

국가 폐암 검진의 근거

김 열

국립암센터

Evidence of National Lung Cancer Screening Program in Korea

Yeol Kim

National Cancer Center, Goyang, Korea

Lung cancer is a leading cause of cancer death worldwide. The effectiveness of lung cancer targeted high-risk population using low dose chest computed tomography has been reported several randomized controlled trials. Thus, recently, lung cancer screening to high-risk group is recommended internationally. National Cancer Center reported a lung cancer screening guideline by evidence-based methods in 2015. Korean national lung cancer screening program started from 2019 after evaluation of Korean lung cancer screening demonstration project (K-LUCAS) nationwide. K-LUCAS obtained comparable high early lung cancer detection rate, lower false positive rate and lower complication rate compared with clinical trials conducted in other countries. Also psychological anxiety of screening participants had been low, but willingness of smoking cessation had been increased after screening. This paper will review the evidence of lung cancer screening from clinical trials, also, evaluate the benefits and harms of screening based on K-LUCAS.

Korean J Health Promot 2019;19(4):161-165

Keywords: Lung cancer, Screening, Low-dose computed tomography, False positive, Overdiagnosis

서 론

폐암은 전 세계에서 가장 발생자 수가 많은 암종이면서, 사망자 수도 가장 많은 암종이다. 전 세계적으로 연간 약 200만 여명의 폐암이 진단되고, 약 176만 명이 폐암으로 사망하고 있어 발생자 수 대비 사망자 수가 85%를 넘는 무서운 암종이다.¹⁾

우리나라의 경우 폐암은 암 발생률 4위인 암종이면서 암 사망자 수 1위인 암종이다. 2016년 한 해 동안 25,780명의 폐암 환자가 진단되었고, 17,969명이 폐암으로 사망하였다.

2012-2016년 사이에 진단받은 폐암 환자의 국한단계 폐암 진단율은 21.0%에 불과하고, 5년 상대생존율은 28.2%로 다른 암종에 비해 매우 낮은 편이다. 하지만 폐암도 조기에 진단되면 완치가 가능하고 생존율도 증가한다. 조기인 국한단계 폐암 환자의 5년 생존율은 65.9%로 높은 편이지만, 국소 진행단계의 경우 37.1%로 낮아지고 원격 전이된 상태로 진단된 경우는 6.7%로 매우 낮았다.²⁾

폐암은 무증상기에 효과적인 검진 방법이 제시되지 못하였다가, 2011년에 미국에서 대규모 비교임상연구(National Lung Screening Trial, NLST)를 통해 55-74세 30갑년 이상 흡연력이 있는 폐암 고위험군을 대상으로 저선량 흉부 computed tomography (low dose chest CT)를 이용한 폐암 선별검사를 실시한 결과, 단순흉부촬영을 받은 대조군에 비해 폐암 사망률이 20% 이상 감소하였고, 전체 사망률도 7% 감소한 결과를 발표하였다.³⁾ 이후 유럽에서 시행한 연구들에서도 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 선별검사의 효과가

■ Received: Nov. 25, 2019 ■ Revised: Jan. 5, 2020 ■ Accepted: Jan. 6, 2020
■ Corresponding author : Yeol Kim, MD, MPH, PhD
National Cancer Center, 323 Ilsan-ro, Ilsandong-gu, Goyang 10408, Korea
Tel: +82-31-920-1753, Fax: +82-31-920-2189
E-mail: drheat@ncc.re.kr
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1142-1559>

Table 1. Summary of important outcomes of studies on population-based lung cancer screening

Study (country)	Number of participants	Mortality reduction rate, %	Early lung cancer detection rate (stage I+II), %	Positive rate, %	False positive rate, %
NLST (USA)	26,722	20	57-68	24	23
NELSON (The Netherlands and Belgium)	7,915	26 (male) 61 (female)	70 (stage I)	2.6	1.7
MILD (Italy)	2,376	39	54	14-15	13
LUSI (Germany)	2,029	26	65	22	NA
UKLS (The UK)	1,994	NA	83	5.7	3.6
DANTE (Italy)	1,264	Do not know	57	24-28	NA
DLST (Denmark)	2,052	Do not know	54	NA	7.9

