creative commons
COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

보건학 박사 학위논문

북한 결핵검진전략 비용-효과분석
: 환자발견 및 진단 알고리즘을 중심으로

2021년 1월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건정책관리학 전공

박세희

북한 결핵검진전략 비용-효과분석
: 환자발견 및 진단 알고리즘을 중심으로

지도교수 이 태 진

이 논문을 보건학 박사 학위논문으로 제출함

2020년 12월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건정책관리학 전공

박세희

보건학의 박사 학위논문을 인준함

2021년 1월

위원장	김 창 엽
부위원장	김 선 영 (인)
위원	조 성 일
위원	배 승 진
위원	이 태 진

요약(국문초록)

북한은 1990년대 중반 대기근 이후 결핵이 심각한 공공보건 문제로 대두했으며, 높은 결핵 치료 성공비율과 국제기구와의 협력에도 불구하고 여전히 결핵 고위험 국가로 분류되고 있다. 본 연구는 오랫동안 풀리지 않았던 북한 결핵 문제를 이해하기 위해 환자 발견의 중요성에 주목했으며, 첫째, 북한 실증자료와 수학적 모형을 활용해 결핵 환자 발견율을 추정하고, 둘째, 북한에서 누락 결핵 환자가 왜, 어떻게 발생하는지 실재론적 평가 관점에서 설명하는 프로그램 이론을 개발하며, 셋째, 누락된 결핵 환자 발견을 목표로 하는 다양한 검진전략의 비용-효과성을 분석하는 것을 목적으로 한다.

첫째, 본 연구는 결핵의 수학적 모형은 상미분 방정식을 활용해 동적전염모형으로 설계했으며, 북한의 신고 결핵 감염자 수를 모형에 적합해 환자 발견율을 추정했다. 모형 적합은 초기 잠복 결핵 감염자 비율과 시간에 따른 환자 발견율 함수(상수함수, 선형함수, 비선형함수) 가정에 따라 시나리오를 세분화하고, 모형 적합 기준을 충족하는 후보 시나리오를 도출해 후보 시나리오별 평균 제곱근 오차와 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과를 비교해 모형 적합도가 가장 높다고 판단되는 시나리오를 최종적으로 선정했다. 최종 시나리오를 적용해 분석한 결과 2018년 신규 감염자 기준 37%, 총 감염자 기준 70%의 결핵 환자가 발견되지 못하고 누락된 상태인 것으로 추정되며, 기초감염재생산수를 역치인 1이하로 낮추기 위해서는 2018년 0.61명/년으로 추정된 환자 발견율을 최소 1.38명/년 수준으로 높여야 하는 것으로 분석되었다.

둘째, 본 연구는 실재론적 관점에서 북한의 결핵 환자발견 누락을 맥락(C), 기제:자원(M_A), 기제:반응(M_B), 결과(O)의 틀로 설명하는 초기 프로그램 이론 일곱 가지를 형성했다. 초기 프로그램 이론①은 환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견 또는 호담당의사 왕진을 통해 발견한 결핵 의심환자를 상급 의료기관에 파송해 진단검사를 받도록 하는 능동적 환자발견에서(M_A①) 도로, 교통 인프라(C_M①), 진료소 또는 상급 의료기관 방문까지 소요되는 간접비용 부담(C_H①), 환자의 낮은 경제적 수준, 거주 지역(C_I①)으로 인해 의료접근성 제한의 기제:반응(M_B①)이 작동하면서 환자가 누락될 수 있음(O①)을 설명했다. 초기 프로그램 이론②는 증상 유무로 의심환자를 선별하는 북한의 결핵 진단 알고리즘 상에서(M_A②) 40% 이상을 차지하는 무증상자 비율(C_H②), 무증상자라는 개인적인 특징(C_I②)으로 인해 의료기관 미방문의 기제:반응(M_B②)이 작동하면서 환자가 누락될 수 있음(O②)을 설명했다. 초기 프로그램 이론③은 환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견에서(M_A③) 1990년대 장마당 등장 및 의약품 시장 유통(C_M③), 무상의료 기능 저하로 인한 의약품 유상 구매(C_H③), 비공식 의료기관을 이용한 의약품 구매 행태 보편화(C_I③)로 인해 의료기관 미방문의 기제:반응(M_B③)이 작동하면서 환자가 누락될 수 있음(O③)을 설명했다. 초기 프로그램 이론④는 “환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견에서(M_A④) 구소련의 영향으로 발달한 결핵 요양소·병동 네트워크 및 입원 중심 결핵 치료(C_M④), 위치적 접근성이 떨어지는 결핵 요양소(C_H④), 환자의

결핵 요양소 입원 기피 및 자가치료 선호(C_I④)로 인해 의료기관 미방문의 기제:반응(M_B④)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있음(O④)을 설명하였다. 초기 프로그램 이론⑤은 호담당의사 왕진을 통해 결핵 의심환자를 선별하는 능동적 환자발견에서(M_A⑤) 일차의료 서비스 초과수요 현상(C_H⑤), 호담당의사의 업무 과부하로 효율성이 저하돼 환자를 진단검사를 받을 수 있는 상급의료기관에 의뢰하지 못하면서(C_I⑤) 상급 의료기관 미방문의 기제: 반응(M_B⑤)이 작동하면서 환자가 누락될 수 있음(O⑤)을 설명했다. 초기 프로그램 이론⑥은 수동적, 능동적 환자발견을 통해 발견한 환자가 진단검사를 받기 위해 의료기관을 방문했으나(M_A⑥) 대북제재로 의료기기 반입이 어려워져(C_M⑥) 노후화된 진단기기(C_H⑥)와 그로 인한 의료진의 진단검사 해석 정확성 하락(C_I⑥2)으로 의료기관 방문 시 미진단의 기제:반응(M_B⑥)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있음(O⑥)을 설명했다. 초기 프로그램 이론⑦은 “수동적, 능동적 환자발견을 통해 발견한 환자가 진단검사를 통해 결핵으로 확진되었으나(M_A⑦) 외부 조달로 공급되는 항결핵제(C_H⑦-1)와 의료 전자정보 시스템 미구축으로 인해(C_H⑦-2) 진단 후 치료 수요에 탄력적으로 대응하기 어려워져(C_I⑦) 결핵 환자 등록, 신고가 지연되거나 미신고되는 기제:반응(M_B⑦)이 작동하면서 환자가 누락될 수 있음(O⑦)을 설명했다.

셋째, 본 연구는 앞서 형성한 프로그램 이론을 바탕으로 검진전략의 비교 대안을 설정하고 각각의 비용-효과성을 분석했다. 의료기관에 방문한 결핵 감염자가 결핵으로 진단 받기 위해(초기 프로그램 이론⑥) 기존 진단기기인 현미경과 흉부X선기기를 신규로 교체하거나 새로운 분자진단기기를 도입하는 대안, 유증상자의 의료기관 방문을 촉진하기 위해(프로그램 이론③,④,⑤) 일반인 대상 결핵 관리 홍보 또는 호담당의사 대상 교육을 실시하는 대안, 의료접근성 제한으로 인해 누락된 유증상자와 무증상자 발견을 목표로(프로그램 이론①,②) 이동식 검진을 추가로 수행하는 대안 등을 설정했다. 북한 결핵실태조사를 바탕으로 유증상자 비율, 유증상자의 의료기관 방문비율, 진단검사 정확도 등의 모수 투입값을 사용했으며, 결정수형의 확률 마디를 앞서 실재론적 관점 연구에서 설정한 결핵 환자 누락 기제에 따라 세분화해 설계하고, 결핵 진단 지연을 주제로 체계적 문헌고찰을 수행한 연구를 참고해 환자발견 기간을 가정해 비교 대안별 환자발견율을 산출했다.

보건의료체계 관점에서 비교 대안별 비용-효과성을 분석한 결과 ①기존 진단기기를 유지하는 [기준 0.0]이 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되었으며, ②기존 진단기기를 유지하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안0.2](보건의료체계 관점 ICER: 83,217원/1DALY감소), ③분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안2.2](보건의료체계 관점 ICER: 277,153원/1DALY 감소), ④[대안2.2]에 일반인 대상 결핵관리 홍보를 추가로 수행해 유증상자의 의료기관 방문 비율을 높이는 [대안2.3](보건의료체계 관점 ICER: 2,415,529원/1DALY 감소), ⑤[대안2.3]에 이동식 검진을 추가로 수행하는 [대안2.7](보건의료체계 관점 ICER: 7,799,630원/1DALY 감소)가 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분석되었다. 사회적 관점에서 비교 대안별 비용-효과성을 분석한 결과 ①분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 결핵관리 홍보를 통해 유증상자의 의료기관 방문 비율을 높이는 [대안2.3]이 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되

었으며, ②대안2.3]에 이동식 검진을 추가로 수행하는 [대안2.7](사회적 관점 ICER: 1,547,707원/1DALY 감소)가 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분석되었다.

보건의료체계 관점에서 위-양성 환자 발견 가능성을 고려한 구조적 불확실성 분석을 수행할 경우 [대안0.2]는 열등대안으로 전환되고, ①[대안3.1]이 가장 최소비용이 드는 기준으로 설정 되었으며, [대안2.2] 대신 ②[대안3.2](보건의료체계 관점 ICER: 137,743원/1DALY 감소), [대안2.3] 대신 ③[대안3.3](보건의료체계 관점 ICER: 2,565,102원/1DALY 감소)로 전환되고 ④[대안3.7](보건의료체계 관점 ICER: 13,204,304원/1DALY 감소), ⑤[대안2.7](보건의료체계 관점 ICER: 597,702,249원/1DALY 감소)이 비용-효과 분석 시 고려 대안으로 설정되었다. 사회적 관점에서 위-양성 환자 발견 가능성을 고려한 구조적 불확실성 분석을 수행할 경우 ①[대안3.3]이 가장 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되고, ②[대안3.7](사회적 관점 ICER: 7,737,220원/1DALY 감소)과 ③[대안2.7](사회적 관점 ICER: 825,551,360원/1DALY 감소)이 비용-효과 분석 시 고려 대안으로 설정되었다. [대안2]는 2주 이상 기침 등 결핵 의심증상이 있어 의료기관을 방문한 사람 전체를 대상으로 분자진단을 1차검사로 수행하나, [대안3]은 흉부X선을 1차 진단검사로 수행하고 1차검사 양성자를 대상으로 분자진단을 2차검사로 수행하는 순서로 진단 알고리즘이 구성되므로, 1차검사에서 흉부X선을 통해 위-양성자를 걸러낸 후 분자진단을 2차검사로 실시하므로 결과적으로 진단, 치료비용을 [대안2] 보다 감소시켜 비용-효과성이 높게 전환되었다. 따라서 만약 위-양성 환자 발견 가능성을 낮게 판단한다면 보건의료체계 관점에서는 [기준0.0], [대안0.2] [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7], 사회적 관점에서는 [대안2.3], [대안2.7]를 고려할 수 있으며, 위-양성 환자 발견 가능성을 높게 판단한다면 보건의료체계 관점에서는 [대안3.0], [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7], 사회적 관점에서는 [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7]를 비용-효과성 측면에서 선택할 수 있을 것이다.

결론적으로, 높은 치료 성공비율을 유지하는 것만으로는 북한의 결핵 질병부담을 큰 폭으로 낮추기 어려울 것으로 추정되며 향후 결핵 환자 발견율을 개선하기 위해 '진단 대상 확대 및 진단 기간 단축'을 목표로 하는 다양한 검진전략이 수행되어야 할 것이다.

주요용어: 북한, 결핵환자발견, 동적전염모형, 실재론적 평가, 비용-효과분석
학번: 2017-30145

목차

Ⅰ. 서론 ····· 1
Ⅱ. 북한 결핵 현황에 대한 개관 ····· 3
1. 감염병과 결핵 ····· 3
2. 결핵 환자 발견 ····· 4
3. 북한의 결핵 질병부담 및 누락 환자 추계 ····· 5
Ⅲ. 연구(1). 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정 ····· 8
1. 연구방법 ····· 8
(1) 모형 적합을 통한 모수 추정 ····· 8
(2) 투입모수 ····· 13
(3) 결핵 질병부담 추계 및 불확실성 분석 ····· 15
2. 연구결과 ····· 17
3. 고찰 ····· 26
Ⅳ. 연구(2). 결핵 환자 누락에 대한 초기 프로그램 이론 형성 ····· 29
1. 실재론적 평가에 대한 이론적 고찰 ····· 30
2. 결핵 환자발견의 맥락 및 기제 ····· 36
(1) 환자발견 유형 ····· 36
(2) 환자발견 영향요인 ····· 38
(3) 환자발견 맥락 및 기제 도출 분석틀 ····· 42
3. 북한 환자발견 누락에 대한 초기 프로그램 이론 형성 ····· 44
(1) 기제:자원(M_A) ····· 45
(2) 기제:반응(M_B)별 맥락(C) ····· 48
(3) 결과(O) ····· 59
(4) 초기 프로그램 이론 형성 ····· 61
4. 고찰 ····· 64
Ⅴ. 연구(3). 결핵 검진전략에 대한 비용-효과분석 ····· 68
1. 비용-효과분석 개요 ····· 68
2. 연구방법 ····· 69
(1) 기본분석틀 ····· 69
(2) 검진전략 ····· 71
(3) 투입모수 ····· 74
(4) 불확실성 분석 ····· 87
3. 연구결과 ····· 89
(1)기본분석 ····· 89
(2)모수의 민감도 분석 ····· 98
(3)구조적 불확실성 분석 ····· 107
4. 고찰 ····· 117
Ⅵ. 결론 ····· 122
참고문헌 ····· 124

표 목차

표 1. 결핵 모형 구조별 재감염, 재활성화 위험 가정 ····· 9
표 2. 모수의 투입 값 ····· 15
표 3. 2단계 모형적합 기준을 충족하는 후보 시나리오 ····· 17
표 4. 최종 선정 시나리오의 추정모수 및 적용 결과 ····· 18
표 5. 환자 발견율 및 결핵 치료 성공비율 변화에 따른 중단기(2035년), 장기(2070년) 질병부담 예측 ···24
표 6. 완치 후 재감염, 재활성화 가정에 따른 모형구조의 불확실성 분석 ····· 26
표 7. 보건의료정책 수용성의 구성요소 ····· 39
표 8. 환자발견 영향요인 관련 참고문헌 ····· 39
표 9. 수동적 환자발견 - 환자 지연 영향요인 ····· 40
표 10. 수동적 환자발견 - 보건의료체계 지연 영향요인 ····· 41
표 11. 능동적 환자발견 실행 영향요인 ····· 41
표 12. 실재론에 기초한 설명적 연구의 수행 단계 ····· 42
표 13. 초기 프로그램 이론 형성 시 참고문헌 ····· 44
표 14. 초기 프로그램 이론 설명 대상 - 하위집단 및 기제:반응(M_B) ····· 45
표 15. WHO의 능동적 환자발견 권고 진단 알고리즘 ····· 47
표 16. 북한이탈주민 대상 설문조사 - 북한 거주 시 질병, 부상에 대처한 방법 ····· 49
표 17. 북한이탈주민 대상 설문조사 - 북한과 남한에서 의료기관에 방문하지 못한 이유 비교 ····· 50
표 18. 북한 결핵실태조사 - 결핵 확진자의 선별검사 결과 ····· 51
표 19. 북한 결핵실태조사 - 의료기관에 방문하지 않은 결핵 의심 유증상자의 미방문 이유····· 52
표 20. 북한이탈주민 대상 설문조사 - 북한 주민의 의약품 구입 장소 ····· 53
표 21. 북한 결핵관리에 대한 글로벌 펀드 지원 예산 ····· 57
표 22. 북한 결핵실태조사 - 결핵 의심 유증상자의 의료기관 방문 경험····· 59
표 23. 북한 결핵실태조사 - 의료기관에 방문한 결핵 의심 유증상 확진자의 진단 경험 ····· 60
표 24. 북한 결핵실태조사 - 결핵 확진자의 의심 증상 유무별 진단 경험····· 60
표 25. 비용-효과분석 개요····· 68
표 26. 진단검사별 정확도····· 74
표 27. 환자발견 비율 투입모수····· 75
표 28. 비교 대안별 환자발견 비율····· 79
표 29. 결핵 진단 지연 관련 체계적 문헌고찰 연구 ····· 80
표 30. 비교 대안별 환자발견 기간 ····· 81
표 31. 비교 대안별 환자발견율 ····· 82
표 32. 영향 목록 - 분석관점별 비용 항목 ····· 85
표 33. 비용 및 효과, 할인율 투입모수 ····· 86
표 34. 민감도 분석 대상 투입모수 범위 ····· 87
표 35. 기본분석 - 보건의료체계 관점 ····· 89
표 36. 기본분석 - 사회적 관점 ····· 90
표 37. 기본분석 - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점(2035년) ····· 91
표 38. 기본분석 - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점 ····· 92

표 39. 기본분석 - 대안별 비용 구성 항목 - 사회적 관점 ····· 93
표 40. 일원 민감도 분석 - 보건의료체계 관점 ····· 98
표 41. 일원 민감도 분석 - 신고 및 치료개시 비율 - 보건의료체계 관점 ····· 101
표 42. 일원 민감도 분석 - 결핵 유증상자 비율 - 보건의료체계 관점 ····· 101
표 43. 이원 민감도 분석 - 홍보, 교육 후 유증상자 방문 비율 - 보건의료체계 관점 ····· 102
표 44. 일원 민감도 분석 - 사회적 관점 ····· 103
표 45. 일원 민감도 분석 - 신고 및 치료개시 비율 하한값 적용 - 사회적 관점 ····· 104
표 46. 일원 민감도 분석 - 결핵 유증상자 비율 하한값, 상한값 적용 - 사회적 관점 ····· 104
표 47. 일원 민감도 분석 - 일반인 대상 홍보 시 유증상자 의료기관 방문 비율 - 사회적 관점 ····· 105
표 48. 일원 민감도 분석 - 호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율 - 사회적 관점 ····· 105
표 49. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 - 보건의료체계 관점 ····· 107
표 50. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 - 사회적 관점 ····· 108
표 51. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점(2019-2035년) ····· 110
표 52. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 - 비용 세분화 - 사회적 관점(2019-2035년) ····· 111
표 53. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 보건의료체계 관점 ····· 113
표 54. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 사회적 관점 ····· 114
표 55. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점 ····· 115
표 56. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 비용 세분화 - 사회적 관점 ····· 116
표 57. 비용-효과분석 결과 요약 ····· 117
표 58. 분자진단 검사 도입에 대한 체계적 문헌고찰 연구 결과 ····· 119

그림 목차

그림 1. 감염병 주요 감염기간 ····· 3
그림 2. 결핵 환자 발견에 대한 양파 모형 ····· 5
그림 3. 재감염, 재활성화 가정별 결핵 모형 구조 ····· 9
그림 4. 활동성 결핵 구획의 평균변화율 및 순간변화율 ····· 10
그림 5. 북한의 연도별 신고 결핵 감염자 추이 ····· 12
그림 6. 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과-환자 발견율 추이 ····· 19
그림 7. 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과-신고 감염자 수 추이 ····· 20
그림 8. 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과-모형적합기준(2016년 유병률) ····· 21
그림 9. 최종 선정 시나리오의 신규 및 총 감염자 기준 치료 포함비율 추이 ····· 22
그림 10. 결핵 환자발견율 변화에 따른 질병부담 예측(2019-2070년) ····· 23
그림 11. 결핵 치료 성공/중단 비율 변화에 따른 질병부담 예측(2019-2070년) ····· 23
그림 12. 기초감염재생산수, 감염재생산수에 대한 모수의 민감도 분석(점 탄력성) ····· 25
그림 13. 실재론적 관점에서 인과적 설명 구성요소(좌) 및 층으로 구성된 맥락(우) ····· 33
그림 14. 수동적/능동적 환자 발견 경로 비교 ····· 36
그림 15. 환자발견 맥락 및 기제 도출 분석틀 ····· 43
그림 16. 북한의 결핵관리체계 ····· 46
그림 17. 북한의 지역별 경제수준 ····· 48
그림 18. 의료접근성 제한 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론① ····· 61
그림 19. 의료기관 미방문 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론②③④⑤ ····· 61
그림 20. 의료기관 방문 시 미진단 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론⑥ ····· 62
그림 21. 진단 후 미신고 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론⑦ ····· 63
그림 22. 기본분석틀 ····· 70
그림 23. 비교대안 - 0. 기존 진단기기 유지(1차: 객담도말, 2차: 흉부X선) ····· 72
그림 24. 비교대안 - 1. 기존 진단기기 신규 교체(1차: 객담도말, 2차: 흉부X선) ····· 72
그림 25. 비교대안 - 2. 분자진단기기 신규 도입(1차: 분자진단) ····· 73
그림 26. 비교대안 - 3. 분자진단기기 신규 도입(1차: 흉부X선, 2차: 분자진단) ····· 73
그림 27. 환자발견 비율 결정수형 - 수동적 환자발견, 호담당의사 왕진 ····· 77
그림 28. 환자발견 비율 결정수형 - 이동식 검진 ····· 78
그림 29. 결핵 모형 - 기본분석(상), 구조적 불확실성 분석 시 위양성자 발견 및 치료 가능성 반영(하) 88
그림 30. 기본분석 - 대안별 발견환자 수 추이(2019-2035년) ····· 94
그림 31. 기본분석 - 대안별 결핵 질병부담(DALY) 추이(2019-2035년) ····· 94
그림 32. 기본분석 - 대안별 결핵 발생률 추이(2019-2035년) ····· 95
그림 33. 기본분석 - 대안별 결핵 사망률 추이(2019-2035년) ····· 95
그림 34. 기본분석 - 대안별 비용 추이(2019-2035년) - 보건의료체계 관점 ····· 96
그림 35. 기본분석 - 대안별 비용 추이(2019-2035년) - 사회적 관점 ····· 96
그림 36. 기본분석 - 대안별 생산성 손실비용 비교(2019-2035년) ····· 97
그림 37. 이원 민감도 분석 - 보건의료체계 관점 ····· 102
그림 38. 이원 민감도 분석 - 사회적 관점 ····· 105

그림 39. 확률적 민감도 분석 - 비용-효과 수용 곡선 – 보건의료체계 관점 ····· 106
그림 40. 확률적 민감도 분석 - 비용-효과 수용 곡선 – 사회적 관점 ····· 106
그림 41. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 시 진양성자, 위양성자 관련 비용 – 보건의료체계 관점 ····· 110
그림 42. 위양성자 발견·치료 가능성 고려 시 진양성자, 위양성자 관련 비용 – 사회적 관점 ····· 112
그림 43. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 생산성 손실비용 비교 ····· 116

식 목차

식 1. 결핵 모형구조A의 식 ····· 10
식 2.1 환자발견율 함수 - 상수함수 ····· 11
식 2.2 환자발견율 함수 - 선형함수 ····· 11
식 2.3 환자발견율 함수 - 비선형함수 ····· 11
식 3.1 기초감염재생산 수(R_0) ····· 16
식 3.2 감염재생산 수(R_1) - 모형구조 A,B,C ····· 16
식 3.3 감염재생산 수(R_1) - 모형구조 D ····· 16
식 3.4 R_0의 환자발견율에 대한 점 탄력성 ····· 16
식 4 환자발견비율 - 수동적 환자발견 ····· 78
식 5 환자발견비율 - 호담당의사 왕진 ····· 78
식 6 환자발견비율 - 이동식 검진 ····· 78

Ⅰ. 서론

북한은 1990년대 중반 대기근 이후 결핵이 심각한 공공보건 문제로 대두했으며, 결핵 관리를 위한 다양한 노력을 지속하고 있다. 1998년 세계보건기구(World Health Organization, 이하 WHO)에서 권고한 단기직접복약확인(directly observed treatment, short course, DOTS) 프로그램을 도입해 2003년 전국으로 확대하고(WHO, 2015c. p.19), 글로벌 펀드로부터 결핵 관리사업 지원을 받아 2010년 6월-2015년 9월 A1(기대 이상), 2015년 10월-2018년 6월 B1(적격)의 긍정적인 평가를 받았으며(Global Fund, 2015, p1; Global Fund, 2017, p.1), 2000년 이후 90% 내외의 높은 결핵 환자 치료 성공비율을 기록하고 있다(WHO, 2015c. p.2).

그러나 높은 결핵 치료 성공비율과 국제기구와의 협력에도 불구하고 북한은 여전히 전 세계에서 결핵과 다제내성 결핵 질병부담이 높은 30개국 중 하나로 분류되고 있다(WHO, 2019a, p.22). WHO의 2018 국제결핵보고서(Global TB Report)에 따르면, 2017년 기준 북한의 결핵 발생률은 513/10만 명으로 동남아시아에서 필리핀(554/10만 명)에 이어 두 번째, 다제내성 결핵 발생률은 20/10만 명으로 미얀마(26/10만 명)와 필리핀(26/10만 명)에 이어 세 번째, 결핵으로 인한 사망률은 63/10만 명으로 가장 높은 것으로 추정되었다(WHO, 2018, p.35, p.50).

지속적인 노력에도 해소되지 않는 북한의 결핵 문제를 이해하기 위해서는 누락진단(under-diagnosis) 및 누락보고(under-reporting) 개념을 고려할 필요가 있다. 결핵 치료 성공비율은 '일정 기간 신고 된 결핵 환자 중 성공적으로 치료를 완료한 사람의 비율(WHO, 2018a, p.121)'로 정의되기 때문에[1], 만약 결핵 치료 성공비율이 높더라도 누락진단 또는 누락보고 된 결핵 감염자가 계속 발견되지 못한다면 이들이 일상생활에서 다른 사람에게 결핵을 전파하면서 신규 감염자가 발생할 가능성이 높아질 것으로 추론할 수 있다. 2017년 기준 결핵 발생률 300/10만 명 이상의 아시아 지역 결핵 고위험 국가인 필리핀(554/10만 명), 미얀마(358/10만 명), 인도네시아(319/10만 명)의 2000-2017년 평균 결핵 치료 성공비율이 각각 88.0%, 84.8%, 87.3%으로 조사된 점(WHO, 2018, p.35; WHO, 2020) 역시 결핵 치료만으로는 질병부담을 낮추는데 한계를 가질 수 있음을 시사한다. 특히 2015-2016년 북한에서 실시된 결핵실태조사에서 결핵으로 확진된 340명 가운데 약 43%(146명)가 기침, 객혈 등의 결핵 증상이 발현하지 않은 무증상자였으며, 유증상자 194명 중에서도 43%(84명)가 의료기관에 방문한 경험이 없는 것으로 조사된 결과를 고려할 때(MoPH DPRK, 2017b, p.71), 북한의 결핵 환자 발견이 어느 정도 수준에서 이루어지고 있는지 추정하는 것은 높은 결핵 치료 성공비율에도 불구하고 오랫동안 풀리지 않았던 북한 결핵 문제의 원인을 이해하고, 환자 발견의 중요성을 확인하는 근거가 될 것으로 기대할 수 있다.

1) WHO는 2018년 발간한 공식 용어집에서 해당 개념에 대하여 'treatment success rate'라는 표현을 사용했으나(WHO, 2018a, p.121) 해당 개념은 변화율(rate)이 아닌 비율(proportion)을 나타내므로, 본 연구에서는 '치료성공비율'이라는 용어를 사용했다. 본 연구에서 언급하는 '결핵 치료 성공률'은 치료(T) 구획에서 치료 성공이라는 사건이 발생해 감수성(S) 구획으로 이동하는 순간적인 변화율을 의미함

환자 발견과 관련된 WHO의 결핵 관리 지표로는 치료 포함비율[2](treatment coverage, 일정 기간 신고 된 결핵 감염자/해당 기간 발생한 것으로 추정되는 신규 결핵 감염자)가 있다(WHO, 2018a, p.12). 아시아 지역 결핵 고위험 국가로 분류되는 있는 필리핀, 미얀마, 인도네시아의 2018년 치료 포함비율은 각각 63%, 76%, 67%로 조사돼 북한의 69%와 유사한 수준인 것으로 나타났다(WHO, 2020). 결핵 치료 포함비율이 69%라는 것은 당해 발생한 신규 결핵 감염자 100명 가운데 31명이 누락된 것이라고 해석할 수 있다. 그러나 이 때 치료 포함비율을 구성하는 분자는 실제 신고 된 결핵 감염자, 즉 관찰 값(observed value)이지만 분모는 WHO에서 산출한 결핵 발생률 추정치(estimated value)라는 점에 유의할 필요가 있다. 북한의 2015-2016년 결핵 유병률 실태조사 결과를 바탕으로 WHO(2019b)는 2016-2018년 북한의 결핵 발생률을 513/10만 명으로 추정했으나, 해당 방법(주석6)은 북한의 실증자료가 반영되지 않은 가정치를 '결핵 감염 지속기간' 변수에 적용한 점, 향후 결핵 환자 발견 수준이 개선 또는 악화됨에 따라 질병부담이 어떻게 변화할지 예측하기 어렵다는 점에서 한계를 가지고 있다.

북한 결핵 관련 다양한 실증자료를 확보하기 어려운 상황에서, 본 연구는 첫째, 수학적 모델링을 활용해 환자 발견율을 추정하고 향후 북한의 환자 발견율이 변화될 경우 기대할 수 있는 질병부담 증감 효과를 확인하고, 둘째, 북한에서 누락 결핵 환자가 왜, 어떻게 발생하는지 문헌고찰을 통해 실재론적 평가 관점에서 프로그램 이론을 개발하며, 셋째, 누락된 결핵 환자 발견을 목표로 하는 다양한 검진전략의 비용-효과성을 분석하는 것을 목적으로 한다.

남북이 평화롭게 공존하면서 인적, 물적 교류가 활발히 이루어지기 위한 가장 기본적 토대는 '한반도 건강공동체'의 형성이라고 할 수 있다(전우택, 2018, p.5). 북한의 누락된 결핵 환자 발견의 중요성을 확인하고 검진전략별 비용-효과성을 분석한 본 연구는 북한의 감염병이 남한으로 유입될 가능성에 대응하고, 향후 남북교류 증진의 기반이 되는 한반도 건강공동체 형성에 기여할 수 있다는 점에서 의의를 가질 수 있을 것이다.

2) WHO는 2015년까지 '치료 포함비율'과 동일한 의미를 나타내는 용어로 '환자 발견율(case detection rate)'을 사용했으나(WHO, 2015a, p.92), 이 때 언급된 환자 발견율은 변화율(rate) 보다는 비율(proportion)의 개념이라고 할 수 있다. WHO는 2015년 결핵퇴치전략 보고서에서부터 '환자 발견율' 대신 '치료 포함비율' 표현을 사용했으며(WHO, 2015b, p.28), 2018년 발간한 공식 용어집에서도 '치료 포함비율'로 사용 용어를 대체하였다(WHO, 2018a, p.12). 따라서 본 연구에서는 최근 공식 용어인 '치료 포함비율'라는 표현을 사용했으며, 본 연구에서 언급하는 '환자 발견율'은 활동성 결핵(I) 구획에서 치료(T) 구획으로 이동하는 순간적인 변화율(rate)을 의미함

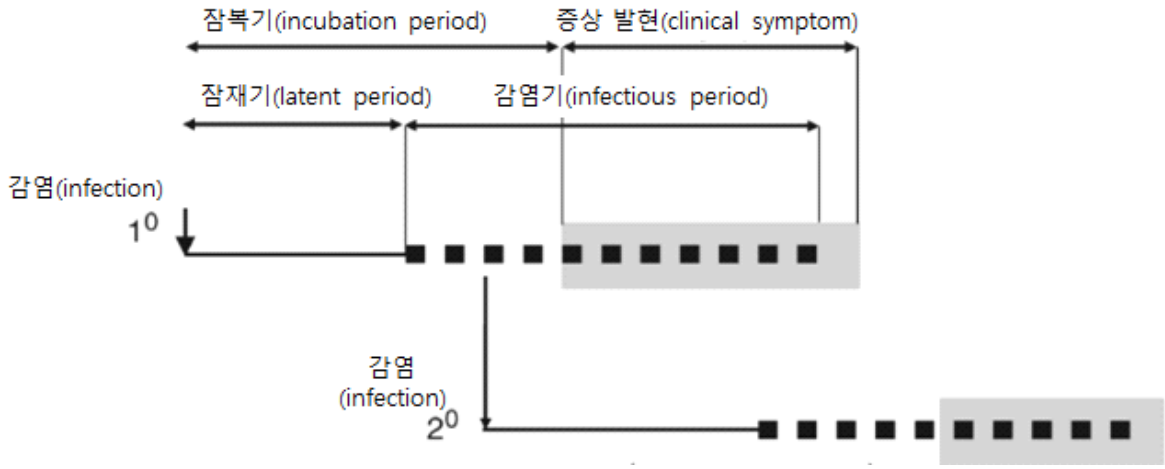
Ⅱ. 북한 결핵 현황에 대한 개관

문헌고찰의 목적은 다음과 같다. 첫째, 감염병과 결핵의 특징을 정리해 본 연구의 결핵 모형에 대한 이해를 돕고, 둘째, 누락된 결핵 환자 발견의 중요성을 관련 모형과 이론 고찰을 통해 확인하고, 셋째, 기존 북한 결핵 질병부담 추계 연구를 정리하고 본 연구의 차별성을 설명한다.

1. 감염병과 결핵

감염병은 “어떤 특정 병원체 혹은 병원체의 독성 물질 때문에 일어나는 질병으로 병원체 혹은 독성 물질에 감염된 사람, 동물 혹은 기타 병원소로부터 감수성 있는 숙주(사람)에게 전파 되는 질환”으로 정의된다(질병관리본부, 2016, p.5). 감염병의 주요 감염기간은 크게 세 가지로 나눌 수 있다. 첫째, 잠재기(latent or pre-infectious period)는 감염 시점부터 숙주가 병원체를 다른 사람에게 전염시킬 수 있는 시점까지의 기간을 의미하며, 둘째, 감염기(infectious period)는 잠재기 종료 시점부터 숙주가 병원체를 전염시킬 수 없는 시점까지의 기간으로 정의할 수 있으며, 셋째, 잠복기(incubation period)는 감염 시점으로부터 질병 증상의 발현 시점까지의 기간을 의미한다(Vynnycky & White, 2010, pp.2-3).

그림 1. 감염병 주요 감염기간



자료원: Vynnycky & White(2010, p.3)

결핵은 결핵균에 의해 발생하는 공기 매개성 감염성 질환이다(질병관리본부, 2019). 전염성을 지닌 활동성 결핵(active tuberculosis) 환자와 접촉한 약 30%가 결핵균에 감염되고, 이 가운데 약 90%는 전염성이 없는 잠복 결핵(latent tuberculosis) 상태를 유지하며 나머지 10%에서 활동성 결핵이

발생하는 것으로 알려져 있다(질병관리본부, 2018, p.387). 잠복 결핵 감염자는 증상이 나타나지 않으면서 다른 사람에게도 전염시키지 않는다는 특징을 가진다(질병관리본부, 2019). 즉, <그림1>에서 잠복 결핵은 잠재기, 활동성 결핵은 감염기에 해당한다고 볼 수 있다. 잠복 결핵은 결핵의 역학적 특징을 설명하는 대표적인 개념이라고 할 수 있으며, 만약 결핵 모형구조[3] 설계 시 잠복 결핵을 구획에 반영하지 않거나 잠복 결핵 신속/지연 감염을 구분하지 않고 단일한 구획으로 설정할 경우 모형 적합도가 낮아질 수 있음에 유의해야 한다(Menzies et al., 2018, p.228, p.235).

2. 결핵 환자 발견

누락된 결핵 환자를 발견해 적절한 치료를 제공하는 것은 결핵으로 인한 사망과 전염으로 인한 피해를 방지하는데 있어 필수적인 작업이다(Yuen et al., 2015, p.2334). Centis et al.(2017)은 결핵 환자 조기 발견 및 효과적인 치료의 중요성을 스타이블로 규칙(Styblo's rule)을 적용한 가상의 사례를 통해 설명한 바 있다. 전염성을 가진 한 명의 활동성 결핵 감염자가 2년 동안 20명을 잠복 결핵으로 전염시키고, 잠복 결핵이 5%의 확률로 활동성 결핵으로 전이된다고 가정해보자. 아무런 조치가 없다면 1명의 활동성 결핵 감염자로 인해 2년 동안 잠복 결핵 감염자 20명, 활동성 결핵 감염자 1명이 발생하지만, 만약 6개월 시점에 결핵 환자 발견과 치료가 이루어진다면 동 기간 발생한 잠복 결핵 감염자는 5명, 활동성 결핵 감염자는 0.25명으로 감소한다.

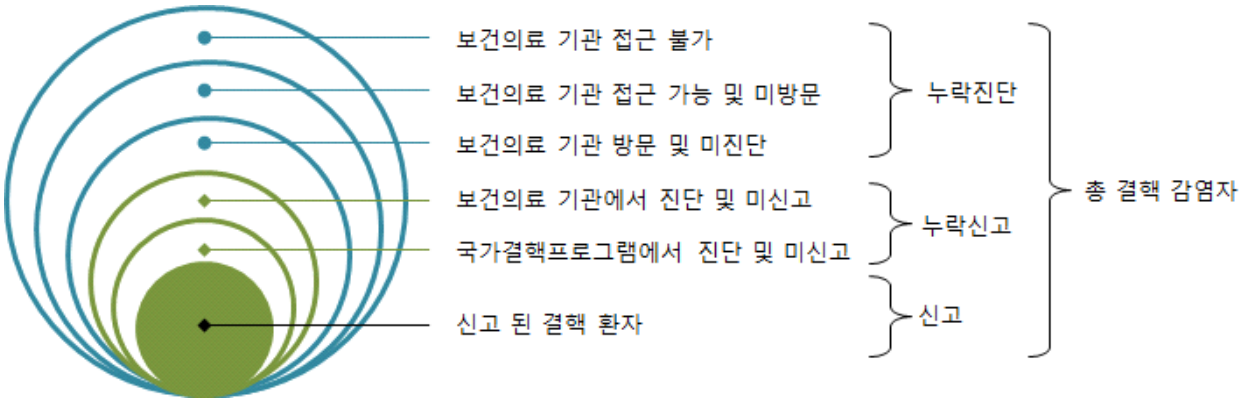
WHO는 2016-2035년 결핵퇴치전략(End TB Strategy)의 중요 지표 중 하나로 '신규 결핵 감염자 가운데 90% 이상을 발견해 치료한다(치료 포함비율≥90%)'라는 목표를 제시한 바 있으나(WHO, 2015b, p.28), 2017년 기준 치료 포함비율은 64% 수준에 불과한 것으로 추정되었다. 즉, 2017년 전 세계적으로 발생한 약 1,000만 명의 신규 결핵 감염자 가운데 360만 명이 결핵 진단, 치료를 받지 못한 누락된 상태로 조사된 것이다(WHO, 2018b, p.79). 결핵 고위험 국가 30개국과 그 외 153개국으로 비교 대상을 구분한 Kim et al.(2019)의 연구는 결핵 고위험 국가의 2016년 평균 치료 포함비율을 65%, 그 외 153개국의 평균 치료 포함비율을 80%로 산출한 바 있다.

결핵 감염자가 어느 영역에서 누락돼 발견되지 못하는지 파악하기 위해 <그림2> 양파 모형(onion model)을 활용할 수 있다. 양파 모형을 구성하는 각각의 층(layer)은 개인의 건강추구행위 또는 보건의료체계 영역과 연관되어 있다(Wells, 2017, p.1101). 양파 모형에 따르면 실제 신고 된 결핵 감염자와 총 결핵 감염자 간 차이가 나타나는 이유는 크게 누락진단과 누락보고로 나누어 설명할 수 있다(WHO, 2011, p.14). 첫째, 누락진단은 (i)지리적, 경제적 이유로 의료 접근성이 제한되는 경우, (ii)결핵 증상이 나타나지 않아 의료기관에 방문하지 않는 경우, (iii)의료기관에 방문하였으나 결핵 진단검사를 받지 못하는 경우, (iv)결핵 진단검사를 받았으나 정확한 진단에 실패한 경우 등 다양한

3) 모형구조의 예로는 SI, SIS, SIR, SIRS, SEIR, SERS 등을 들 수 있다. 이 때 S는 감수성군(susceptible), E는 잠복군(latent), I는 감염군(infectious), R은 회복군(recovered) 구획을 의미한다(Vynnycky & White, 2010, p.16)

이유로 발생할 수 있다. 둘째, 누락보고는 결핵 신고체계가 민간 의료기관까지 연계되지 않거나 의무적으로 결핵 환자를 신고하는 제도가 마련되지 않았을 경우 때 일어날 수 있다(WHO, 2019a, p.90).

