 대부분의 정책분석 연구에 활용되는 피해, 특히 생명과 건강의 피해에 대한 가치 척도는 다양한 연구 결과를 활용하여 메타분석을 통해 도출된 결과를 적용하였다. 국내에서도 신영철 외(2017) 및 안소은 외(2018)에서 국내 선행연구 결과를 활용하여 메타분석으로 사망위험감소가치를 도출하였다. 하지만 메타분석의 입력자료로 활용되는 사망위험감소가치에 대한 연구가 충분하지 못하며 연구방법론 역시 다양하지 못하다는 문제점이 있다. 더불어 사망위험감소가치 이외의 건강 영향 등에 대한 가치 척도에 대한 연구는 매우 부족한 상태이다. 이러한 점을 고려할 때 본 연구에서 도출된 사망위험감소가치와 암 발생확률감소가치의 추정값은 그 자체로 의미를 가짐과 동시에 향후 정책 분석에 활용하기 위한 메타분석을 위한 추가적인 연구결과로서도 의미를 가진다고 할 수 있다. 특히 본 연구에서는 그간 국내에서 주로 연구되었던 조건부가치평가 방법론을 기초하되 최근 연구방법론을 적용하였다. 더불어 사망위험뿐만 아니라 그간 국내에서 연구된 적인 없는 암 발생위험감소에 대한 지불의사액을 추정하였다는 점에서 의의가 있다.

[References]

- 김현노·안소은·전호철·이홍림·정다운·한선영·김충기·홍현정, 「환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구: 부문별 영향평가 및 가치추정」, 한국환경정책·평가연구원, 2019.
- 신영철·김정수·고도현·권선희·이규명·임지에·박시용·이정우, 「화학물질 관리를 위한 사회경제성 분석 기반 구축(Ⅱ)」, 국립환경과학원, 2017.
- 안소은·김현노·전호철·이홍림·서양원·정다운·김충기·이승준·김진옥·윤태경, 「환경·경제 통합분석을 위한 환경가치 종합연구: 부문별 영향평가 및 가치추정」, 한국환경정책·평가연구원, 2018.
- 안소은·배현주·곽소윤·임연희·김명희·오서연, 「빅데이터를 이용한 대기오염의 건강영향 평가 및 피해비용 추정(Ⅱ)」, 한국환경정책·평가연구원, 2016.
- 이수형·신호성·김대은, “기후변화 폭염으로 인한 초과사망 위험 감소에 대한 통계적 인간생명가치 측정”, 「보건경제와 정책연구」, 제22권 제2호, 2016, pp. 51~78.
- 전호철, “선택실험법을 활용한 통계적 생명가치의 추정”, 「자원환경경제연구」, 제29권 제2호, 2020, pp. 247~270.
- Adamowicz, W., D. Dupont, A. Krupnick, and J. Zhang, “Valuation of cancer and microbial disease risk reductions in municipal drinking water: an analysis of risk context using multiple valuation methods,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 61, No. 2, 2011, pp. 213~226.
- Alberini, A., and M. Ščasný, “The benefits of avoiding cancer (or dying from cancer): Evidence from a four-country study,” *Journal of Health Economics*, Vol. 57, 2018, pp. 249~262.
- Banzhaf, H. S., “The Value of Statistical Life: A Meta-Analysis of Meta-Analyses,” *Journal of Benefit-Cost Analysis*, Vol. 13, No. 2, 2022, pp. 182~197.
- Cameron, T. A., and J. R. DeShazo, “Demand for health risk reductions,” *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 65, No. 1, 2013, pp. 87~109.
- Cooper, J. C., M. Hanemann, and G. Signorello, “One-and-one-half-bound dichotomous choice contingent valuation,” *Review of Economics and Statistics*, Vol. 84, No. 4, 2002, pp. 742~750.
- Cropper, M., J. K. Hammitt, and L. A. Robinson, “Valuing Mortality Risk Reductions: Progress and Challenges,” *Annual Review of Resource Economics*, Vol. 3, No. 1, 2011, pp. 313~336.