Abbreviation: DANTE, Detection and Screening of Early Lung Cancer by Novel Imaging Technology and Molecular Essays Trial; DLST, Danish Lung Cancer Screening Trial; LUSI, German Lung Cancer Screening Intervention Trial; MILD, Multi-centric Italian Lung Detection; NA, non applicable; NELSON, Dutch-Belgian Randomized Lung Cancer Screening Trial; NLST, National Lung Screening Trial; UKLS, United Kingdom Lung Screen.

발표되면서 장기 흡연력을 가진 고위험군 대상 폐암 검진의 효과가 국제적으로 인정되고 있다(Table 1). 하지만 폐암 검진의 위양성으로 인한 위해와 검진 후 이상 소견이 발견되지 않는 경우 흡연을 지속하게 될 우려가 제기되고 있다.

국내에서는 국립암센터 중심으로 근거 기반 연구를 통한 폐암 검진 권고안이 제시되었고, 전국 단위 시범사업을 거쳐 2019년부터 국가 폐암 검진 사업이 시작되었다. 본고에서는 국내 폐암 검진 사업 도입의 근거와 시범사업을 통해 국내 인구 기반으로 확인된 폐암 검진의 효과 및 문제점을 살펴보고, 국가 폐암 검진 사업 도입 이후 보완해 나가야 할 과제를 제시하고자 한다.

본 론

1. 우리나라 폐암 검진 권고안

2015년에 국립암센터가 발표한 '7대 암검진 권고안'은 다학제 전문가들로 구성된 국가암검진 재개정위원회에서 2년간 체계적인 문헌고찰 및 우리나라 국가암검진의 효과 분석 연구 결과를 바탕으로 검진의 이득과 위해에 대한 근거수준을 평가하고, 우리나라 암 발생 현황 등을 고려하여 우리나라 국민들에게 효과적인 암검진 방법을 제시하고자 하였다.

7대 암검진 권고안에서 제시한 폐암 검진 권고안은 55-74세의 고위험군(30갑년 이상의 흡연력을 가진 현재 흡연자 또는 금연한지 15년 이내 과거 흡연자)을 대상으로 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 선별검사를 매년 시행할 것을 권고하였다. 하지만 흉부 X선, 객담 세포진 검사 및 현재까지 개발된 carcinoembryonic antigen (CEA), squamous cell carcinoma antigen (SCC-Ag), cytokeratin fragment (CYFRA) 21-1,

neuron specific enolase (NSE) 등 혈청 종양표지자를 이용한 폐암 선별검사를 시행하지 말 것으로 권고하였다.⁴⁾

2. 폐암 검진 시범사업

1) 시범사업 목적과 방법

국립암센터가 발표한 폐암 검진 권고안을 근거로 국가 폐암 검진 프로그램 도입의 효과성과 문제점을 평가하기 위한 목적으로 폐암 검진 시범사업이 준비되었다.

시범사업 시작 전 2016년 1년간 「폐암 검진 시범사업 기획 및 프로토콜 개발연구」를 통해 폐암 검진 대상자 선정 및 배제 기준, 검진 대상자 선정 방법 및 검진 절차, 표준화된 검진 결과 판독 기준 및 보고 양식, 이상 소견자 추후 관리 권고안, 수검자 참여 동의서 및 설문지, 이상 소견자의 무기록 조사 양식 등이 정리되었고, 소규모 파일럿 테스트를 통해 프로토콜이 보완되었다.

이렇게 개발된 시범사업 프로토콜을 기반으로 2017-2018년 2년간 전국 14개 의료기관에서 폐암 검진 시범사업이 시행되었다. 시범사업에서는 국가건강검진 수검자와 금연클리닉 참여자의 문진표 기반으로 만 55-74세의 30갑년 이상 흡연력을 가진 폐암 발생 고위험군을 선별하여 시범사업 참여에 동의한 사람을 대상으로 저선량 흉부 CT 검사를 제공한 후 검진 결과 상담 및 금연 상담도 제공하였다.⁵⁾ 폐암 검진 시범사업에서는 영상의학, 호흡기내과학, 흉부외과학, 가정의학, 예방의학 및 통계학 등 다학제 전문가 약 50명으로 자문위원회가 구성되었는데, 전문가 자문위원회는 운영지원위원회, 예측모델개발위원회, 질관리위원회, 평가위원회 등 4개 분과로 나누어 운영되었다.