그림 2. 결핵 환자 발견에 대한 양파 모형



출처: WHO(2011, p.14)

결핵 감염부터 완치에 이르기까지 과정을 체계적으로 이해하기 위해서는 각 단계별 누락 비율 외에도 지연 요인을 고려할 필요가 있다. Vesga et al.(2019)의 연구는 결핵 감염, 의료기관 방문, 진단, 치료, 완치로 결핵관리 단계를 구분하고 각 단계별 누락과 지연이 5%, 25% 포인트 감소할 경우 인도, 케냐, 몰도바의 결핵 발생률이 2015년 대비 2035년 각각 38%, 31%, 27% 감소할 것으로 추정한 바 있다. 결핵 진단을 지연하는 사회적 결정요인을 분석한 Bonadonna et al.(2017)의 연구에 따르면 (i)'결핵은 알코올, 약물 중독자에게 발생 한다'라는 사회적 낙인이 심할수록, (ii)과거 의료기관 경험이 불만족스러웠거나 의료기관에 대한 신뢰가 낮을수록, (iii)직접적인 결핵 진단비용이 높을수록, (iv)결핵 진단비용을 본인이 부담하지 않더라도 진단으로 인한 시간 및 생산성 손실, 결핵으로 인한 직장상실의 우려 등 간접비용이 높을수록 결핵 증상이 나타나더라도 본인을 결핵 환자로 인식하지 않거나 증상이 심각해 질 때까지 진단을 미루는 경향이 있는 것으로 나타났다.

3. 북한의 결핵 질병부담 및 누락 환자 추계

북한의 결핵 질병부담을 추정한 문헌은 크게 북한 보건성이 실시한 결핵실태조사, WHO에서 매년 발간하는 국제결핵보고서로 나눌 수 있다. 각 문헌에서 어떤 방법을 통해 북한의 결핵 질병부담을 추계하고, 누락 환자를 조사했는지 살펴본 내용은 다음과 같다.

첫째, 북한은 WHO의 기술지원을 받아 2015-2016년 전국 단위의 결핵실태조사를 최초로 실시했다. 북한결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)는 리/읍/구/동 기준 총 4,000여 개 행정단위에서

확률비례추출법을 사용해 100개의 클러스터를 설정하고 무작위로 15세 이상 인구 60,683명을 연구 참여 대상자로 선정했다. 연구 참여자 60,683명 중 인터뷰 및 흉부 X선 촬영을 통해 결핵 의심 환자 4,802명을 선별하고, 이 가운데 4,586명이 객담도말 검사와 배양 검사에 참여해 최종적으로 340명이 세균학적으로 확진된 폐결핵 환자로 조사되었다. 결측치 다중 대체(multiple imputation)와 무응답자의 역확률가중치(inverse probability weighting)를 적용한 결과 북한의 15세 이상의 폐결핵 유병률은 597/10만 명(95% 신뢰구간: 528-666/10만 명), 전 연령대 결핵 유병률은 641/10만 명(95% 신뢰구간: 567-715/10만 명)[4]으로 추정되었다.

북한결핵실태조사에서 결핵으로 확진된 340명 가운데 43%에 해당하는 146명이 결핵 무증상자로 조사되었으며, 유증상자 194명을 대상으로 의료기관 방문 여부를 설문한 결과 약 43%(84명)가 결핵 증상이 발현했음에도 의료기관에 방문한 경험이 없는 것으로 나타났다(MoPH DPRK, 2017b, p.71). 만약 '결핵 무증상 감염자는 의료기관에 방문하지 않아 누락되었다. 결핵 유증상 감염자 가운데 의료기관을 방문한 결핵 환자는 모두 신고 되었다'는 가정을 <그림2> 양파 모형에 적용할 경우 '보건의료 기관 접근 불가 또는 보건의료 기관 접근 가능 및 미방문'으로 인해 누락된 결핵 환자는 총 감염자 대비 68%(=230/340명), 총 감염자 대비 치료 포함비율은 32%(=110/340명)로 산출할 수 있다.

둘째, WHO는 2015년부터 국제결핵보고서를 통해 북한의 결핵 발생률과 사망률 추정치를 발표하고 있다(WHO, 2019b). WHO는 2015년 북한 보건성이 발표한 신고 결핵 감염자 자료를 보정해 결핵 발생률을 561/10만 명(95% 신뢰구간 432-706명/10만 명)으로 추정했으며[5], 2016년부터 2019년까지는 북한결핵실태조사 결과를 바탕으로 발생률을 513/10만 명(95% 신뢰구간 446-584/10만 명)으로 추정하였다[6]. WHO는 자료가 불충분할 경우 가장 최근 추정된 결핵 발생률을 이전 기간에 적용할 것을 권고하고 있으므로(WHO, 2019b, p.6), 2000-2018년 북한의 결핵 발생률 추정치로 513/10만 명을 일괄적으로 사용되고 있다. WHO가 결핵 사망률을 추정하는 방식은 직접적, 간접적 방식으로 구분할 수 있다. 직접적인 방식은 사인을 ICD-10에 따라 코드화한 통계청 사망 자료를 통해 추정하는 방법이며, 간접적인 방식은 발생률과 치료 환자 수, 치명률 공식[7]을 사용해 추정하는 방법이다. WHO는 간접적인 방식으로 북한의 결핵 사망률을 추정하고 있다. 이 때 북한의 연도별 결핵

---

4) 북한결핵실태조사에는 전 연령대 결핵 유병률은 점 추정치만 제시되어 있을 뿐 95% 신뢰구간이 직접적으로 제시되지는 않았다. 따라서 본 연구는 북한결핵실태조사에 명시된 전 연령대 결핵 유병률 산출식을 적용해 95% 신뢰구간을 별도로 산출했다
P = (1-c+cr)/(1-e) Pa 의 식을 활용하여 전 연령대 결핵 유병률을 산출한다(MoPH DPRK, 2017b, p.68).
P: 전 연령 결핵 유병률, Pa: 15세 이상 폐결핵 유병률, c: 15세 미만 인구의 비율(20.7%), r: 성인 대비 소아 결핵 유병률 비율(26.6%), e: 폐외결핵 비율(21%)

5) I = f(N)/(1-g) 식을 활용하여 결핵 발생률을 산출한다(WHO, 2019b, p.5). 2015년 북한의 결핵 진단비율(1-g)은 0.59의 값이 적용되었다
I: 결핵 감염 발생자의 수, N: 신고된 결핵 감염자의 수, f: 큐빅 스플라인 함수, g: 누락진단비율

6) I = P/(1-P)*(1/d)≈P/d 의 식을 활용하여 결핵 발생률을 산출한다(WHO, 2019b, p.7). 2016-2018년 북한의 결핵 지속기간(d)은 2011년 캄보디아(1.2년), 2012년 태국(1.1년)과 유사한 1.1년으로 설정되었다
I: 결핵 발생률, P: 결핵 유병률, d: 질병 지속기간

7) $M = (I-T)f_u + Tf_t$ 의 식을 활용하여 결핵으로 인한 사망률을 산출한다(WHO, 2019b, p.20)
I: 결핵 감염 발생자의 수, T: 결핵 치료자의 수, f_u: 미치료 결핵 감염자의 사망률, f_t: 치료 결핵 감염자의 사망률

발생률은 513/10만 명으로 일괄적으로 적용되므로, 신고 결핵 감염자의 수가 증가할수록 결핵 사망률은 감소하는 관계를 가지게 된다.

북한 보건성이 발표한 2016-2018년 신고 결핵 감염자 수를 WHO(2017, 2018b, 2019a)에서 추정한 결핵 발생률로 나누어 2016-2018년 북한의 신규 감염자 기준 치료 포함비율을 각각 87%, 77%, 69%로 산출할 수 있다. 그러나 WHO에서 추정한 북한의 결핵 발생률은 실증자료에 근거하지 않은 임의의 가정치를 '결핵 감염 지속기간(주석6)' 변수에 적용해 산출한 값이면서, 향후 환자 발견이 개선 또는 악화될 경우 장기적으로 질병부담이 어떻게 변화할지 예측 정보를 제공하기 어렵다는 한계를 가지고 있다. 따라서 본 연구는 북한 실증자료를 반영해 환자 발견율을 추정하고, 환자 발견율 증감에 따른 미래 결핵 질병부담을 추계해 누락 환자 발견의 중요성을 확인하고자 <그림3>과 같은 결핵 모형을 설계하였다.

Ⅲ. 연구(1). 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정

본 연구는 수학적 모델링과 북한의 실증자료를 활용해 북한의 결핵 환자 발견율을 추정하여 향후 환자 발견율이 증감될 경우 기대할 수 있는 효과를 정량적으로 분석하는 것을 목적으로 한다.

1. 연구방법

본 연구는 기존 북한 결핵 질병부담 추계의 한계점을 극복하기 위해 수학적 모델링(mathematical modeling)을 연구방법으로 선택했다. 모델링은 단순한 수식 계산 이상의 의미를 지닌다. 모델링이란 복잡한 현상을 체계적으로 이해하고 추상화하는 연구방법으로 정의할 수 있으며(Kretzschmar, 2019, p.47), 이 때 모델링에 활용되는 수학적 모형은 수학이라는 언어를 통해 체계가 어떻게 움직이는지 설명하는 개념적인 도구라고 할 수 있다(질병관리본부, 2010, p.642). 감염병 모델링은 집단 수준의 실증자료 수집이 어렵거나 제한된 자료만 확보할 수 있을 때 시뮬레이션을 통해 미래 감염병 전파 양상을 예측하고, 여러 감염병 대응 전략의 기대효과를 추정해 결과를 비교할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Knight et al., 2016, p.20; Van Kerkhove & Ferguson, 2012, p.306). 2009년 신종 인플루엔자의 세계적 유행(pandemic) 당시 모델링은 감염병 전파 양상을 신속하게 정량화해 WHO가 전염병 경보 단계를 조정하는데 필요한 근거를 제공하고, 휴교 명령이라는 정책 의사결정을 판단할 수 있도록 사회경제적 비용과 건강 상 편익을 비교하는데 사용된 바 있다(Van Kerkhove & Ferguson, 2012, pp.306-307).

(1) 모형 적합을 통한 모수 추정

모형 적합을 통한 모수 추정은 (1)시나리오 세분화, (2)모형 적합 기준을 충족하는 후보 시나리오 선택, (3)모형 적합도를 고려한 최종 시나리오 선정 과정을 통해 이루어졌다. 1단계에서는 시나리오를 세분화 하는 세 가지 기준은 (i)재감염, 재활성화 가정에 따른 모형구조, (ii)시간의 흐름에 따른 환자 발견율 함수, (iii)초기 잠복 결핵 감염자 비율로 설정했다.

(i)본 연구는 완치 후 재감염, 재활성화 가정에 따라 모형구조를 7가지로 구분했다(그림4, 표1). 결핵 완치자가 한 번도 결핵에 감염되지 않았던 사람보다 재감염, 재활성화 위험이 더 높은지, 낮은지, 동일한지, 또는 사라졌는지에 대해서는 다양한 연구결과가 존재하며 현재까지 합의된 결론이 없는 상태이다(Trauer et al., 2016, pp.75-76). 따라서 본 연구는 재감염, 재활성화 가정에 따른 모형구조를 시나리오를 세분화하는 기준 중 하나로 설정해 모형 적합을 수행하게 되었다.

본 연구는 북한의 결핵 환자 발견율 추정이라는 목적을 달성하기 위해 활동성 결핵 감염자(이하 I)가 환자 발견(ω)을 통해 신고 및 치료(이하 T)를 받는 흐름으로 결핵 모형을 구성했다. 즉, <그림4>에서

[I]는 환자 발견 이전 누락진단 및 누락보고 된 감염자가 머무르는 구획, [T]는 환자 발견 이후 결핵 관리 프로그램에 신고, 등록돼 치료 받는 환자가 머무르는 구획, ω[I]는 환자 발견을 통해 [I]에서 [T]로 이동하는 결핵 감염자로 이해할 수 있다.

그림 3. 재감염, 재활성화 가정별 결핵 모형 구조

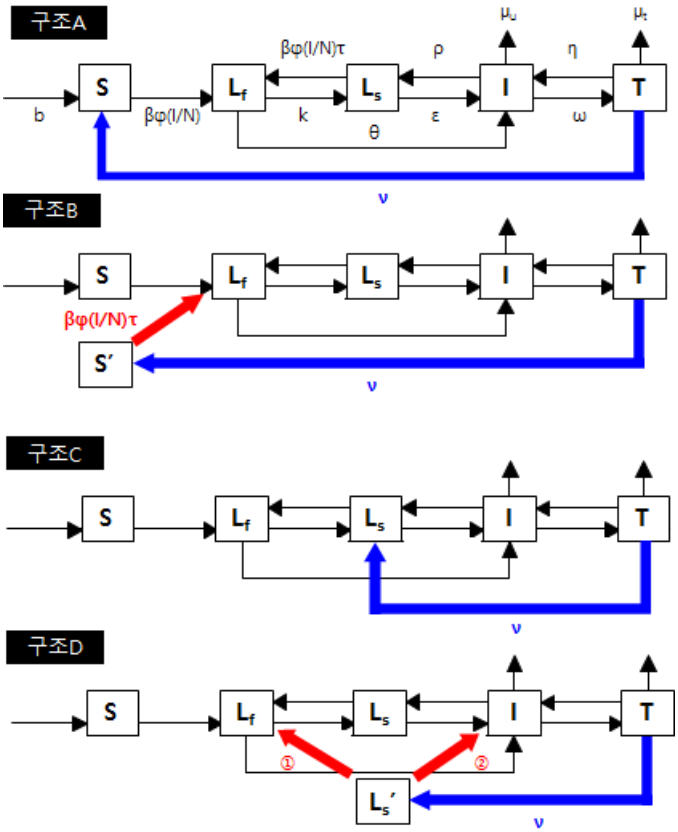


표 1. 결핵 모형 구조별 재감염, 재활성화 위험 가정

모형 구조	결핵 완치 후 이동 구획	결핵 완치 후 재감염 위험 가정	결핵 완치 후 재활성화 위험 가정
A	[S]	결핵 감염 경험이 없는 사람과 동일 (부분면역 고려하지 않음)	결핵 재감염 이후에만 있음 (결핵 신규 감염인 사람과 동일)
B	[S′]	결핵 감염 경험이 없는 사람보다 낮음 (부분면역 고려함)	결핵 재감염 이후에만 있음 (결핵 신규 감염인 사람과 동일)
C	[Ls]	결핵 감염 경험이 없는 사람보다 낮음 (부분면역 고려함)	결핵 재감염 이전에도 있음 (결핵 신규 감염인 사람과 동일)
D(-1)	[Ls′]	결핵 감염 경험이 없는 사람과 동일 (부분면역 고려하지 않음)	결핵 재감염 이전에도 있음 (결핵 신규 감염인 사람보다 높음)
D(-2)	[Ls′]	결핵 감염 경험이 없는 사람과 동일 (부분면역 고려하지 않음)	결핵 재감염 이전에도 있음 (결핵 신규 감염인 사람보다 낮음)
D(-3)	[Ls′]	결핵 감염 경험이 없는 사람보다 낮음 (부분면역 고려함)	결핵 재감염 이전에도 있음 (결핵 신규 감염인 사람보다 높음)
D(-4)	[Ls′]	결핵 감염 경험이 없는 사람보다 낮음 (부분면역 고려함)	결핵 재감염 이전에도 있음 (결핵 신규 감염인 사람보다 낮음)

모형구조 A를 식(1)과 같이 나타낼 수 있으며, <그림5>를 통해 식(1)의 의미를 보다 직관적으로 이해할 수 있다. 연속적인 시간의 흐름 속에서 I(t)는 t시점에서의 [I] 구획 인구, I(t+δt)는 t+δt시점에서의 [I] 구획 인구, (I(t+δt)-I(t))/δt는 t시점부터 t+δt시점까지의 [I] 구획 평균변화율(average rate of change) 또는 직선 $\overline{AC}$의 기울기, dI/dt는 t시점에서의 [I] 구획 순간변화율(instantaneous rate of change) 또는 점C에서의 접선의 기울기 또는 시간 당 [I] 구획으로 유입되는 인구($\theta[L_f]+\varepsilon[L_s]$)에서 [I] 구획으로부터 유출되는 인구($\omega[I]+\rho[I]+\mu_u[I]+\mu_n[I]$)를 차감한 값으로 이해할 수 있다. 각 구획의 인구가 한 가지 변수에 의해서만 변화될 경우 상미분 방정식(ordinary differential equation), 두 개 이상 변수에 의해 변화될 경우 편미분 방정식(partial differential equation)을 적용했다고 할 수 있다(Vynnycky & White, 2010, p.58). 본 연구는 북한의 연도별 신고 결핵 감염자 자료를 기반으로 모형 적합을 수행했기 때문에, 식(1)과 같이 시간(t)이라는 한 가지 변수에 의해서만 구획 이동이 발생하는 상미분 방정식을 수립하였다. 식(1)에 대한 추가적인 설명은 다음절(II.연구방법-2.투입 모수)에서 확인할 수 있다.

$$\frac{dS}{dt} = bN + \nu T - \beta(\phi I/N)S - \mu_n S$$

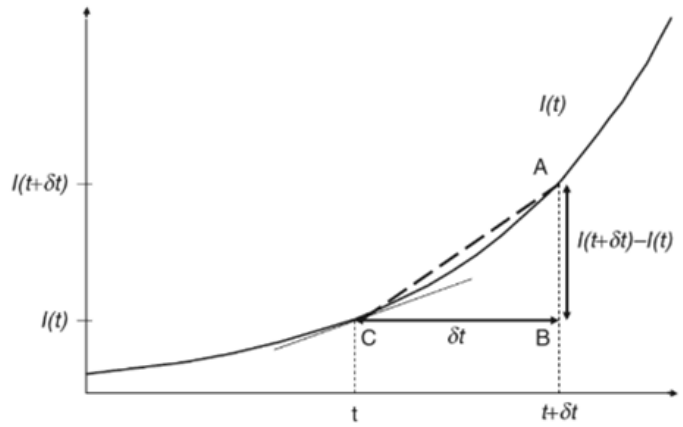
$$\frac{dL_f}{dt} = \beta(\phi I/N)S + \beta(\phi I/N)\tau L_s - kL_f - \theta L_f - \mu_n L_f$$

$$\frac{dL_s}{dt} = kL_f + \rho I - \beta(\phi I/N)\tau L_s - \epsilon L_s - \mu_n L_s \qquad \text{.....(식1)}$$

$$\frac{dI}{dt} = \theta L_f + \epsilon L_s - \omega I - \rho I - \mu_u I - \mu_n I$$

$$\frac{dT}{dt} = \omega I - \nu T - \eta T - \mu_t T - \mu_n T$$

그림 4. 활동성 결핵 구획의 평균변화율 및 순간변화율



자료원: Vynnycky & White(2010, p.47)

재감염, 재활성화 가정을 제외한 다음과 같은 결핵 모형의 특징들은 공통적으로 적용되었다. 첫째, 전체 집단의 평균적인 변화를 살펴보는 결정적(deterministic) 모형이면서 감염력이 시기별 활동성 결핵 감염자 수에 비례해 정해지는 동적전염모형(dynamic transmission model)이다. 둘째, 잠복 결핵을 Menzies et al.(2018) 연구의 권고사항을 반영해 잠복 결핵 신속 감염(이하 L_f) 구획과 잠복 결핵 지연 감염(이하 L_s) 구획으로 분리했다. 셋째, 감수성(이하 S)인 사람이 전염성을 가진 활동성 결핵 감염자와의 접촉을 통해 결핵균에 감염되면 [L_f] 구획으로 이동한다. 넷째, [L_s] 상태인 사람은 활동성 결핵 감염자와의 접촉으로 새로운 결핵균에 전염돼 활동성 결핵이 발생할 수도 있고(재감염, reinfection), 면역력이 약화되면서 기존 잠복해있던 결핵균이 재활성화(reactivation)돼 활동성 결핵으로 전이될 수도 있다. 다섯째, [I] 구획 감염자가 결핵 환자로 발견돼 치료 받게 될 경우 [T] 구획으로 이동하지만, 만약 결핵 진단이 누락 되거나 진단 받더라도 누락보고 등의 문제로 인해 발견되지 않았다면 [I] 구획에 계속 머무르게 된다. 이 때 결핵 환자로 발견된 사람은 신고 결핵 감염자로 등록돼 적절한 결핵 치료를 받는다는 가정 하에 [I]에서 [T]로 이동하는 결핵 환자 수와 신고 결핵 감염자 수가 같다고 설정하였다. 여섯째, 치료가 성공적일 경우 [T]에서 [S]로 이동하지만, 치료 실패 후 치료를 중단할 경우 [I]로 이동하고, 치료를 지속할 경우 [T]에 머무른다.

(ii)환자 발견율이 시간이 흐르면서 어떻게 변화했는지 적용한 가정에 따라 상수함수(식2.1), 선형함수(식2.2), 비선형함수(식2.3)로 구분하였다. 상수함수일 경우 환자 발견율은 시간의 흐름에 따라 변화하지 않는 일정한 값을 가지며, 선형함수는 시간의 흐름에 따라 지속적으로 증가 또는 감소하고, 비선형 함수는 시간의 흐름에 따라 지속적으로 증가 또는 감소 또는 증가 후 감소하는 형태를 가질 수 있다. 이 때 비선형 함수는 생존분석 시 위험함수의 로그-로지스틱 분포 식을 사용하였다. 생존분석 개념을 적용한 것은 [I] 구획에서 환자 발견이라는 사건이 발생해 [T] 구획으로 이동한다는 점에서 결핵 환자 발견율을 일종의 위험함수로 이해할 수 있기 때문이다[8]. 환자 발견율 함수 관련 모수인 알파(α), 감마(ɣ), 델타(δ)는 모형 적합을 통해 각각 추정했다.

$$\text{상수함수 : 환자 발견율}(\omega) = \alpha \quad \text{(식2.1)}$$

$$\text{선형함수 : 환자 발견율}(\omega) = \alpha + \gamma time \quad \text{(식2.2)}$$

$$\text{비선형함수 : 환자 발견율}(\omega) = \alpha + \frac{\gamma\delta(\gamma time)^{\delta-1}}{(1+(\gamma time)^{\delta})} \quad \text{(식2.3)}$$

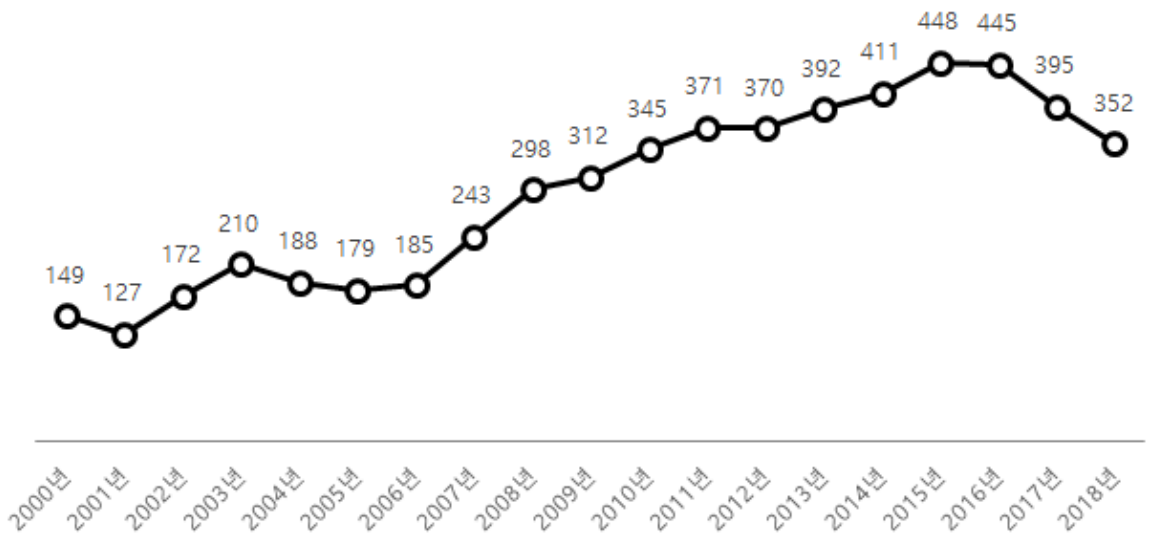
(iii)초기 잠복 결핵 감염자 비율은 전체 인구 가운데 잠복 결핵 감염자가 차지하는 크기로 정의할 수 있으며, 본 연구는 북한의 잠복 결핵 실태에 대한 공식적인 조사가 없었다는 점을 고려해 가정의

8) Wakefield et al.(2019, p.456)은 SIR 모형에서 감수성(S)에서 감염(I) 구획으로 이동하는 감염력을 위험함수의 개념으로 설명하였으며, Wang et al.(2017, p.3)는 SVIRI 모형에서 치료(R) 구획에 머무르는 기간에 대한 함수를 생존함수의 개념으로 설명하였다

범위를 10%-90%(2.5% 단위로 구분)로 폭 넓게 설정했다. 2018년 하나원에서 결핵피부반응검사(tuberculin skin test, TST)를 수행한 결과 북한이탈주민 3,378명 가운데 81%가 잠복 결핵 양성 반응을 보인바 있으나(이민주, 2018) 북한이탈주민이 북한 전체를 대표할 수 있을 것인가에 관한 문제가 제기 될 수 있으며, 2016년 국민건강영양조사에서 한국의 10대 6.5%, 20대 10.9%, 30대 36.4%, 40대 46.1%, 50대 48.7%, 60대(60-64세) 45.0%에서 잠복 결핵 양성 반응을 보인 바 있으나(오경연 등, 2017, p.22), 한국 전쟁 전 세대인 70대 이상이 조사 대상에서 제외되었다는 점에서 수치를 그대로 인용하기는 어려울 것으로 판단하였다. 따라서 본 연구는 초기 잠복 결핵 감염자 비율의 높은 불확실성을 고려해 10%-90%까지 가정의 범위를 폭 넓게 설정해 모형 적합 기준의 충족 여부를 살펴보았다.

2단계에서는 세분화한 시나리오 가운데 모형 적합 기준(calibration target)을 충족하는 모수 후보군을 선택했다. 전염률(β)과 환자 발견율(ω)은 최소제곱법(least square method)을 통해 2000-2018년 북한의 연도별 신고 결핵 감염자 수(그림5)를 결핵 모형에 적합하여 추정했다.

그림 5. 북한의 연도별 신고 결핵 감염자 추이(단위: /10만 명)



자료원: WHO(2020)
주. “WHO TB burden estimates” 이름의 csv 파일에서 “c_newinc_100k” 변수를 통해 해당 수치를 확인할 수 있음

이 때 신고 결핵 감염자 수는 일정 기간(예: 1월 1일부터 12월 31일까지) 집계된 [I]에서 [T]로 이동한 인구로 정의되며 $\sum_{2000\,yr}^{t} \omega[I] - \sum_{2000\,yr}^{t-1} \omega[I]$ 의 수식으로 나타낼 수 있다. 예를 들어 2001년 신고 결핵 감염자 수는 2001년 12월 31일까지 누적된 신고 결핵 감염자에서 2000년 12월 31일까지 누적된 신고 결핵 감염자를 차감한 값으로 이해할 수 있다. 따라서 본 연구에서는 모형 적합을 위해 가상의

누적 신고 결핵 감염자 구획[9]을 만들고 실증자료의 관찰 값과 적합해 모수를 추정했다. 신고 결핵 감염자 수는 10만 명 기준으로 산출된 관찰 값((연도별 신고 결핵 감염자/연도별 전체 인구)×10만 명)을 사용했다. 모형 적합 시 2000년 초기 누적 신고 결핵 감염자 수는 실증자료와 동일하게 설정하고, 2001년부터는 모형을 통해 누적 신고 결핵 감염자수를 추계했다. 결핵 모형은 SAS 9.4의 proc model을 이용해 설계했으며 fit 명령문(statement)을 사용해 모형적합을 수행했다.

모형 적합 기준은 북한결핵실태조사의 내용을 참고해 을 2016년 결핵 유병률로 설정했다. 모형 적합을 통해 추정한 전염률, 환자 발견율 값을 적용해 2016년 결핵 유병률을 산출하고, 이 값이 북한결핵실태조사 결과(641/10만 명)의 95% 신뢰구간(568-715/10만 명) 내에 위치할 때 모형 적합 기준을 충족한 것으로 보았다.

3단계에서는 모형 적합 기준을 충족하는 모수 후보군 가운데 모형 적합도(goodness of fit)를 고려해 기본분석에 적용할 최종 시나리오를 선택했다. 모형 적합도를 판단하는 정량적 기준은 평균 제곱근 오차(root mean square error, 이하 RMSE)로 설정했으며, 정성적으로는 추정 모수의 불확실성을 반영한 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 수행해 2016년 유병률에 대한 평균, 중위값, 사분위 범위(interquartile range, 이하 IQR)를 산출하고 시각적으로 산출 결과를 비교해 최종 시나리오를 선정했다.

(2) 투입모수

본 연구에 적용된 모수의 투입 값은 <표2>에서 확인할 수 있다. 이 때 모수의 투입 값이 의미하는 바를 이해하기 위해서는 변화율(rate)과 비율(proportion)의 차이를 구분해야 한다. 예를 들어 결핵 치료 성공률(ν)은 '결핵 치료율(변화율)'과 '결핵 치료 시 성공비율(비율)'이 결합돼 투입 값이 결정되는 모수이다. '결핵 치료율'은 [T]에서 결핵 치료 완료라는 사건이 발생해 [S]로 이동하는 순간적인 변화율을 의미하며, 만약 결핵 치료 완료가 6개월(=0.5년) 주기로 발생한다면 1년간 [T]에서 [S]로 이동하도록 만드는 2건의 사건이 발생했으므로 '결핵 치료율'은 (1/0.5)/년, 즉 2/년의 값을 가지게 된다. 반면 '결핵 치료 시 성공비율'은 결핵 치료를 받은 환자 가운데 치료에 성공한 환자가 차지하는 상대적인 크기라고 할 수 있으며 [0-1] 범위에서만 값을 가질 수 있다. 즉, 결핵 치료 성공률(ν)은 (1/결핵 치료 완료까지 소요되는 기간)×(일정 기간 결핵 치료를 받고 완치된 환자/일정 기간 결핵 치료를 받은 환자)의 식으로 산출된다고 이해할 수 있다.

$[L_f]$에서 [I]로 발전하는 변화율(k)과 $[L_s]$에서 [I]로 발전하는 변화율(ε), 치료 부재 시 결핵으로 인한 사망률(μ_u) 등 결핵의 자연사와 관련된 모수의 투입 값은 아시아-태평양 지역 결핵 고위험 국가 대상 결핵 모형을 제시한 Trauer et al.(2014) 연구를 참고했다. 세계은행(World Bank, 2020)에서 제공하는 북한의 2000-2018년 평균 출생률 0.015/년을 출생률(b) 투입 값으로 적용했으며, 자연

9) <그림3> [T] 구획을 구성하는 식 가운데 인구 유입(ω[I])만을 고려한 구획으로 이해할 수 있다

사망률(μ_n)은 세계은행(World Bank, 2020)에서 제공하는 북한의 2000-2018년 평균 기대수명 69.31세의 역수인 0.014/년을 투입 값으로 사용했다. 결핵 치료 성공률(ν), 결핵 치료 실패 시 치료 중단율(η), 치료 시 결핵으로 인한 사망률(μ_t)은 WHO(2020)에서 제공하는 북한의 신고 결핵 감염자 대상 치료 결과 자료를 활용해 산출했다. 이 때 2016년 자료는 부재했으므로 2000-2015년, 2017년 치료 결과 자료를 참고했다. 북한은 2000-2015년, 2017년까지 신고 된 누적 결핵 감염자 1,166,928명 가운데 89.5%에 해당하는 1,044,847명이 치료에 성공했으며, 2.7%에 해당하는 31,291명이 사망했고, 7.8%에 해당하는 90,790명이 치료 불순응 또는 치료 실패로 나타났다. 결핵 치료는 일반적으로 6개월(=0.5년)이 소요되므로 치료기간을 나눈 값(=1/0.5년=2/년)에 결핵 치료 성공비율 89.5%와 결핵 치료 시 사망비율 2.7%를 곱한 1.790/년과 0.054/년을 각각 결핵 치료 성공률(ν)과 치료 시 결핵으로 인한 사망률(μ_t)의 투입 값으로 설정했다. 결핵 치료에 실패한 결핵 감염자가 치료를 지속적으로 받는다면 [T] 구획에 머무르지만, 만약 치료를 중단하게 된다면 감염자는 [T]에서 [I] 구획으로 이동하게 된다. 본 연구는 치료 실패 시 치료 중단 비율을 50%로 가정[10]한 값에 결핵 치료 소요기간의 역수인 변화율 2/년(=1/0.5년)과 결핵 치료 실패 비율 7.8%를 곱한 0.078/년을 결핵 치료 실패 시 치료 중단율(η) 투입 값으로 적용했다.

초기(2000년 12월 31일) 전체 인구(N)는 10만 명을 기준으로 설정했으며, 구획별 인구는 잠복 결핵 감염자 비율 가정에 식(1)을 적용해 산출했다. 초기 잠복 결핵 감염자 비율 가정은 'II.연구방법-3.모형 적합을 통한 모수 추정'에서 자세히 다루었으며, [L_f]와 [L_s] 비율은 '잠복 결핵 감염자 가운데 약 10%에서 활동성 결핵이 발생하고, 90% 가량은 잠복 결핵 상태를 유지한다'라는 결핵의 자연사를 반영해(질병관리본부, 2018, p.393) 각각 10%, 90%로 가정했다. 만약 초기 잠복 결핵 감염자 비율을 전체 인구의 50%로 가정할 경우, [L_f]와 [L_s] 인구는 각각 0.5만 명과 4.5만 명으로 설정되며, [I] 구획 인구는 [L_f]와 [L_s]로부터 유입되는 신규 감염자($\theta[L_f]+\varepsilon[L_s]$)에서 환자 발견, 자연 회복, 결핵 치료 부재 시 결핵으로 인한 사망, 자연 사망 등으로 인해 [I] 구획으로부터 유출되는 인구($\omega[I]+\rho[I]+\mu_u[I]+\mu_n[I]$)를 차감해 결정되고, [T] 구획 인구는 [I]에서 환자 발견을 통해 유입되는 인구($\omega[I]$)에서 치료 성공, 치료 실패 후 중단, 치료 시 결핵으로 인한 사망, 자연 사망 등으로 [T] 구획으로부터 유출되는 인구($\nu[T]+\eta[T]+\mu_t[T]+\mu_n[T]$)를 차감하여 정해지고, [S] 구획은 전체 인구(N)에서 나머지 구획 인구($[L_f]+[L_s]+[I]+[T]$)를 차감한 수로 결정된다.

10) 약제내성으로 인해 결핵 치료에 실패한 환자가 요양소에 격리되어 있는 비율을 추정하고자 2008-2015년 유진벨 재단에서 보고한 약제내성 결핵 치료 등록자 수(Seung et al., 2016, p.7)를 해당 연도의 결핵 치료 실패자의 수로 나눈 결과 평균 15%, 최소값 2%, 최대값 32%의 값을 가졌다. 약제내성 외 이유로 결핵 치료에 실패한 환자가 결핵 요양소에 격리되어 있는 경우를 추가적으로 고려해 치료 실패 시 치료 중단 비율의 가정치로 50%의 값을 적용했다

표 2. 모수의 투입 값

모수	투입 값	자료원
β 전염률	-	모형 적합
ω 환자 발견율	-	모형 적합
ϕ [I] 중 전염 가능자 비율	0.350	WHO(2013a); Trauer et al.(2014) 재인용
k [L_f]에서 [L_s]로의 변화율	0.367/년	Trauer et al.(2014)
Θ [L_f]에서 [I]로의 변화율	0.065/년	Diel et al.(2011); Trauer et al.(2014) 재인용
ε [L_s]에서 [I]로의 변화율	0.004/년	Blower et al.(1995); Trauer et al.(2014) 재인용
ε′ [L_s']에서 [I]로의 변화율	0.0036/년, 0.0044/년	Blower et al.(1995); Trauer et al.(2014) 재인용, 가정
ρ [I]에서 [L_s]로의 자연 회복률	0.177/년	Tiemersma et al.(2011); Trauer et al.(2014) 재인용
τ 부분 면역비율	0.490	Colditz et al.(2014); Trauer et al.(2014)
ν 결핵 치료 성공률[1]	1.790/년	Trauer et al.(2014), WHO(2020)
η 결핵 치료 실패 시 치료 중단율[2]	0.078/년	가정
b 출생률	0.015/년	World Bank(2020)
μ_n 자연 사망률	0.014/년	World Bank(2020)
μ_u 치료 부재 시 결핵으로 인한 사망률	0.111/년	Trauer et al.(2014)
μ_t 치료 시 결핵으로 인한 사망률[1]	0.054/년	WHO(2020)

주1. ε′은 완치 후 재활성화 위험율을 의미하며, 모형구조 D(-1), D(-3)은 재활성화 위험이 ε 보다 10% 높은 0.0044/년, 모형구조 D(-2), D(-4)는 재활성화 위험이 ε 보다 10% 낮은 0.0036/년의 값을 적용함

주2: 결핵 치료 소요기간 6개월(0.5년), 결핵 치료 성공비율 89.5%, 결핵 치료 시 사망비율 2.7%, 결핵 치료 실패 시 치료 중단 비율 50%의 값을 적용함

(3) 결핵 질병부담 추계 및 불확실성 분석

최종 시나리오를 결핵 모형에 적용해 2018년 환자 발견율과 치료 포함비율을 확인하고 2019-2070년 결핵 질병부담을 추계했다. 치료 포함비율은 산출 기준을 신규 감염자와 총 감염자로 구분해 각각 산출했다. 이 때 신규 감염자 기준 치료 포함비율은 실제 신고 된 결핵 감염자 수를 모형을 통해 추정한 신규 발생 결핵 감염자 수($\sum_{2000\,yr}^{t}(\theta[L_f]+\epsilon[L_s]) - \sum_{2000\,yr}^{t-1}(\theta[L_f]+\epsilon[L_s])$)로 나눈 비율이며, 총 감염자 기준 치료 포함비율은 실제 신고 된 결핵 감염자 수를 모형을 통해 추정한 총 감염자 수(기존 감염자($[I_{t-1}]$) 및 신규 발생 감염자($\sum_{2000\,yr}^{t}(\theta[L_f]+\epsilon[L_s]) - \sum_{2000\,yr}^{t-1}(\theta[L_f]+\epsilon[L_s])$)의 합[11])로 나눈 비율로 정의했다.