- Hammitt, J. K., and J. T. Liu, "Effects of disease type and latency on the value of mortality risk," *Journal of Risk Uncertainty*, Vol. 28, No. 1, 2004, pp. 73~95.
- Hammitt, J. K., and K. Haninger, "Valuing fatal risks to children and adults: effects of disease, latency, and risk aversion," *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 40, No. 1, 2010, pp. 57~83.
- Johnston, R. J., K. J. Boyle, W. Adamowicz, J. Bennett, R. Brouwer, T. A. Cameron, W. M. Hanemann, N. Hanley, M. Ryan, R. Scarpa, R. Tourangeau, and C. A. Vossler, "Contemporary guidance for stated preference studies," *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, Vol. 4, No. 2, 2017, pp. 319~405.
- Muller, N. Z., and R. Mendelsohn, "Measuring the damages of air pollution in the United States," *Journal of Environmental Economics and Management*, Vol. 54, No. 1, 2007, pp. 1~14.
- Muller, N. Z., R. Mendelsohn, and W. Nordhaus, "Environmental accounting for pollution in the United States economy," *American Economic Review*, Vol. 101, No. 5, 2011, pp. 1649~1675.
- OECD, *Mortality Risk Valuation in Environment, Health and Transport Policies*, OECD Publishing, 2012.
- Tonin, S., A. Alberini, and M. Turvani, "The value of reducing cancer risks at contaminated sites: Are more knowledgeable people willing to pay more?" *Risk Analysis*, Vol. 32, No. 7, 2012, pp. 1157~1182.
- Van Houtven, G., M. B. Sullivan, and C. Dockins, "Cancer premiums and latency effects: a risk tradeoff approach for valuing reductions in fatal cancer risks," *Journal of Risk and Uncertainty*, Vol. 36, 2008, pp. 179~199.

[부록]

<부록 그림 1> 선택 전 암 발생과 사망에 대한 사전정보

E4-1 아래 내용을 읽고 응답해주세요.

본 조사의 원활한 진행을 위해 필요한 정보를 전달해 드리겠습니다.

한국인의 기대 수명은 1990년 71.66세에서 2018년 82.7세로 크게 높아졌습니다. 기대 수명의 증가원인으로는 사회경제적 요인 및 건강한 생활 습관과 더불어 의료비 지출 증가가 크게 기여한 것으로 평가 받고 있습니다. 1983년 통계 작성 이래 2018년 기준 36년째 한국인의 사망원인 1위는 암으로 조사되었습니다.

2017년 기준 우리나라의 암 발생자수는 232,255명(암 발생확률 약 453명/10만명)이며 암으로 인한 사망자 수는 총 79,153명이 사망(암으로 인한 사망 확률 약 154명/10만명)한 것으로 나타났습니다. 암 발생확률은 2012년 이후 안정세를 보이고 있는 반면 암에 의한 사망률은 꾸준히 증가 추세에 있습니다 (2008년 139.5명/10만명). 더불어 인구구조(고령화 등) 및 건강행태, 환경구조의 변화로 암환자 발생 및 사망이 꾸준히 증가될 것으로 예상되고 있습니다.

네 알겠습니다

남은 시간 10초

해당 문항에 답변한 후에는 앞 문항으로 되돌아 갈 수 없으니 신중히 생각하고 답변해주세요.

E4-2 아래 내용을 읽고 응답해주세요.

암은 그 자체로 본인 및 가족들에게 상당한 고통을 수반하며, 치료 과정(항암 약물치료 등)에서도 많은 고통이 발생할 수 있으며, 일상생활을 영위함에 있어서도 많은 불편을 초래합니다. 또한 암 예방 및 치료에는 많은 비용이 소요되어 경제적으로 많은 부담을 수반합니다.

지금부터 귀하께서 다음의 암 발생률을 낮추고 암 발생시 사망률을 낮추는 대안들에 대한 선택을 하는 가정을 하시고 응답해 주십시오. 암 발생률, 암으로 인한 사망위험 감소, 고통-통증 정도 및 일상생활에서의 영향과 함께 이를 위해 추가적으로 지출해야 하는 비용을 고려하여 귀하께서 판단하시기에 현재의 상태와 대안(A) 중 더 나은 조합을 선택해 주십시오.

네 알겠습니다

남은 시간 12초

해당 문항에 답변한 후에는 앞 문항으로 되돌아 갈 수 없으니 신중히 생각하고 답변해주세요.