국가 폐암 검진 도입 가능성을 평가하고자 한 폐암 검진

Table 2. Evaluation list of Korean lung cancer screening demonstration project

- ① 문진표 기반 폐암 검진 대상 고위험군 선별의 타당성
 - 연령 및 흡연력 기반의 폐암 검진 대상 고위험군 선별과 예측 모델 기반의 대상자 선별 타당성 비교 평가
- ② 폐암 조기발견율
 - 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 검진이 폐암 조기진단을 위한 국외 연구만큼 향상시킬 수 있는지 평가
- ③ 검사 양성률 및 위양성률
 - 결핵 유병률이 높은 우리나라 장노년층 인구를 대상으로 폐암 검진을 시행했을 때 미국 NLST 연구에서 문제가 되었던 양성률과 위양성률이 더 높아지지 않는지, 위양성률을 감소시킬 수 있는지를 평가
- ④ 검진의 위해
 - 검진에서 이상 소견이 발견된 경우 조직검사 등 확진검사 과정에서 부작용 발생 정도
 - 폐암 검진이 야기하는 심리적 불안 평가
- ⑤ Lung-RADS 기반의 새로운 표준화된 진단 기준의 타당성
 - 미국영상의학회가 제안한 NLST보다 강화된 폐암 검진 진단 기준의 타당성 평가
 - 유럽 연구에서 제시한 volume 기반의 진단 기준과의 비교 평가
- ⑥ 검진의 질관리
 - 네트워크 기반의 컴퓨터 프로그램을 이용한 판독 지원 시스템을 이용한 질관리 효과 평가
 - 검진 기관별, 판독자 간의 차이 평가
- ⑦ 폐암 검진 참여 후 금연 의지의 변화와 금연율
 - 폐암 검진 참여 후 6개월간의 금연 의지 변화 및 금연율 조사
- ⑧ 수검자 만족도와 재참여 의지
 - 검진 참여 후 설문조사를 통한 수검자 만족도 평가
- ⑨ 폐암 검진 비용-효과
 - 국내 시범사업 기반의 폐암 검진 비용-효과 평가

시범사업의 평가 항목은 표 2와 같았다.

2) 시범사업 결과⁹⁾

폐암 검진 시범사업 결과를 표에서 제시한 평가 항목에 따라 분석한 결과의 요약은 다음과 같다. 2년간의 폐암 검진 시범사업에 총 13,692명의 고위험 흡연군이 참여하였다. 폐암 검진 대상자는 국가건강검진 수검자나 금연클리닉 참여자가 제출한 문진표 기반으로 연령과 흡연력을 확인하여 대상자를 선별하였는데 현재 흡연자는 소변코티닌 검사로 흡연 여부를 확인하였다. 시범사업 초기에는 무료 폐암 검진을 받고자 하는 참여자가 매우 많은 것으로 생각하였으나, 막상 시범사업을 시작하고 보니, 대상자 모집이 쉽지 않았다. 흡연을 오랫동안 한 폐암 검진 대상자들의 국가건강검진 참여율이 낮았던 것이다. 이러한 이유로 폐암 검진 시범사업 참여자를 모집하지 위하여 지하철, 버스 등의 대중교통을 이용해 무료 시범사업 참여를 홍보하고 홍보 전후에 참여자 특성을 비교 평가해보았다. 폐암 검진 시범사업 참여자 모집을 위한 홍보는 검진을 통해 폐암을 조기에 발견할 수 있는 이득뿐만 아니라, 검진으로 인한 방사선 노출과 이상 소견이 발견되었을 때 확진검사 과정에서 비용과 부작용이 발생할 수 있다는 정보도 함께

제공하였다. 이러한 홍보 이후에 참여자가 급증하였지만, 과거 흡연자보다는 현재 흡연자의 참여가 늘었고, 흡연력이 40갑년 이상 높은 군, 저소득층 등의 참여 분율이 늘어나 균형 있는 정보를 이용한 홍보와 문진표 기반의 대상자 선별이 타당하다고 평가되었다.