환자 발견율이 2018년 대비 유지/감소/증가할 경우 예측되는 2019-2070년 결핵 유병률, 발생률, 사망률을 추계해 환자 발견율 변화에 따라 기대할 수 있는 결핵 질병부담 증감 효과를 확인하였다. WHO의 결핵퇴치전략 기한이 2016-2035년인 점을 고려해 2035년 기준으로 중단기 효과를 확인하고 장기적인 관점에서 2070년까지의 질병부담을 추정했다. 질병부담 추계 시 특정 시점(예: 2001년 12월 31일)에 관측되는 결핵 유병률은 [I] 구획에서 측정된 인구를 전체 인구(N)로 나누어 산출했고, 일정

11) 예를 들어 2018년의 신규 발생 감염자는 2018년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 발생한 결핵 감염자 수(2018년 발생률, 539/10만 명)를 의미하며, 2018년 총 환자는 2017년 12월 31일 시점 결핵 감염자 수(2017년 유병률, 615/10만 명)와 2018년 1월 1일부터 2018년 12월 31일까지 발생한 신규 감염자의 합인 1154/10만 명이다

기간(2001년 1월 1일부터 2001년 12월 31일까지)에 걸쳐 발생하는 결핵 발생률과 사망률은 각각 $\theta[L_f]+\varepsilon[L_s]$ 과 $\mu_u[I]+\mu_t[T]$ 을 식으로 가지는 누적 구획을 만들고 당해 연도까지의 누적 인구에서 전년도 누적 인구를 차감해 산출했다. 환자 발견율 외에도 결핵 치료 관련 모수 값이 변하거나 환자 발견율 및 치료 관련 모수 값이 동시에 변할 경우 예측되는 2035년, 2070년 질병부담을 추가로 확인했다.

$$R_0 = \frac{\beta\phi}{(\omega+\rho+\mu_u+\mu_n)} \times \frac{(k\epsilon+\theta)}{(k+\theta+\mu_n)} \quad \text{.....(식3.1)}$$

$$R_1 = \frac{\beta\phi}{(\omega+\rho+\mu_u+\mu_n)} \times \left[\frac{(k\epsilon+\theta)}{(k+\theta+\mu_n)} + \frac{\epsilon}{(\epsilon+\mu_n)} + 1 + \frac{\eta}{(\nu+\eta+\mu_t+\mu_n)} \right] \times \frac{1}{4} \text{.....(식3.2)}$$

$$R_1 = \frac{\beta\phi}{(\omega+\rho+\mu_u+\mu_n)} \times \left[\frac{(k\epsilon+\theta)}{(k+\theta+\mu_n)} + \frac{\epsilon}{(\epsilon+\mu_n)} + \frac{\epsilon'}{(\epsilon'+\mu_n)} + 1 + \frac{\eta}{(\nu+\eta+\mu_t+\mu_n)} \right] \times \frac{1}{5} \text{....(식3.3)}$$

$$R_0\text{의 환자 발견율}(\omega)\text{에 대한 점 탄력성}(E_{R_0,\omega}) = \frac{\partial R_0}{\partial \omega} \times \frac{\omega}{R_0} \text{.....(식3.4)}$$

모수에 대한 불확실성(parameter uncertainty) 분석(이하 민감도 분석)은 기초감염재생산수(basic reproduction number, 이하 R_0)를 기준으로 수행했다. R_0는 '[S] 상태인 사람들로 이루어진 집단에 한 명의 감염자가 발생해 감염기 동안 평균적으로 감염시키는 사람의 수'로 정의되며, R_0가 1보다 작다면 시간의 흐름에 따라 무병 균형(disease free equilibrium)으로 수렴하는 국지적으로 안정된 상태라고 할 수 있으나 만약 R_0가 1보다 크다면 무병 균형으로 수렴하지 못하고 집단 내에서 질병이 확산할 수 있는 불안정한 상태라고 판단할 수 있다(van den Driessche & Watmough, 2002, p.30). R_0는 차세대행렬(next generation matrix) 방법을 통해 산출했다.

식(3.1)을 통해 R_0가 (i)[L_f] 구획인 감염자가 [I] 구획으로 이동할 가능성($(k\varepsilon+\theta(\varepsilon+\mu_n))/((k+\theta+\mu_n)(\varepsilon+\mu_n))$)에 (ii)[I] 구획의 감염 기간($1/(\omega+\rho+\mu_u+\mu_n)$)과 (iii)전염 가능한 감염자가 평균적으로 감염시키는 [S] 구획 사람의 수($\beta\varphi$)를 곱한 값임을 확인할 수 있다[12]. R_0가 [L_f] 구획 감염자가 재생산하는 감염자 수로 정의된 것은 질병이 새롭게 발생한 상태를 가정하고 있기 때문이다. 그러나 북한에서 결핵이 만연한 상황인 점을 고려할 때 [L_f] 외에도 [L_S], [I], [T] 구획 감염자가 각각 [S] 구획에 투입될 경우 재생산하는 신규 감염자 평균을 살펴보는 것 역시 의미가 있다고 판단해, 모형 구조 A,B,C 에 적용되는 (식3.2)과 모형 구조 D에 적용되는 식(3.3)을 수립하고 이를 감염재생산수(이하 R_1)로 명명했다. 민감도 분석은 R_0, R_1 에 대한 각 모수의 점 탄력성(point elasticity)을 산출해(van den Driessche, 2017, p.293) 해당 모수의 값이 1% 증가할 때 R_0, R_1이 얼마나 민감하게 변화하는지 확인했다(식3.4).

12) Diekmann et al.(2010, p.876)의 설명을 참고할 수 있다

결핵 완치 후 재감염, 재활성화 위험 가정에 따라 분석 결과가 얼마나 달라지는지 확인하기 위해 모형구조에 대한 불확실성(model structure uncertainty) 분석을 실시했다. 이 때 모형구조에 따른 불확실성을 평가하기 위해 재감염, 재활성화 위험 가정을 제외한 모든 모형구조와 모수 투입 값은 기본분석과 동일하게 설정했다(Kim et al. 2010, p.9). 즉, 구조적 불활실성 분석에서는 다른 모든 조건이 동일할 때, <그림3> 모형 구조 가운데 최종적으로 선정되지 못한 모형 구조로 변경했을 때 2035년, 2070년 결핵 질병부담 추계 결과가 기본분석 대비 얼마나 차이가 나는지 확인했다.

2. 연구결과

<표3>은 2단계 모형 적합 기준(2016년 유병률 641/10만 명, 95% 신뢰구간: 568-715/10만 명)을 충족하는 20개 시나리오별 (i)모형구조, (ii)환자발견율 함수, (iii)2000년 잠복결핵 감염자 비율과 정량적 모형 적합도인 RMSE를 보여준다. 대략적으로 (i)모형구조 D(-1), D(-2), D(-3), D(-4), B, C, A 순으로, (ii)환자발견율 함수는 비선형, 선형, 상수함수 순으로 정량적인 모형 적합도가 높은 것으로 나타났다.

표 3. 2단계 모형적합 기준을 충족하는 후보 시나리오

후보 시나리오	1단계. 시나리오 세분화			2단계. 모형 적합 기준을 충족하는 후보 시나리오 선택					3단계. 모형 적합도 고려해 최종 시나리오 선택
	모형 구조	환자발견율 함수	2000년 잠복결핵비율	2016년 유병률 _결정적 모형	2016년 유병률 _몬테카를로 시뮬레이션				정량적 모형 적합도
	(i)	(ii)	(iii)	(점추정치)	(평균)	(중위값)	(1Q)	(3Q)	(RMSE)
1	구조D(-1)	비선형	45.0%	652	659	657	607	708	30.23
2	구조D(-2)	비선형	45.0%	653	660	658	608	709	30.29
3	구조D(-3)	비선형	45.0%	651	657	655	606	706	30.33
4	구조D(-4)	비선형	45.0%	652	658	657	607	707	30.39
5	구조D(-1)	비선형	42.5%	622	628	627	580	675	30.44
6	구조D(-2)	비선형	42.5%	623	629	628	581	676	30.49
7	구조D(-3)	비선형	42.5%	620	626	625	578	673	30.54
8	구조D(-4)	비선형	42.5%	621	627	626	579	674	30.60
9	구조B	비선형	45.0%	657	663	662	611	714	30.66
10	구조B	비선형	42.5%	626	632	632	582	680	30.88
11	구조C	비선형	42.5%	644	638	637	587	688	31.04
12	구조A	비선형	42.5%	649	656	655	603	706	31.13
13	구조A	비선형	40.0%	615	622	621	572	669	31.35
14	구조C	선형	25.0%	617	616	613	570	656	47.25
15	구조A	선형	25.0%	620	619	617	574	658	47.34

후보 시나리오	1단계. 시나리오 세분화			2단계. 모형 적합 기준을 충족하는 후보 시나리오 선택					3단계. 모형 적합도 고려해 최종 시나리오 선택
	모형 구조	환자발견율 함수	2000년 잠복결핵비율	2016년 유병률 _결정적 모형	2016년 유병률 _몬테카를로 시뮬레이션				정량적 모형 적합도
	(i)	(ii)	(iii)	(점추정치)	(평균)	(중위값)	(1Q)	(3Q)	(RMSE)
16	구조B	상수	25.0%	681	684	683	661	705	48.54
17	구조D(-4)	상수	25.0%	673	676	674	652	697	49.51
18	구조D(-3)	상수	25.0%	671	674	673	650	696	49.74
19	구조D(-2)	상수	25.0%	673	676	675	652	698	49.97
20	구조D(-1)	상수	25.0%	672	675	673	650	697	50.15

몬테카를로 시뮬레이션을 통해 20개 시나리오의 모형 적합 값(fitted value)과 관찰 값을 시각적으로 비교한 결과는 <그림7>에서 확인할 수 있다. 후보 시나리오 가운데 RMSE(표3), 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과(그림6-8) 등을 종합적으로 고려해 시나리오1을 최종적으로 선정했다. 시나리오1은 결핵 환자 발견율이 시간의 흐름에 따라 비선형적으로 변한다는 가정을 적용했으며, 추정 모수의 불확실성을 고려해 몬테카를로 시뮬레이션을 수행한 결과 2016년 유병률이 IQR(1Q-3Q) 607-708/10만 명으로 산출돼 북한결핵실태조사의 95% 신뢰구간(568-715/10만 명) 내에 포함되었으며, RMSE가 가장 작게 산출돼 정량적 모형 적합도가 가장 높았다. 시나리오1의 2016년 유병률 점 추정치, 몬테카를로 시뮬레이션 평균, 중위값은 각각 652/10만 명, 659/10만 명, 657/10만 명으로 산출돼 RMSE가 유사한 다른 시나리오 후보 보다 2016년 유병률 추정치 641/10만 명에 근접한 것으로 나타났다.

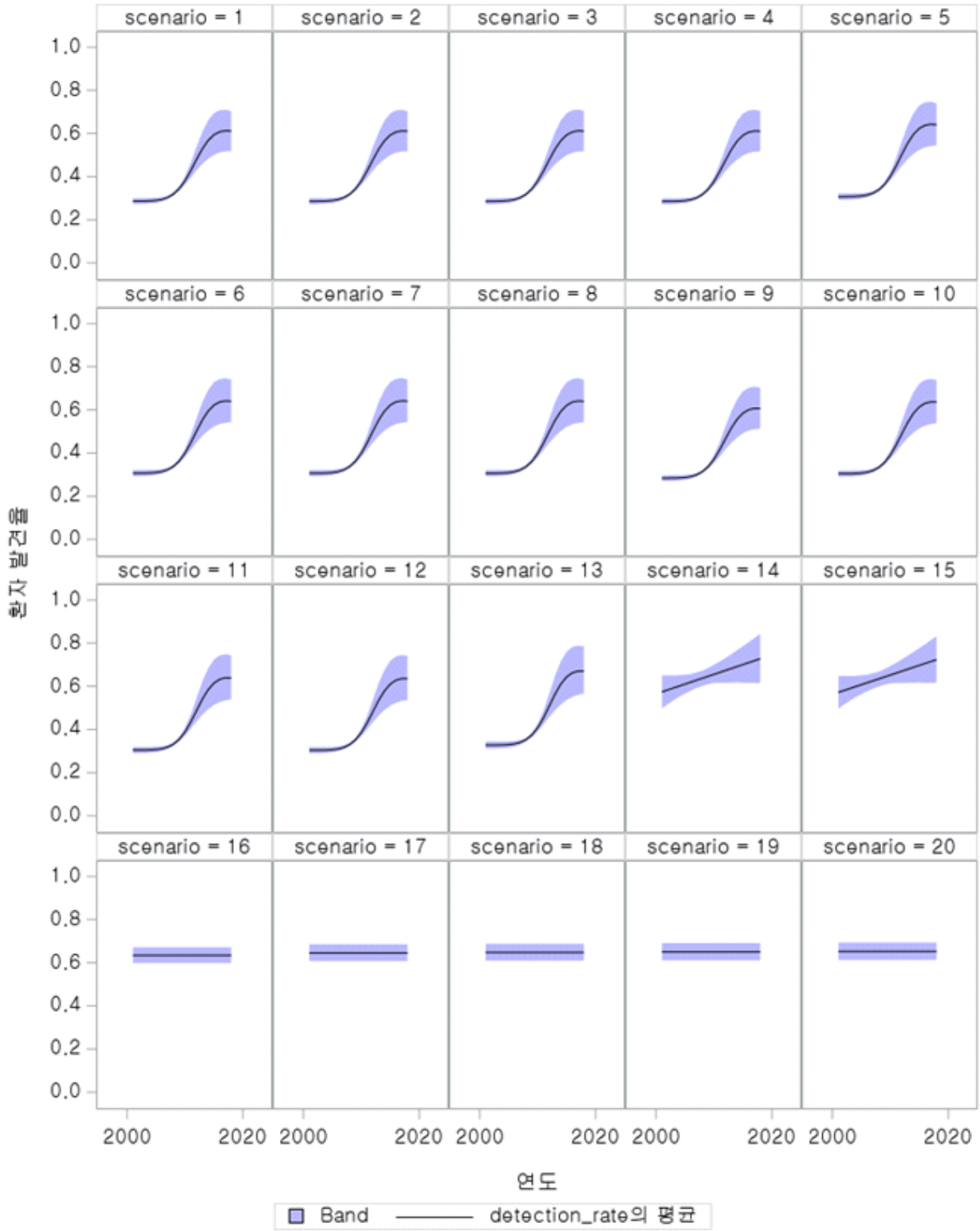
시나리오1을 최종 시나리오로 적용할 경우 북한의 2018년 결핵 환자 발견율은 0.61명/년(95% CI: 0.50-0.73명/년), 신규 감염자 기준 치료 포함비율은 63%(95% CI: 57-70%), 총 감염자 기준 치료 포함비율은 30%(95% CI: 25-35%)로 추정되었다(표4). 즉, 이것은 2018년 기준 신규 감염자 가운데 37%, 총 감염자 가운데 70%의 결핵 환자가 발견되지 못하고 누락된 상태라고 해석할 수 있다.

표 4. 최종 선정 시나리오의 추정모수 및 적용 결과

최종 선정 시나리오	모수 추정치 (표준오차)				모수 추정치 적용 결과 (95% 신뢰구간)					
	전염률	환자 발견율			2018년 환자 발견율	2018년 신규 감염자 기준 치료 포함비율	2018년 총 감염자 기준 치료 포함비율	2018년 결핵 유병률	2018년 결핵 발생률	2018년 결핵 사망률
	β	α	γ	δ	ω	(%)	(%)	(명/ 10만 명)	(명/ 10만 명)	(명/ 10만 명)
1	12.61*** (0.18)	0.29*** (<0.01)	0.07*** (<0.01)	6.99*** (0.84)	0.61 (0.50 -0.73)	63 (57 -70)	30 (25 -35)	604 (480 -767)	559 (504 -620)	82 (67 -100)

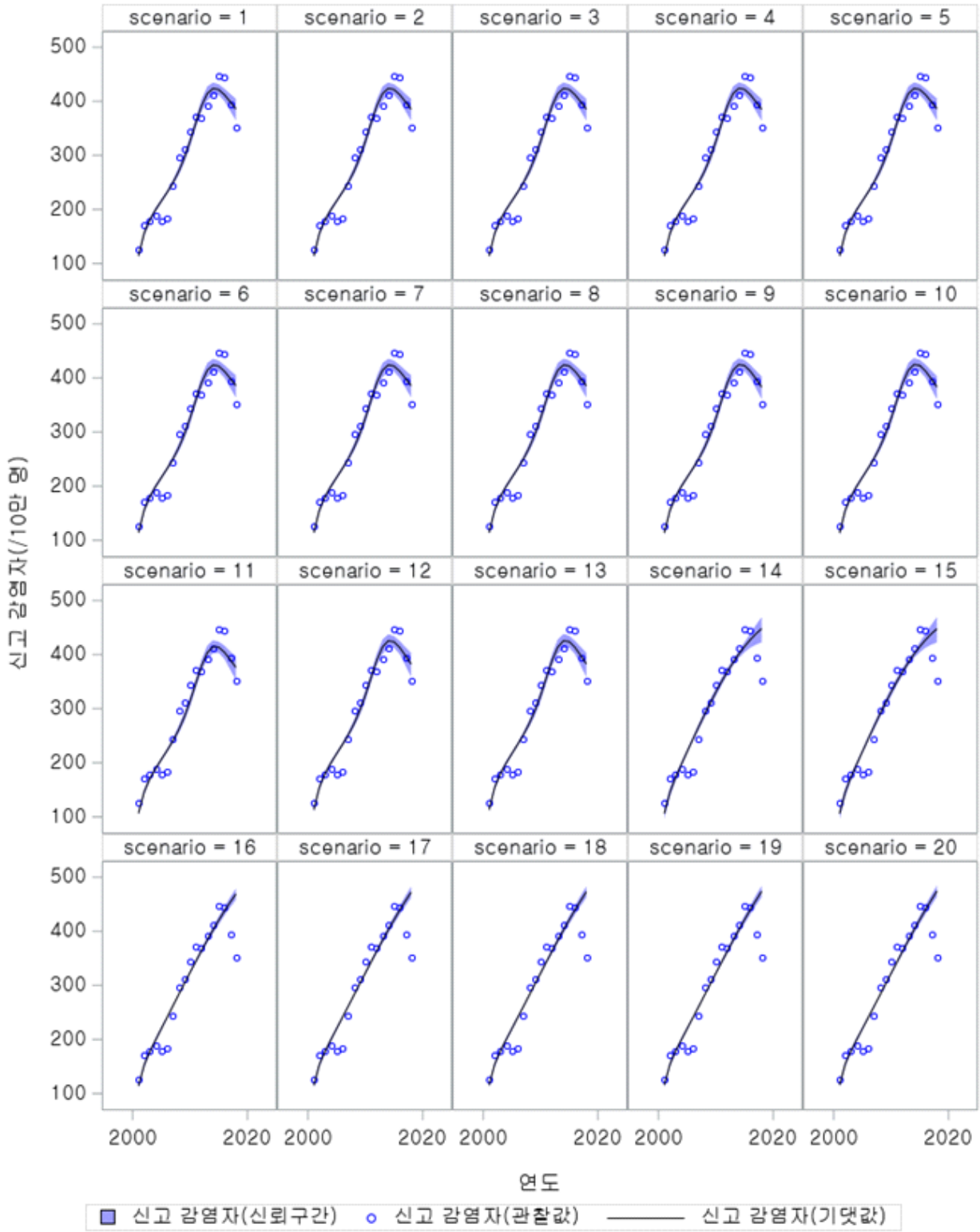
주: *p<0.05, **: p<0.01, ***: p<0.001

그림 6. 후보 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과 - 환자 발견율 추이



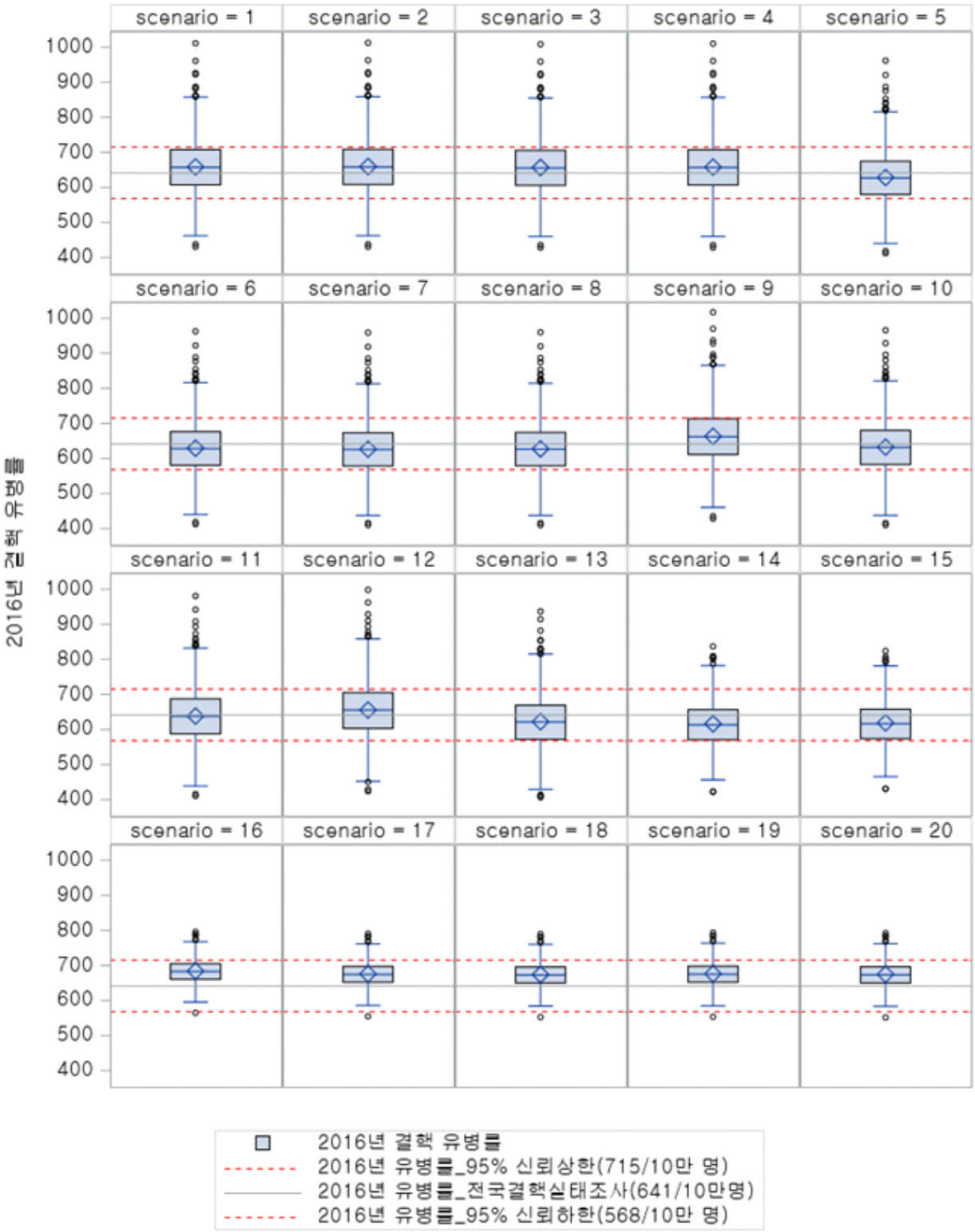
주. 선은 모형을 통해 도출한 적합값의 평균, 면은 적합값의 95%신뢰구간을 의미함. 초기 2000년 1월 1일-2000년 12월 31일 신고 감염자 수를 실증자료의 관찰값과 동일하게 설정한 뒤 2001-2018년 적합값을 도출하였으므로 그림에서는 2000년 관찰값과 적합값 표기를 생략함

그림 7. 후보 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과 - 신고 감염자 수 추이



주. 점은 실증자료의 관찰값, 선은 모형을 통해 도출한 적합값의 평균, 면은 적합값의 95%신뢰구간을 의미함. 초기 2000년 1월 1일 -2000년 12월 31일 신고 감염자 수를 실증자료의 관찰값과 동일하게 설정한 뒤 2001-2018년 적합값을 도출하였으므로 그림에서는 2000년 관찰값과 적합값 표기를 생략함

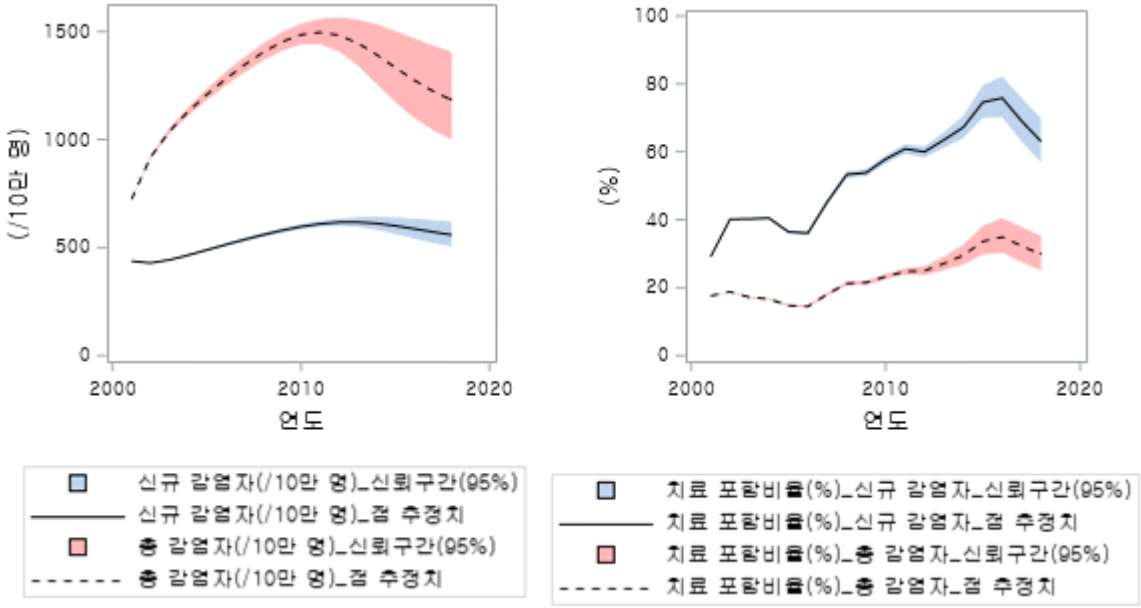
그림 8. 후보 시나리오별 몬테카를로 시뮬레이션 수행 결과 - 모형적합기준(2016년 유병률)



주. 상자그림(box plot) 내 점은 평균값, 선은 중위값, 상자의 상단은 3분위 값(3Q), 상자의 하단은 1분위 값(1Q)을 의미함

2000-2018년 환자 발견율 최소값은 0.29명/년(2000-2006년), 최대값은 0.61명/년(2017-2018년)으로 추정됨에 따라 R_0는 [1.85-2.85], R_1은 [2.64-4.07]의 범위를 가졌으며, 2018년 기준 R_0와 R_1은 각각 1.85, 2.64로 산출되었다. 다른 모수의 투입 값이 동일하다는 가정 하에 R_0와 R_1이 역치(threshold)인 1보다 낮아져 무병 균형 상태로 수렴하기 위해서는 환자 발견율이 각각 1.38명/년, 2.10명/년 수준으로 향상되어야 하는 것으로 나타났다.

그림 9. 최종 선정 시나리오의 신규 및 총 감염자 기준 치료 포함비율 추이



<그림9>에서 2019-2070년 환자 발견율이 (i)2018년 보다 낮은 0.50명/년으로 감소할 경우, (ii)2018년과 동일한 0.61명/년 수준을 유지하는 경우, (iii)R_0,R_1<1 조건을 만족하지는 못하지만 2018년보다 향상된 0.80명/년으로 증가할 경우, (iv)R_0,R_1<1 조건을 만족하는 2.00명/년으로 증진될 경우로 세분화해 결핵 질병부담을 예측했다. 2019-2070년 환자 발견율이 (i)0.50명/년으로 감소할 경우 중단기에 증가한 질병부담이 장기적으로 지속되는 모습을 보였으며, (ii)0.61명/년으로 유지되거나 (iii)0.80명/년 수준으로 제한적으로 증가할 경우 중단기적으로 감소한 질병부담이 장기적으로는 정체되는 모습을 보였다. 반면 환자 발견율이 (iv)2.00명/년 수준으로 증진될 경우 중단기에 급격하게 질병부담이 감소한 후 장기적으로 완만한 감소추세를 이어가는 것으로 나타났다.

<그림10>은 2019-2070년 환자 발견율을 2018년과 동일한 0.61명/년으로 유지하면서 결핵 치료 관련 모수 값이 변할 때 기대할 수 있는 질병부담 증감 효과를 추정한 것이다. 분석 결과 2019-2070년 환자 발견율이 2018년 수준을 유지하더라도 결핵 치료 성공비율이 기존 89.5%에서 50%로 감소할 경우 질병부담은 중단기 급증 후 장기적으로 완만하게 증가하는 추세를 보였으며, 결핵 치료 성공비율이 70%로 감소할 경우 중단기, 장기 모두 질병부담이 2018년 수준으로 정체될 것으로 예측되었다. 결핵 치료 성공비율을 89.5%로 유지한 상태에서 결핵 치료 실패 시 중단 비율이 기존

50%에서 0%로 감소될 경우, 질병부담 크기 자체는 다소 감소했으나 중단기, 장기 추이는 치료 중단 비율이 50%인 경우와 유사하게 나타났다.

그림 10. 결핵 환자발견율 변화에 따른 질병부담 예측(2019-2070년)

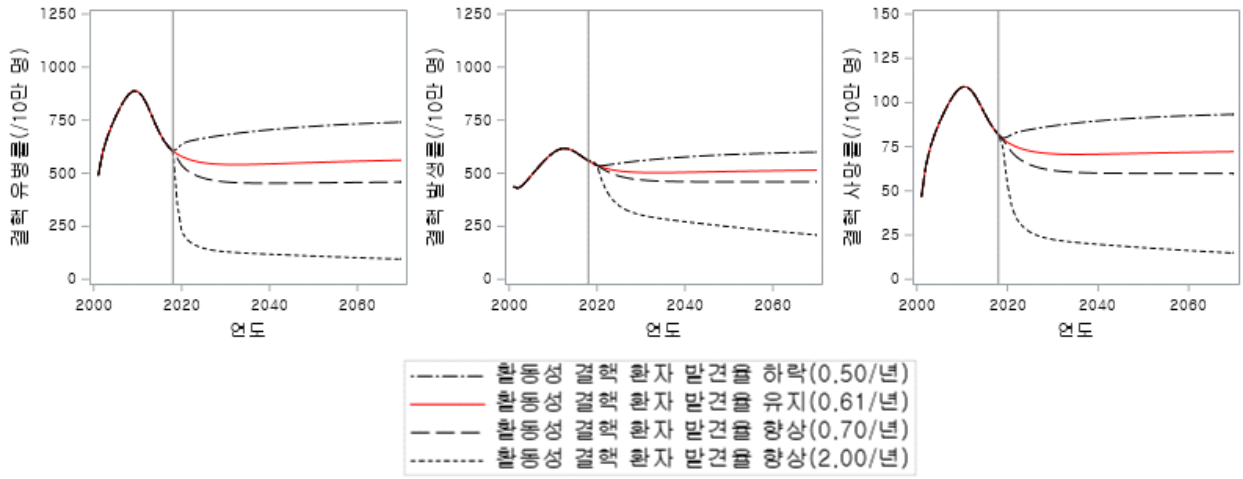
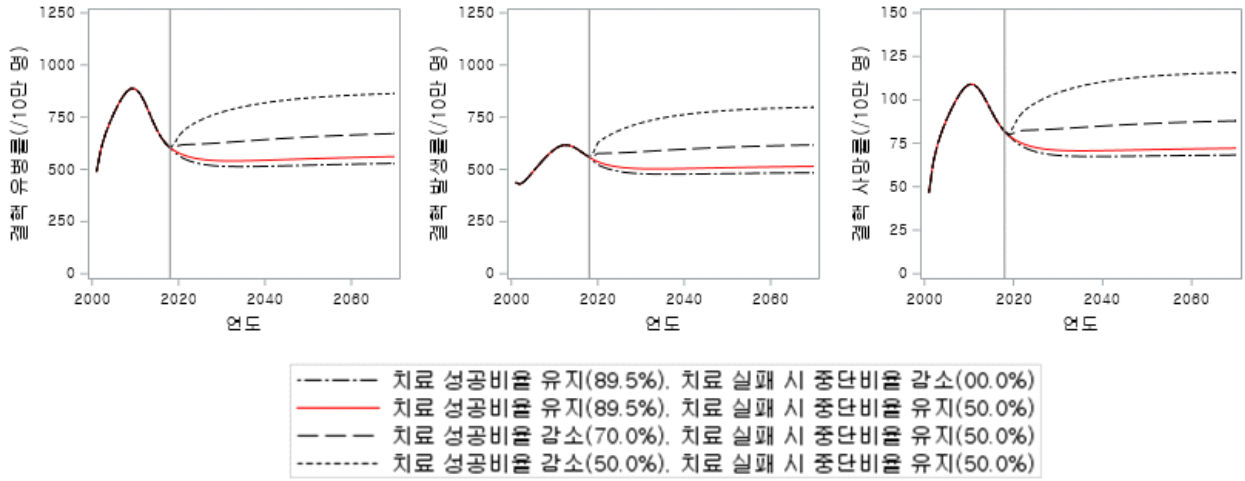


그림 11. 결핵 치료 성공/중단 비율 변화에 따른 질병부담 예측(2019-2070년)



<표5>는 환자 발견율과 결핵 치료 성공비율 변화에 따른 중단기(2035년) 및 장기(2070년) 결핵 유병률, 발생률, 사망률 추정치를 보여준다. 환자 발견율과 결핵 치료 성공비율이 높아질수록 질병부담이 감소했으며, 환자 발견율을 2.00명/년으로 향상하면서 결핵 치료 성공 비율을 89.5%로 유지할 경우 2035년과 2070년 유병률이 각각 기본분석 시나리오(환자 발견율 0.61명/년, 치료 성공비율 89.5%) 대비 77%(123/10만 명), 83%(95/10만 명) 감소할 것으로 추정되었다. 만약 환자 발견율이 0.80명/년으로 증가 하더라도 결핵 치료 성공비율이 50%로 낮아진다면 2035년과 2070년 유병률은 기본분석 시나리오 대비 각각 6%(575/10만 명), 7%(600/10만 명) 증가할 것으로 예측되었다.

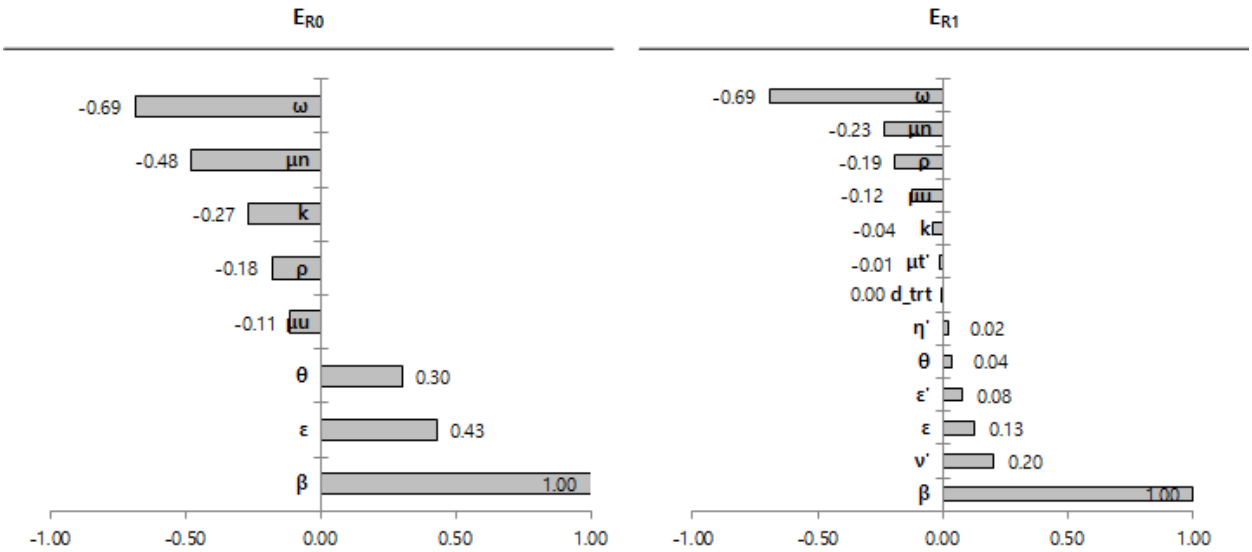
표 5. 환자 발견율 및 결핵 치료 성공비율 변화에 따른 중단기(2035년), 장기(2070년) 질병부담 예측

	2035년 결핵 유병률		2035년 결핵 발생률		2035년 결핵 사망률	
	기본분석[1] 기준 (541/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (503/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (71/10만 명)	기준 대비 증감률
환자 발견율 0.50명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	694	28%	569	13%	88	24%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	809	50%	664	32%	104	46%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	1004	86%	827	64%	131	85%
환자 발견율 0.61명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 70%	635	17%	591	17%	84	18%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	801	48%	746	48%	108	52%
환자 발견율 0.80명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	382	-29%	427	-15%	52	-27%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	450	-17%	504	0%	62	-13%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	575	6%	645	28%	82	15%
환자 발견율 2.00명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	123	-77%	285	-43%	21	-70%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	143	-74%	332	-34%	25	-65%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	181	-67%	420	-17%	33	-54%
	2070년 결핵 유병률		2070년 결핵 발생률		2070년 결핵 사망률	
	기본분석[1] 기준 (562/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (514/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (72/10만 명)	기준 대비 증감률
환자 발견율 0.50명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	741	32%	599	17%	93	29%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	872	55%	708	38%	112	56%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	1093	94%	892	74%	143	99%
환자 발견율 0.61명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 70%	672	20%	617	20%	88	22%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	863	54%	798	55%	116	61%
환자 발견율 0.80명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	374	-33%	411	-20%	50	-31%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	454	-19%	501	-3%	62	-14%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	600	7%	666	30%	84	17%
환자 발견율 2.00명/년						
• 결핵 치료 성공 비율 89.5%	95	-83%	209	-59%	15	-79%
• 결핵 치료 성공 비율 70%	113	-80%	252	-51%	19	-74%
• 결핵 치료 성공 비율 50%	150	-73%	337	-34%	26	-64%

주1. 기본분석 시나리오는 환자 발견율 0.61명/년, 결핵 치료 성공비율 89.5%인 경우를 의미함

2018년 R_0, R_1을 기준으로 모수의 민감도 분석을 수행한 결과(그림11), 본 연구에서 모형 적합을 통해 추정한 환자 발견율(ω)과 전염률(β)이 다른 모수에 비해 질병 재생산에 민감하게 영향을 주는 모수인 것으로 나타났다. 환자 발견율(ω)이 1% 증가(감소)할 경우 R_0와 R_1은 0.69% 감소(증가)하고, 전염률(β)이 1% 증가(감소)할 경우에는 R_0와 R_1가 각각 1.00% 증가(감소)했다. 결핵 치료 성공비율(ν')이 1% 증가(감소)할 경우에는 R_1가 0.20% 증가(감소)하는 것으로 나타나 결핵 퇴치를 위해서는 기존 90% 내외의 높은 치료 성공비율을 계속 유지할 필요가 있음을 보여주었다.

그림 12. 기초감염재생산수(좌), 감염재생산수(우)에 대한 모수의 민감도 분석(점 탄력성)



주: 환자 발견율(ω=0.67명/년), 자연 사망률(μn=0.014명/년), 잠복결핵 신속 감염에서 지연 감염으로의 변화율(k=0.367명/년), 활동성 결핵에서 잠복결핵 지연 감염으로의 자연 회복률(ρ=0.177명/년), 치료 부재 시 결핵으로 인한 사망률(μu=0.111명/년), 잠복결핵 신속 감염에서 활동성 결핵으로의 변화율(Θ=0.065명/년), 잠복결핵 지연 감염에서 활동성 결핵으로의 변화율(ε=0.004명/년), 전염률(β=14.65명/년), 결핵 치료 시 성공비율(ν'=89.5%), 결핵 치료 실패 시 치료 중단비율(η'=50%), 결핵 치료 시 사망비율(μt'=2.7%), 결핵치료기간(d_trt=2/년)

<표6>은 구조적 불확실성 분석 결과를 보여준다. 본 연구의 기본분석 모형구조는(그림3) 완치 후 재감염 부분면역이 없으면서 재활성화 위험이 재감염 전까지 없다는 가정이 적용되었다. 완치 후 재감염, 재활성화 가정에 따라 결핵 모형을 각각 설계하고 모형구조별 2035년과 2070년 질병부담 예측치를 비교한 결과, 질병부담이 가장 낮게 산출된 것은 모형구조 A였다. 모형구조 A는 완치 후 재감염 부분면역이 없으면서 재활성화 위험이 재감염 전까지 없다는 가정이 적용된 모형이다. 모형구조 A는 2035년, 2070년 결핵질병부담이 기본분석보다 각각 [15-18%], [20-21%] 가량 낮게 산출되었다. 질병부담이 가장 높게 산출된 것은 최종 시나리오로 기본분석에 적용된 모형구조 D(-1)이었다. 모형구조 D(-1)는 재감염 부분면역이 없으면서 재활성화 위험이 재감염 전에도 존속한다고 가정한 모형이다. 모든 모형구조에서 기본분석 결과와의 격차는 시간의 흐름에 따라 점차 커지는 것으로 나타났다.

표 6. 완치 후 재감염, 재활성화 가정에 따른 모형구조의 불확실성 분석

	2035년 결핵 유병률		2035년 결핵 발생률		2035년 결핵 사망률	
	기본분석[1] 기준 (541/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (503/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (71/10만 명)	기준 대비 증감률
모형구조 A	462	-15%	416	-17%	58	-18%
모형구조 B	469	-13%	440	-13%	62	-13%
모형구조 C	491	-9%	443	-12%	62	-13%
모형구조 D(-2)	532	-2%	494	-2%	69	-3%
모형구조 D(-3)	529	-2%	497	-1%	70	-1%
모형구조 D(-4)	518	-4%	486	-3%	69	-3%
	2070년 결핵 유병률		2070년 결핵 발생률		2070년 결핵 사망률	
	기본분석[1] 기준 (562/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (514/10만 명)	기준 대비 증감률	기본분석[1] 기준 (72/10만 명)	기준 대비 증감률
모형구조 A	450	-20%	404	-21%	57	-21%
모형구조 B	449	-20%	415	-19%	58	-19%
모형구조 C	493	-12%	445	-13%	62	-14%
모형구조 D(-2)	548	-2%	502	-2%	70	-3%
모형구조 D(-3)	547	-3%	508	-1%	71	-1%
모형구조 D(-4)	530	-6%	492	-4%	69	-4%

주1. 기본분석 모형구조는 <그림3>의 모형구조 D(-1) 임

3. 고찰

최종 시나리오를 결핵 모형에 적용해 분석한 결과, 2018년 북한의 신규 감염자 기준 37%, 총 감염자 기준 70%의 결핵 환자가 발견되지 못하고 누락된 상태인 것으로 나타났다. 북한의 결핵 환자 발견율(ω)은 최대 0.61명/년(2017-2018년), 최소 0.29명/년(2000-2006년)의 범위를 가지는 것으로 추정되었다. 즉, 본 연구에서 추정한 북한의 2018년 결핵 환자 발견율(ω)은 아시아-태평양 결핵 고위험 국가 대상 결핵 모형을 제시한 Trauer et al.(2014)이 환자 발견율 투입 값으로 제안한 0.72명/년보다는 낮으나, Kim et al.(2018)이 추정한 필리핀 환자 발견율 0.34명/년[13]보다는 높은 수준인 것으로 나타났다.

기본분석 시나리오(환자 발견율 0.61명/년, 결핵 치료 성공비율 89.5%)를 적용해 분석한 결과 2018년 유병률은 589/10만 명으로 추정되었으며, 향후 2019-2070년 환자 발견율이 2018년 수준으로 지속될 경우 2035년과 2070년 결핵 유병률은 각각 541/10만 명, 562/10만 명이 될 것으로 예측되었다. 만일 2019-2070년 환자 발견율이 0.50명/년으로 감소할 경우 2070년 결핵 유병률은 기본분석(562/10만 명) 대비 32% 증가하고(741/10만 명), 환자 발견율이 0.80명/년으로 증가할 경우에는 33% 감소하며(374/10만 명), 환자 발견율이 2.00명/년으로 개선될 경우에는 83% 감소할(95/10만 명) 것으로 추계되었다. 그러나 만약 환자 발견율이 2019-2070년 0.80명/년으로 향상되더라도 기존 89.5%를 기록하던 치료 성공비율이 50%로 감소할 경우 2070년 유병률은

13)Kim et al.(2018)은 결핵 모형 구획을 '감수성(S)', '고위험 잠복 결핵(E)', '활동성 결핵(I)', '저위험 잠복 결핵(L)'으로 구성했다. Kim et al.(2018)은 모형 적합을 통해 [I]에서 [L]로 이동하는 '환자 발견 및 치료율'을 0.29/년으로 추정했다. 따라서 만약 본 연구와 동일하게 치료기간을 6개월(=0.5년)로 가정한다면, 본 연구에서 정의한 환자 발견율은 0.34/년(=1/(1/0.29-0.5))으로 산출할 수 있다. 참고로 Kim et al.(2018)은 결핵 치료 성공비율을 80%로 가정했다

기본분석(562/10만 명) 대비 7% 증가하는(600/10만 명) 것으로 나타나 향후 북한의 결핵 질병부담을 큰 폭으로 낮추기 위해서는 '환자 발견율 증진 및 높은 환자 치료 성공비율 유지'라는 목표가 동시에 충족되어야 함을 보여주었다.

북한의 2000-2018년 결핵 R_0는 최대 2.85(2000-2006년), 최소 1.85(2017 -2018년)의 범위를 가지는 것으로 추정돼, 최대값은 1990-2014년 필리핀의 3.89(Kim et al. 2018)보다 낮고 최소값은 2005-2016년 중국의 1.79(Zhao et al., 2017) 보다 높은 것으로 나타났다. R_0가 1보다 크다는 것은 기존 상태가 지속될 경우 결핵 퇴치가 자연적으로 이루어지기 어렵다는 것을 의미하며, 이것은 향후 북한의 결핵 문제를 해결하기 위해 추가적인 개입전략이 필요함을 시사한다. 환자 발견율에 대한 R_0와 R_1의 점 탄력성은 -0.69로 산출돼 다른 투입 모수에 비해 높은 탄력성을 보였으며, R_0와 R_1을 무병 균형 수렴의 역치인 1보다 낮게 만들기 위해서는 환자 발견율을 각각 1.38명/년, 2.10명/년 수준으로 높여야 하는 것으로 나타났다.

본 연구는 기본분석 결핵 모형구조와 추정 모수의 외적 타당성(external validity)을 확인하기 위해 기존 문헌 연구결과와 비교하는 작업을 수행했다. 본 연구의 결핵 모형을 적용한 결과 2016-2018년 결핵 발생률은 각각 587/10만 명, 572/10만 명, 559/10만 명, 결핵 사망률은 각각 89/10만 명, 85/10만 명, 82/10만 명으로 추정돼, 2016년 결핵 사망률을 제외하면 모두 WHO 국제결핵보고서 추정치의 95% 신뢰구간[14] 내에 위치했다. 본 연구에서는 2016-2018년 신규 감염자 기준 치료 포함비율을 각각 75%, 69%, 63%로 산출해 WHO(2017, 2018b, 2019a)의 추정치 87%, 77%, 69%와 추세적 일관성을 확인했다. 만약 북한결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b, p.71) 결과에 '결핵 무증상 감염자는 의료기관에 방문하지 않아 누락되었다. 결핵 유증상 감염자 가운데 의료기관을 방문한 결핵 환자는 모두 신고 되었다'라는 가정을 적용할 경우, 총 감염자 대비 치료 포함비율은 35%로 산출돼 본 연구의 2016-2018년 추정치 35%, 32%, 30%와 유사한 값을 가지는 것으로 나타났다(II.문헌고찰-3. 북한의 결핵 질병부담 및 누락 환자 추계 참고).

본 연구는 첫째, 수학적 모형과 모형 적합을 통해 북한의 결핵 환자 발견율을 추정한 첫 번째 연구인 점, 둘째, 추정 모수의 불확실성을 반영한 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 실시해 시나리오별 연구결과의 신뢰성(reliability)을 확인한 점, 셋째, 환자 발견율을 시간의 흐름에 따른 함수로 세분화하여 다양한 시나리오를 고려하고 이 가운데 가장 모형 적합도가 높은 시나리오를 최종 모형으로 선정한 점, 넷째, 감염재생산수를 산출하고 무병 균형으로 수렴하기 위한 환자 발견율 목표치를 제시한 점, 다섯째, 결핵 모형을 활용해 미래 질병부담을 예측하여 환자 발견율 증진 및 높은 치료 성공률 유지의 중요성을 확인한 점에서 의의를 가질 수 있다.

반면 본 연구는 다음과 같은 한계를 가지고 있다. 첫째, 북한 보건성이 발표한 신고 결핵 감염자 수를 실증자료로 활용해 모형 적합을 수행했으므로, 실증자료 자체에 오류가 있을 경우 연구결과를

14)WHO의 결핵 발생률 추정치(95% 신뢰구간): 2016-2018년 동일하게 513(446-586)/10만 명, WHO의 결핵 사망률 추정치(95% 신뢰구간): 2016년 43(27-63)/10만 명, 2017년 63(43-86)/10만 명, 2018년 80(56-107)/10만 명

타당하다고 받아들이기 어렵다. 북한 보건성은 매해 WHO를 통해 신고 결핵 감염자의 수와 그 치료 결과를 발표하고 있으며(WHO, 2020) 본 연구는 '신고 된 결핵 감염자는 [I]에서 [T]로 이동해 적절한 치료를 받지만, 만약 결핵으로 확진 되더라도 신고 감염자로 등록되지 않는다면 치료받지 못하고 [I] 구획에 머무를 것이다'라는 가정에 기반하고 있다. 본 연구의 분석 결과를 북한 보건성의 결핵실태조사 및 WHO의 국제결핵보고서 내용과 비교했을 때 높은 외적 타당성을 보인 것으로 판단되나, 만약 신고 결핵 감염자가 적절한 결핵 치료를 받지 못했거나 치료 결과 보고에 오류가 클 경우 연구의 타당성이 낮아질 수 있다는 한계점을 감안해 본 연구결과를 해석할 필요가 있다.

둘째, 본 연구는 다제내성 결핵(multidrug-resistant tuberculosis)을 모형에 반영하지 않았다. 2008년부터 유진벨 재단이 6개월 주기로 방북해 신고 결핵 감염자 중에서도 결핵 치료에 실패해 요양소에 격리된 환자를 대상으로 다제내성 결핵 진단 및 치료를 수행하고 있으나(Seung et al., 2016, p.2), 공식적으로 북한의 다제내성 결핵 질병부담이 어느 정도 수준인지에 대한 실태조사는 현재까지 이루어진바 없다. 다제내성 결핵 유병률 등 연구결과의 타당성을 확인할 수 있는 신뢰성 높은 모형 적합 기준이 부재하다는 이유로 본 연구에서는 일반 약제 감수성 결핵(drug-susceptible tuberculosis)만을 모형에 반영하였다. 그러나 모델링 연구에서 기존 모형은 언제든 새롭게 추가된 정보를 반영해 재구성된 신규 모형으로 대체될 수 있으며, 이는 과학적 연구에서 더 나은 설명 도구가 개발되는 자연스러운 과정이라고 할 수 있다(Knight et al., 2016, p.27). 만약 향후 북한에서 2015-2016년 결핵실태조사와 유사한 다제내성 결핵 관련 실태조사가 수행된다면, 해당 조사 결과를 반영한 다제내성 결핵 모형 개발을 기대할 수 있을 것이다.

셋째, 본 연구의 미래 질병부담 예측은 다른 모든 조건이 동일한 상태에서 환자 발견율, 치료 성공비율 모수 투입 값이 변화될 경우를 가정해 산출한 가상적(counter-factual) 추계임을 유의해야 한다. 결핵은 사회적 질병의 대표적인 사례로 알려져 있으며 빈곤, 사회경제적 수준과 같은 상위 결정요인(upstream determinant)이 영양부족, 흡연, 밀집된 거주환경, 고체연료 사용으로 인한 실내공기 오염 등 근접 위험요인(proximate risk factor)에 영향을 미치면서 발병 및 전이 가능성을 높일 수 있다(Lönnroth et al, 2009, p.1, 5). 따라서 결핵 발생과 연관된 다양한 사회경제적, 인구학적 요인이 변화될 경우 미래 결핵 질병부담 예측이 달라질 수 있다는 한계를 인지하고 본 연구의 결과를 해석할 필요가 있다.

Ⅳ. 연구(2) 결핵 환자 누락에 대한 초기 프로그램 이론 형성

본 연구의 목적은 실재론적 평가 관점에서 북한에서 누락 결핵 환자가 왜, 어떻게 발생하는가에 대한 설명을 제공하는 초기 프로그램 이론을 형성하는 것이다. 본 연구는 북한의 결핵 환자발견 전략과 진단 알고리즘이 북한이라는 맥락에서 누구에게, 어떻게 반응하도록 작동하고 그 결과 결핵 환자 누락이 어떻게 발생할 수 있는지에 대한 설명을 제공하고자 실재론적 평가의 방법을 사용하게 되었다. 실재론적 평가는 프로그램의 결과를 넘어 프로그램이 어떻게, 왜 작동하여 해당 결과가 나타나는지 이해하는 것에 관심을 가지는 이론주도평가(theory-driven evaluation)의 한 유형이면서(Breuer et al., 2016, p.1), 어떠한 맥락에서 프로그램에 대한 사람들의 반응이 어떻게 유발되고 어떤 결과가 발생하는지 설명하는 것에 목적을 두고 맥락, 기제, 결과간 연결 관계를 밝히는데 중점을 두고 있다는 특징을 가지고 있다(Blamey & Mackenzie, 2007, pp.445-446; Wong et al., 2017, p.22).

본 연구는 북한 주민에 대한 대표성이 있다고 판단한 실증자료인 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)[15]를 주요 자료원으로 활용하면서, 북한 결핵 환자발견을 주제로 남한과 국제기구에서 발간한 문헌을 추가로 고찰해 실재론적 평가 초기 단계에서 누락 환자 발생을 설명하는 초기 프로그램 이론을 제안하는 연구라고 할 수 있다. 즉, 본 연구는 개별 연구 결과를 종합하는 실재론적 고찰 보다는 실재론적 평가의 초기 단계[16]의 연구로서 의의를 가질 수 있다.

연구는 다음 네 가지 단계로 나누어 수행되었다. 1단계에서는 본 연구의 목적과 접근 방법에 대한 이해를 돕기 위해 실재론적 평가에 대한 이론적 고찰을 수행하고 다른 연구와 대비되는 실재론적 평가의 특징과 프로그램 이론 분석 틀을 정리한다. 2단계에서는 문헌고찰을 통해 결핵 환자발견의 영향요인을 파악하고 실재론적 평가 관점에서 결핵 환자 누락 관련 맥락 및 기제를 도출하는 틀을 제시한다. 3단계에서는 문헌고찰을 통해 실증적 근거를 수집하고 북한의 결핵 환자 누락을 설명하는 초기 프로그램 이론을 형성한다. 4단계에서는 앞선 분석 결과를 바탕으로 북한의 결핵 환자발견 개선을 위한 시사점을 제안한다.

15)북한 결핵실태조사는 리/읍/구/동 기준 총 4,000여 개 행정단위에서 확률비례추출법을 통해 무작위로 15세 이상 북한 주민 60,683명을 표본으로 선정해 수행된 전국 단위의 결핵실태조사임(MoPH DPRK, 2017b, p.11, p.43)

16)실재론적 평가 과정은 (i)이전 평가연구나 이론, 문헌 분석, 실무진 면담 등을 통해 CMOCs의 형태로 검증 가능한 초기 프로그램 이론, 즉 가설을 형성하는 단계, (ii)이전 단계에서 제안된 CMOCs 가설 검증에 적합한 자료를 수집하는 단계, (iii)수집된 자료를 바탕으로 CMOCs 가정을 검증하는 자료 분석 단계, (iv)이전 단계의 결과를 바탕으로 CMOCs 가정을 수정하고 다듬는 단계로 구성되며 이후 다시 (i)단계로 돌아가 초기 프로그램 이론을 형성하며 평가 과정을 순환할 수 있음(Pawson & Tilley, 2004, pp.10-11; Salter & Kothari, 2014, p.117). 본 연구는 실재론적 평가 과정 중 (i)단계에 해당한다고 볼 수 있음

1. 실재론적 평가에 대한 이론적 고찰

실재론적 평가(realist evaluation)는 실재론(realism)에 기반한 설명 주도의 평가 연구이며, '어떤 환경에서 누구에게 무엇이 작동하는가? 왜 작동하는가?(What works, for whom, in what circumstances and why?)'라는 질문에 답하고자 하는 탐구 논리라고 할 수 있다(Anderson & Hardwick, 2016, p.324; Salter & Kothari, 2014, p.116).

실재론적 평가의 특징을 이해하기 위해 실증주의, 해석주의에서 평가 연구를 바라보는 관점을 참고할 수 있다. 먼저 실증주의적 접근은 프로그램 실행 결과에 초점을 둔다. 프로그램을 실행한 비교군이 실행하지 않은 대조군 대비 효과가 있는지 평가하는 무작위대조군시험이 실증주의적 평가의 대표적인 예라고 할 수 있다. 그러나 실증주의적 접근은 프로그램이 어떻게 작동해 해당 결과를 만들어냈는지에 대한 설명을 제공하지 않아 재현성이 떨어지며, 환경적 요인을 보정해야할 변수로 통제할 뿐, 프로그램 시행 시 고려해야할 환경적 요인이 무엇인지에 대해서는 관심을 가지지 않아 실제 프로그램 시행 시 예측성이 떨어진다는 단점을 가지고 있다(Kazi, 2003, p.16, p.159).

실증주의가 프로그램의 측정 가능한 결과에 중점을 두었다면 해석주의는 과정, 그 중에서도 프로그램 참여자의 주관적 인식을 강조하는 접근이다. 그러나 해석주의는 상대적으로 프로그램 결과를 소홀히 다루는 경향이 있으며, 참여자가 처한 어떤 환경이 특정 반응을 일으켜 결과를 만들어냈는지에 대해 설명하지 않는다는 한계가 있다(Kazi, 2003, p.20, p.159).

반면 실재론적 관점은 프로그램의 목표 달성 여부를 확인하는데 그치지 않고 왜, 그리고 어떻게 그러한 결과가 발생했는지에 대한 설명을 제공하는 것에 중점을 둔다(Kazi, 2003, p.23). 이 때 어떤 것을 설명한다는 것은 어떤 것을 발생시키는 기제를 개념화하고, 기제들이 어떤 조건 아래서 나타나는지 서술하는 것을 의미한다(Danermark et al., 2004, p.128). 즉, 실재론은 결과 뿐만 아니라 결과를 만들어내는 그 무엇을 의미하는 기제에 주목하는 것이라고 할 수 있다(Danermark et al., 2004, p.20). 실재론적 평가는 프로그램이 어떤 환경에서 누구에게 어떻게 작동하는지 탐색함으로써 향후 실재론적 근거에 기반해 프로그램을 개발, 개선하는데 기여할 수 있다는 장점을 가지고 있다(Kazi, 2003, p.160).

다른 이론주도 평가와 비교해 실재론적 평가의 특징을 살펴볼 수 있다. 이론주도 평가는 프로그램 실행 결과를 분석하는 것을 넘어 프로그램이 어떻게, 왜 작동하여 그러한 결과가 나타났는지 이해하는데 중점을 둔 과정 중심적 연구방법을 의미하며, 실재론적 평가 외에도 로직모델(logic model), 변화이론(theory of change) 등을 이론주도 평가의 예로 들 수 있다(김동립 & 이삼열, 2011, p.276; Breuer et al., 2016, pp.1-2).

로직모델은 구성요소를 문제상황, 투입, 활동, 산출, 성과로 구분하고, 각 구성요소의 논리적 연결관계[17]를 흐름도의 형태로 표현해주는 연구방법을 말한다. 로직모델은 프로그램의 자원투입부터

17)로직모델은 (i)이러한 '문제'가 있다면, 우리는 이러한 '자원'을 투입할 것이다, (ii)이러한 '자원'을 투입한다면, 이러

성과까지의 과정을 기술적으로 나타내 프로그램 전반의 틀을 보여준다는데 의의가 있으나, 구성요소간 인과관계 분석이 부족하다는 단점이 있다(이민홍 & 정병오, 2012, p.301, p.304, p.316). Issel(2014)은 기존 로직모델의 한계를 극복하고자 인과적 관계를 보다 명확하게 설명한 효과이론(effect theory) 개념을 제시한 바 있다(Issel, 2014, p.184). 효과이론은 프로그램 활동이 건강 문제의 원인적 요인에 어떻게 영향을 주어 목표로 하는 결과를 만들어내는지 설명하는 것으로, (i)어떤 인과적 요인이 건강 문제를 직접적으로 야기하는지 기술하는 인과이론(causal theory), (ii)어떻게 중재 프로그램이 인과적 요인에 영향을 주어 건강문제를 완화, 해소할 수 있는 결과로 연결될 수 있는지 기술하는 중재이론(intervention theory), (iii)어떻게 결과가 영향으로 이어지는지 설명하는 영향이론(impact theory)으로 구분할 수 있다(Issel, 2014, pp.198-200). 이 때 효과이론은 인과이론을 통해 건강문제를 일으킨 원인을 설명한다는 점에서 실재론적 평가와 공통되는 부분이 있다고 할 수 있을 것이다. 그러나 효과이론이 문제 상황을 일으키는 요인을 찾아내 그것을 프로그램을 통해 제거하거나 영향력을 감소시키고자 하는 문제 해결적인 접근방법이라면, 실재론적 평가는 바람직한 또는 바람직하지 못한 결과가 나타나기 위해 존재해야만 하는 기제와 그 기제를 작동시키는 조건인 맥락이 무엇인가를 탐색해 상황을 설명하는 지식을 축적하는 접근방법이라는 점에서 관점의 차이가 있다고 할 수 있다.

로직모델은 프로그램 활동을 통해 어떤 변화를 만들어내는지 보여준다는 측면에서 변화이론과 관련이 깊다고 할 수 있다(이민홍 & 정병오, 2012, p.302). 변화이론은 장기성과가 몇 단계의 중간성과를 통해 달성된다는 가정하에 장기성과 달성을 위한 인과관계를 추적하는 접근방법이다. 즉, 변화이론은 장기성과와 중간성과 사이의 인과관계를 밝히고, 인과 경로 상에서 각 성과의 변화를 가져올 수 있는 프로그램을 계획하는 방법으로 프로그램이 논리적으로 실현 가능한지 살펴보는데 유용하다(이민홍 & 정병오, 2012, p.302, pp.316-318).

변화이론이 프로그램 활동과 결과간 연결관계를 다루는데 집중했다면, 실재론적 평가는 프로그램에 의해 발생한 기제와 결과간 연결 관계에 주된 관심을 두고 있다는 점에서 특징을 발견할 수 있다(Blamey & Mackenzie, 2007, pp.444-447). 즉, 실재론적 평가는 프로그램 활동이 어떤 맥락에서 사람들의 반응을 이끌어내 결과가 발생하는지 설명하는 것을 목표로 맥락과 기제를 도출하는데 중점을 둔다는 점에서 다른 이론주도 평가 방법들과 구별된다고 할 수 있다.

실재론적 평가는 프로그램의 투입, 활동, 결과간 연결고리의 블랙박스를 밝히고자 맥락-기제-결과 사이의 관계를 CMOCs(context-mechanism-outcome configurations)로 구현한 프로그램 이론을 생성한다(이성회, 2018, p.112, 121; Anderson & Hardwick, 2016, p.325). 이 때 프로그램 이론이란 “이러한 상황에서 이러한 방식으로 작동하고 이러한 결과를 산출한다(이성회, 2018, p.111).”와 같은 검증이 필요한 가설이라고 할 수 있으며, 실재론적 평가는 실증자료를 수집해 프로그램 이론을 검증하고 다듬어 왜, 어떻게 해당 결과가 발생했는지에 대한 설명을 제공해 정책 개선에 도움이 되는

한 ‘활동’을 할 수 있을 것이다, (iii)이러한 ‘활동’을 한다면, 이러한 ‘결과’가 나올 것이다, (iv)이러한 ‘결과’가 나오면, 이러한 ‘성과’가 날 수 있을 것이다 라는 4개의 ‘If-Then’ 구조의 조건문을 논리적으로 연결시킨 것으로 이해할 수 있음(이민홍 & 정병오, 2012, p.302)

지식을 축적하는 것에 목적을 가지고 있다(이성회, 2018, pp.111-112, p.119).

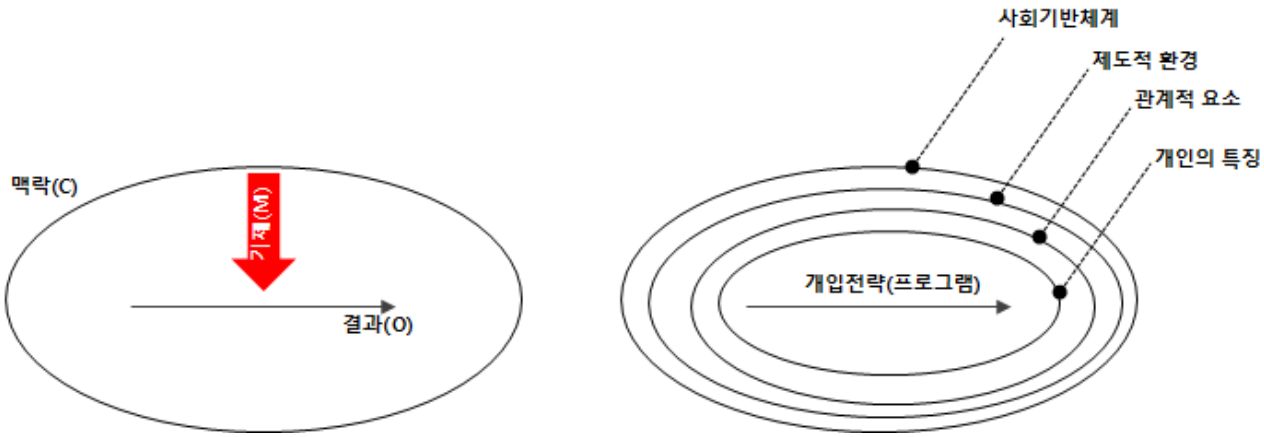
본 연구에서 사용한 맥락, 기제, 결과의 정의는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 맥락(C)을 프로그램이 도입되어 기제를 작동시키는 조건(Pawson & Tilley, 2004, p.7)으로 정의하였다. 즉, 맥락은 프로그램이 누구에게(for whom), 어떤 환경에서(in what circumstance) 작동하는지에 관한 문제라고 할 수 있다(Pawson & Tilley, 2004, p.7). 맥락은 <그림13>과 같이 층(layer)의 형태로 프로그램을 둘러싼 개인의 특징(예: 가치, 젠더), 관계적 요소(예: 네트워크), 지역적 특징, 사회구조, 문화, 역사적 기간, 사건 등을 포함하는 개념이라고 할 수 있다(Lachture et al., 2015, p.160; Pawson et al., 2006, p.31; Westhorp et al., 2011, p.8).

둘째, 기제(M)는 실재적 영역에서 결과가 발생하도록 원인 지을 수 있는 것(Danermark et al., 2004, p.45, p.101)으로 정의할 수 있으며 본 연구에서는 프로그램에 의해 제공되는 자원(resources, 이하 M_A)과 자원에 대한 이해관계자의 반응(reaction, 이하 M_B)으로 기제를 세분화하였다(Dalkin et al., 2015, p.52; Wu et al., 2019, p.97). 이 때 자원(M_A)은 결핵 환자발견 전략과 진단 알고리즘, 자원에 대한 반응(M_B)은 정책에 대한 수용성(Sekhon et al., 2017, p.4), 인지적, 정서적 추론 등을 포함하는 개념으로(Flynn et al., 2019, p.914) 설정했다.

셋째, 결과(O)는 맥락과 기제의 상호작용으로 나타난 의도된 또는 의도되지 않은 프로그램 결과(Pawson & Tilley, 2004, p.8)를 의미한다. 실재론적 평가에서 기제(M)는 맥락(C)에 민감하게 영향을 받는다. 맥락1(C1)에서는 작동하지 않았던 기제1(M1)이 맥락2(C2)에서는 작동할 수 있으며, 이는 “프로그램은 대상자들이 그것을 작동하기로 결정하고 작동될 수 있는 환경을 만듦으로써 작동하기 때문”이다(Astbury & Leeuw, 2010, pp.369-370). 즉, 어떤 맥락에 속해 있느냐에 따라 개인과 집단이 프로그램에 대해 보이는 반응, 기제(M)가 달라질 수 있으며 이것이 프로그램의 결과에 영향을 미치게 된다.

<그림13>은 실재론적 관점에서 인과적 설명의 구성요소를 시각화하여 나타낸 것이다. 결과(O)는 맥락(C)과 기제(M)의 상호작용으로 일어나는 것이며, 결과(O)가 발생하는 원인으로서의 기제(M)는 특정 맥락(C) 속에서 작동한다. 이 때 맥락(C), 기제(M), 결과(O) 사이의 관계는 경향의 개념으로 이해할 필요가 있다. 기제는 결과와 무관하게 독립적으로 존재하고, 특정 맥락 안에 있다고 하여 기제가 항상 촉발되는 것은 아니며 단지 촉발할 수 있는 조건이 있다고 할 수 있다. “성냥은 촉발되면 불타오르는 인과적 힘을 가지고 있지만, 그것이 실제로 불타오르기 위해서는 누가 그것을 촉발시켜야 하며 또한 성냥이 물에 젖거나 손상되지 않아야 하고 공기 중에 산소가 있어야 하는 것 같은 조건이 필요하다.(Danermark et al., 2004, pp.101-102)” 즉, 실제로 불이 일어나는 것과 별개로 성냥의 발화 기제는 존재하는 것이며, 발화 여부는 맥락에 의해 결정되는 것이 아니라 단지 조건되어지는 것으로 이해할 수 있으며, 우리는 성냥을 부딪칠 때 불이 일어날 경향이 있다고 이야기 할 수 있다(Danermark et al., 2004, pp.101-102, p.104).

그림 13. 실재론적 관점에서 인과적 설명 구성요소(좌) 및 층으로 구성된 맥락(우)



자료원: Pawson(2006, p.22, p.32)

국내에서 보건의료 분야에서 실재론적 관점을 적용한 연구로는 김재원 등(2016)과 손경복 등(2015)이 있다. 두 연구는 실재론적 고찰(realist review)의 방법을 사용했다는 공통점이 있다. 실재론적 고찰은 실재론적 관점에서 개별 연구를 종합하는(synthesize) 연구방법을 의미하며, 이 때 종합이란 개별 연구의 실증결과를 활용해 CMOCs로 구현된 프로그램 이론을 반복적으로 검증하고 다듬는 작업이라고 할 수 있다(Wong et al., 2013, p.1006, p.1014).

김재원 등(2016)은 실재론적 고찰과 맥락 모형을 활용해 요양보호사의 건강문제를 설명한 연구이다. 저자들은 '차등 건강결과'라는 현상으로 나타나는 결과(O)는 '사회적 층화'라는 맥락(C)의 산물인 '차등 노출'과 '차등 취약'이라는 기제(M)가 작동하면서 발생한다는 이론적 틀을 설계하고[18] 기존 문헌들을 검토해 다음과 같이 요양보호사의 건강문제를 설명하였다.

'요양보호사는 중장년층의 저학력 여성이 유입되는 직군으로 취약계층이 '사회적 층화'를 형성하며 직무의 가치를 인정받지 못하고 사회적으로 가치 있는 자원이 적게 배분된다(C). 요양보호사는 신체활동이 과도하게 요구되는 직무이며 요양보호대상자와의 관계 스트레스, 낮은 업무 재량 등으로 인해 직무 스트레스를 많이 받는 '차등노출'을 겪게 된다(M). 저임금과 고용불안정, 열악한 고용환경 등 취약한 환경에 있는 요양보호사에게 이러한 차등 노출은 취약하지 않은 환경에 있는 개인 보다 더 큰 영향력을 미치며(차등 취약, M), 그 결과 근골격계 질환이 다수 발생하고 높은 감정적 소진이 일어나는 '차등 결과'가 발생하게 된다(O).'

18)김재원 등(2016)은 '맥락' 대신 '구조', '기제' 대신 '기제'라는 용어를 사용했으나 본 연구와의 용어의 일관성을 유지하기 위해 맥락, 기제의 단어를 사용했음. 저자들은 기제를 자원, 추론·반응으로 구분하지 않고 기제라는 용어를 적용했음

손경복 등(2015)은 실재론적 고찰의 방법을 통해 중-저소득국가의 이용자 부담 도입 결과를 초래한 맥락과 기제를 도출한 연구이다[19]. 저자들은 이용자 부담 제도가 도입되면 일반적으로 의료이용이 감소할 것으로 예상되며(O) 그 결과를 해석할 때 고려해야 할 맥락(C)과 기제(M)를 다음과 같이 제시했다.

(C1) 이용자 부담 도입 전 존재한 비공식적 이용자 부담이 결과에 영향을 줄 수 있다.
(C2) 이용자 부담 제도의 구체적인 내용은 결과에 영향을 줄 수 있다. (예: 면제 대상)
(C3) 이용자 부담 도입과정에서 지역사회의 참여가 결과에 영향을 줄 수 있다.

(M1) 외부로부터 도입된 이용자 부담 제도는 기존 관행과 다른 것이기 때문에 제도 인지에 어려움이 발생할 수 있다.
(M2) 이용자 부담 제도로 인해 증가된 병원 수입으로 의료 서비스 질이 높아진다면 환자 만족도에 긍정적인 영향을 줄 수 있다.
(M3) 환자들은 이용자 부담 도입에 따른 대응으로 자가 치료, 이용자 부담 지불 거부, 낮은 본인 부담금을 지불하는 의료기관으로 이동, 치료 포기 등의 반응을 보일 수 있다.

실재론적 관점을 적용한 국내 선행 연구가 개별 연구 결과를 종합하는 실재론적 고찰을 연구방법으로 사용했다면, 본 연구는 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 주요 자료원으로 활용하면서 남한과 국제기구에서 북한 결핵 환자발견을 주제로 발간한 문헌을 추가로 고찰해 누락 환자 발생에 대해 설명하는 실재론적 평가의 초기 단계 연구라는 점에서 구별될 수 있다.

본 연구는 맥락(C), 기제:자원(M_A), 기제:추론·반응(M_B) 결과(O) 사이의 관계를 '기제:자원(M_A)+맥락(C)→기제:반응(M_B)=결과(O)'(Anderson & Hardwick, 2016, p.330; Dalkins et al., 2015)의 틀로 구현해 프로그램 이론을 형성했다. 해당 틀은 프로그램에 의해 참여자에게 제공되는 자원(M_A)이+어떠한 맥락 속에서(C)→참여자의 반응을 유발해(M_B)=어떠한 결과(O)를 발생시키는지 설명하며(Dalkins et al., 2015, p.52), Dalkins et al.(2015, p.53)은 해당 틀을 활용해 왜 생애말기 돌봄(palliative care)에서 암 환자 대비 암 환자가 아닌 사람의 참여가 저조한지에 대한 설명을 다음과 같이 제공했다.

'생애말기 돌봄 프로그램(M_A)을 + 암 환자가 아닌 고령자는 질환 발병에 대한 예측이 어렵다는 맥락을 가지고 있는 상황에서(C) 실행함에 따라 → 암 환자가 아닌 고령자가 프로그램에 등록할 경우 사망 등 예측 불가능한 결과를 염려하는 의료진의 반응이 발생했으며(M_B) = 결과적으로 암 환자 대비 암 환자가 아닌 사람의 프로그램 참여가 저조하게 되었다(O).'

19)손경복 등(2015)은 '기제' 대신 '기제', '결과' 대신 '효과'라는 용어를 사용했으나 본 연구와의 용어의 일관성을 유지하기 위해 맥락, 기제의 단어를 사용했음. 저자들은 기제를 자원, 추론·반응으로 구분하지 않고 기제라는 용어를 적용했음

‘기제:자원(M_A)+맥락(C)→기제:반응(M_B)=결과(O)’ 틀을 활용해 왜 구소련 국가에서 WHO 결핵관리 지침인 직접복약확인체계(directly observed treatment short course, 이하 DOTS)[20]가 적극적으로 도입되지 못했는지 설명한 내용은 다음과 같다. 구소련 국가는 1990년대 소련의 해체라는 국가적 충격 이후 나타난 빈곤과 실업 등 사회경제적 변화로 인해 결핵 발생 및 전파 위험이 증가했으며(Toungoussova et al., 2006, p.2), 결핵 급증 문제를 대응하는 과정에서 WHO와의 협력을 추진했다. 그러나 ‘입원치료, 수술’ 중심의 결핵 치료가 발달한 구소련 국가에서 WHO의 DOTS를 받아들이는 것은 ‘외래진료, 항결핵제 복용’으로의 치료 패러다임 전환을 의미했으며 이는 내부 의료진의 큰 반발을 가져왔다(Atun et al., 2005, p.122; Atun & Olynik, 2008, p.148). WHO로 대표되는 서구 사회는 구소련 국가 의료진이 구시대적인 방법만 고수하고 근거중심의학(evidence-based medicine)[21] 관점에서 최신 임상연구 결과를 반영한 DOTS를 받아들이지 못한다고 비난했다(Rechel et al., 2011, p.295). 그러나 결핵 요양소 격리와 입원치료를 불필요한 의료 행위로 판단한 WHO 견해와 달리, 러시아 의료진은 결핵 요양소 격리가 ‘치료 서비스 공간’ 외에도 결핵 환자들이 러시아 겨울 한파를 이겨내고 식량을 지원받도록 기능하는 ‘사회적 안전망’으로서의 역할을 수행한다고 인식하고 있었다(Atun et al., 2005). 이를 ‘기제:자원(M_A)+맥락(C)→기제:반응(M_B)=결과(O)’의 CMOCs 틀로 정리한 내용은 다음과 같다.

“외래진료, 항결핵제 복용 중심의 WHO 결핵지침인 DOTS가(M_A) + 입원, 수술 중심 치료가 발달한 구소련 국가에 도입됨에 따라(C) → 구소련 국가 의료진의 반발이 발생하면서(M_B) = DOTS가 구소련 국가에 적극적으로 수용되지 못했다(O).”

20)DOTS는 WHO가 권고하는 결핵관리지침으로 ①지속적인 결핵관리에 대한 국가적 차원의 노력, ②결핵 증상이 발현해 의료기관을 방문한 결핵의심환자를 대상으로 객담도말 검사를 실시해 결핵을 확진하는 수동적 환자발견, ③객담도말 양성 환자를 대상으로 훈련된 요원이 직접 환자의 항결핵제 복약 확인(directly observed treatment, DOT, 직접복약확인), ④지속적인 항결핵제 공급, ⑤결핵 치료 프로그램을 관리, 평가할 수 있는 모니터링 시스템 등 다섯 가지 요소로 구성되었음(신희영 등, 2017, p.100; WHO, 1999, p.8)

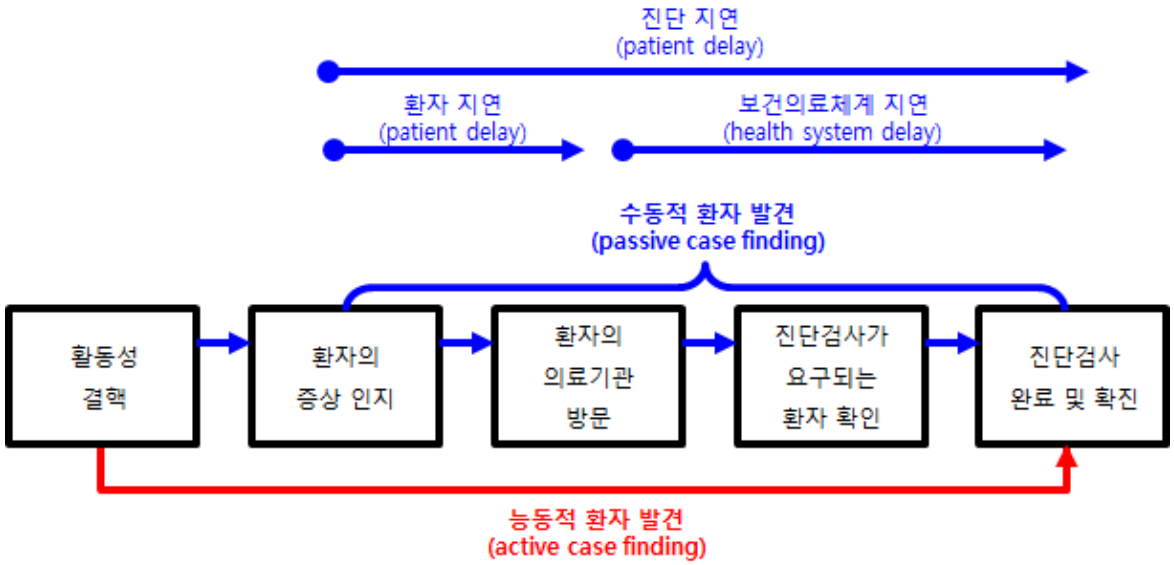
21)근거중심의학이란 환자에게 필요한 의학적 결정을 내릴 때 의료진의 단편적 임상 경험으로 판단하는 것을 지양하고, 무작위 대조 실험이나 체계적 문헌고찰 등 최신의 과학적 근거에 기반해 의학적 판단을 검토하는 행위임(권상옥, 2004, p.335)

2. 결핵 환자발견의 맥락 및 기제

(1) 환자발견 유형

결핵 환자발견은 결핵 감염자가 스스로 증상을 인지하고 의료기관에 방문해 진단검사를 받는 수동적 환자발견(passive case finding)과 결핵 의심 감염자를 사전에 선별하는 능동적 환자발견(active case finding)[22]으로 구분할 수 있다. 수동적 환자발견은 감염자의 증상 인지 및 의료기관 방문 등 건강 추구 행동이 요구된다는 점에서 환자 주도적(patient-initiated)이나, 능동적 환자발견은 감염자가 의료기관을 방문하기 전 공급자가 먼저 선별 작업을 수행한다는 점에서 공급자 주도적인(provider-initiated) 접근 방법이라고 할 수 있다(WHO, 2011, p.10). <그림14>는 수동적 환자발견 경로와 능동적 환자발견 경로를 비교해 보여준다.