폐암 검진 시범사업 참여자 중 79명(0.58%)이 폐암으로 확진되었다(2019년 4월 30일 기준, 추가 확진검사 진행 중). 폐암 확진자 중 1-2기 조기폐암은 54명(68.4%)으로 우리나라 전체 폐암 등록환자 중 21.0% (2012-2016 등록자 기준)에 불과한 조기폐암 진단율의 3배 수준으로 높은 것으로 평가되었다.

검진에서 추적검사나 추가검사가 필요하다고 판정된 양성률은 15.3%로, 많은 논란이 되었던 미국 NLST 연구 27.3% (1차 검사 기준)보다 낮았고, 위양성률도 14.6%로, 미국 연구(26.6%)에 비해 상당히 낮은 수준이었다. 이는 미국 NLST 연구에서 양성 기준을 지름 4 mm 이상의 비석회화 폐결절이 발견되었을 때 모두 추적 또는 추가검사가 필요하다고 판정한 것과 달리, 우리나라 시범사업에서는 기준을 6 mm로 높이되 결절의 최대 직경과 단경의 평균을 기준으로 하였고, 결핵 등에 의한 반흔 등은 크기와 상관없이 음성으로 판정하도록 한 강화된 판독 기준 마련과 전문의 교육, 네트워크 기반의 판독 지원 프로그램을 이용한 질관리 등에 의한 성과로 평가되었다.

양성 판정자 대부분은 저선량 흉부 CT를 받았고, 이 중 10% 정도에서만 폐결절 크기 증가가 발견되어 추가검사를 받았다. 조직검사 시행률은 추가검사를 받은 자의 6.7% (전체 검진 참여자의 0.5%) 수준이었고, 조직검사에서 68.7%가 폐암으로 확진되었다. 조직검사당 폐암 확진율은 미국 연구에서의 33.3%에 비해 상당히 높았다. 조직검사 등 확진검사 과정에서의 기흉(6건), 출혈(2건), 사망(1건) 등 부작용이 발생하였으나, 부작용 발생률(0.9%)도 미국(3.4%)에 비해 현저히 낮은 것으로 평가되었다.

다만, 시범사업 참여기관 간 양성 판정률 편차가 크게 나타났고, 양성 판정자 중 폐암 확진자 비율도 최저 0.7%에서 최고 8.5%로 편차가 크게 나타났다. 이에 판독자 간 변이 최소화 등을 위한 전문인력 교육, 네트워크 기반 판독 지원 프로그램 이용 확대, 폐암 검진 질관리 강화의 필요성이 제기되었다.

폐암 검진 참여자 중 현재 흡연자를 대상으로 6개월 후 금연 여부를 조사한 결과 금연율은 24.3%에 이르렀고, 금연자의 80% 이상은 폐암 검진 참여가 금연 시작의 계기가 되었다고 답하였다. 이는 폐암 검진 참여자에게 금연 상담을 의무적으로 시행하게 한 효과로 평가된다.

시범사업 결과 기반으로 폐암 검진 비용효과 분석이 진행되었는데, 마코프 모형으로 분석한 결과 폐암 검진을 실

시하지 않는 경우에 비해 폐암 검진을 실시함으로써 환자 1명의 수명을 1년 연장(life years saved)하는데 추가로 소요되는 비용 \$23,586, 건강수명을 1년 연장하는데 추가로 소요되는 비용 \$25,383로 World Health Organization 권고 기준 및 1인당 국민소득수준 \$30,000보다 낮아 비용 효과적으로 평가되었다.

3. 폐암 검진 위양성 감소를 위한 노력과 성과

미국 NLST 연구에서 보고된 높은 양성률에 따른 위양성률을 줄이기 위한 여러 연구들이 이후에 진행되었다.