그림 14. 수동적/능동적 환자 발견 경로 비교



자료원: Getnet et al.(2017, p.6); WHO(2011, p.5) 변형

수동적 환자발견 경로에서 증상이 발현한 결핵 환자가 발견되기까지 소요되는 기간을 진단 지연(diagnosis delay)이라고 한다. 이 때 진단 지연은 다시 유증상자가 증상을 인지하고 의료기관을 방문하기까지의 기간을 나타내는 환자 지연(patient delay), 의료기관을 방문한 유증상자가 결핵으로 진단돼 발견되기까지의 기간을 의미하는 보건의료체계 지연(health system delay)으로 세분화할 수 있다(Getnet et al., 2017, p.6).

수동적 환자발견은 뚜렷한 증상이 나타나지 않은 결핵 감염자를 조기에 발견하기 어렵고 의료 접근성이 낮은 빈곤층의 진단 누락, 진단 지연 위험이 높다는 점에서 한계를 가지고 있으나(WHO,

22)능동적 환자 발견은 체계적 선별(systematic screening)이라는 용어로도 사용됨(Mhimbira et al., 2017, p.7)

2013b, pp.27-28), WHO는 대상에 제한을 두지 않은 무차별적인 대규모 선별검사(mass screening)가 (i)결핵 유병률이 낮고 의료접근성이 높은 고소득 국가와 (ii)의료기관에 방문한 유증상자에게조차 적절한 진단, 치료 서비스를 제공하지 못하는 저소득 국가에 모두 비효율적인 대안이며(WHO, 2013b, pp.1-2), 수동적 환자 발견을 기본 방침으로 하면서 해당 국가 또는 지역의 역학적 특징, 보건의료체계 역량, 가용자원 등을 고려해 보완적으로 특정 위험집단 대상 선별검사를 수행할 것(targeted screening of high risk groups)을 권고하고 있다(WHO, 2015, pp.40-41). 그러나 1990년대부터 추진된 수동적 환자발견 기반 WHO 결핵관리전략이 장기적으로 결핵 발생률을 크게 낮추는데 실패했다는 비난이 커짐에 따라 능동적 환자발견에 대한 관심이 점차 높아지고 있다(Dobler et al., 2016, p.336).

능동적 환자 발견은 결핵 환자 접촉자, HIV 감염자, 노숙인 등 특정 위험집단을 대상으로 실시할 수도 있고, 대상에 제한을 두지 않고 무차별적인 대규모 선별검사 형태로 수행할 수도 있다(WHO, 2013b, p.23; Datta et al., 2019, p.1). WHO는 능동적 환자발견 실행에 따라 증가할 것으로 예상되는 결핵 의심환자에 충분히 대응할 수 있도록 양질의 결핵 진단, 치료, 관리 서비스 역량을 능동적 환자발견 실행 전 갖추어야 함을 강조하고 있다(WHO, 2013b, p.57).

능동적 환자발견은 결핵 환자 조기 발견을 통해 질병 부담을 낮출 수 있다는 장점을 가지고 있으나, 만약 적절하게 실행되지 못할 경우 환자 스스로 의료기관에 방문하도록 유도하는 수동적 환자발견 기반의 보건의료체계를 약화시킬 수 있으며 결핵 환자 발견으로 인한 차별 발생, 위-양성 환자에 대한 불필요한 치료 등의 부작용이 발생할 수 있음에 유의할 필요가 있다(Biermann et al., 2019, p.2).

능동적 환자발견은 프로그램 실행 지역의 맥락을 고려해 설계, 실행해야 한다(Biermann et al., 2019, p.9). 코크란 리뷰(Cochrane Review) 연구인 Mhimbira et al.(2017)은 능동적 환자발견을 통해 결핵 고위험 지역에서 환자 발견을 증진할 것으로 기대할 수 있으나, 능동적 환자발견 실행 지역의 결핵 유병률, 의료접근성, 구체적인 실행방안 등에 따라 효과가 달라질 수 있기 때문에 단일 연구결과를 일반화하는 것에는 주의해야 한다고 밝힌 바 있다(Mhimbira et al., 2017, pp.21-22). WHO 역시 일차적으로는 결핵 유병률 1000/10만 명 이상의 위험 지역에 거주하거나 의료접근성이 낮은 하위 집단을 능동적 환자발견 대상으로 고려할 수 있으나(WHO, 2013b, p.12), 실행 지역의 역학적 상황과 보건의료체계 맥락을 반영해 최종적인 능동적 환자발견 대상을 선정할 것을 권고하고 있다(WHO, 2013b, p.24).

(2) 환자발견 영향요인

수동적 환자발견의 환자 지연과 관련된 장애요인으로는 (i)결핵에 대한 부족한 지식, (ii)결핵에 대한 부정적 인식(stigma), (iii)의료기관까지의 이동 거리, (iv)이동 및 진단검사 비용, (v)임금 손실 우려, (vi)의료기관 서비스에 대한 부정적 인식 등을 들 수 있으며(Stop TB Partnership, 2014, p.9) 환자 지연을 개선하기 위해 주민 대상 결핵 교육 실시, 의료 접근성 증진 등의 개입전략을 고려할 수 있다(WHO, 2011, p.5).

수동적 환자발견의 보건의료체계 지연과 관련된 장애 요인으로는 (i)의료인력 교육 부족, (ii)의료인력의 과도한 업무 부담 또는 낮은 동기부여, (iii)낮은 민감도의 진단 알고리즘, (iv)낮은 민감도의 진단검사, (v)객담 관리 역량 부족, (vi)진단검사 공고까지의 지연, (vii)부실한 환자 신고체계, (viii)항결핵제 재고부족, (ix)공공-민간 의료기관간 유기적 연결 부족 등을 들 수 있으며(Stop TB Partnership, 2014, p.9) 보건의료체계 지연을 감소하기 위해 의료인력, 진단장비, 진단지침 측면에서 환자발견 역량을 강화하는 방안을 고려할 수 있다(WHO, 2011, p.5).

능동적 환자발견 실행과 관련된 영향 요인으로는 (i)가용 자원(available resources)과 (ii)이해관계자 참여(stakeholder engagement)를 들 수 있다(Biermann et al., 2020a, p.6). (i)WHO의 2019 국제결핵보고서에 따르면 결핵 고위험국가 30개국 가운데 8개국(27%)만이 자국 재정으로 50% 이상의 결핵 필요 예산을 충당하고 있으며, 14개국(47%)은 재정 부족(budget gap)[23] 비율이 전체 결핵 필요 예산의 50%를 초과하는 것으로 나타났다(WHO, 2019, p.132). 결핵 고위험 국가 국가결핵프로그램 관리자 23명 대상으로 면담 및 설문조사를 수행한 Biermanne et al.(2020b, p.12)의 연구에 따르면, 약 90%의 국가결핵프로그램 관리자들이 능동적 환자발견 실행을 위한 재정적, 인적 자원이 부족하다고 인식하고 있었으며, 자원 부족을 극복하기 위해 (i)지원 출처 다변화, (ii)능동적 환자발견 영역에 자원을 배분하기 지역적 근거 생성 등의 노력을 기울이고 있다고 응답했다. Biermanne et al.(2020b, p.10)은 기존 보건의료체계 내 숙련된 전문 의료진, 기반시설, 예산구조 등 가용 자원을 파악하고 능동적 환자발견 정책을 보건의료체계에 통합해 지속가능성을 확보할 필요가 있으며 공여자(donor) 지원금에만 의존할 경우 능동적 환자발견은 지속가능하게 실행되기 어렵다는 점을 지적한 바 있다.

(ii)지역사회 주민의 참여와 지지, 참여 의료진의 정책 이해도와 동기, 정부 담당자의 실행 의지, 공여자의 지원 및 평가 기준 등 이해관계자 참여는 능동적 환자발견의 수용성을 높이는데 중요한 역할을 담당한다. 이 때 보건의료 정책 수용성(acceptability)이란 “보건의료 정책에 대해 기대하거나 경험한 인지적 또는 감정적 반응을 기반으로 대상자들이 해당 정책을 전달하거나 받아들이기에 적절하다고 여기는 정도(Sekhon et al., 2017, p.4)”로 정의할 수 있으며, <표7>과 같은 다면적인 요소로 구성되어 있다.

23)전체 결핵 필요 예산 가운데 자국 재정, 글로벌 펀드, 글로벌 펀드 외 공여자 지원금을 제한 금액

표 7. 보건의료정책 수용성의 구성요소

구성요소	정의
정서적 태도 (affective attitude)	: 개인이 해당 정책에 대해 느끼고 있는 감정
부담 (burden)	: 해당 정책 참여에 요구된다고 인식하는 노력의 합계
윤리성 (ethicality)	: 해당 정책이 개인의 가치에 부합하다고 느끼는 정도
정책 일관성 (intervention coherence)	: 개인이 해당 정책을 이해하고 그것을 수행하는 정도
기회 비용 (opportunity costs)	: 해당 정책 참여에 따라 얻게 될 것이라고 기대하는 혜택
인식된 효과성 (perceived effectiveness)	: 해당 정책이 그 목적을 달성할 것이라고 인식하는 정도
자기 효능감 (self-efficacy)	: 참여자 스스로 정책이 요구하는 바를 적절히 수행할 것이라는 기대

자료원: Sekhon et al., (2017, p.8)

수동적/능동적 환자발견 관련 문헌을 참고해(표8) 각 연구에서 제시한 영향요인을 (i)수동적 환자발견-환자 지연, (ii)수동적 환자발견-보건의료체계 지연, (iii)능동적 환자발견 실행으로 분류해 정리한 내용은 각각 <표9>, <표10>, <표11>과 같다.

이 때 Getnet et al.(2017)은 체계적 문헌고찰을 통해 환자 지연, 보건의료체계 지연 관련해 통계적으로 유의하게 연관성(association)이 있는 변수가 무엇인지 제시했다는 점에서 의의를 가질 수 있으나, 해당 요인들이 어떠한 이유로 진단 지연과 연관 있는지에 대한 설명을 제공하지 않으며 통계적으로 유의미한 연관성이 있다는 것이 인과적인 힘을 의미하지는 않는다는 점에 주의해 해석할 필요가 있다. Li et al.(2013)과 Cai et al.(2017)의 연구도 메타분석을 통해 연관성의 크기를 오즈비로 산출한 것이며, 오즈비가 진단 지연을 발생시키는 힘의 크기를 의미하지는 않는 점에 유의해야 한다.

표 8. 환자발견 영향요인 관련 참고문헌

	저자	유형	비고
소극적 환자발견	Li et al.(2013)	논문	중국 대상 결핵 진단 지연 주제로 2012년까지 발표된 논문을 대상으로 체계적 문헌고찰을 수행하고 환자 지연, 보건의료체계 지연과 관련된 요인의 영향력을 오즈비(odds ratio, 이하 OR)[1]로 산출한 메타분석을 실시함
	Cai et al.(2017)	논문	아시아 국가 대상 결핵 진단 지연 주제로 1992-2014년 발표된 논문을 대상으로 체계적 문헌고찰을 수행하고 환자 지연, 보건의료체계 지연과 관련된 요인의 영향력을 오즈비(odds ratio, 이하 OR)[1]로 산출한 메타분석을 실시함
	Getnet et al.(2017)	논문	중-저소득 국가 대상 결핵 진단 지연 주제로 2007-2015년 발표된 논문을 대상으로 체계적 문헌고찰을 수행. 환자 지연, 보건의료체계 지연 관련 통계적으로 유의미하게 연관성이 있는 변수들을 추출해 제시함
	Stop TB Partnership(2013)	보고서	결핵 환자 치료 경로별 누락이 발생할 수 있는 장애요인 제시
적극적 환자발견	Biermann et al.(2019)	논문	능동적 결핵 환자발견 실행을 주제로 주제범위 문헌고찰(scoping review)을 수행해 실행 촉진요인과 장애요인을 정리함
	Biermann et al.(2020a)	논문	능동적 결핵 환자발견 정책 개발 및 실행 관련 영향요인 도출을 목적으로 국제기구, 정부/비정부 기관, 연구기관 등의 전문가 대상 면담 수행
	Biermann et al.(2020b)	논문	능동적 결핵 환자발견 정책 개발 및 실행을 주제로 혼합연구(mixed methods)를 수행 - 국가결핵관리프로그램 관리자 대상 면담 및 설문조사, 국가결핵관리전략 문헌 고찰
	WHO(2013b)[2]	보고서	능동적 환자발견 주요원칙 및 권고사항을 정리한 보고서

주1. 오즈란 "어떤 사건이 일어날 확률과 일어나지 않을 확률의 비(Gordis, 2009, p.208)"로, 오즈비란 위험요인에 노출된 실험군에서 사건(예: 진단 지연)이 발생할 오즈와 위험요인에 노출되지 않은 대조군에서 사건이 발생할 오즈의 비로 정의할 수 있음. 이 때 위험요인과 사건 발생 사이의 양(+)의 연관성이 있다면 오즈비는 1보다 큰 값을 가지게 됨(Gordis, 2009, p.209)
주2. WHO(2013b, pp.57-64)는 능동적 환자발견 주요원칙을 참고해 기제를 도출함

표 9. 수동적 환자발견_환자 지연 영향요인

영향요인	자료원
○ 의료기관 방문에 따라 소요되는 비용	
• 진단검사비용	Stop TB Partnership(2013)
• 교통비용	Stop TB Partnership(2013)
• 생산성 손실(임금손실)비용	Stop TB Partnership(2013)
○ 환자의 사회경제적, 인구학적 특징	
• 낮은 문해력(k=6)	Getnet et al.(2017)
• 의료기관까지의 먼 거리(k=6; OR=1.39(1.08-1.78))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 성별: 여성(k=5)	Getnet et al.(2017)
• 거주지: 벽지(k=3; OR=1.79(1.62-1.98))	Getnet et al.(2017); Li et al.(2013)
• 거주지: 도심(k=3)	Getnet et al.(2017)
• 성별:여성 및 거주지:벽지(OR=1.94(1.13-3.33))	Li et al.(2013)
• 성별: 남성(k=2; OR=0.85(0.78-0.92))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 고용상태: 실업(k=2; OR=1.18(1.07-1.30))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 낮은 경제적 지위(k=2; OR=1.23(1.02-1.49))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 고령자(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 월 평균 근로일(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 주(1차) 소득자(k=1)	Getnet et al.(2017)
○ 환자의 의료기관 제공 서비스에 대한 부정적 인식	Stop TB Partnership(2013)
○ 환자의 결핵에 대한 지식, 인식	
• 결핵 증상에 대한 지식[1](k=8)	Getnet et al.(2017); Stop TB Partnership(2013)
• 결핵이 HIV와 연관된다는 믿음(k=3)	Getnet et al.(2017)
• 결핵 감염에 대한 사회적 낙인(k=2)	Getnet et al.(2017); Stop TB Partnership(2013)
• 결핵 증상이 심각하지 않다는 인식(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 결핵이 흔하다는 인식(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 결핵은 치료 가능하다는 믿음(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 결핵 감염을 불행의 징조로 여기는 인식(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 치료를 위한 지불능력이 없다는 인식(k=1)	Getnet et al.(2017)
○ 환자의 건강행태	
• 자가치료(k=7)	Getnet et al.(2017)
• 비공식 의료기관을 첫 번째로 방문(k=6; OR=5.75(3.03-10.94))	Getnet et al.(2017); Li et al.(2013)
• 흡연(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 음주(k=1)	Getnet et al.(2017)
○ 환자의 임상적 특징	
• 만성적인 기침[1](k=3)	Getnet et al.(2017)
• 객혈*(k=3; OR=0.64(0.40-1.00))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 객담도말 양성(k=2; OR=1.77(1.07-2.94))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 동시이환 폐질환(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 심각하지 않은 결핵 증상(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 심각한 결핵 증상*(OR=0.46(0.32-0.68))	Li et al.(2013)
• HIV 양성(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 흉부 통증*(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 복합 증상*(k=1)	Getnet et al.(2017)

주. *는 환자 지연과 부(-)적 연관성이 있는 요인, k는 Getnet et al.(2017)에 제시된 인용문헌 개수, OR은 Li et al.(2013)과 Cai et al.(2015)에 제시된 오즈비를 의미함

주1. 만성적인 기침은 흡연 생활과 연관될 수 있으며, 만성적인 기침 증상을 결핵과 연계하지 못해 환자지연이 발생할 수 있음(Rabin et al., 2013, pp.219-220)

표 10. 수동적 환자발견_보건의료체계 지연 영향요인

영향요인	자료원
○ 낮은 민감도의 진단 알고리즘	Stop TB Partnership(2013)
○ 낮은 민감도의 진단검사	Stop TB Partnership(2013)
○ 객담 관리 역량 부족	Stop TB Partnership(2013)
○ 진단검사 안내까지의 지연	Stop TB Partnership(2013)
○ 공공-민간 의료기관간 유기적 연결 부족	Stop TB Partnership(2013)
○ 부실한 환자 신고체계	Stop TB Partnership(2013)
○ 항결핵제 재고 부족	Stop TB Partnership(2013)
○ 환자의 사회경제적, 인구학적 특징	
• 의료기관까지의 먼 거리(k=3; OR=1.68(1.12-2.51))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 거주지: 벽지(OR=1.40(1.23-1.59))	Li et al.(2013)
• 성별: 여성(k=4)	Getnet et al.(2017)
• 성별: 남성(k=4; OR=0.96(0.93-1.00))	Getnet et al.(2017); Cai et al.(2015)
• 고용상태: 실업(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 낮은 경제적 지위(k=1)	Getnet et al.(2017)
• 고령자(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 근로 이민자(k=2)	Getnet et al.(2017)
○ 환자의 건강행태	
• 공공 의료기관을 첫 번째로 방문*(OR=0.43(0.20-0.91))	Cai et al.(2015)
• 민간 의료기관을 첫 번째로 방문(k=7)	Getnet et al.(2017)
• 하급 의료기관을 첫 번째로 방문(k=4)	Getnet et al.(2017)
• 비공식 의료기관을 첫 번째로 방문(k=2)	Getnet et al.(2017)
• 2인 이상의 의료진 접촉(k=1)	Getnet et al.(2017)
○ 환자의 임상적 특징	
• 객담도말 음성(k=5)	Getnet et al.(2017)
• 기침 증상 없음(k=1)	
• 정상적인 흉부X선 검사 결과(k=1)	
• 비정상적인 흉부X선 검사 결과*(k=1)	
• 발열 증상(k=1)	
○ 의료진에 대한 적절한 교육	Stop TB Partnership(2013)
○ 의료진의 과도한 업무부담, 낮은 동기부여	Stop TB Partnership(2013)

주. *는 환자 지연과 부(-)적 연관성이 있는 요인, k는 Getnet et al.(2017)에 제시된 인용문헌 개수, OR은 Li et al.(2013)과 Cai et al.(2015)에 제시된 오즈비를 의미함

표 11. 능동적 환자발견 실행 영향요인

영향요인	자료원
○ 능동적 환자발견 대상자 우선순위 설정	WHO(2013b)
○ 진단 알고리즘 선정	WHO(2013b)
○ 진단기기 활용 가능성 및 진단기기의 정확성	Biermann et al.(2019)
○ 투입 가능한 재정 자원	Biermann et al.(2019), WHO(2013b)
○ 투입 가능한 인적 자원(자원 확대 및 역량 증진)	Biermann et al.(2020b), WHO(2013b)
○ 기존 보건의료체계 내 활용 가능 자원	
• 실행 중인 보건의료, 사회복지 프로그램	Biermann et al.(2019), Biermann et al.(2020a)
• 결핵표준검사실 기반시설	Biermann et al.(2019), WHO(2013b)
○ 보건의료 정보 체계	
• 의료 정보기록, 모니터링 및 평가	Biermann et al.(2019)
○ 항결핵제 공급	WHO(2013b)
○ 환자의 사회경제적, 인구학적 특징	
• 교육수준	Biermann et al.(2019)
• 고용상태	Biermann et al.(2019)
○ 환자의 결핵에 대한 지식, 인식	

영향요인	자료원
• 결핵 지식, 능동적 환자발견 프로그램 목적에 대한 이해	Biermann et al.(2019)
• 결핵 감염에 대한 사회적 낙인, 차별	Biermann et al.(2019), WHO(2013b)
• 결핵, 결핵 확진, 능동적 환자발견 과정에 대한 두려움	Biermann et al.(2019)
• 보건의료체계, CHW[1] 제공 의료정보에 대한 신뢰부족	Biermann et al.(2019)
○ 의료진의 동기부여	
• 능동적 환자발견 효과에 대한 이해, 수용	Biermann et al. (2020a)
• 능동적 환자발견 실행 결과에 대한 피드백	Biermann et al. (2020a)
• 과도한 업무부담	Biermann et al. (2019)
○ 의료진, CHW[1], 검사실 연구원 등 참여자간 협력	Biermann et al. (2019), WHO(2013b)
○ 능동적 환자발견 실행에 있어 환자-중심-진료적인[2] 접근	
• 의료진의 환자와 환자 가족에 대한 지지	Biermann et al. (2019), WHO(2013b)

주1. 지역보건요원(community health worker, 이하 CHW)은 전문 의학 교육을 이수하지는 않았으나, 국가에서 요구하는 보건 교육을 받고 거주하는 지역사회 주민들에게 기본적인 의료 서비스를 제공하는 사람을 의미함(메디피스, 2018)
주2. 환자-중심-진료(people centered care)이란 환자와 환자 가족 관점에서 인지하는 치료의 경험을 고려하는 것으로, (i)환자에 대한 존엄성과 존중, (ii)정보 공유, (iii)참여, (iv)협력의 개념을 포함하고 있음(건강보험심사평가원, 2017)

(3) 환자발견 맥락 및 기제 도출 분석틀

본 연구는 총 결핵 환자와 신고된 결핵 환자의 차이가 발생하는 원인을 (i)의료접근성 제한, (ii)의료기관 미방문, (iii)의료기관 방문 시 미진단, (iv)진단완료 후 미신고로 세분화한 양파 모형(그림2)과 실재론적 평가의 인과적 설명 구성요소와 층으로 구성된 맥락(그림13) 개념을 참고해 환자발견의 맥락 및 기제 도출 분석틀을 <그림15>와 같이 설계했다.

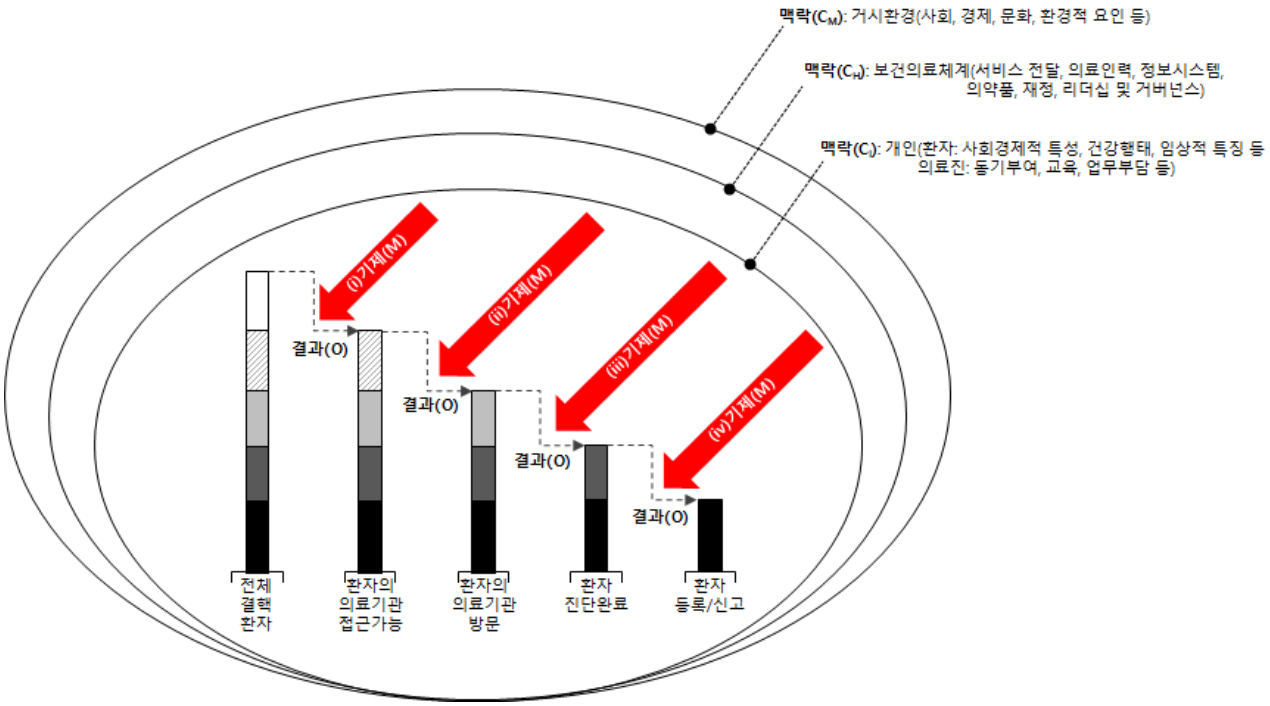
다네마르크 등(2004)은 맥락과 기제를 도출해 실재론적 관점에서 설명하는 연구를 수행하기 위한 단계를 (1)서술, (2)분석적 분해, (3)가추, 이론적 재서술, (4)역행추론, (5)상이한 이론들과 추상화들 사이에서의 비교, (6)구체화와 맥락화로 나누어 제시하면서(표12) 각 단계는 엄격히 준수해야할 형판이 아니라 일종의 안내선으로서의 역할을 수행한다고 밝힌바 있다(다네마르크 등, 2004, pp.183-185).

표 12. 실재론에 기초한 설명적 연구의 수행 단계

(1단계) 서술	구체적이고 복합적인 사건이나 상황들을 서술함
(2단계) 분석적 분해	복합적인 것을 여러 구성요소들로 분해함
(3단계) 가추, 이론적 재서술	가설적인 개념적 틀과 이론에 입각하여 여러 구성요소들을 해석하고 재서술함. 가추는 "맥락적 틀이나 일련의 관념들 속의 개별 현상들을 해석하고 재맥락화(p.138)" 하는 추론방식을 의미함
(4단계) 역행추론	"X는 어떻게 가능한가"의 질문에 대한 답을 찾아내는 단계. 역행추론 이란 "구체적인 현상들에 대한 서술과 분석으로부터 이러한 현상들을 바로 그것이게 하는 기초적 조건들을 재구성(p.138)"하는 것을 의미함
(5단계) 상이한 이론들과 추상화들 사이에서 비교	3단계와 4단계 틀 속에서 가추와 역행추론을 사용해 서술한 내용의 설명력을 평가하고 정교화함
(6단계) 구체화와 맥락화	구체적인 상황에서 기제와 맥락이 어떻게 나타나는지 검토함. 기제들을 특정한 맥락 속에서 어떤 의미를 가지는지 해석하면서, 구체적인 사건과 과정에 대한 설명하는 것

자료원: 다네마르크 등(2004, p.138, pp.184-185)

그림 15. 환자발견 맥락 및 기제 도출 분석틀



<그림15>는 WHO(2011) 양파모형과 실재론적 관점의 틀을 적용해 환자 누락이라는 결과(O)를 발생시키는 기제(M)를 (i)(-iv)로 세분화해 설정했다는 점에서 '분석적 분해'와 '가추'의 방식을 사용했으며, (i)의료접근성 제한, (ii)의료기관 미방문, (iii)의료기관 방문 시 미진단, (iv)진단완료 후 미신고라는 각 기제의 작동을 가능하게 하는 맥락을 탐색한다는 점에서 '역행추론'의 방식을 활용한다고 할 수 있다. 즉, 본 연구는 결핵 환자 누락이 발생하는 원인으로서의 기제(M)를 (i)의료접근성 제한, (ii)의료기관 미방문, (iii)의료기관 방문 시 미진단, (iv)진단완료 후 미신고로 설정하고, 북한이라는 환경에서 각각의 기제(M)를 작동시키는 조건으로서의 맥락(C)이 무엇인지를 탐색한 연구라고 할 수 있다.

본 연구는 <표9>, <표10>, <표11>의 영향요인을 참고해 (i)(-iv) 각 기제(M)를 작동시킬 수 있는 개인적인 맥락(C_I)을 구성하고, 북한 보건의료체계(C_H)와 거시환경(C_M) 맥락측면에서 연결해 설명할 수 있는 부분을 선택하는 과정을 통해 초기 프로그램 이론을 형성했다. 이 때 맥락의 선택은 문헌고찰을 통해 기제와 맥락의 관계를 지지하는 설명적 근거를 확인할 수 있을 경우 이루어지는 것으로 설정했다.

3. 북한 환자발견 누락에 대한 초기 프로그램 이론 형성

본 연구는 북한의 결핵 환자발견 전략과 진단 알고리즘이라는 기제:자원(M_A)이 + 북한의 어떠한 맥락에서(C) → 누구에게, 어떻게 (i)의료접근성 제한, (ii)의료기관 미방문, (iii)의료기관 방문 시 미진단, (iv)진단완료 후 미신고의 기제:반응이 발동하도록 작동해(M_B) = 결핵 환자 누락이 발생할 수 있는지에(O) 대한 설명을 제공하고자 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 주요 자료원으로 활용하면서, 남한과 국제기구에서 북한 결핵 환자발견을 주제로 발간한 문헌을 추가로 고찰했다. 초기 프로그램 이론을 형성하는데 참고한 선정 문헌은 <표13>과 같다.

표 13. 초기 프로그램 이론 형성 시 참고문헌

발간처	저자	유형	비고
북한	MoPH DPRK(2017b)	보고서	확률비례추출법을 통해 표본으로 선정된 15세 이상 북한 주민 60,683명 대상으로 실시된 전국 단위의 결핵실태조사
남한	김재송(2019)	논문	북한의 의약품 전달체계 변화과정 고찰
	김진숙(2019)	단행본	북한의 의사담당구역제 서술
	류국현(2016)	학위논문	북한의 의약품 전달체계 변화과정 고찰, 북한이탈주민 304명 대상 설문조사
	신희영 등(2017)	단행본	북한 결핵관리체계 서술
	신희영 등(2019)	단행본	북한 의사담당구역제 현황 서술
	엄주현&박혜경(2018)	논문	북한의 의약품 전달체계 변화과정 고찰
국제 기구	WHO(2015a)	보고서	WHO-북한 결핵관리 합동평가 보고서
	Global Fund(2015)	보고서	북한 결핵관리에 대한 글로벌 펀드의 기금 성과 보고서
	Global Fund(2017)	보고서	북한 결핵관리에 대한 글로벌 펀드의 기금 성과 보고서

본 연구는 하위집단을 결핵 의심 유증상자와 무증상자로 구분하고 북한의 어떠한 맥락 속에서 각각에게 (i)(-iv)의 기제:반응(M_B)이 발생할 수 있는지 탐색한 연구라는 점에서 실재론적 평가 연구로서 적합한(adequate)[24] 연구목적을 가지고 있다고 할 수 있다. 즉, 본 연구는 북한이라는 동일한 환경 내에서도 무증상자와 유증상자의 누락을 발생시키는 각기 다른 반응(M_B)이 작동할 수 있으며, 하위집단별 반응(M_B)을 촉발하는 맥락적 요인(C)이 다를 수 있다는 가정 하에 맥락과 기제를 탐색한 연구라고 할 수 있다.

본 연구는 먼저 (1)북한의 결핵 환자발견 전략과 진단 알고리즘(기제:자원, M_A)이 어떻게 구성되어 있는지 살펴본 후, (2)유증상자와 무증상자 누락 기제:반응(M_B)을 유발한 맥락(C)을 도출하며, (3)북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 통해 확인할 수 있는 관측된 결과(O)[25]를 제시하고, (4)초기

24)Wong et al.(2017, p.21)은 연구목적 측면에서 실재론적 평가의 질을 판단하는 기준을 제시함. 실재론적 평가 연구가 어떻게, 왜 프로그램이 작동하고 하위집단별 상이한 결과가 어떤 맥락 속에서 나타나는지("how and why the evaluand works and to disaggregate outcomes for different subgroups and contexts") 설명하고자 하는 목적을 기술했다면 '적합(adequate)', 만약 프로그램이 각기 다른 하위집단별로 상이한 맥락 속에서 어떻게, 왜 다르게 기제가 작동하는지에("how and why the evaluand works differently in different contexts and for different subgroups") 대한 설명을 제공하는 목적을 기술할 경우 '좋음(good)'으로 분류함. 만약 북한과 다른 맥락을 가지고 있는 국가와 유증상자, 무증상자 환자 누락 발생 기제를 비교하거나, 북한 내에서 도시와 벽지로 구분해 유증상자, 무증상자 발견 누락 기제가 어떻게 작동하는지 비교할 경우, 실재론적 평가로서 연구목적이 좋다(good)라고 판단할 수 있을 것임

프로그램 이론을 ‘기제:자원(M_A)+맥락(C)→기제:반응(M_B)=결과(O)’의 CMOCs 틀로 설명하는 순서로 내용을 정리했다. 각 프로그램 이론이 다루고 있는 하위집단과 기제:반응(M_B)은 <표14>와 같다.

표 14. 초기 프로그램 이론 설명 대상 - 하위집단 및 기제:반응(M_B)

하위집단	기제:반응(M_B)			
	(i)의료접근성 제한	(ii)미방문	(iii)미진단	(iv)미신고
무증상자 유증상자	프로그램 이론①	프로그램 이론② 프로그램 이론③,④,⑤	프로그램 이론⑥	프로그램 이론⑦

(1) 기제:자원(M_A)

북한의 결핵 환자발견 전략과 진단 알고리즘(M_A)을 정리한 내용은 다음과 같다. 먼저 환자발견 전략은 <그림16>과 같이 (i)결핵 의심환자가 스스로 리·동 진료소를 방문하거나 (ii)리·동 진료소 호담당의사가 담당 가정을 정기적으로 왕진하는 과정에서 결핵 증상이 의심되는 환자를 발견하는 방식으로 나눌 수 있다. 이 때 리·동 진료소는 결핵 의심환자를 선별하고 가장 가까운 현미경 검사실로 진단검사를 의뢰하는 역학을 수행한다(신희영 등, 2017, p.100). 즉, 북한의 결핵 환자발견 전략은 환자 스스로 리·동 진료소 또는 시·군 인민병원을 방문하는 ‘수동적 환자발견’과 호담당의사의 가정방문을 통해 리·동 단위에서 결핵 의심환자를 선별하는 ‘능동적 환자발견’이 동시에 이루어지는 구조로 설계되어 있다고 할 수 있다.

호담당의사 왕진을 통한 결핵 환자발견을 보다 깊게 이해하기 위하여 북한 보건의료체계 특징 중 하나인 의사담당구역제[26]에 대한 내용을 참고할 수 있다. 북한 보건의료 전달체계는 1차(리·동 진료소), 2차(시·군·구 병원), 3차(도 병원), 4차(중앙 병원)로 구분되며, 각 전달체계 의료기관에서 근무하는 의료진이 담당구역 내 환자들의 건강을 책임지게 된다. 북한 주민은 1차 의료기관에서 첫 진료를 받고 추가적인 전문 진료가 필요하다고 판단될 경우 상급병원 의뢰서를 발부받아 2차 의료기관으로 의뢰된다(신희영 등, 2017, p.15, pp.18-19). 이 때

호담당의사는 리·동 진료소에서 근무하거나 시·군 인민병원에서 호담당업무를 수행하고 있는 준의(중등보건일군)[27]또는 전문과 의사(상등보건일군)[28]를 의미하며(신희영 등, 2017, p.15; 신희영 등,

25)(3)은 관측되지 않은 결과(O)는 다루고 있지 않으나, (4)는 탐색한 맥락(C)과 기제(M)에 근거해 비록 관측되지 않았더라도 발생할 수 있을 것으로 추론되는 결과(O)를 가설의 형태로 제시하였음

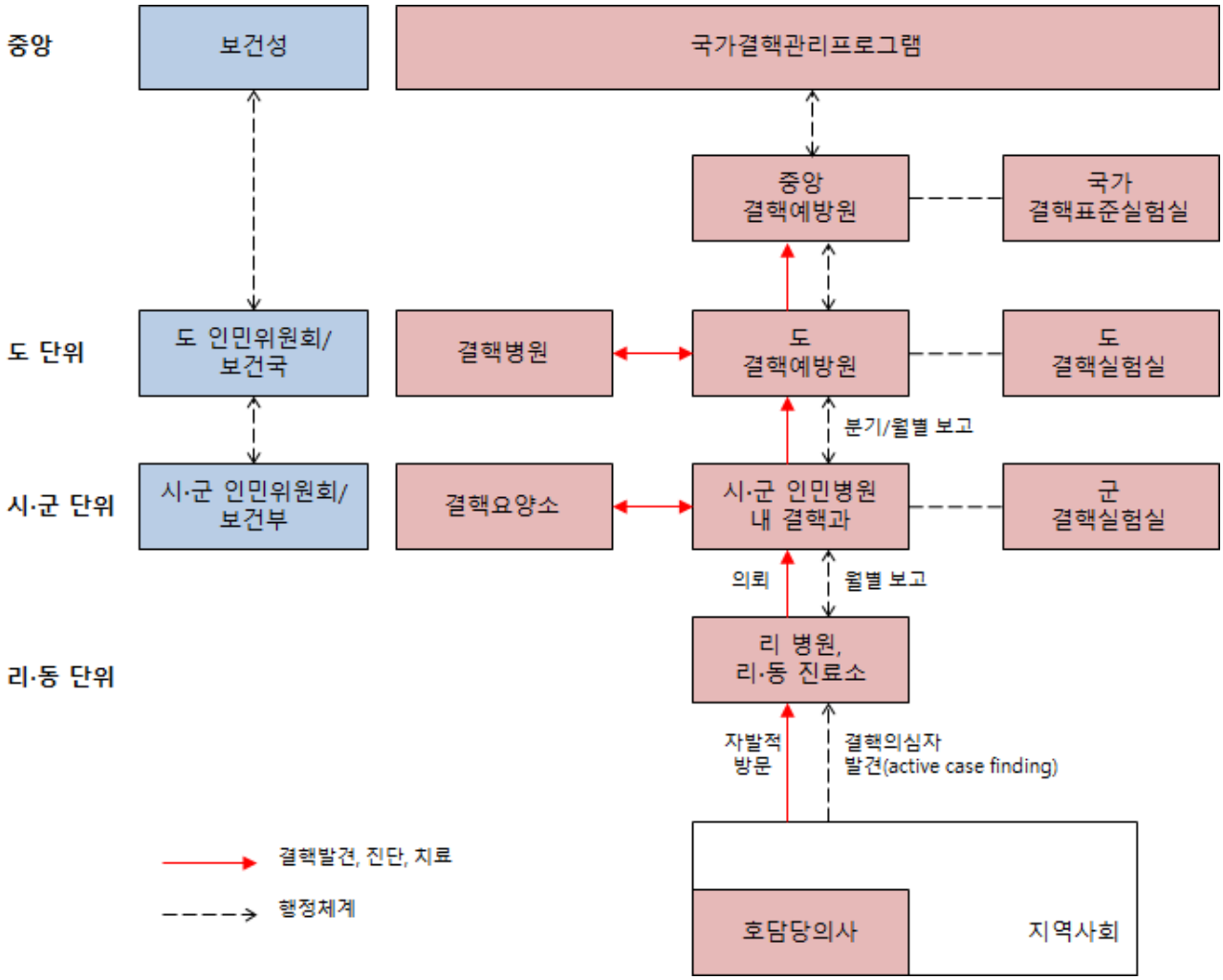
26)“인민보건법 제28조. 국가는 의사들이 일정한 주민구역을 담당하고 맡은 구역에 늘 나가 주민들의 건강상태를 돌보며 예방치료 사업을 하는 선진적 의료봉사제도인 의사담당구역제를 공고 발전시킨다.”(예스로, 2012)

27)북한은 의사담당구역제의 일차의료 서비스를 수행하기 위한 의료인력 공급을 위해 준의 양성과정과 같은 중등보건일군 양성체계를 가지고 있었으나(신희영 등, 2017, p.38) 최근에는 준의를 양성해오던 의학전문학교 체제를 폐지하고 ‘의학대학 및 약학대학(전문과 의사 및 약제사)-간호원학교(간호원)’으로 의료인력 양성기관이 재편되는 정황이 있음(신희영 등, 2017, p.139)

28)전문과 의사도 진료소에 배치될 수 있음. 종합 진료소의 호담당과에 배치될 경우 호담당의사의 업무를 수행하며, 호담당과가 없는 시·군급 병원에서도 전문과 의사들에게 일정 수의 세대를 배정해 호담당의사의 업무를 부여할 수

2019, p.32) 담당구역 내 약 130-150 가구의 예방접종, 건강교육, 병력관리 등 전반적인 건강관리를 담당한다[29](김진숙, 2019, pp.91-92).

그림 16. 북한의 결핵관리체계



자료원: 신희영 등(2017, p.98)

수동적 환자발견과 호담당의사 왕진을 통해 발견한 결핵 의심환자는 이후 상위 의료기관인 시·군·구 병원으로 의뢰되어 결핵 진단 알고리즘에 따라 검사를 받게 된다. 북한의 결핵 진단 알고리즘은 결핵 의심환자 대상으로 객담도말 검사를 수행하고 객담도말 음성 판정자를 대상으로 추가로 흉부X선

있음(신희영 등, 2019, p.32)

29)"호담당의사는 오전에는 동진료소에서 외래를 보고 오후에는 왕진을 다녀요. 위생전선사업도 매일 나가는데 그 사이에 환자가 오면 진료소에 있는 통에 쪽지를 남겨요. 다음 날 호담당의사가 출근하는대로 그 쪽지를 보고 가장 먼저 방문하는 거지요"(김진숙, 2019, pp.92-93)

검사를 실시하는 방식으로 설계 되어있다(WHO, 2015a, pp.29-30). 즉, 북한의 진단 알고리즘은 기본적으로 <표15>의 2A의 순서로 구성되어 있으면서 보완적으로 흉부X선 검사를 진단검사 시 사용하고 있다고 이해할 수 있다. 총 3회의 객담 검사를 실시해 이 가운데 2회 이상 양성 결과가 나오거나 1회 이상 양성이면서 흉부X선 검사 결과 이상 현상이 발견될 경우 객담도말 양성 환자로 분류한다(WHO, 2015a, pp.29-30). 결핵 확진에 필요한 객담도말 검사를 수행할 수 있는 현미경 검사실은 군 병원에 209개, 결핵요양소에 101개, 동 진료소에 39개가 구비되어 있다(신희영 등, 2017, p.98).

표 15. WHO의 능동적 환자발견 권고 진단 알고리즘[1]

진단 알고리즘	1차 선별검사	2차 선별검사	진단검사
1A	면담: 2주 이상 기침	없음	객담도말 검사
1B	면담: 2주 이상 기침	없음	분자진단검사
1C	면담: 2주 이상 기침	흉부X선 검사	객담도말 검사
1D	면담: 2주 이상 기침	흉부X선 검사	분자진단검사
2A	면담: 결핵 의심 증상[2] 중 한 가지라도 있을 경우	없음	객담도말 검사
2B	면담: 결핵 의심 증상[2] 중 한 가지라도 있을 경우	없음	분자진단검사
2C	면담: 결핵 의심 증상[2] 중 한 가지라도 있을 경우	흉부X선 검사	객담도말 검사
2D	면담: 결핵 의심 증상[2] 중 한 가지라도 있을 경우	흉부X선 검사	분자진단검사
3A	흉부X선 검사	없음	객담도말 검사
3B	흉부X선 검사	없음	분자진단검사

주1. 1차 선별검사 조건을 충족해야 2차 선별검사를 받고, 2차 선별검사 조건을 충족해야 진단검사를 받게 됨
주2. 기침, 객혈, ,발열, 식은땀, 체중감량
자료원: WHO(2013b, pp113.-122)

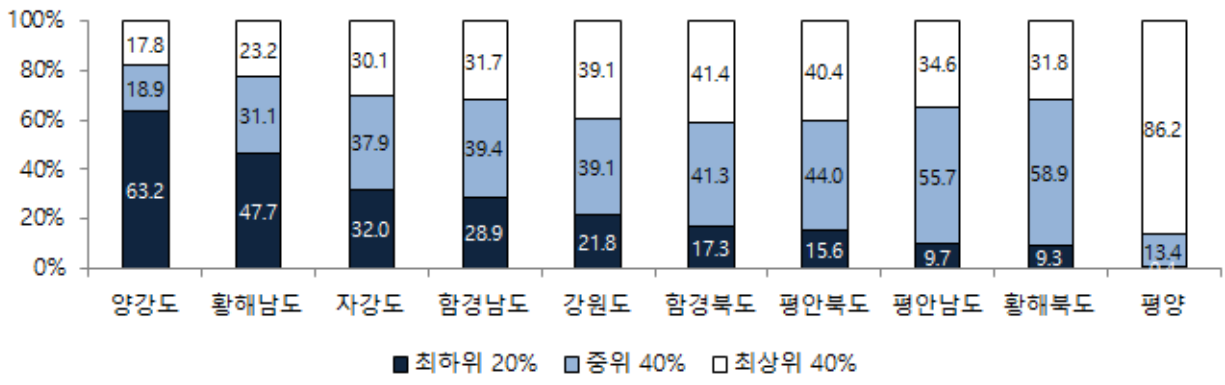
(2) 기제:반응(M_B)별 맥락

(i)의료접근성[30] 제한

의료접근성 제한과 관련한 맥락은 도로, 교통 인프라(C_M①), 진료소 또는 상급 의료기관 방문까지 소요되는 간접비용 부담(C_H①), 환자의 낮은 경제적 수준, 거주 지역(C_I①)으로 도출했다. 의료기관까지의 먼 거리, 의료기관 방문을 위해 소요되는 간접비용(교통, 생산성 손실비용)은 여러 문헌에서 결핵 환자의 의료기관 방문을 지연하는 요인으로 제시된 바 있다(Cai et al., 2015, p.11; Getnet et al., 2017, p.5; Stop TB Partnership, 2013, p.9).

북한은 주요 대도시간 또는 중소 도시에서 인근 대도시나 시·군·구를 연결하는 시외버스 망이 구축되어 있으나(이석기 등, 2014, p.134) 연료의 대부분을 수입해야 하는 상황에서 시외버스와 시내버스는 평균 소득 수준에 비해 운행 요금 부담이 높은 교통수단으로 알려져 있다(안병민, 2014, p.68; 이석기 등, 2014, p.135). 즉, 이동하고자 하는 다른 시·군으로 갈 수 있는 버스는 정기적으로 운행되고 있으나(이석기 등, 2014, p.135), 소득 수준이 낮을 경우 의료기관 방문하기 위해 필요한 교통비용을 지불할 능력이 되지 않아 의료 접근성이 제한될 가능성을 고려할 수 있다. 소득 수준 외에도 고속도로와 중앙과 도를 연결하는 주요간선도로를 제외하면 대부분의 북한 도로가 비포장도로이며, 산악지대의 경우 터널과 교량의 노후화로 안전상의 문제가 우려된다는 점에서(서종원, 2016, p.196), 거주 지역에 따른 의료접근성 편차가 높을 것으로 추론할 수 있다. 특히 거주 지역은 지형적 특성, 도로 인프라 외에도 지역간 소득 불균형 문제(그림17)와 연결해 의료접근성을 제한하는 요인으로 고려할 수 있다.

그림 17. 북한의 지역별 경제수준[1]



주1. 경제수준(wealth index)은 가구의 전기 사용, 취사 연료, 인터넷 접근, 주거지 주요 외벽 재료, 침실 수 등을 고려해 하위 20%, 중위 40%, 상위 40%로 구분함(이종석 & 최은주, 2019, p.60)
자료원: Central Bureau of Statistics of the DPR Korea & UNICEF(2018, p.19)

30)본 연구에서는 의료접근성의 개념을 지리적 접근성과 관련된 것으로 범위를 한정해 사용했음. 이 때 지리적 접근성이란 의료기관까지의 거리, 이동 시간, 교통 수단 측면에서의 접근성을 의미하며(WHO, 1978, p.59), 본 연구에서는 의료기관 방문을 위해 소요되는 비용(예: 교통비용, 시간비용, 생산성 손실비용)도 지리적 접근성 개념에 포함되는 것으로 정의했음

북한 주민은 거주 지역의 진료소를(일차의료기관) 먼저 방문해 필요할 경우 의뢰서를 발급받아 상급 의료기관인 시·군·구 병원(이차의료기관)을 방문할 수 있으며, 다시 시·군·구 병원에서 도인민병원 또는 중앙급병원(삼차의료기관)을 방문하기 위한 파송증을 발급 받게 된다(신희영 등, 2019, pp.85-86). 즉, 원칙상 환자는 결핵 진단검사를 받을 수 있는 시·군·구 병원에 바로 갈 수 없으며, 진료소에 먼저 방문해 의뢰서를 발급 받은 후 시·군·구 병원에서 진료를 받을 수 있다.

그러나 탈북 의료진 대상 심층면담을 수행한 김석주 등(2015, pp.104-105)에 의하면 평양 시내는 상급 의료기관 방문이 어렵지 않으나 다른 지역에서는 방문 시 시간, 노력, 비용이 상당히 소요되는 것으로 묘사되었다. 시·군·구 병원에서 도 단위 중앙병원으로의 파송 시에도 먼 거리 이동에 필요한 휘발유, 등유 등 수송비용을 환자가 부담해야하면서 경제적으로 비용을 부담하지 못하는 환자들은 상급 의료기관에서 진료를 받는 것이 어려운 경우가 발생할 수 있다(신희영 등, 2019, p.18).

“빨리 오고 빨리 대책이 되고 교통도 좋아지고 그래야 하는데, 농촌에서는 버스가 두 번에 한 번씩 다니고, 의학적 지식도 좀 있어야 하고, 돈도 좀 있어야 되고, 농촌에서는 데려올 차를 붙잡기가 힘들어요. 늦어 오는 것도 많죠(탈북의사1).” (김석주 등, 2015, p.104)

서울대 통일평화연구원에서 조사 직전 연도에 탈북한 북한이탈주민 87명을 대상으로 북한 거주 시 질병, 부상 대처 방법을 설문한 결과에 따르면(천경호 등, 2019), 상급 의료기관인 시·군·구 인민병원, 도 단위 중앙병원에서 진료를 받은 비율은 11.5%로 나타났다. 의료기기, 의약품이 부족한 것으로 추정되는 리 인민병원, 진료소에서 전문적인 의료 서비스를 제공하기 어려울 것으로 판단된다는 점에서(천경호 등, 2019, p.104), 시·군·구 병원의 낮은 이용 비율은 제한된 의료접근성과 연결해 생각해볼 수 있는 문제라고 할 수 있다. 단, 해당 설문조사 대상자들의 연령대가 30대 이하가 66.7%를 차지한다는 점에서 질병의 경중이 심각하지 않았을 가능성을 고려해야 하며, 설문 대상자의 59.8%가 양강도 출신이므로 특정 지역에 편중되어 있다는 점에 주의해 결과를 해석할 필요가 있을 것이다.

표 16. 북한이탈주민(n=87)[1] 대상 설문조사 - 북한 거주 시 질병, 부상에 대처한 방법

북한 거주 시 질병, 부상 대처방법	N	(%)
호담당의사에게만 치료를 받았다	55	(63.2)
개인적으로 시장에서 약을 사서 먹었다	44	(50.6)
리 인민병원이나 진료소에서 치료를 받았다	13	(14.9)
시·군·구 인민병원에서 치료를 받았다	8	(9.2)
민간요법을 이용하여 약초 등을 달여서 먹었다	8	(9.2)
정식의사는 아니지만 침놓는 사람에게 치료를 받았다	5	(5.7)
도 단위 중앙 병원에서 진료를 받았다	2	(2.3)

주1. 조사 직전 연도에 북한에서 나온 북한이탈주민 87명을 대상으로 설문조사를 수행함. 설문에 참가한 북한이탈주민 87명의 인구학적 특징은 다음과 같음. 성별: 남성 43.7%(38명), 여성 56.3%(49명); 나이: 10대 4.6%(4명), 20대 37.9%(33명), 30대 24.1%(21명), 40대 11.5%(10명), 50대 21.8%(19명); 탈북 전 최종 거주지: 양강도 59.8%(52명), 함경북도 23.0%(20명), 평안북도 5.7%(5명), 평안남도 2.3%(2명), 평양 2.3%(2명), 황해남도 1.1%(1명), 남포 1.1%(1명)
자료원: 천경효 등(2019, p.104)

시·군·구 또는 도급 상급 의료기관으로의 파송 외에도 리·동 진료소 방문에 있어서도 교통 문제가 의료 접근성을 제한하는 이유일 수 있다. 김석주 등(2015, p.240)은 북한이탈주민 200명 대상으로 북한 거주시 진료소에 방문하지 못한 이유를 설문한 결과 총 11가지 요인 가운데 교통 불편은 4번째로 응답 비율이 높았으며, 남한 거주시 의료기관을 방문하지 못한 비율과 통계적으로 유의한 차이가 나타나는 것으로 조사되었다(표17). 단, 김석주 등(2015)이 수행한 설문조사 결과는 대상자인 북한이탈주민의 59.5%(119명)가 함경북도, 13.5%(27명)가 양강도 출신으로 특정 지역에 집중되어 있다는 점에 유의하여 해석할 필요가 있다. 즉, 해당 설문조사 결과는 북한 전체를 대표하기는 어려울 수 있으며, 접경 지역의 열악한 교통 인프라를 반영한 결과로서의 의미로 제한해 해석하는 것이 적절할 것이다.

표 17. 북한이탈주민(n=200)[1] 대상 설문조사 - 북한과 남한에서 의료기관(진료소)에 방문하지 못한 이유[2] 비교

의료기관(진료소)에 가지 못한 이유	북한에서	남한에서	카이제곱 통계량 (p값)
경제적인 이유로 (돈이 없어서)	120명 (60.0%)	65명 (32.5%)	29.33 (<0.001)
병원에서 치료 받아도 효과가 없어서	68명 (34.0%)	6명 (3.0%)	61.70 (<0.001)
병원에 가도 치료 받을 수 없어서	42명 (21.0%)	1명 (0.5%)	41.69 (<0.001)
교통편이 불편해서	37명 (18.5%)	4명 (2.0%)	27.83 (<0.001)
직장이나 학교를 비울 수가 없어서	36명 (18.0%)	53명 (26.5%)	3.70 (0.05)
증상이 가벼워서 (참을 수 있어서)	35명 (17.5%)	32명 (16.0%)	0.07 (0.79)
병의원 등에서 오래 기다리기 싫어서	33명 (16.5%)	17명 (8.5%)	5.14 (0.02)
큰 병으로 진단받을까 봐 두려워서	26명 (13.0%)	81명 (40.5%)	37.21 (<0.001)
갈 수 있는 시간에 병의원이 문을 열지 않아서	22명 (11.0%)	16명 (8.0%)	0.73 (0.39)
병의원 등에 예약을 하기 힘들어서	17명 (8.5%)	9명 (4.5%)	2.02 (0.16)
기타	13명 (6.5%)	5명 (2.5%)	2.85 (0.09)
거동이 불편해서	11명 (5.5%)	11명 (5.5%)	0.00 (1.00)

주1.설문에 참가한 북한이탈주민 200명의 인구학적 특징은 다음과 같음. 성별: 남성 22.0%(44명), 여성 78.0%(156명); 나이: 평균 38.63세±10.15세; 고향: 함경북도 59.5%(119명), 양강도 13.5%(27명), 함경남도 9.5%(19명), 강원도 8.0%(16명), 평안남도 1.5%(3명), 황해북도 3명(1.5%), 평양 1.0%(2명), 평안북도 1.0%(2명), 황해남도 1.0%(2명)

주2. 북한이탈주민 200명 중 의료기관에 방문하지 못한 경험이 있다고 응답한 설문 응답자 176명 대상으로 북한과 남한에서 의료기관에 방문하지 못한 이유를 각각 2가지씩 선택하도록 함

자료원: 김석주 등(2015, p.240)

(ii)의료기관 미방문 - 가.

미방문과 관련한 첫 번째 맥락은 40% 이상을 차지하는 무증상자 비율(C_H②), 무증상자라는 개인적인 특징(C_I②)으로 도출했다. 심각하지 않은 결핵 증상은 결핵 진단 지연을 고찰한 여러 문헌에서 환자의 의료기관 방문 지연과 연관된 요인으로 제시된 바 있다(Getnet et al., 2017, p.5; Li et al., 2013, p.162; Storla et al., 2008, p.5).

환자 개인에게 결핵 의심증상이 나타나지 않을 경우 환자 본인 또는 호담당의사가 결핵으로 인지하지 못하면서 의료기관 미방문으로 인해 누락될 수 있다. 이 때 주의할 점은 무증상자는 결핵 의심 증상이 나타나지 않는 개인적인 특징으로 인해 발견되지 않지만, 해당 국가의 총 감염자 가운데 무증상자가 차지하는 비율은 전체 결핵 환자 발견 비율에 영향을 줄 수 있다는 점이다. 2015-2016년 북한에서 실시된 결핵실태조사 결과 결핵으로 확진된 340명 가운데 약 43%(95%CI: 37.7%-48.2%,

146명)가 결핵 의심 증상이 발현하지 않은 무증상 감염자인 것인 점을 감안해(표18)(MoPH DPRK, 2017b, p.64) 북한의 무증상 결핵 감염자 비율이 절반 가까이 될 것이라는 가정을 고려할 수 있다.

표 18. 북한 결핵실태조사 - 결핵 확진자의 선별검사[1] 결과

			N	(%)
면담: 결핵 의심 증상[2] 있음	,	흉부X선 검사: 시행하지 않음	5	(1.5)
면담: 결핵 의심 증상[2] 있음	,	흉부X선 검사: 이상 없음 (정상)	2	(0.6)
면담: 결핵 의심 증상[2] 있음	,	흉부X선 검사: 이상 있음 (결핵의심)	187	(55.0)
면담: 결핵 의심 증상[2] 없음	,	흉부X선 검사: 이상 있음 (결핵의심)	146	(42.9)
		합계	340	(100)

자료원: MoPH DPRK(2017b, p.64)
주1. WHO 진단 알고리즘이 1차 조건을 충족해야 2차검사를 받도록 권고된 반면, 북한 결핵실태조사는 면담과 흉부X선 검사 가운데 하나라도 결핵 의심환자 조건을 충족할 경우 다음 단계의 객담도말 검사를 받도록 설계됨(MoPH DPRK, 2017b, p.16)
주2.. 2주 이상 기침, 혈담, 객혈, 숨쉬기 어려움, 발열, 식욕없음, 무기력함, 식은땀, 체중감량

(ii)의료기관 미방문 - 나.

미방문과 관련한 두 번째 맥락은 1990년대 장마당 등장 및 의약품 시장 유통(C_M③), 무상의료 기능 저하로 인한 의약품 유상 구매(C_H③), 비공식 의료기관을 이용한 의약품 구매 행태 보편화(C_I③)로 도출했다. 비공식 의료기관을 첫 번째로 방문하는 것은 결핵 환자의 의료기관 방문을 지연하는 요인으로 제시된 바 있다(Getnet et al., 2017, p.5; Li et al., 2013, p.11).

북한의 의약품 유통경로를 이해하기 위해서는 의약품 전달체계 변화과정에 대한 이해가 필요하다. (i)의약품 시장 발생기(1990-2002년)에는 1990년대 중반 발생한 대기근으로 공식적인 의약품 유통체계가 붕괴됨에 따라 북한 주민들이 장마당을 통해 의약품 구매하기 시작했다. 그러나 이 시기 비전문 의료진에 의해 의약품이 유통되면서 약물 부작용, 오남용 등의 문제가 발생하게 되었다. (ii)시장과 개인 약국의 의약품 판매 혼재기(2003-2009년)에는 2002년 7.1 경제관리 개선조치에 따라 정부가 의약품의 장마당 판매를 강력히 통제하면서 공식적인 개인 약국과 평스제약(북한, 스위스 합작사) 등 제약합영회사 산하 직영 약국이 등장했다. 개인 약국은 주로 퇴직 의사나 약사가 제약공장, 병원, 정부에 일정 비용을 지불하고 운영 허가를 받아 의약품을 유상으로 판매하며, 제약합영회사 산하 직영 약국들 자체 생산 의약품이나 중국산 의약품을 수입해 유통하는 구조이다. 그러나 개인 약국은 정품 의약품을 공급하는 대신 가격이 장마당 보다 2-3배 비싸기 때문에 주로 부유층이 이용하고, 일반 주민들은 장마당이나 개인집 약장사 등 비공식 경로로 의약품을 구입하는 것으로 알려져 있다. (iii)의약품 개인약국 판매 확립기(2010년-현재)에는 제2기에 생겨난 개인 국영 약국이 활성화되었다. 평양 중구역 기준으로 (ii)시장과 개인 약국의 의약품 판매 혼재기(2003-2009년) 시기에 9개였던 개인 약국이 30개로 늘어났으며, 평양 각 구역에 개인 약국이 30개 이상 존재하는 것으로 알려져 있다(김재송, 2019, pp.51-52; 류국현, 2016, p.128, pp.190-193; 엄주현, 2018, pp.24-28).

북한이탈주민 대상 연구들에 의하면 1990년대 대기근 이후 등장한 장마당이 비공식적 전달체계로 의약품 유통에 있어 주요하게 작동하는 것으로 알려져 있다(김재송, 2019, p.51; 신희영 등, 2017, p.33; 엄주현 & 박혜경, 2018, p.237). 북한의 보건의료체계는 원칙적으로 무상의료를 지향하고

있으나, 1990년대 발생한 대기근 이후에는 중앙정부의 의약품 배급 능력이 저하되면서 환자는 설령 무료로 진료를 받더라도 의약품을 직접 장마당에서 돈을 주고 구입해야 하는 상황으로 변하게 되었다(신희영, 2017, pp.32-33).

북한 보건성이 발표한 북한 결핵실태조사에 따르면 결핵 의심 증상을 보인 4,802명을 대상으로 증상이 있음에도 의료기관에 방문하지 않은 이유를 설문한 결과 '이유 없음'이 88.0%(4,226명)로 가장 많았고, 두 번째로 '의료기관을 방문하기에는 너무 바쁘기 때문'이 9.3%(447명)로 많은 것으로 나타났다(표19). 이 때 '의료기관을 방문하기에는 너무 바쁘기 때문에'라는 이유로 의료기관을 방문하지 않은 비율은 남성(10.5%)이 여성(7.7%) 보다 높게 조사되었다(MoPH DPRK, 2017b, p.71). 의료기관 방문까지의 긴 소요시간(Cai et al., 2015, p.7), 바쁜 생업으로 인한 의료기관 방문 어려움(Li et al., 2017, pp.6-8)은 환자가 의료기관 방문을 지연하는 요인 중 하나로 꼽히고 있다.

표 19. 북한 결핵실태조사 - 의료기관에 방문하지 않은 결핵 의심 유증상자의 미방문 이유

	합계		성별 구분			
			남성		여성	
	N	(%)	N	(%)	N	(%)
의료기관을 방문하기에는 너무 바쁘기 때문에	447	(9.3)	306	(10.5)	146	(7.7)
의료기관까지의 거리가 멀기 때문에	53	(1.1)	35	(1.2)	19	(1.0)
결핵으로 진단 받는 것에 대한 두려움	62	(1.3)	38	(1.3)	25	(1.3)
기타	14	(0.3)	12	(0.4)	0	(0.0)
이유 없음	4,226	(88.0)	2,519	(86.5)	1,701	(90.0)
합계	4,802	(100)	2,912[1]	(100)	1,890	(100)

자료원: MoPH DPRK(2017b, p.59, p.71) 내용 재구성
주1. 자료원에는 남성 결핵 유증상자는 2,912명, 의료기관 미방문 이유가 비율(%)로 제시되어 있음. 남성 결핵 의심 유증상자 수(N)를 별도로 계산하는 과정에서 합계가 2,910명으로 산출되었으나 <표7>에는 2,912명으로 표기함

그러나 북한 결핵실태조사는 '이유 없음'으로 응답한 비율이 88.0%로 매우 높다는 점에서 의료기관을 방문하지 않는 이유를 충분히 설명하기에는 한계가 있다고 할 수 있다. 따라서 본 연구는 북한이탈주민 대상 연구를 통해 추가적으로 유증상자가 의료기관에 방문하지 않는 이유를 탐색했다.

진료 후 의약품을 유상으로 구매해야 하고 비공식 의료기관에서 의약품 구매가 가능한 상황에서, 1990년대 대기근 이후 의료 서비스, 국산 의약품 품질에 대한 신뢰가 저하되면서 환자들이 이상 증세가 나타났을 때 자가 진단을 통해 필요하다고 생각되는 의약품을 장마당, 개인집 약장사를 통해 구매하는 건강행태가 습관화 되었을 것으로 추론할 수 있다(엄주현, 2018, p.28; 류국현, 2016, p.183, p.185). 이상 증상 발생 시 비공식 의료기관을 첫 번째로 방문하거나 자가 치료 하는 건강행태는 여러 문헌에서 결핵 진단 지연의 관련 요인으로 지적되고 있는 부분이다(Getnet et al., 2017, p.5; Li et al., 2017, p.11; Storla et al., 2008, p.5).

표 20. 북한이탈주민 대상 설문조사 - 북한 주민의 의약품 구입 장소

		2002년		2009년		2012년	
		N	(%)	N	(%)	N	(%)
공식 의료기관	병원	13	(4.3)	13	(4.3)	12	(3.9)
	개인/국영 약국	49	(16.1)	56	(18.4)	65	(21.4)
비공식 의료기관	장마당	155	(61.0)	149	(49.0)	149	(49.0)
	개인집 약장사[1]	87	(28.6)	86	(28.3)	78	(25.7)
	합계	304	(100)	304	(100)	304	(100)

자료원: 류국현(2016, p.73)

주1. 개인집 약장사는 대부분 정년퇴직한 의사나 약사가 개인집에서 사적으로 진료 및 의약품 판매하는 형태로 나타남. 설문 결과 개인집 약장사는 리, 동에서 평균적으로 3-6집 있는 것으로 조사됨(류국현, 2016, p.104, p.122, p.136, p.191)

북한이탈주민 304명 대상 설문조사를 수행한 류국현(2016, pp.73-74)에 따르면 대상자 가운데 74%(225명)가 장마당에서 의약품 구입 경험이 있다고 응답했으며, 장마당에서 의약품을 구입한 이유로는 '병원에 의약품이 없어서(117명, 38.5%)', '병원 처방 약을 사기 위해서(79명, 26.0%)' 순으로 조사되었다. 설문 대상자에게 북한 주민들의 의약품 구입 장소를 설문한 결과는 <표20>과 같다. <표20>에 따르면 2002년에 비해 2012년 공식 전달체계에 의한 의약품 구입이 20.4%에서 25.3%으로 증가했으나, 비공식 의료기관을 활용해 의약품을 구입한다고 응답한 비율이 여전히 70% 이상으로 높게 조사되었다. 단, 해당 연구는 (i)북한이탈주민 대상 설문조사이므로 북한 주민 전체를 대표하기 어렵다는 점, (ii)설문 대상자의 견해를 기반으로 조사한 내용이라는 점에 유의해야 한다.

결핵은 글로벌 펀드를 통해 의약품이 공급되기 때문에 다른 질환에 비해 공식 의료기관을 통해 양질의 의약품을 구할 가능성이 더 높을 수 있다. 그러나 만약 진료 후 의약품을 유상으로 구매해야 하고 비공식 의료기관에서 의약품 구매가 가능한 상황에서 주민들에게 자가 치료가 일반적인 건강행태로 받아들여지고 있다면 북한은 환자의 자발적 의료기관 방문을 통해 이루어지는 수동적 환자 발견이 효과적으로 실행되기 어려운 환경이라 할 수 있을 것이다.

(ii)의료기관 미방문 - 다.

미방문과 관련한 세 번째 맥락은 구소련의 영향으로 발달한 결핵 요양소·병동 네트워크 및 입원 중심 결핵 치료(C_M④), 위치적 접근성이 떨어지는 결핵 요양소(C_H④), 환자의 결핵 요양소 입원 기피 및 자가치료 선호(C_I④)로로 도출했다. 결핵 확진에 대한 두려움은 능동적 환자발견 실행과 연관된 요인으로 제시된 바 있다(Biermann et al., 2019, p.4).

북한에 발달한 결핵 요양소·병동 네트워크와 입원 중심 결핵 치료는 역사적 유산(historical legacy) 또는 경로 의존성(path dependency)의 개념으로 바라볼 필요가 있다. 구소련 사회주의 보건의료체계는 중앙에서 통제하는 수직적 관리 시스템, 세금 기반의 무상치료제, 예방 중심의 포괄적 접근이라는 특징을 가지고 있으며(세마쉬코 지음/신영전,신나희 옮김, 2017; 이혜원, 2018, p.121, 재인용), 북한 역시 국가가 의료인력을 고용하여 봉급을 지급하고 모든 보건의료 기관과 시설을 소유한 국영 의료체계이자[31], 무료로 보건의료 서비스를 이용하는 무상 치료제를 지향하고 있으며[32],

보건위생교육과 예방보건사업 등 예방의학을 강조한다[33](신희영 등, 2017, p.8)는 공통점을 가지고 있다[34].

구소련 사회주의 국가에서는 요양소·병동 격리 및 입원을 결핵 치료의 기본 원칙으로 삼았으며, 수술이 일반적인 치료법으로 사용되었다. 이소니아지드(isoniazid), 파스(Para-aminosalicylic acid, PAS) 등 항결핵제가 개발되기 이전인 1940년대 까지는 수술이 폐결핵의 유일한 치료법으로 사용되었다(김진희 등, 2005, p.613; Schwalbe et al., 2008, p.160). 구소련 보건의료체계 내에서는 결핵 전문 치료 기관 간 수직적인 네트워크가 구축되어 있었고 약 80,000개의 결핵 전문 병상이 마련되어 있었으며, 결핵 전문의의 소견에 따라 1,2차 항결핵제 병용 여부 등 치료법을 환자마다 다르게(individualized treatment) 처방하고, 완치 판정 이후에도 흉터 등 특이사항이 발견될 경우 몇 년에 걸쳐 추적조사를 받았다(Floyd et al, 2006, p.44; Atun et al., 2005, p.123),

북한에는 200개 이상의 결핵 요양소가 설치되어 있으며, 결핵 치료 집중기의 신규 도말 양성 환자의 60-70% 또는 1차 치료에 실패하였거나 결핵이 재발한 환자의 100%가 결핵 요양소에 격리되어 입원치료를 받고, 요양소에서 퇴원한 이후에는 리·동 진료소에 방문해 호담당의사로부터 직접복약확인을 받는 치료 지침을 가지고 있다(WHO, 2015a, p.42).

반면 WHO는 1차 항결핵제를 사용한 표준화된 치료법(standardized treatment)인 DOT[35]를 치료 방법으로 권고하며(WHO, 1999, p.8). DOT전략(1994-2005년), Stop TB전략(2006-2015년), End TB전략(2016-2035년)에서 DOTS 확대를 지속적으로 추진하고 있다(WHO, 2015b, p.4). WHO는 북한 결핵관리 협동실사(2014년 5월 9-19일) 수행 후 결과 보고서에서 불필요한 결핵 요양소 격리는 재정적 부담이 될 뿐만 아니라 환자의 사회적 삶을 단절시키므로 결핵 합병증이나 심각한 부작용이 있는 환자에만 요양소 입원을 제한하는 방안을 권고한 바 있는데(WHO, 2015a, pp.43-44), 이는 격리, 입원 치료가 WHO의 DOTS 치료 지침에 부합하지 않는다는 배경에서 이해할 수 있다.

시·군·구 인민병원에서 관리하는 결핵 요양소·병동은 대체로 시내와 떨어진 외곽지역에 위치하고 있으며[36], 낮은 지리적 접근성은 결핵 환자들이 입원 치료를 기피하고 약국 등에서 항결핵제를

---

31)"국가는 자립적민족경제의 토대에 의거하여 대규모의 중앙제약, 의료기구공업과 함께 중소규모의 지방제약, 의료기구공업을 발전시킨다(인민보건법 제 34조).", "조선민주주의인민공화국에서 보건기관은 국가와 사회의 주인인 인민들의 생명을 보호하고 건강을 증진시켜 그들의 행복한 생활과 원만한 사회적 활동을 보장하는 인민적 보건기관이다(인민보건법 제 39조)"

32)"국가는 모든 공민에게 완전한 무상치료의 혜택을 준다. 로동자, 농민, 지식인을 비롯한 모든 공민은 무상으로 치료받을 권리를 가진다(인민보건법 제 9조)."

33)"사회주의의학에서 기본은 예방의학이다. 국가는 인민보건사업에서 사회주의의학의 원리를 구현한 예방의학제도를 공고, 발전시킨다(조선민주주의공화국 인민보건법 제 3조)." "국가는 인민들이 병에 걸리지 않도록 미리 대책을 세우는 것을 자기 활동의 중요한 임무로 여기며 예방에 선차적인 힘을 넣는다(인민보건법 제 18조)."

34)구소련 사회주의 국가의 보건의료체계와 구별된 북한 보건의료체계만의 특징으로는 호담당의사제와 고려의학을 들 수 있음

35)환자는 일상생활을 하면서 주기적으로 일차의료 일반의에게 항결핵제를 복약 하는지 확인을 받으며, 6-8개월의 치료기간이 지나 완치 판정을 받으면 이후 별도의 추적조사는 이루어지지 않음(Floyd et al, 2006, p.44).

36)신희영 등(2019, p.64)에 따르면 한 결핵 병동의 위치는 시내에서 직선거리로 16.7km(서울특별시청에서 과천정부청사까지의 직선거리 15.58km) 떨어져 있는 것으로 조사됨

구입하는 것을 더 선호하게 되는 요인이 된다(신희영 등, 2019, p.64).

“제3예방원[37]은 시내에서 떨어져 외곽에 있어 주민들이 될수록 가지 않는다. 그래서 결핵에 걸리면 결핵 치료약을 시내의 약국 등에서 구입하는 경우가 있다. (북한이탈주민 G)” (신희영 등, 2019, p.64)

“결핵 환자들이 대체로 집을 떠나서 고생하고 싶어하지 않는다. 그래서 웬만하면 자기집에서 치료하겠다고 하고 정말 결핵병동에 안가려고 한다. (북한이탈주민 E)” (신희영 등, 2019, p.64)

“제3예방원에 가면 입원을 할 수 있는데 대체로 입원을 안 한다. 결핵은 장기질환이지만, 죽을 정도는 아니니깐, 그냥 의사를 왕진으로 불러들인다던가, 아니면 지정된 날짜마다 치료를 받고 약만 떼간다던가 하면서 자가치료를 한다. (북한이탈주민 I)” (신희영 등, 2019, p.65)

결핵 확진 시 요양소 입원에 대한 기피가 있을 경우, 환자 스스로 또는 호담당의사를 통해 상급 의료기관을 방문해 정확한 진단을 받기 보다는 결핵 치료제를 구입해 자가치료 하려는 경향이 높아질 가능성을 고려할 수 있다.

(ii)의료기관 미방문 – 라.

미방문과 관련한 네 번째 맥락은 의료 서비스 초과수요 현상(C_H⑤), 호담당의사 업무 과부하로 인한 효율성 하락(C_I⑤)으로 도출했다. 투입 가능한 인적 자원과 의료진의 과도한 업무부담은 능동적 환자발견 실행과 관련된 요인으로 제시된 바 있다(Biermann et al., 2019, p.4; Stop TB Partnership, 2013, p.9; WHO, 2013b, p.57).

2017년 기준 북한의 인구 1만 명 당 의사 수의 비율은 37명으로 남한의 24명, OECD 평균인 35명보다 높은 것으로 알려져 있다(OECD, 2019, p.173; WHO, 2020, Jun). 그러나 의사 수 대비 총인구 비율을 국가별로 비교하는 것은 해당 지역의 보건의료제도나 인구 구성상의 특징을 반영하지 않는다는 한계를 가지고 있으므로 의료인력 수의 과·부족을 판단하기 위해 지역주민의 의료서비스 만족도, 의료서비스에 대한 초과수요 현상 여부 등의 기준을 추가로 고려할 수 있다(양봉민 등, 2013, p.187)

2012년 기준 호담당 업무를 수행하고 있는 호담당의사는 44,760명(MoPH DPRK & WHO, 2012: 신희영 등, 2017, p.39 재인용)으로 전체 의사 인력 68,393명[38] 가운데(MoPH DPRK & WHO, 2012: 신희영 등, 2019, p.140 재인용) 약 65.4%(=44,760명/68,393명)를 차지하는 것으로 나타났다. 이 때 호담당 업무는 준의뿐 아니라 리·동 진료소 또는 시·군 인민병원에서 근무하는 전문과 의사도 담당한다[39]는 점에 참고하여(신희영 등, 2019, p.32) 해당 비율의 의미를 해석할 필요가 있다. 즉,

37)제3예방원 또는 제3예방과는 결핵 전문병원 또는 시·군·구 인민병원에서 결핵을 담당하며, 결핵 병동을 관리함(신희영 등, 2019, p.59, p.63)

38)치과의사, 위생의사, 고려의사 인력 수는 제외한 수치임

65.4%는 호담당 업무를 담당하고 있는 준의와 전문과 의사 수를 합산한 값으로 이해할 수 있다. 북한의 2012년 인구가 24,800,612명(World Bank, 2020)인 점을 감안해 평균적으로 호담당의사 1명이 약 554명(=총 인구 24,800,612명/호담당의사 44,760명)을 담당한다고 추산할 수 있으며, 원칙적으로 호담당의사가 약 120세대 맡는다는 규정에 비추어(신희영 등, 2019, p.31) 554명을 크게 무리가 가지 않는 수치라고 판단할 수 있다.

그러나 호담당의사 인원이 부족해 호담당의사 1명이 250세대씩 맡거나 간염, 결핵 등의 여러 업무를 동시에 담당하고(신희영 등, 2019, p.31), 호담당의사 1명이 도시의 경우 약 1,200명, 농촌의 경우 1,500명을 담당하는 경우가 있다는 증언에 비추어[40](석영환, 2006, p.14) 호담당의사의 업무 과중에 지역 또는 의료기관별 편차가 있을 수 있으며 초과 수요 문제로 인해 의료 서비스가 인해 효과적으로 전달되기 어려운 환경일 수 있다는 가정을 제안할 수 있다. 의료 서비스 초과 수요 현상은 의료 인력의 과·부족을 판단하는 기준 중 하나이다. 의료 서비스에 대한 초과 수요가 존재할 경우 나타나는 대표적인 현상은 환자의 대기시간 증가, 의료 서비스 질 하락 등이 있으며, 초과 수요 문제가 발생할 경우 호담당 업무를 담당하는 인력을 추가하는 방안을 고려할 수 있다(양봉민 등, 2013, pp.187-188).

(iii)의료기관 방문 후 미진단

미진단과 관련한 맥락은 대북제재로 반입이 어려운 의료기기(C_M⑥) 노후화된 진단기기(C_H⑥)와 그로 인한 의료진의 진단검사 해석 정확성 하락(C_I⑥2)으로 도출했다. 낮은 진단검사 정확도는 의료기관에 방문한 환자의 결핵 진단을 지연하거나 능동적 환자발견 실행과 관련된 요인으로 제시된 바 있다(Biermann et al., 2019, p.4; Stop TB Partnership, 2013, p.9)

대북 제재로 인해 북한 내 의료장비 도입에 제한이 있는 상태로 분자진단기기인 Xpert 도입까지 약 1년의 시간이 소요되며, 흉부X선기기는 주변국 비인가 업체로부터 조달 받아야 하는 상황인 것으로 알려져 있다(WHO, 2015a, p.54). 2006년부터 식량 및 의약품을 제외한 북한의 재래식, 대량살상무기 개발이나 수출에 기여할 수 있는 모든 품목에 대해 대북 수출입이 금지되었으며(최장호 등, 2016, p.32), 현재까지 국제사회 대북제재를 관장하는 1718호 위원회가 인도주의적 지원 사업에 대한 면제 신청서를 검토, 승인한 품목만 반입이 가능한 상태이 지속되고 있다(서보혁 등, 2018, p.13, p.161).

외부로부터 의료기기 반입이 어려운 상황이 지속되면서 2015년 발간된 WHO-북한 결핵관리 협동실사 보고서(joint mission report)에 따르면 객담도말 검사를 수행하는 현미경과 흉부X선기기가 노후화 되어있는 것으로 나타나 진단검사 결과의 신뢰성 저하가 우려되는 상태이며(WHO, 2015c, p.32) 이로 인해 의료진의 정확한 진단검사 해석이 어려울 수 있을 것으로 추정할 수 있다.