대표적인 연구가 네덜란드-벨기에에서 진행된 NELSON (Dutch-Belgian Randomized Lung Cancer Screening Trial) 연구이다. 이 연구에서는 위양성률은 낮추기 위해 폐결절의 부피를 기준으로 폐암 의심 여부를 결정하도록 하였고, 경계성(intermediate) 결절의 경우 3개월 후 추적검사를 통해 부피 변화를 측정 후 양성(positive) 여부를 결정하였다. 이러한 노력으로 NELSON 연구의 양성율은 2.6% 수준, 위양성률은 1.7% 수준으로 매우 낮게 보고되었으나,⁷⁾ 실제 경계성 결절이 19% 정도로 높아 여전히 추가검사 비율이 높다는 점이 한계이고, 검진 기관이 달라졌을 때 부피 변화 비교가 어렵다는 문제점이 제기되었다.

미국영상의학회는 NLST 연구 결과 양성 기준으로 삼은 지름 4 mm보다 큰 폐결절 중 4-6 mm 사이이 작은 결절에서는 결국 폐암이 거의 확인되지 않았다는 점을 근거로 추가검사가 필요한 폐결절의 양성(positive) 기준을 폐결절 평균 지름 6 mm 이상으로 높이고, 폐암 과진단의 주요 원인이 된 간유리음영 결절 기준을 20 mm 이상으로 하는 새로운 폐암 검진 진단 기준 Lung-RADS를 제시하였다.⁸⁾

우리나라는 시범사업에서는 Lung-RADS를 폐암 검진 판정 기준으로 도입하되, 폐결핵으로 인한 반흔 등을 크기와 상관없이 음성으로 분리할 수 있도록 수정한 Lung-RADS를 적용한 결과 NLST나 NELSON 연구보다도 낮은 양성률과 위양성률을 얻을 수 있었다.

4. 국외 폐암 검진 동향

최근 네덜란드-벨기에 시행한 NELSON 연구 최종 결과는 아직 논문으로 출판되지 않았지만, 2018년 세계폐암학회에서 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 검진군의 폐암 사망률이 남성은 26%, 여성은 61%까지 감소하였다고 발표하였다. 최근 독일과 이탈리아에서 진행한 고위험군 대상 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 검진의 효과를 평가한 비교 임상 시험 연구 결과가 발표되었는데, 검진군에서 폐암 사망 감소 효과가 26% 이상 유의하게 낮았다고 보고하였다. 이탈

리아 연구의 경우 단기 추적 연구 결과에서는 폐암 사망률에 통계적으로 유의한 차이가 나지 않다가, 10년 추적 연구 결과 검진군에서 유의한 폐암 사망 감소가 확인되었다.⁹⁾

저선량 흉부 CT의 민감도는 90%가 넘는 것으로 알려져 있어, 위음성률이 낮은 검사이다. 폐암 검진의 과진단(overdiagnosis)율은 최근 발표된 미국 NLST 연구 10년 추적 결과 분석 연구에 의하면, 검진군에서 폐암 사망 감소율이 여전히 21%로 유지되었고, 과진단(overdiagnosis)율은 3% 수준으로 매우 낮았다고 보고하였다.¹⁰⁾

미국에서는 NLST 연구 결과를 근거로 2015년부터 30갑년 이상의 흡연력을 가진 고위험군 대상 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 검진을 보건부 산하 질병예방특별위원회(US Preventive Services Task Force)가 권고하였고, 이를 공공 또는 민간보험에서 받아들여 폐암 검진에 대한 보험급여를 제도화하였다.