---

39)"종합진료소에 의사가 20명이라고 한다면, 종합진료소 관할 등의 인민반 100개를 의사들이 나눠 한사람 당 5개 인민반을 맡는거다. 의사 소속이 내과든 외과든 소아과든 상관없이 담당 호들을 다 맡는다. 그래가지고 예방접종을 한다던지 유행 질환이 나타나면 인민반에 나가서 해설 선전을 해주고 강연도 한다. (북한이탈주민F)"(신희영 등, 2019, p.32)

40)이 때 호담당의사 인력 부족에 대한 증언을 개별 사례에 관한 내용이기 때문에 북한의 상황을 일반화하기는 어렵다는 한계점을 고려해 해석할 필요가 있음

(iv)의료기관에서 진단 후 미신고

미신고 관련 맥락은 외부 조달로 전량 공급되는 항결핵제(C_H⑦-1)와 의료 전자정보 시스템 미구축으로 인해(C_H⑦-2) 진단 후 치료 수요에 대한 탄력적 대응의 어려움(C_I⑦)으로 도출했다. 항결핵제 재고 부족(Stop TB Partnership, 2013, p.9)은 의료기관에 방문한 환자에 대한 진단 지연과 관련 있는 요인으로 제시된 바 있으며, 안정적인 항결핵제 공급(WHO, 2013b, p.57)과 의료정보 시스템(Biermann et al., 2019, p.4)은 능동적 환자발견 실행과 연관된 요인으로 제시된 바 있다.

첫째, 낮은 의약품 생산 역량으로 인해 항결핵제를 전량 외부로부터 조달해 공급하고 있는 구조에서는 발견 환자 수가 전년도 대비 급격하게 변하거나 예산을 초과하는 항결핵제 구입이 필요할 경우 신속하고 유연하게 대응하기 어렵다는 점에서 진단된 환자 신고를 지연하는 유인이 발생할 수 있음을 고려할 수 있다.

북한은 원료 확보가 가능한 고려약에 의한 자력갱생 장려 정책을 추진하고 있으나, 신약의 외부 의존도가 높고 자체적으로는 기본적인 필수 의약품을 생산하는 수준에 그치고 있으며(김재송, 2019, p.50; 엄주현 & 박혜경, 2018, p.244), 우수의약품제조관리기준(good manufacturing practice, 이하 GMP)[41] 개념이 도입되기 전 1950-1960년대 건립된 제약공장들과 대규모 투자가 요구되는 GMP 특성상 GMP에 근거한 고품질의 의약품 생산에 어려움을 겪고 있다(김진숙, 2012, p.643). 북한은 낮은 의약품 생산 역량의 한계를 극복하고자 2000년대부터 합영 제약회사[42]를 적극적으로 유치하고 제약공장 현대화 사업을 추진하고 있다(엄주현 & 박혜경, 2018, pp.244-245).

표 21. 북한 결핵관리에 대한 글로벌 펀드 지원 예산

	2012.6 -2013.6		2013.6 -2014.6		2014.6 -2015.6	
	달러	(%)	달러	(%)	달러	(%)
DOTS 프로그램	8,347	(0.1%)	5,178	(0.1%)	21,000	(0.2%)
1차 항결핵제 구입, 공급	6,585,194	(44.2%)	4,632,933	(45.4%)	3,835,513	(41.3%)
모니터링 및 평가	630,048	(4.2%)	561,806	(5.5%)	229,072	(2.5%)
ISTC[1]	19,722	(0.1%)	21,857	(0.2%)	19,722	(0.2%)
ACSM[2]	75,875	(0.5%)	71,953	(0.7%)	45,151	(0.5%)
다제내성 결핵	801,549	(5.4%)	712,688	(7.0%)	1,040,104	(11.2%)
진단 강화	2,948,276	(19.8%)	802,572	(7.9%)	827,182	(8.9%)
일차의료강화 (TB이외)	727,911	(4.9%)	559,574	(5.5%)	563,544	(6.1%)
프로그램 관리 및 행정	3,085,468	(20.7%)	2,832,727	(27.8%)	2,703,054	(29.1%)
합계	14,882,390	100%	10,201,288	(100%)	9,284,342	100%)

주1. ISTC(international standards of tuberculosis care)
주2. ACSM(advocacy, communications and social mobilization)
자료원: WHO(2015a, p27)

41)GMP란 "의약품의 제조업 및 소분업이 원료의 입고부터 제품의 출하까지 제조공정 전반에 걸쳐 완제 및 원료의약품에 대해서 우수한 품질이 확보될 수 있도록 시설 설비 등을 갖추기 위해 준수해야 할 기준"을 의미함(김재송, 2018, p.187)

42)"2002년 스위스 기업과 북한 보건성 보건성 산하의 평양제약공장이 공동 투자해 평스제약합영회사를 설립하고 2004년부터 아스피린, 이부프로펜, 독시사이클린, 마크로라이드계 항생제 등 신약과 10종류의 고려약 등 50여종을 생산하고 있다." (엄주현 & 박혜경, 2018, pp.244-245)

2010년부터 북한 결핵 환자에게 투여되는 항결핵제는 전량 글로벌 펀드(Global Fund)로부터 공급되고 있다(WHO, 2015a, p.43). 2012년 6월부터 2015년 6월까지 북한 결핵관리에 지원한 글로벌 펀드의 예산안을 살펴보면(표21) 1차 항결핵제가 40% 이상의 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다(WHO, 2015a, p.27). 북한은 2010년 6월부터 2015년 9월까지 평가등급 A1(기대이상), 2015년 10월부터 2018년 6월까지 평가등급 B1(적격)를 받았다(Global Fund, 2015, p.1; Global Fund, 2017, p.1). 2018년 지원 물자의 배급과 효율성을 확신할 수 없다는 이유로 글로벌 펀드의 북한 결핵관리사업 지원이 잠시 중단되었으나, 2019년 9월부터 결핵관리 지원을 재개하고 2020년 1월부터 지원금 집행이 이루어지고 있다(안소영, 2020).

둘째, 리·동 진료소, 시·군·구 인민병원, 도 또는 중앙 결핵예방원을 유기적으로 연결하는 의료 전자정보 시스템이 구축되어 있지 않아 일차의료 단위에서 수집한 정보에 신속하게 대응하기 어렵다는 점도 결핵 환자 신고를 지연하거나 누락할 수 있는 요인으로 고려할 수 있다.

북한은 내부 인트라넷[43]을 근거리 통신망으로 활용하고 있으나(천경호 등, 2019, p.69) 결핵 정보관리 용도로는 내부 인트라넷을 활용하고 있지 않으며(WHO, 2015a, p.52), 의료정보 시스템의 부문별 통합이 이루어져 있지 않고 수집 정보와 계획 수립의 연계가 부족한 것으로 알려져 있다(MoPH DPRK, 2017a, p.39). 북한의 결핵 정보관리체계는 시·군·구 단위에서 분기별로 발견한 결핵 환자, 치료 결과 등에 대해 기술한 종이 서류(paper-based)를 도 결핵예방원에 송부하고, 이 정보를 다시 중앙 결핵예방원에서 취합해 관리하는 방식으로 운영된다(WHO, 2015a, p.5, p.51). 이 때 정보관리 상태는 양호하며 도, 중앙 단위의 자료 관리에서는 컴퓨터 엑셀 프로그램을 이용하는 것으로 알려져 있으나, 시·군·구 단위에서는 수작업으로 작성한 종이 서류 보고서를 분기마다 수집하는 시스템이기 때문에 보고 지연, 부정확한 자료 기입 등의 가능성이 존재하므로(WHO, 2015a, pp.51-52) WHO에서는 약제내성결핵 분야에서부터 국가표준실험실, 지역표준실험실, 치료센터, 약제보관소, 국가결핵관리 프로그램을 연결하는 광범위하고 통합된 '전자 정보시스템 도입(electronic information system)'하는 방안을 권고하고 내부 인트라넷을 결핵 관리에 적용할 수 있는지에 대한 검토가 필요하다는 의견을 제시한 바 있다(WHO, 2015a, p.52).

북한은 중앙 의약품관리소에 의약품을 집결한 뒤 이를 도 의약품관리소, 시·군·구 의약품관리소, 시·군·구 병원의 약국 순으로 공급하며(신희영 등, 2019, p.106) 매 분기마다 항결핵제 사용에 대해 지역 단위에서 중앙으로 보고하는 구조를 가지고 있다(WHO, 2015a, p.51). 즉, 리·동, 시·군·구, 도 또는 중앙 단위 순으로 보고되는 결핵 환자 등록, 신고 정보가 항결핵제 공급과 연결되어 있다는 점에서 의료 전자정보 시스템의 부재는 분기별 예측치 대비 실제 발견한 결핵 환자 수가 증가할 경우 확진된 결핵 환자가 치료 받기까지의 기간을 지연시킬 수 있는 요인 중 하나로 고려할 수 있을 것이다.

43)북한은 1990년대 말부터 내부 데이터베이스 시스템 또는 컴퓨터 네트워크라고 할 수 있는 내부 인트라넷 '광명'을 구축하고 북한 최대 과학기술자료 보유기관인 국가과학원 중앙과학기술통보사 서버와 최대 도서관인 인민대학습당 서버를 광케이블로 연결해 이를 전국적인 검색 서비스로 제공하고 있음(이민규, 2018)

(3) 결과(O)

본 연구는 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 통해 확인할 수 있는 결핵 환자 진단 누락 비율을 <표22>, <표23>, <표24>와 같이 정리했다.

<표22>는 유증상자의 의료기관 방문 경험을 조사한 것으로 기제:반응(M_B) 가운데 (i)의료 접근성 제한, (ii)의료기관 미방문으로 인한 누락과 연관될 수 있다. <표22>에 제시한 것과 같이 북한 결핵실태조사 결과 2주 이상 기침 등 결핵 의심 증상이 나타났음에도 불구하고 40.5%의(95%CI: 38.7%-42.3%) 유증상자가 의료기관을 방문하지 않은 것으로 조사되었다(MoPH DPRK, 2017b, pp.70-71). 유증상자를 결핵 확진자와 결핵 확진자가 아닌 집단으로 분류할 경우 두 집단간 의료기관 미방문 비율은 각각 43.3%(95%CI: 36.3%-50.3%), 40.3% (95%CI: 38.5%-42.1%)로, 5% 유의수준 하에서 통계적으로 차이가 유의하지 않은 것으로 나타났다(MoPH DPRK, 2017b, pp.70-71). 즉, 결핵 의심 증상이 나타날 경우 의료기관에 방문하지 않는 비율은 실제 결핵 감염 여부에 상관없이 약 40% 수준일 것으로 추정할 수 있다.

표 22. 북한 결핵실태조사 - 결핵 의심 유증상자의 의료기관 방문 경험

	합계		유증상자[1]의 결핵 확진 여부				
			결핵 확진자		결핵 확진자 아님		Z통계량
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	(p값)
의료기관 방문 경험 있음	1,752	(59.5)	110	(56.7)	1,642	(59.7)	0.82
의료기관 방문 경험 없음	1,192	(40.5)	84	(43.3)	1,108	(40.3)	(0.41)
합계	2944	(100)	194	(100)	2,750	(100)	

자료원: MoPH DPRK(2017b, pp.70-71) 내용 재구성
주1. 2주 이상 기침, 혈담, 객혈, 숨쉬기 어려움, 발열, 식욕없음, 무기력함, 식은땀, 체중감량

<표23>은 의료기관에 방문한 유증상 결핵 환자의 진단 경험을 조사한 것으로 기제:반응(M_B) 가운데 (iii)의료기관 방문 후 미진단, (iv)진단 후 미신고로 인한 누락과 연관될 수 있다. 북한 결핵실태조사에 따르면 의료기관에 방문한 결핵 의심 유증상자 가운데 20.9%(95%CI: 13.3%-28.5%)가 결핵으로 진단받지 못한 것으로 조사되었다(MoPH DPRK, 2017b, pp.71-72). <표23>에서 주의할 부분은 결핵 진단 누락 비율이 객담도말 양성자가 24.6%(95%CI: 14.5% -34.8%)로 객담도말 음성자 14.6%(95%CI: 3.8%-25.5%) 보다 높게 나타난 점이다. 이 때 5% 유의수준 하에서 객담도말 양성자와 음성자의 누락 비율에는 통계적으로 유의한 차이가 나타나지 않았다.

객담도말 검사의 정확도는 민감도(sensitivity)[44]와 특이도(specificity)[45]가 각각 61%(95%CI: 31-89%), 98%(95%CI: 93-100%) 수준으로 알려져 있다(WHO, 2013b, p.45). 북한에서 객담도말 음성자는 흉부X선 검사를 추가적으로 실시해 결핵 여부를 진단하므로 <표23>에서 객담도말 음성자 가운데 14.6%가 결핵으로 진단 받지 못해 누락되는 것은 진단검사의 정확도를 고려할 때 용인 할

44)"질병이 있는 사람을 실제 검사에서 질병이 있다고 정확하게 판정할 수 있는 능력"을 의미함(Gordis, 2009, p.34)
45)"질병이 없는 사람을 실제 검사에서 질병이 없다고 정확하게 판정할 수 있는 능력"을 의미함(Gordis, 2009, p.34)

만한 수준이라고 할 수 있을 것이다. 그러나 객담도말 검사를 통해 발견할 수 있는 객담도말 양성자의 약 24.6%가 누락 진단된 것으로 나타난 결과는 추가적인 검증 연구가 필요하다는 전제하에 진단기기의 노후화로 인한 오진 가능성을 시사한다고 할 수 있다.

표 23. 북한 결핵실태조사 - 의료기관에 방문한 결핵 의심 유증상 확진자의 진단 경험

	합계		의료기관에 방문한 결핵 의심 유증상자의 진단검사 결과				
			객담도말 양성		객담도말 음성		Z통계량 (p값)
	N	%	N	%	N	%	
의료기관에 방문해 결핵으로 진단 받음	87	(79.1)	52	(75.4%)	35	(85.4%)	1.24
의료기관에 방문했으나 결핵으로 진단 받지 못함	23	(20.9)	17	(24.6%)	6	(14.6%)	(0.21)
합계	110	(100)	69	(100%)	41	(100%)	

자료원: MoPH DPRK(2017b, pp.71-72) 내용 재구성

<표24>는 기제:반응(M_B) 가운데 (ii)의료기관 미방문과 연관될 수 있으며, 무증상자와 유증상자로 하위집단을 구분해 결핵 환자의 진단경험을 비교했다. 이 때 유증상 결핵 확진자 가운데 결핵으로 진단 받은 비율은 44.8%(95%CI: 37.8%-51.9%)였으나, 무증상 결핵 확진자는 동일 지표 비율이 13.0%(95%CI: 7.5%-18.5%)로 조사돼 증상 유무별로 누락 비율이 통계적으로 유의한 차이를 나타내었다(MoPH DPRK, 2017b, p.64, p.72 재구성)(표24). 유증상자와 무증상자의 누락 비율에 차이가 나는 것은 결핵 의심 증상 유무에 따라 각기 다른 맥락(C)에서 (ii)의료기관 미방문의 기제:반응(M_B)이 유발될 수 있음을 시사한다고 할 수 있다.

환자나 호담당의사가 증상을 통해 의료기관에 방문하기 어려운 진단 알고리즘에도 불구하고 북한 결핵실태조사에서 무증상자의 진단 비율이 13%로 조사된 것은(표24), 학생, 군인 대상 집단 검진 실시(이신영, 2016, p.56; 전정희, 2020, p.58)로 인한 것으로 추측된다.

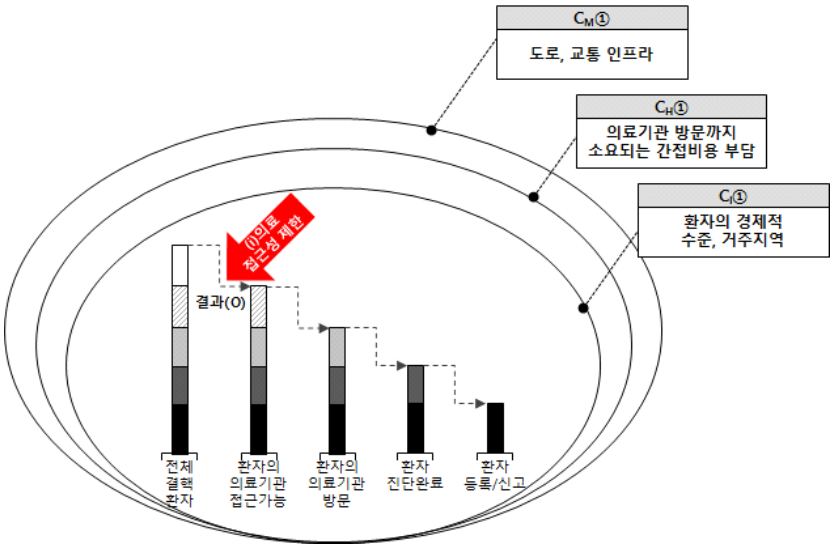
표 24. 북한 결핵실태조사 - 결핵 확진자의 의심 증상 유무별 진단 경험

	합계		결핵 확진자의 의심 증상 여부				
			있음		없음		Z통계량 (p값)
	N	(%)	N	(%)	N	(%)	
의료기관에 방문해 진단 받음	106	(31.2)	87	(44.8)	19	(13.0)	6.27 (p<0.00)
의료기관에 방문하지 않아 진단 받지 못하거나 의료기관에 방문했음에도 진단 받지 못함	234	(68.8)	107	(55.2)	127	(87.0)	
합계	340	(100)	194	(100)	146	(100)	

자료원: MoPH DPRK(2017b, p64, P.72 재구성)

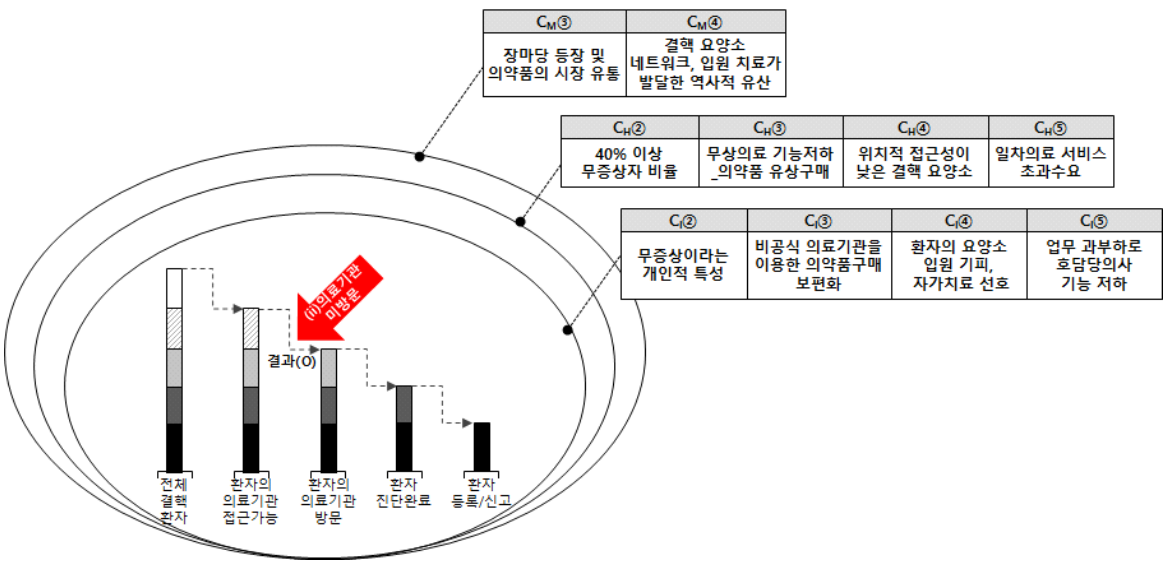
(4) 초기 프로그램 이론 형성

그림 18. 의료접근성 제한 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론①



초기 프로그램 이론①: “환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견 또는 호담당의사 왕진을 통해 발견한 결핵 의심환자를 상급 의료기관에 파송해 진단검사를 받도록 하는 능동적 환자발견에서(M_A①) + 도로, 교통 인프라(C_M①), 진료소 또는 상급 의료기관 방문까지 소요되는 간접비용 부담(C_H①), 환자의 낮은 경제적 수준, 거주 지역(C_I①) → (i)의료접근성 제한의 기제:반응(M_B①)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O①)”

그림 19. 의료기관 미방문 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론②③④⑤



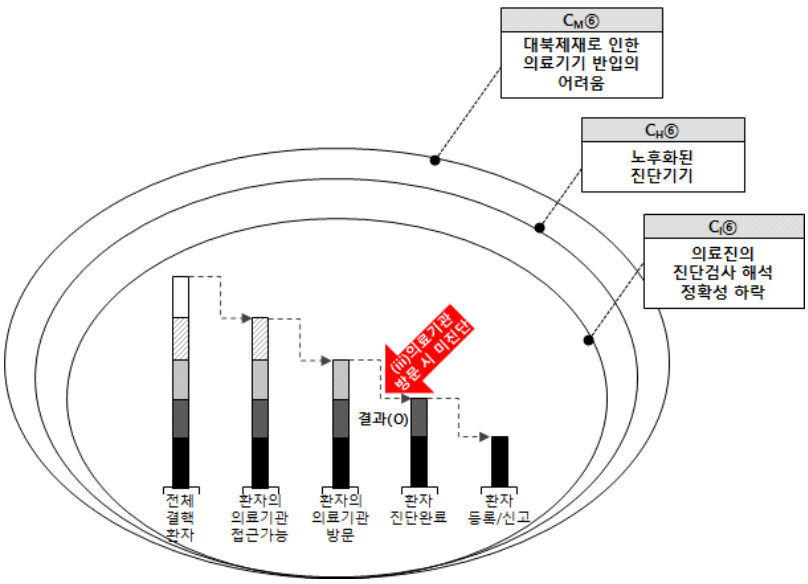
초기 프로그램 이론②: “증상 유무로 의심환자를 선별하는 북한의 결핵 진단 알고리즘 상에서(M_A②) + 40% 이상을 차지하는 무증상자 비율(C_H②), 무증상자라는 개인적인 특징(C_I②)으로 인해 → (ii)의료기관 미방문의 기제:반응(M_B②)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O②)”

초기 프로그램 이론③: “환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견에서(M_A③) + 1990년대 장마당 등장 및 의약품 시장 유통(C_M③), 무상의료 기능 저하로 인한 의약품 유상구매(C_H③), 비공식 의료기관을 이용한 의약품 구매 행태 보편화(C_I③)로 → (ii)의료기관 미방문의 기제:반응 (M_B③)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O③)”

초기 프로그램 이론④: “환자 스스로 증상을 인지해 의료기관에 방문하는 수동적 환자발견에서(M_A④) + 구소련의 영향으로 발달한 결핵 요양소·병동 네트워크 및 입원 중심 결핵 치료(C_M④), 위치적 접근성이 떨어지는 결핵 요양소(C_H④), 환자의 결핵 요양소 입원 기피 및 자가치료 선호(C_I④)로 인해 → (ii)의료기관 미방문의 기제:반응(M_B④)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O④)”

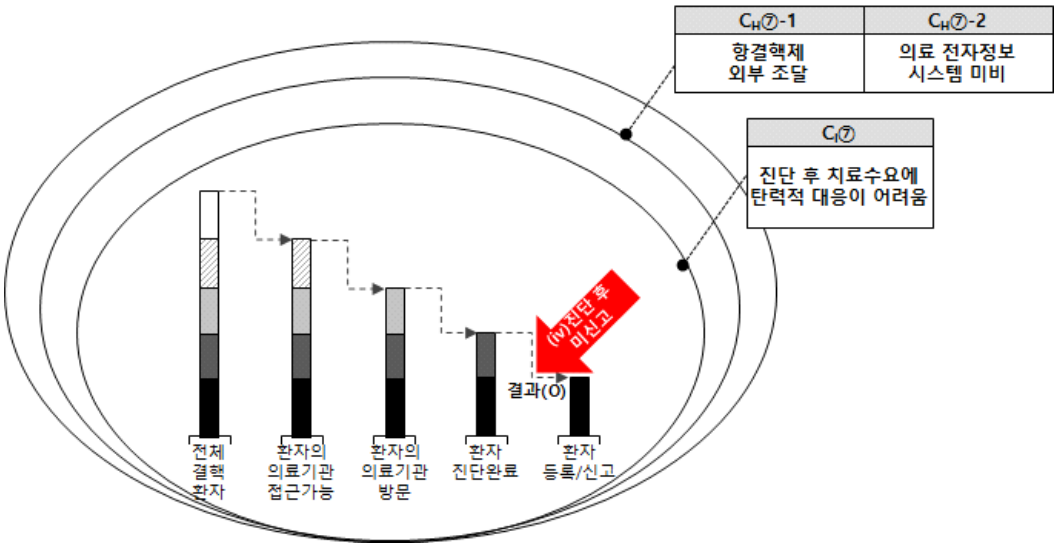
초기 프로그램 이론⑤: ”호담당의사 왕진을 통해 결핵 의심환자를 선별하는 능동적 환자발견에서(M_A⑤) + 일차의료 서비스 초과수요 현상(C_H⑤), 호담당의사의 업무 과부하로 효율성이 저하돼 환자를 진단검사를 받을 수 있는 상급의료기관에 의뢰하지 못하면서(C_I⑤) → (ii)상급 의료기관 미방문의 기제: 반응(M_B⑤)이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O⑤)”

그림 20. 의료기관 방문 시 미진단 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론⑥



초기 프로그램 이론⑥: “수동적, 능동적 환자발견을 통해 발견한 환자가 진단검사를 받기 위해 의료기관을 방문했으나(M_A⑥) + 대북제재로 의료기기 반입이 어려워져(C_M⑥) 노후화된 진단기기(C_H⑥)와 그로 인한 의료진의 진단검사 해석 정확성 하락(C_I⑥)으로 → (iii)의료기관 방문 시 미진단의 기제:반응(M_B⑥) 이 작동하면서= 환자가 누락될 수 있다(O⑥)”

그림 21. 진단 후 미신고 기제 관련 맥락 - 프로그램 이론⑦



초기 프로그램 이론⑦: “수동적, 능동적 환자발견을 통해 발견한 환자가 진단검사를 통해 결핵으로 확진되었으나(M_A⑦) + 전량 외부 조달로 공급되는 항결핵제(C_H⑦-1)와 의료 전자정보 시스템 미구축으로 인해(C_H⑦-2) 진단 후 치료 수요에 탄력적으로 대응하기 어려워져(C_I⑦) → (iv)결핵 환자 등록, 신고가 지연되거나 미신고되는 기제:반응 (M_B⑦)이 작동하면서 = 환자가 누락될 수 있다(O⑦)”

4. 고찰

앞선 문헌고찰을 통해 북한의 결핵 환자발견 개선을 위해 필요한 사항들을 다음과 같이 제안할 수 있다.

첫째, 프로그램 이론①에 비추어 의료접근성을 높이기 위한 도로, 교통 환경 개선 및 이동식 검진 운영을 제안할 수 있다. 버스 이용에 대한 경제적 부담 문제는 대북제재 환경에서 이동수단 연료를 수입해야 하는 거시환경과 함께 이해할 필요가 있는 만큼(안병민, 2014, p.68), 향후 장기적으로 교통비용 부담 감소와 도로·교통 인프라 개선을 추진하기 위해서는 보건의료 이외 분야와의 협력이 필수적일 것으로 보인다. 또한 환자 스스로 일차의료기관인 리·동 진료소를 방문하거나 호담당의사 왕진에 의해 결핵 의심 환자로 선별되더라도 진단검사를 받기 위해 상급의료기관인 시·군·구 인민병원에 방문해야하기 때문에, 향후 의료접근성에 대한 연구가 수행될 경우 일차, 상급 의료기관 방문 시 장애요인을 주민의 인구사회학, 사회경제적 특징과 함께 복합적으로 살펴볼 필요가 있을 것으로 보인다. 사회 취약계층의 의료접근성을 높이고자 이동식 검진을 적용한 사례는 영국 런던에서 2007년부터 수행되고 있는 “발견 및 치료(Find & Treat)” 프로그램을 참고할 수 있다(ICF, 2017, pp.126-127). “발견 및 치료” 프로그램은 (i)홈리스, (ii)교도소 수감자, (iii)알코올, 약물 중독자 등 의료접근성에 어려움이 있는 취약계층을 대상으로 증상 유무에 관계없이 디지털 X선 검사 또는 분자진단검사 진단 서비스를 제공하고자 약물중독 치료센터, 홈리스 호스텔, 복지센터 등을 직접 찾아가는 방문 서비스(outreach service)로 이후 네덜란드와 짐바브웨에서도 시범사업이 진행된 바 있다(ICF, 2017, p.128, p.130; Jit et al., 2011, p.2).

둘째, 프로그램 이론②에 비추어 높은 무증상 감염자 비율이라는 역학적 환경을 고려한 환자발견 전략과 진단 알고리즘이 필요하다는 제안을 할 수 있다. 현재 북한의 수동적 환자발견, 호담당의사를 통한 유증상 의심환자 선별은 40% 이상으로 추정되는 무증상자를 누락할 가능성이 높다. 학생, 군인 대상 집단 흉부X선 검사를 통해 무증상자를 부분적으로 발견하고 있으나(이신영, 2016, p.56; 전정희, 2020, p.58) 40% 이상의 무증상자 비율(표18)과 무증상자의 80% 이상의 누락비율(표24)을 고려할 때 무증상자 선별을 목표로 한 능동적 환자발견 전략과 진단 알고리즘 도입을 염두에 둘 수 있을 것이다. 그러나 능동적 환자발견은 수동적 환자발견 보다 요구되는 투입자원이 많기 때문에 능동적 환자발견 전략과 진단 알고리즘별 기대효과와 비용을 비교해 신중히 결정할 필요가 있다.

셋째, 프로그램 이론③에 비추어 결핵 의심환자의 의료기관 방문 비율을 높이기 위해 단기적으로는 환자의 결핵 지식 증진 및 의료기관 인식 개선을 위한 홍보를 실시하고, 장기적으로는 의료 서비스, 의약품 품질 향상 등 보건의료체계 전반의 수준이 증진되어야 할 것이라는 시사점을 도출 할 수 있다. 지식 증진 및 인식 개선을 목표로 일반인 대상 결핵관리 홍보를 실시해 환자의 의료기관 방문을 유도하더라도 의료기관에 방문한 환자가 적절한 진단과 치료를 받지 못한다면 의료기관 제공 서비스에 대한 신뢰는 더 악화될 수 있다. 양질의 진단, 치료 서비스가 뒷받침될 때 환자 대상 인식 개선 교육이

기대한 효과를 얻을 수 있을 것이다.

넷째, 프로그램 이론④에 비추어 환자의 요양소 격리 및 입원 치료 부담을 낮추기 위해 입원 치료 비율을 낮추면서 DOT 비율을 확대하는 것을 제안할 수 있다. DOT는 훈련된 요원이 환자의 항결핵제 복용을 직접 확인하는 방법으로, 북한에서는 1998년 도입돼 2003년 전국으로 확대되었으며(신희영 등, 2017, p.100), 리·동 진료소에서 DOT가 이루어지고 있다(WHO, 2015a, p.42). 런던에서 수행되는 결핵 "발견 및 치료" 프로그램에서는 지역사회의 훈련된 인력이 직접 환자를 방문하고, 결핵 완치자 가운데 동료 옹호자(peer advocate)를 선정해 환자의 복약 순응을 지지하는 방식으로 DOT가 수행되고 있으나(ICF, 2017, p.127; London Assembly, 2015, p.19) 이 경우 환자의 항결핵제 복용을 관찰하는 인력이 부족할 경우 DOT가 수행되기 어렵다는 단점이 있다(London Assembly, 2015, p.19). "발견 및 치료" 프로그램에서 2015년 스마트폰을 이용해 영상으로 DOT를 수행하는 VOT(video observed treatment)를 통해 86명의 결핵 환자가 치료를 받았으며, 86명 전원 중단 없이 치료를 완료한 사례가 있는 만큼(ICF, 2017, p.131), 향후 DOT 비율을 높일 경우 환자의 의료기관 방문 부담을 낮추고 복약 순응을 유도하기 위해 스마트폰 등 IT 기술을 적용하는 방안을 고려할 수 있을 것이다[46].

다섯째, 프로그램 이론⑤에 비추어 초과 수요 문제에 대응해 일차 의료 서비스를 충분히 제공하고자 (i)기존 의료인력 대상 호담당 업무 비율 재분배 또는 (ii)신규 의료인력 양성을 통한 호담당 업무 투입을 고려할 수 있다. (i)업무 비율 재분배는 기존 의사 인력 가운데 호담당 업무를 담당하는 비율을 높여 주민들에게 제공되는 일차의료 서비스 양을 증진시키는 것을 의미하며, 한정된 자원을 어떤 방법으로 활용해 목표로 하는 서비스를 생산할 것인가의 문제를 다룬다는 점에서 기술적 효율성(양봉민 등, 2013, p.18, p.404) 개념과 연결된다고 할 수 있다. 2012년 기준 전체 의사 가운데 호담당 업무를 담당하는 비율은 65.4%(=44,760명/68,393명)로 산출되었으며, 이 경우 호담당의사 1명이 평균적으로 담당하는 주민은 554명(=24,800,612명/44,760명)으로 추산할 수 있다[47]. 만약 호담당 업무 비율이 80%로 향상될 경우 호담당의사 1명 당 담당하는 주민의 수는 453명(=24,800,612명/54,714명), 100%로 향상될 경우에는 362명(=24,800,612명/44,760명)으로 감소된다. 준의, 전문과 의사 외에도 보조의료 일군으로 분류되는 간호원(신희영 등, 2017, p.38)에게 결핵 유증상자 발견 업무를 배분하고 관련 훈련을 실시하여 능동적 환자발견 시 호담당의사의 초과 수요 문제를 완화하는 방안도 고려할 수 있을 것이다. 최근 북한은 지역간 진단 및 치료 수준 격차를 해소하고자 내부 인트라넷을 통해 평양 중앙병원에서 시·군·구 인민병원을 연결[48]하는 '먼거리의료봉사'를 추진하고 있는데(이종석&최은주,

46)2020년 기준 북한 내 휴대전화 가입자 수는 약 600만 명으로, 장마당 종사자 등 1인당 2-3대의 휴대전화 보유자를 감안할 경우 실제 사용자는 전체 주민의 약 20%를 차지하는 450만 명 수준일 것으로 추정됨. 평양 등 대도시 거주하는 20-50대의 가입률은 70% 가량으로 추정됨(김민관, 2020, p.6)

47)p.55의 내용을 참고할 수 있음

48)북한은 2007년부터 원격의료 체계를 도입하고 원격진료와 원격영상진단 등 시범사업 확대를 추진하고 있음. 2013년 기준 4개 중앙병원, 10개 도급 병원, 10개 도립 산과병원, 189개 시·군·구 병원을 포함해 총 213개의 의료기관을 연결한 원격의료 시스템을 운영 중인 것으로 알려져 있음(신희영 등, 2019, p.418)

2019, p.63), 의료기관간 연결망을 통해 원격으로 의료진 대상 교육을 실시하는 방안을 생각해볼 수 있을 것이다. (ii)의료 인력을 추가로 양성해 호담당 업무에 투입하여 초과 수요 문제에 대응한다면, 전문과 의사 양성에 5년 6개월, 준의 양성에 3년, 간호원 양성에 6개월(간호원양성소) 또는 2년(간호전문 학교)이 소요된다는 점(신희영 등, 2017, p.40)과 각 의료 인력이 결핵 외에도 향후 지역사회에서 담당하게 되는 역할 등을 종합적으로 고려해 신규로 양성해야 할 의료 인력을 유형별로 계획할 수 있을 것이다.

여섯째, 프로그램 이론⑥에 비추어 의료기관에 방문한 결핵 의심환자를 정확하게 진단할 수 있는 진단기기가 구비되어야 한다는 제안을 할 수 있다. 현재 북한의 진단 알고리즘에서는 객담도말 검사를 수행하는 현미경, 흉부X선기기가 사용되고 있으나 진단기기의 노후화로 진단검사의 신뢰성 저하가 우려되고 있는 상황이다(WHO, 2015c, p.32). 이 때 대안은 (i)기존 진단 알고리즘을 유지하면서 현미경, 흉부X선기기를 신규로 교체하는 방법과 (ii)진단 알고리즘을 변경하고 그에 맞는 진단기기를 새로 도입하는 방법이 있을 것이다. (i)대안은 의료진이 기기 사용에 익숙해 수용성이 높다는 장점이 있으나 기존 방안 대비 환자발견 비율을 크게 높이거나 기간을 획기적으로 단축하는데 한계가 있다는 단점이 있다. (ii)대안은 변경된 진단 알고리즘에 따라 환자발견 비율을 높이거나 기간을 단축할 수 있다는 것이 장점이지만, 새로운 기기 도입에 따른 기반시설이 뒷받침되어야 하고, 환자와 의료진의 새로운 기기에 대한 신뢰성, 새로운 기기 도입에 대한 필요성 인지 등에 따라 기대효과가 반감될 수 있다는 단점이 있다.

일곱째, 프로그램 이론⑦에 비추어 수요 변화에 유연하게 대응하는 의약품 생산 역량 확보 및 의료 전자정보 시스템 구축을 제안할 수 있다. 2011년 12월부터 2016년까지 '조선중앙통신', '조선중앙방송', '평양방송' 등 북한 공식 매체에서 언급된 뉴스를 통해 최근 북한 보건의료체계의 동향을 분석한 신희영 등(2016, p.192)의 연구에 의하면 (i)의료서비스의 전산화 및 원격의료, (ii)병원, 제약공장, 연구기관 현대화, (iii)의약품 공급체계 분야에 관심을 두고 있는 것으로 나타났다. 안정적인 항결핵제 공급, 의료 전자정보 시스템을 활용한 중앙·도, 시·군·구, 리·동 의료기관, 의약품 저장소간 유기적 연결, 일차의료 단위에서의 수요예측에 기반한 신속한 대응 등이 이루어지기 위해서는 향후 보건의료체계 전반의 역량강화가 선행되어야 할 것으로 보인다.

본 연구는 (i)북한의 결핵 환자 누락이 왜, 어떻게 발생하는지 실재론적 관점에서 프로그램 이론 틀을 활용해 설명하고 (ii)북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)와 남한, 국제기구에서 발간한 문헌을 기반으로 프로그램 이론을 뒷받침하는 근거를 제시했으며 (iii)프로그램 이론을 바탕으로 환자발견 개선을 위한 정책적 시사점을 제안했다는 점에서 의의를 가질 수 있다.

그러나 본 연구는 수집 가능한 실증자료가 제한적이라는 이유로 문헌고찰을 통해 초기 프로그램 이론, 즉, 가설을 형성하는 단계에 그쳤다는 점에서 한계를 가지고 있다. 실재론적 평가가 양적, 질적인 방법을 함께 사용하는 혼합 연구방법(mixed method)을 주로 사용한다는 점에서(Salter & Kothari, 2014, p.116), 후속연구로 북한 보건성, 국제기구 담당자 또는 북한이탈주민 대상 설문조사, 면담,

표적집단연구 등 질적인 방법으로 일차자료를 수집하고 본 연구에서 제안한 초기 프로그램 이론을 검증하고 다듬는 작업을 고려할 수 있을 것이다.

결론적으로, 향후 북한의 누락된 결핵 환자를 발견해 치료 기회를 제공하기 위해서는 의료접근성 증진을 위한 도로, 교통 환경 개선 및 이동식 검진 수행(프로그램 이론①), 무증상자 발견을 위한 환자발견 전략과 진단 알고리즘 개발 및 실행(프로그램 이론②), 유증상자의 의료기관 방문 독려(프로그램 이론③,④), 호담당의사의 의료 서비스 초과 수요 문제를 해결해 상급 의료기관에 유증상자를 의뢰하는 능동적 환자발견 기능 촉진(프로그램 이론⑤), 의료기관에 방문한 결핵 유증상자를 적절히 진단하기 위한 기존 진단장비 교체 또는 신규 진단장비 도입(프로그램 이론⑥), 확진 된 결핵 환자를 등록, 신고해 치료 서비스를 제공하기 위한 의약품 생산역량 확보 및 의료 전자정보 시스템 구축(프로그램 이론⑦) 등의 대안을 제안할 수 있다.

Ⅴ. 연구(3) 결핵 검진전략에 대한 비용-효과분석

1. 비용-효과분석 개요

본 연구는 환자발견과 진단 알고리즘을 통칭해 '검진전략'이라는 용어를 사용했다. 본 연구는 북한의 결핵 질병부담 감소를 목표로 하는 여러 검진전략 대안의 효과와 비용을 비교하고, 제한된 자원과 예산 내에서 가장 건강증진 효과가 높을 것으로 기대되는 대안을 확인하고자 비용-효과분석을 수행했다.