미국가정의학회의 경우 폐암 검진에 반대 입장을 밝히고 있는데, 위양성률이 높아 추가검사가 필요하다는 양성 판정을 받은 경우 중 불과 1.5%만이 실제 폐암으로 진단받게 된다는 점을 중요한 이유로 제시하고 있다. 또한 저선량 CT라도 주기적인 폐암 검진을 반복하는 경우 방사선 노출에 따른 장기적인 위해가 발생할 가능성이 있고, 긍정적인 비용-효과 분석 결과가 없다는 점 등이 문제점으로 제시되었다. 하지만 결국 폐암 고위험자가 검진을 원하는 경우 의사는 폐암 검진의 이득과 위해에 대한 적절한 정보를 제공하고, 검진 실시 여부를 수검자와 함께 결정(shared decision)해야 하는 것이 필요하고 중요하다는 것은 동의하고 있다.¹¹⁾

유럽 여러 국가들도 폐암 검진 도입을 적극 검토 중이고, 특히 영국에서는 14개 주요 도시에서 ‘Lung health care’라는 이름으로 고위험군 대상 저선량 흉부 CT를 이용한 폐암 검진 제공을 시작하였다. 이는 맨체스터와 리버풀 등에서 시행한 폐암 검진 pilot study 결과를 긍정적으로 평가하여 영국 국가의료제도(National Health Service, NHS)가 폐암 검진 확대 시행을 결정한 것이다.¹²⁾

결 론

우리나라 폐암 검진 시범사업 결과 국외 연구와 비교하여 폐암 조기진단율은 유사하게 높았고, 새로운 진단 기준 마련과 네트워크 기반의 질관리 등을 통해 위양성률과 진단과정에서의 부작용을 감소시킨 성과를 보였다. 하지만 시범사업에서 참여한 검진 기관별 양성 판정률의 변이도가 높아 네트워크 기반의 판독 지원 시스템에도 불구하고 검진의 정확도를 높이기 위해서는 판독자의 경험이 중요하다는 점이 분석되어, 국가 폐암 검진 사업 도입 초기에는 폐 CT 판독 경험이 높고 다학제 진단이 가능한 종합병원급으로 검진 기관을 한정하고,

영상의학과 전문의와 결과 상담 의사는 관련 교육을 의무적으로 이수하고 폐암 검진에 참여하도록 하였다. 또한 폐암 검진 대상을 30갑년 이상의 흡연력을 가진 현재 흡연자로 한정하고, 폐암 검진 참여자에게는 의사로부터 결과 상담을 제공하고, 금연 상담도 반드시 함께 제공하며, 금연 치료 프로그램에 적극적으로 연계하도록 하였다.

여전히 조기진단율이 낮고 진단자의 75% 이상이 5년 내 사망하는 폐암에 대한 조기검진 방법에 대해 국제적인 여러 연구를 통해 근거가 제시되었고, 국내 시범사업을 통한 우리나라 인구 기반 적용 평가를 완료하고 위양성 등 문제점을 보완한 준비를 갖추고서도 확대 적용하지 않는다면 그것은 학계와 국가가 책임 방기로 비판받을 것이다.

현재 많은 국가들이 폐암 검진 도입을 준비하고 있지만, 우리나라가 앞설 수 있었던 것은 시기 적절하게 시범사업을 통한 준비를 하였을 뿐만 아니라, 국가건강검진을 대규모로 시행하면서 문진표 기반으로 흡연력을 확인할 수 있는 준비가 되어 있고, CT 보급률과 영상의학과의 전문의 수 등에서 폐암 검진을 위한 국가적 인프라를 확보하고 있기 때문이었다. 새로이 시작된 우리나라 국가 폐암 검진이 높은 수준의 질관리를 통해 검진에서 발생할 수 있는 문제점을 최소화하고, 폐암 외 심혈관질환을 포함한 여러 질병 고위험군인 장기 흡연자들이 폐암 검진 참여를 계기로 금연과 건강관리를 시작할 수 있도록 하여 궁극적으로 검진 대상자들의 사망을 줄이고 건강수준을 높일 수 있는 국제적인 성과를 이루어내기를 기대한다.

요 약

전 세계적으로 암 사망자 수 1위인 폐암에 대해 저선량 흉부 컴퓨터단층촬영을 통한 조기진단의 효과가 국외 여러 비교임상 연구들을 통해 제시되면서 고위험군을 대상으로 한 폐암 검진이 권고되고 있다. 국내에서도 국립암센터 중심으로 근거 기반 연구를 통한 폐암 검진 권고안이 2015년에 제시되었고, 전국 단위 시범사업을 거쳐 2019년부터 국가 폐암 검진 사업이 시작되었다. 국내 시범사업에서 폐암 검진의 효과를 확인한 미국 연구보다 강화된 양성 판정 기준을 적용하고, 정보시스템을 이용한 검진 질관리, 검진 후 결과 상담 및 의무적인 금연 상담 제공을 통해 국외 임상 연구들과 비교하여 유사하게 높은 폐암 조기발견율을 얻었지만, 위양성률과 확진검사 과정에서의 부작용은 감소시킬 수 있었고, 수검자의 심리적 불안이 높지 않았던 반면, 금연 의지는 높일 수 있었다. 본고에서는 국내 폐암 검진 사업 도입의 근거와 시범사업을 통해 국내 인구 기반으로 확인된 폐암 검진의 효과와 문제점을 살펴보고, 국가 폐암 검진 사업 도입 이후 보완해 나가야 할 과제를 제시하였다.

중심 단어: 폐암, 검진, 저선량 컴퓨터단층촬영, 위양성, 과진단

ORCID

Yeol Kim

<https://orcid.org/0000-0003-1142-1559>

REFERENCES

1. World Health Organization (WHO). Cancer Fact [Internet]. Geneva: WHO; 2018. [Accessed Nov 1, 2019]. Available from: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/cancer>.
2. National Cancer Information Center. Cancer statistics [Internet]. Goyang: National Cancer Information Center; 2016. [Accessed Nov 1, 2019]. Available from: <https://www.cancer.go.kr/lay1/S1T639C640/contents.do>.
3. National Lung Screening Trial Research Team, Aberle DR, Adams AM, Berg CD, Black WC, Clapp JD, et al. Reduced lung-cancer mortality with low-dose computed tomographic screening. *New Engl J Med* 2011;365(5):395-409.
4. Jang SH, Sheen S, Kim HY, Yim HW, Park BY, Kim JW, et al. The Korean guideline for lung cancer screening. *J Korean Med Assoc* 2015;58(4):291-301.
5. Lee J, Lim J, Kim Y, Kim HY, Goo JM, Lee CT, et al. Development of Protocol for Korean Lung Cancer Screening Project (K-LUCAS) to evaluate effectiveness and feasibility to implement national cancer screening program. *Cancer Res Treat* 2019;51(4):1285-94.
6. National Cancer Center. Report of Korean lung cancer screening demonstration project results. Goyang: National Cancer Center; 2018.
7. Horeweg N, van Rosmalen J, Heuvelmans MA, van der Aalst CM, Vliegenthart R, Scholten ET, et al. Lung cancer probability in patients with CT-detected pulmonary nodules: a prespecified analysis of data from the NELSON trial of low-dose CT screening. *Lancet Oncol* 2014;15(12):1332-41.
8. Pinsky PF, Gierada DS, Black W, Munden R, Nath H, Aberle D, et al. Performance of Lung-RADS in the national lung screening trial: a retrospective assessment. *Ann Intern Med* 2015;162(7):485-91.
9. Pastorino U, Silva M, Sestini S, Sabia F, Boeri M, Cantarutti A, et al. Prolonged lung cancer screening reduced 10-year mortality in the MILD trial: new confirmation of lung cancer screening efficacy. *Ann Oncol* 2019;30(7):1162-9.
10. National Lung Screening Trial Research Team. Lung cancer incidence and mortality with extended follow-up in the national lung screening trial. *J Thorac Oncol* 2019;14(10):1732-42.
11. Lazris A, Roth AR. Lung cancer screening: pros and cons. *Am Fam Physician* 2019;99(12):740-2.
12. NHS England. Targeted Screening for Lung Cancer with Low Radiation Dose Computed Tomography [Internet]. Redditch: NHS England; 2019. [Accessed Nov 1, 2019]. Available from: <https://www.england.nhs.uk/publication/targeted-screening-for-lung-cancer>.