비용-효과분석은 건강증진을 목표로 하는 비교 대안 각각의 건강 결과와 비용을 분석하는 경제성 평가의 한 유형이다(Neumann et al., 2017, p.1). 경제성 평가는 투입비용과 산출결과 관점에서 두 개 이상의 대안들을 비교 분석하는 것으로 정의할 수 있으며(Drummond et al., 2015, p.4), 연장된 생존기간과 같이 자연단위로 측정된 건강증진 효과를 산출결과로 설정한 비용-효과분석 외에도 질보정생존년수(qaulity-adjusted life years, 이하 QALY)나 장애보정생존년수(disability-adjusted life years, 이하 DALY)와 같이 효용을 기반으로 건강 증진 효과를 측정한 비용-효용분석, 건강증진 효과를 화폐가치로 환산한 비용-편익분석 등이 경제성 평가에 포함된다(Drummond et al., 2015, pp.5-11).

표 25. 비용-효과분석 개요

분석 방법	비용-효과분석
분석 관점	보건의료체계 관점, 사회적 관점
분석 대상	전 연령대의 북한 주민[1]
분석 모형	동적 전염 모형
효과	장애보정생존년수(DALY)
비용	보건의료체계 관점: 진단비용, 치료비용, 홍보비용, 교육비용
	사회적 관점: 진단비용, 치료비용, 홍보비용, 교육비용, 교통비용, 시간비용, 생산성 손실비용
결과 지표	점증적 비용-효과비(ICER)
할인율	3%
분석 기간	2019-2035년

주1. 출생 시 접종되는 BCG 백신을 접종할 경우 15세까지 결핵에 감염될 가능성이 매우 낮으며(식품의약품안전평가원, 2019, p.6) 2014년 기준 북한의 어린이 BCG 예방 접종률이 98%로 알려져 있으나(김현진, 2016), 북한의 신고 결핵 감염자 수가 전 연령대를 기준으로 산출되었으며(WHO, 2020) 북한 결핵실태조사에서 전 연령대 유병률을 641명/10만 명으로 제시한 것을(MoPH DPRK, 2017b, p.68) 근거로 <연구(1) 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정>에서 모형 적합을 수행했으므로, 본 연구의 분석 대상은 전 연령대로 설정하였음

본 연구는 결과 지표를 효용인 DALY로 설정했으나, 비용-효용분석을 비용-효과분석의 한 유형으로 보고(Owens et al., 2017, p.80) 본 연구의 분석 방법을 비용-효과분석으로 분류했다(표25). 비용-효과분석은 제한된 최적화(constrained optimization) 원칙에 기반하여 주어진 예산, 자원의 제약 아래에서 건강증진 효과를 최대화하기 위한 방안을 모색하며(Meltzer et al., 2017, p.40, p.43) 산출결과인 점증적-비용효과비(incremental cost-effectiveness ratio, 이하 ICER)가 비용-효과의 역치 보다 낮을 경우 해당 대안들을 선택한다는 의사결정 규칙을 가지고 있다(Meltzer et al., 2017,

p.51).

비용-효과분석의 결핵모형은 <연구(1) 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정>에서 설계한 동적 전염 모형을 사용했으며, 검진전략의 비교 대안은 <연구(2) 결핵 환자 누락에 대한 프로그램 이론 형성>에서 제안한 내용을 기반으로 설정하고, 각 비교 대안을 적용했을 때 변화되는 환자 발견율에 따라 기대할 수 있는 효과와 비용을 각각 산출했다. 비용-효과분석의 개요는 <표25>와 같다.

2. 연구방법

(1) 기본분석틀

본 연구는 연구(2)에서 형성한 실재론적 평가의 프로그램 이론을 연구(3)비용-효과분석에 활용할 수 있도록 기본분석틀을 구성했다.

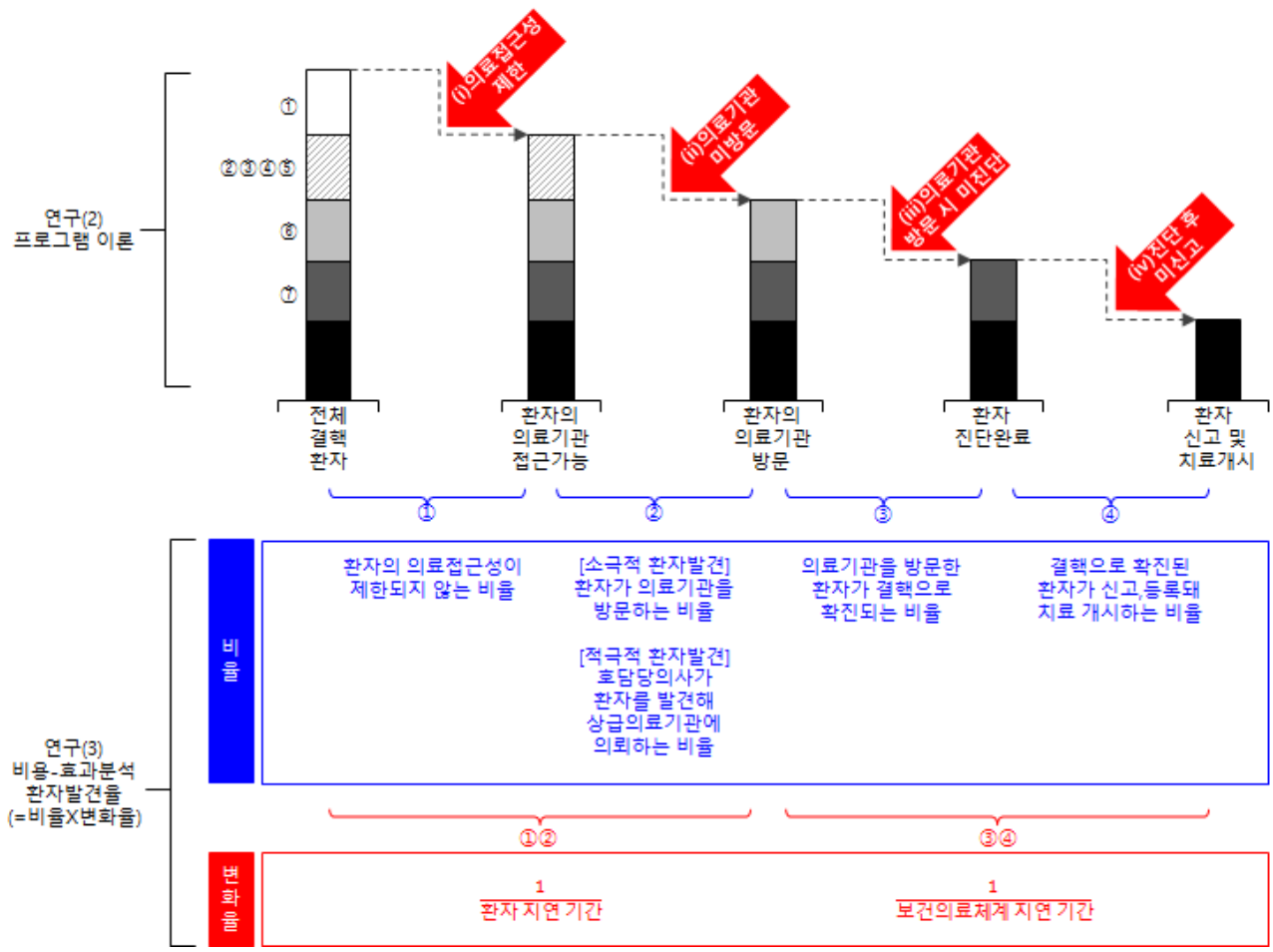
실재론적 평가는 프로그램 실행과 결과 사이의 블랙박스를 밝히는 이론-주도적 평가의 한 방법으로 맥락-기제-결과 사이의 관계를 CMOCs로 구현한 프로그램 이론을 생성해 '무엇이, 어떤 맥락에서, 누구를 위해 작동하는지' 설명하는 것에 초점을 두며(Anderson & Hardwick, 2016, p.325; 이성회, 2018, p.112), 비용-효과분석은 관련 정보들을 체계적으로 종합해 대안별 비용과 효과를 산출하고, 하나의 대안을 선택함으로써 발생하는 기회비용[49]을 제시하여 대안별 비교를 가능하도록 만들어 자원배분과 관련된 의사결정에 기여할 수 있다(Neumann et al., 2017, pp.2-3). 이 때 가능한 대안과 그 대안의 결과를 체계적으로 고려한다는 것은 어떻게 대안별 비용과 효과를 추정하고, 의사결정이 이루어지는지 명확하게 보여준다는 점에서 의의를 가질 수 있다(Drummond et al, 2015, p.3, p.37).

비용-효과분석에 실재론적 평가의 프로그램 이론을 적용해 기본분석틀을 구성한 내용은 <그림22>와 같다. 본 연구는 첫째, <연구(2)>와 같이 결핵 관리 케스케이드를 다섯 단계로 구분하고, 둘째, <연구(2)>에서 설정한 결핵 환자 누락과 관련된 (i)(-iv)의 기제:반응(M_B)을 <연구(3)> 환자발견율 비율 산출 시 각각 P(①)의료접근성에 제한이 없는 환자의 비율, P(②|①)의료기관에 접근 가능한 환자가 스스로 의료기관에 방문하거나 호담당의사가 환자를 발견해 상급 의료기관에 의뢰하는 비율, P(③|②)의료기관에 방문한 환자가 진단검사를 완료하고 결핵으로 확진되는 비율, P(④|③)결핵으로 확진된 환자가 신고돼 치료를 개시하는 비율에 적용했으며, 셋째, 결핵 진단 지연 연구(Getnet et al., 2017, p.207; Sreeramared et al., 2009, p.3)를 참고해 ①에서 ③까지의 기간을 '환자 지연 기간', ③에서 ⑤까지의 기간을 '보건의료체계 지연 기간'으로 명명했다. 즉, <연구(3)>의 환자발견율은 P(①)×P(②|①)×(1/환자 지연 기간)+P(③|②)×P(④|③)×(1/보건의료체계 지연 기간)의 식으로 산출된다고 할 수 있다.

49)건강 측면에서 기회비용은 해당 대안 다음으로 더 높은 건강증진 효과를 가지고 있는 대안을 선택하지 않음으로써 상실하게 되는 건강증진 효과를 의미함(Neumann et al., 2017, p.4)

케스케이드 모형을 비용-효과분석에 적용할 경우 각 구간별 참여자 수용성을 모델링 할 수 있으며(Vassall et al., 2016, p.111), Menzies et al.(2016), Vesga et al.(2019)의 연구에서 사용된 바 있다. 프로그램 이론을 비용-효과분석에 적용할 경우 어떻게, 왜 특정 비교 대안이 더 효과적이거나 비용-효과적인지에 대한 이론적 설명을 제시할 수 있다(Anderson & Hardwick, 2016, p.331). 즉, 본 연구는 <연구(2)>에서 설정한 환자 누락과 관련된 기제:반응(M_B) (i)의료접근성 제한, (ii)의료기관 미방문, (iii)의료기관 방문 시 미진단, (iv)진단 후 미신고를 결핵 관리 케스이드에 적용해 검진전략별 환자발견율을 산출함으로써 각 검진전략의 비용, 효과의 차이가 어떻게 발생했는지 설명할 수 있도록 연구를 설계했다는 특징을 가지고 있다.

그림 22. 기본분석틀



(2) 검진전략

검진전략의 기준(baseline)은 현재 북한의 환자발견 전략과 진단 알고리즘으로 설정했다. 북한의 환자발견 전략은 수동적 환자발견과 호담당의사 왕진을 통한 능동적 환자발견으로 구분할 수 있으며, 진단 알고리즘은 자발적으로 의료기관에 방문한 결핵 의심 증상자(수동적 환자발견) 또는 호담당의사가 발견한 결핵 의심 증상자 대상으로 객담도말 검사를 1차로 실시하고, 음성 판정을 받은 사람을 대상으로 흉부X선 검사를 2차로 실시해 객담도말 양성자와 객담도말 검사에서는 음성 판정을 받았으나 흉부X선 검사에서 양성 판정을 받은 사람을 결핵 환자로 분류하고 치료를 시작하게 된다(신희영 등, 2017, p.100; WHO, 2015, pp.29-30). 본 연구는 북한 결핵실태조사 결과를 바탕으로 의료기관을 방문한 결핵 유증상 환자의 누락(20.9%, MoPH DPRK, 2017b, pp.71-72 재구성), 결핵 유증상자의 의료기관 미방문으로 인한 누락(43.3%, MoPH DPRK, 2017b, pp.70-71 재구성), 결핵 무증상자의 의료기관 미방문으로 인한 누락[50](42.9%, MoPH DPRK, 2017b, p.64)이 기준 방안에서 발생하는 것으로 설정했으며, <그림2> 양파모형을 기반으로 의료기관 미방문이 의료접근성에 제한이 없으면서 방문하지 않는 경우와 의료접근성에 제한이 있어 방문하지 않는 경우가 결합되어 나타난 현상으로 설정했다.

환자발견 누락 감소를 목표로 본 연구는 비용-효과분석의 검진전략 비교 대안을 다음과 같이 설정했다. [기준/대안0](그림23)은 기존진단기기 유지(1차:객담도말, 2차:흉부X선), [대안1](그림24), [대안2](그림25), [대안3](그림26)은 의료기관에 방문한 결핵 유증상자의 진단 정확도 증진을 목표로 각각 기존진단기기 신규 교체(1차:객담도말, 2차:흉부X선), 분자진단기기 신규 도입(1차:분자진단), 흉부X선기기 및 분자진단기기 신규 도입(1차:흉부X선, 2차:분자진단)을 추진하는 것으로 설정했다.

[기준/대안0], [대안1], [대안2], [대안3]은 다시 의료접근성에 제한이 없으나 의료기관에 방문하지 않은 유증상자 발견을 목표로 일반인 대상 결핵 홍보를 추진하거나 호담당의사 교육을 실시하는 방안(.1-.3), 의료기관에 방문하지 않은 유/무증상자와 의료접근성에 제한이 있는 유/무증상자 발견을 목표로 이동식 검진을 수행하는 방안(.4), 일반인 대상 결핵 홍보와 호담당의사 교육, 이동식 검진 수행이 결합된 방안(.5-.7)으로 세분화했으며, 기준 방안을 포함해 총 32개의 대안을 비교했다.

50)북한 결핵실태조사에서는 최종 결핵 확진자(340명) 중 무증상자 146명 가운데 13%에 해당하는 19명이 결핵 진단을 받은 것으로 조사되었으나(MoPH DPRK, 2017b, p.72), 이는 학생, 군인 대상 집단검진(전정희, 2020, p.58)에 의한 것으로 추측된다. 본 연구에서는 수동적 환자발견과 호담당의사의 왕진에 의한 능동적 환자발견을 기준 방안으로 설정했으므로, 기준 방안에서는 무증상자가 누락되는 것으로 가정했음

그림 23. 비교대안 - 0. 기존진단기기 유지(1차: 객담도말, 2차: 흉부X선)

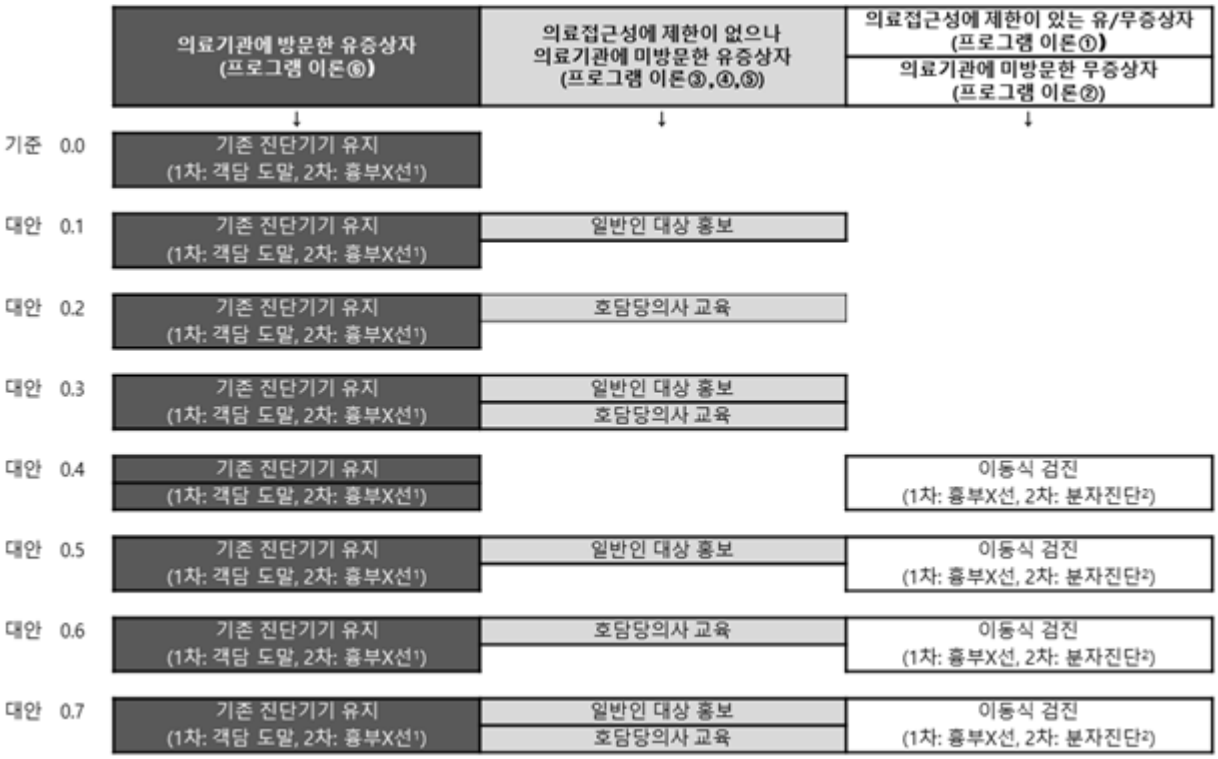


그림 24. 비교대안 - 1. 기존진단기기 신규 교체(1차: 객담도말, 2차: 흉부X선)

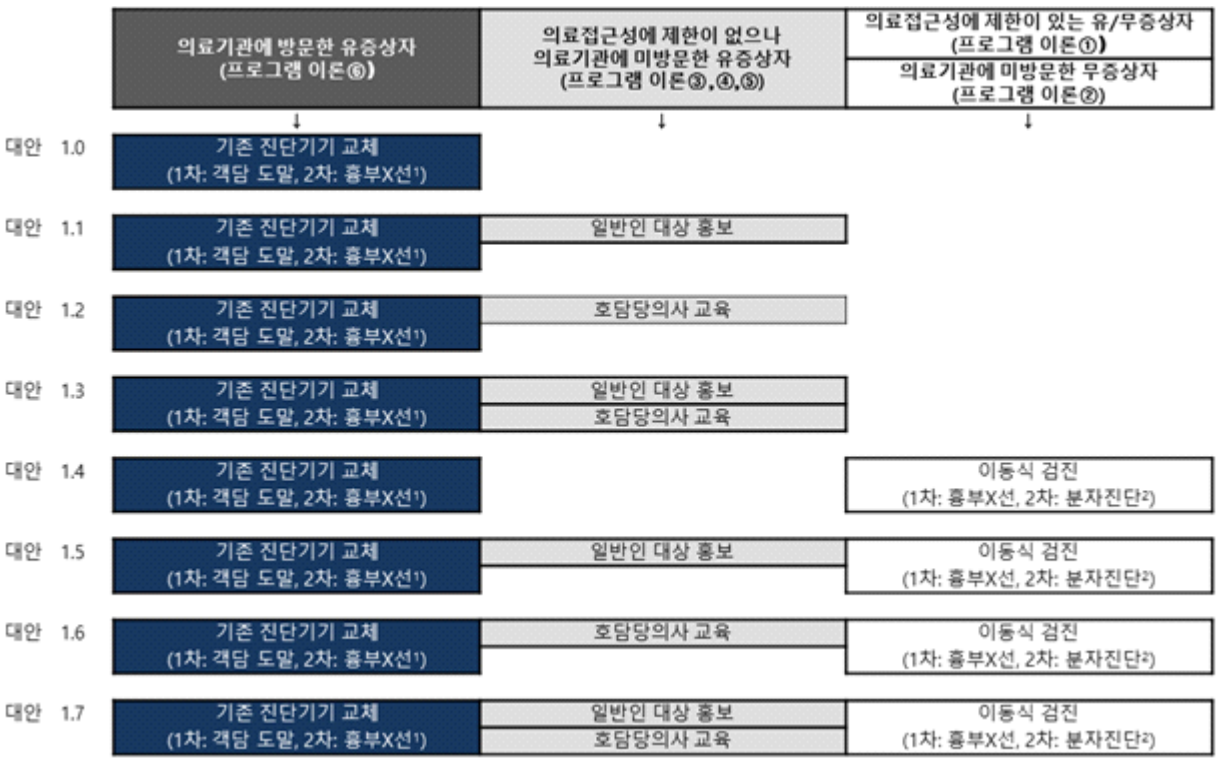


그림 25. 비교대안 - 2. 분자진단기기 신규 도입(1차: 분자진단)

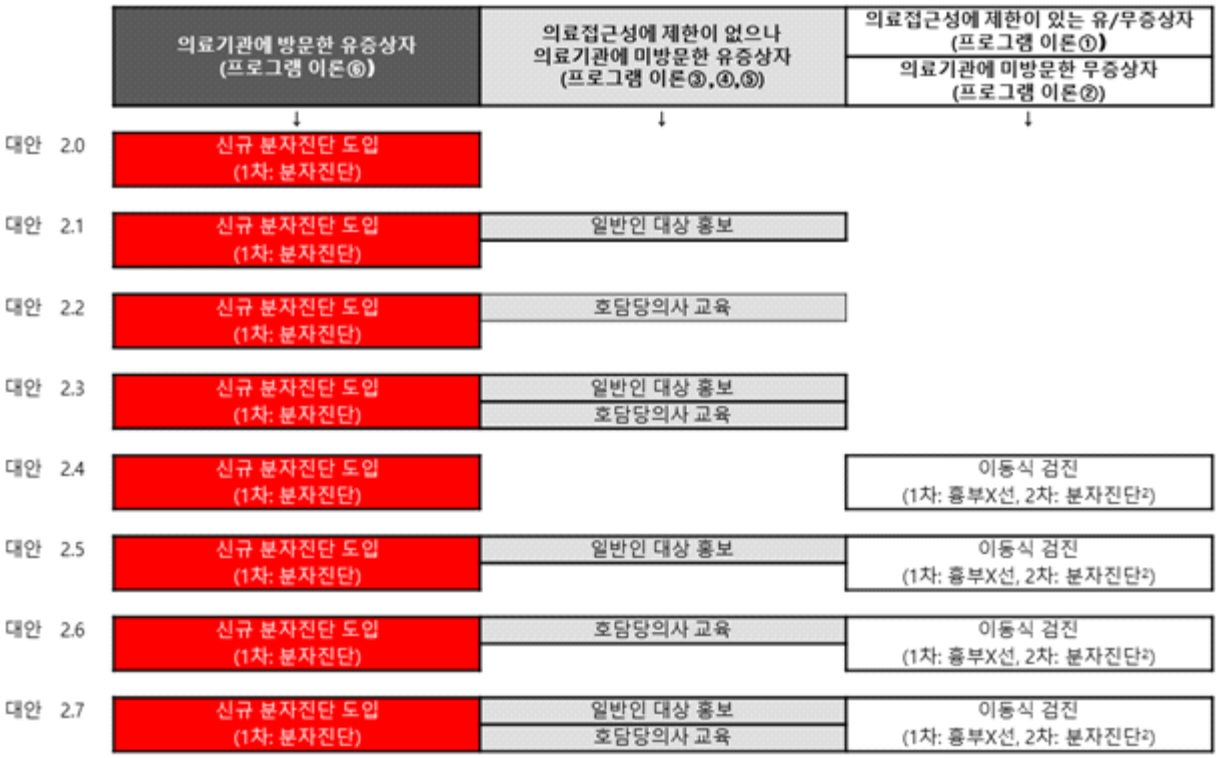
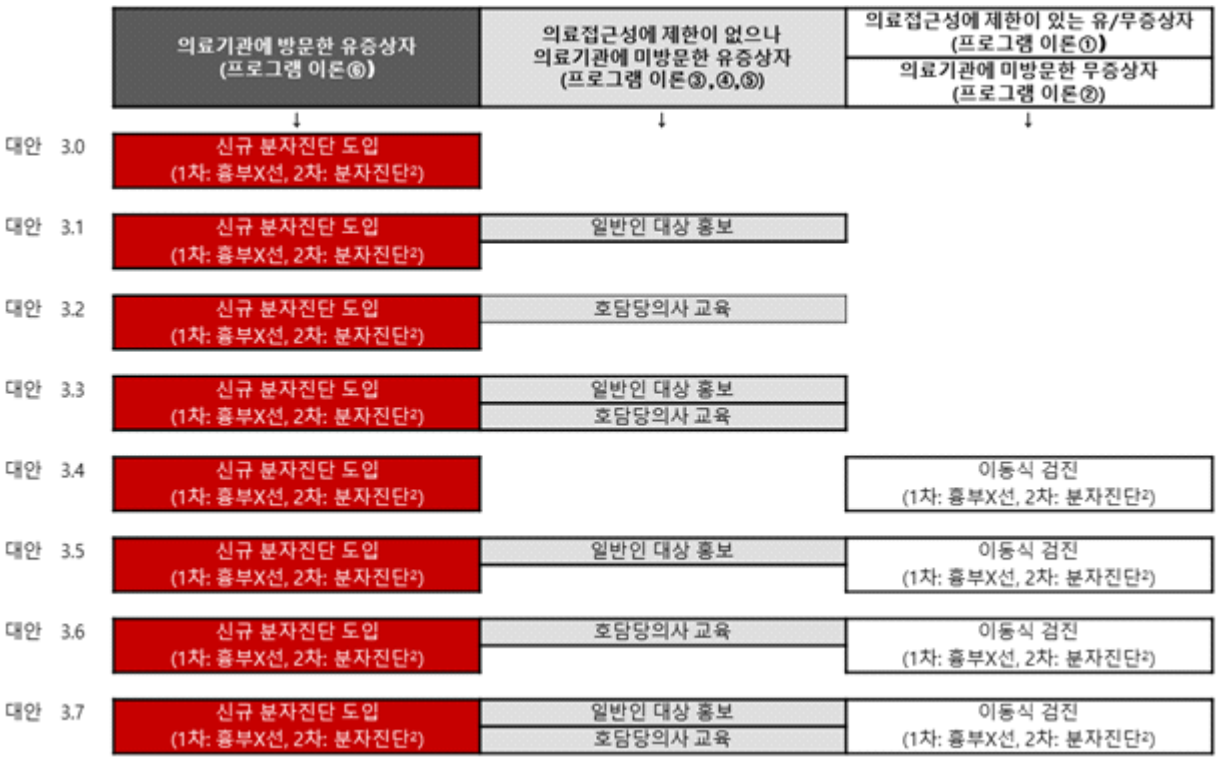


그림 26. 비교대안 - 3. 흉부X선기기 및 분자진단기기 신규 도입(1차: 흉부X선, 2차: 분자진단)



(3) 투입모수

결핵의 자연사, 북한의 출생률과 사망률, 결핵 치료율, 결핵으로 인한 사망률 등의 투입모수는 <표1>과 동일하며, 본 연구에서는 비교 대안의 비용-효과성과 관련된 투입모수에 대해 다루었다.

① 진단 정확도

진단 정확도는 “질병이 있는 사람을 실제 검사에서 질병이 있다고 정확하게 판정할 수 있는 능력”을 의미하는 민감도(sensitivity)(Gordis, 2009, p.34)와 “질병이 없는 사람을 실제 검사에서 질병이 없다고 정확하게 판정할 수 있는 능력”을 의미하는 특이도(specificity)로 구분할 수 있다(Gordis, 2009, p.34). <표26>은 진단 정확도에 대해 체계적 문헌고찰을 실시한 WHO(2013b) 연구결과와 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 바탕으로 정확도를 산출한 결과이다.

이 때 북한 결핵실태조사에 의한 진단 정확도는 결핵실태조사를 위해 글로벌 펀드로부터 도입한 현미경, 흉부X선기기로 수행한 것이므로(MoPH DPRK, 2017b, p.23, pp.100-102), 실제 북한의 호담당의사, 시·군·구 병원에서 수행되는 진단검사 정확도와는 다를 수 있음에 유의해야 한다. 북한 결핵실태조사에 따르면 의료기관에 방문한 결핵 유증상 확진자(110명)이면서 객담도말 검사에서 양성 판정을 받은 69명 가운데 75.4%(52명), 음성 판정을 받은 41명 가운데 85.4%(35명)만이 결핵으로 진단 받은 경험이 있다고 응답하였다(MoPH DPRK, 2017, pp.71-72). 즉, 의료기관에 방문한 객담도말 양성자 중 24.6%(=100%-75.4%), 객담도말 음성자 중 약 14.6%(=100%-85.4%)가 누락된 것으로 볼 수 있다[51]. 본 연구는 <연구(2)>의 프로그램 이론⑥에서 의료기관에 방문한 유증상자 누락 기제가 발생하게 된 맥락을 ‘진단기기 노후화로 인한 검사 결과 정확도 하락’으로 가정해 기존 진단기기인 ‘노후화된 현미경, 흉부X선기기로 인한 진단검사 정확도 하락’으로 누락된 환자 비율을 각각 24.6%, 14.6%로 설정했다.

표 26. 진단검사별 정확도

진단검사	민감도	특이도	자료원
객담도말	61% (95%CI: 31-89%)	98% (95%CI: 93-100%)	WHO(2013b, p.45)
객담도말	55%[1] (95%CI: 50-60%)	99%[2] (95%CI: 99-100%)	MoPH DPRK, 2017b, p.43
흉부X선	98% (95%CI: 95-100%)	75% (95%CI: 72-79%)	WHO(2013b, p.44)
흉부X선	99%[3] (95%CI: 98-100%)	96%[4] (95%CI: 96-96%)	MoPH DPRK, 2017b, p.59
분자진단	92% (95%CI: 70-100%)	99% (95%CI: 91-100%)	WHO(2013b, p.45)

주1. 결핵 확진자 340명 가운데 187명(55%)가 객담도말 양성 판정을 받음(MoPH DPRK, 2017b, p64)
주2. 결핵 확진자가 아닌 객담도말 검사 대상자 4246명 가운데 4221명(99%)가 음성 판정을 받음(MoPH DPRK, 2017b, p.43)
주3. 결핵 확진자 340명 가운데 335명이 흉부X선 검사를 받고 333명(99%)가 양성판정을 받음(MoPH DPRK, 2017b, p.64)
주4. 결핵 확진자가 아닌 흉부X선 검사 대상자 59314명 가운데 56761명(96%)가 음성 판정을 받음(MoPH DPRK, 2017b, p.59 재구성)

51)북한은 결핵 진단 지침 상 1차 진단검사인 객담도말 검사에서 음성 판정을 받을 경우 2차 진단검사로 흉부X선 검사를 실시함(WHO, 2015, p.30).

② 환자발견 비율

환자발견 비율은 비교 대안별로 결정수형(decision tree)을 구성해 결핵 환자 발견 비율을 산출했다. 결정수형의 모수는 프로그램 이론의 기제:반응(M_B) 유형에 따라 <표27>과 같이 분류했다.

표 27. 환자발견 비율 투입모수

항목	프로그램 이론 _기제:반응(M_B)	투입값	자료원
의료접근성 제한 비율	(i)의료접근성 제한	20%[1]	가정, MoPH DPRK(2017b, p.70)
결핵 의심 유증상 비율	(ii)미방문		
- 결핵 환자(민감도)		57%	MoPH DPRK(2017b, p.64)
- 결핵 환자 아님(1-특이도)		5%	MoPH DPRK(2017b, p.59)
의료접근성에 제한이 없는 결핵 의심 유증상자의 의료기관 방문 비율	(ii)미방문		
- 일반인 대상 홍보 부재 시		74%[1]	MoPH DPRK(2017b, p.70)
- 일반인 대상 홍보 수행 시		85%	가정, Mhimbira et al.(2017)
호담당의사의 결핵 의심 유증상자 발견	(ii)미방문		
- 호담당의사 교육 부재 시		0%	가정, MoPH DPRK(2017, p.70)
- 호담당의사 교육 수행 시		50%	가정, Mhimbira et al.(2017)
선별/진단검사 정확도	(iii)미진단		
- 민감도			
• 객담도말 검사	기존 기기 사용 시	41%[2]	MoPH DPRK(2017b, p.43, pp.71-72)
	신규 교체 시	55%[2]	MoPH DPRK(2017b, p.43, pp.71-72)
• 흉부X선 검사	기존 기기 사용 시	85%[2]	MoPH DPRK(2017b, pp.71-72, p.95)
	신규 교체 시	99%[2]	MoPH DPRK(2017b, pp.71-72, p.95)
• 분자진단검사		92%	WHO(2013b, p.45)
- 특이도			
• 객담도말 검사		99%	MoPH DPRK(2017b, pp.71-72)
• 흉부X선 검사		96%	MoPH DPRK(2017b, pp.71-72).
• 분자진단검사		99%	WHO(2013b, p.45)
이동식 검진 참여 비율	(i)의료접근성 제한, (ii)미방문	100%	가정
신고 및 치료개시 비율	(iv)미신고	100%	가정

주1. 북한 결핵실태조사에 따르면 결핵 의심 유증상자의 의료기관 방문 비율은 59%로 나타났음(MoPH DPRK, 2017b, p.70). 본 연구는 유증상자 의료기관 미방문 비율 41%를 의료접근성에 제한이 있는 경우, 의료접근성에 제한이 없으나 의료기관에 방문하지 않은 경우로 구분하고 의료접근성에 제한이 있는 비율을 20%로 가정함. 김석주 등(2015, p.48)이 북한이탈주민 200명 대상으로 설문조사를 실시한 연구에 의하면 북한 거주 시 교통편이 불편해 의료기관이 방문하지 못했다고 응답한 비율이 18.5%(37명)로 조사된 바 있음. 이 때 설문대상자 가운데 59.5%(119명)가 함경북도, 13.5%(27명)가 양강도에 거주해 특정 지역에 편중되었으나, 북한 통계청과 UNICEF가 수행한 복합지표조사(Central Bureau of Statistics of the DPR Korea & UNICEF, 2018, p.19)에 따르면 북한 전체주민 가운데 경제수준 하위20%인 사람이 함경북도와 양강도 각각에 차지하는 비율이 17.3%, 63.2%로 조사돼 본 연구에서는 '경제적으로 어려움이 있는 하위20%에서 의료기관 접근성이 제한될 수 있다'는 가정을 적용함. 의료접근성에 제한이 없으면서 의료기관에 방문한 비율은 59%/80%=74%로 설정함. 즉 미방문 비율 41%는 의료접근성에 제한이 있는 20%와 의료접근성에 제한이 없으나 의료기관에 방문하지 않은 21%(=80%×(100%-74%))로 구성되는 것으로 가정함

주2. 신규 기기 정확도 최대치(100%) 대비 기기 노후화로 인해 기준 방안의 현미경은 75.4%, 흉부 X선 기기는 85.4%의 성능을 발휘한다고 가정함 (55%×75.4%=41%; 99%×85.4%=85%) 성능 저하 비율은 북한 결핵 실태조사에서 의료기관에 방문한 결핵 유증상 확진자(110명)이면서 객담도말 검사에서 양성 판정을 받은 69명 가운데 75.4%(52명), 음성 판정을 받은 41명 가운데 85.4%(35명)만이 이 결핵으로 진단 받은 경험이 있다는 결과MoPH DPRK, 2017b, pp.71-72)를 바탕으로 '의료기관에 방문했으나 결핵 환자로 진단돼 치료 받지 못한 것은 진단기기 노후화로 인한 오진 때문'이라는 가정 하에 산출한 값임

<표27>에서 의료접근성에 제한이 없는 유증상자의 의료기관 방문 비율을 기준 방안에서는 74%, 일반인 대상 결핵관리 홍보를 수행하는 대안에서는 85%의 값을 가정했다. 유증상자 가운데 41%의 높은 의료기관 미방문 비율(MoPH DPRK, 2017b, p.70)을 근거로 기준 방안에서는 호담당의사에 의한 결핵 의심 환자 선별이 작동하지 않는 것으로 보고 투입값을 0%로 설정했으며, 호담당의사 역량 강화 교육 실시 이후에는 호담당의사의 유증상자 발견 비율 투입값으로 50%를 가정해 적용했다.

이 때 85%, 50%의 가정치는 Mhimbira et al.(2017)의 연구를 참고해 설정했다. Mhimbira et al.(2017)은 코크란 리뷰(Cochrane Review) 연구로 결핵 고위험국에서 수행된 개인 또는 군집 무작위대조군연구 또는 평행 설계된 비무작위대조군연구를 대상으로 체계적 문헌고찰을 실시해 능동적 환자발견 대안의 정량적 기대효과를 산출했다[52]. 분석 결과 (i)아무런 개입이 없는 수동적 환자발견 대비 일차 의료진 대상 역량 강화 교육을 실시한 대안의 상대적 위험비(relative risk ratio, 이하 RR)는 1.68(95%CI: 1.03-2.72), (ii)일반인 대상 홍보 대비 가정방문 검진의 RR은 1.55(95%CI: 1.15-2.08)로 조사되었다(Mhimbira et al., 2017, pp.64-65). 본 연구에서 가정한 85%(일반인 대상 결핵관리 홍보 후 의료접근성에 제한이 없는 유증상자의 의료기관 방문 확률), 50%(호담당의사 대상 교육 실시 후 의료기관을 방문하지 않은 유증상자를 호담당의사가 선별할 확률)의 값을 적용할 경우, (i)지표의 RR은 1.35, (ii)지표의 RR은 1.17로 산출돼[53] Mhimbira et al.(2017)이 제시한 기대효과의 95% 신뢰구간 내에 위치하게 된다. 진단검사 정확도는 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b) 결과를 바탕으로 기존 기기 사용 시 투입값과 신규 교체 시 투입값을 분리해 적용했다.

수동적 환자발견 및 호담당의사 왕진 시 결핵 감염자가 환자로 발견되는 비율은 <그림27>의 결정수형을 통해 설명할 수 있다. 각 결정수형의 확률마디(chance node)의 확률의 합은 1이다. 예를 들어 무증상 비율이 43%일 경우 같은 확률마디에 속한 나머지 유증상 비율은 자동적으로 57%(=100-43%)가 된다. 수동적 환자발견에 의한 환자발견 비율은 (식4), 호담당의사 왕진에 의한 환자발견 비율은 (식5)를 통해 산출할 수 있다. 이동식 검진을 수행할 경우 결핵 감염자가 환자로 발견되는 비율은 무증상자와 수동적 환자발견 또는 호담당의사 왕진 시 누락된 유증상자를 발견하는 것으로 구분할 수 있으며 <그림28>의 결정수형을 통해 설명할 수 있다. 이동식 검진에 의한 환자발견 비율은 (식6)을 통해 산출할 수 있다.

52)이 때 정량적 효과는 무작위대조군 연구만을 대상으로 하여 산출했음

53)기준 방안에서는 북한 결핵실태조사 결과(MoPH DPRK, 2017b, p.70)를 근거로 유증상자의 의료기관 방문 비율이 59%(=80%×74%)로 산출됨. 만약 기준 방안에서 74%였던 의료접근성에 제한이 없는 유증상자의 의료기관 방문 확률이 일반인 대상 결핵관리 홍보를 수행할 경우 85%로 증가한다면, 유증상자의 의료기관 방문 비율은 68%(=80%×85%)로 산출됨. 만약 호담당의사의 역량 강화 교육 이후 기준 방안에서 의료기관에 방문하지 않은 유증상자 가운데 50%를 발견해 상급의료기관에 의뢰할 경우, 유증상자의 의료기관 방문 비율은 79%(=59%+20%×50%+80%×(100%-74%)×50%)로 산출됨. 따라서 수동적 환자발견 대비 호담당의사 교육의 효과를 나타내는 (i)지표의 RR은 (79%/59%)=1.34, 일반인 대상 홍보 대비 호담당의사 교육의 효과를 나타내는 (ii)지표의 RR은 (79%/68%)=1.16으로 산출됨

그림 27. 환자발견 비율 결정수형 - 수동적 환자발견, 호담당의사 왕진 시

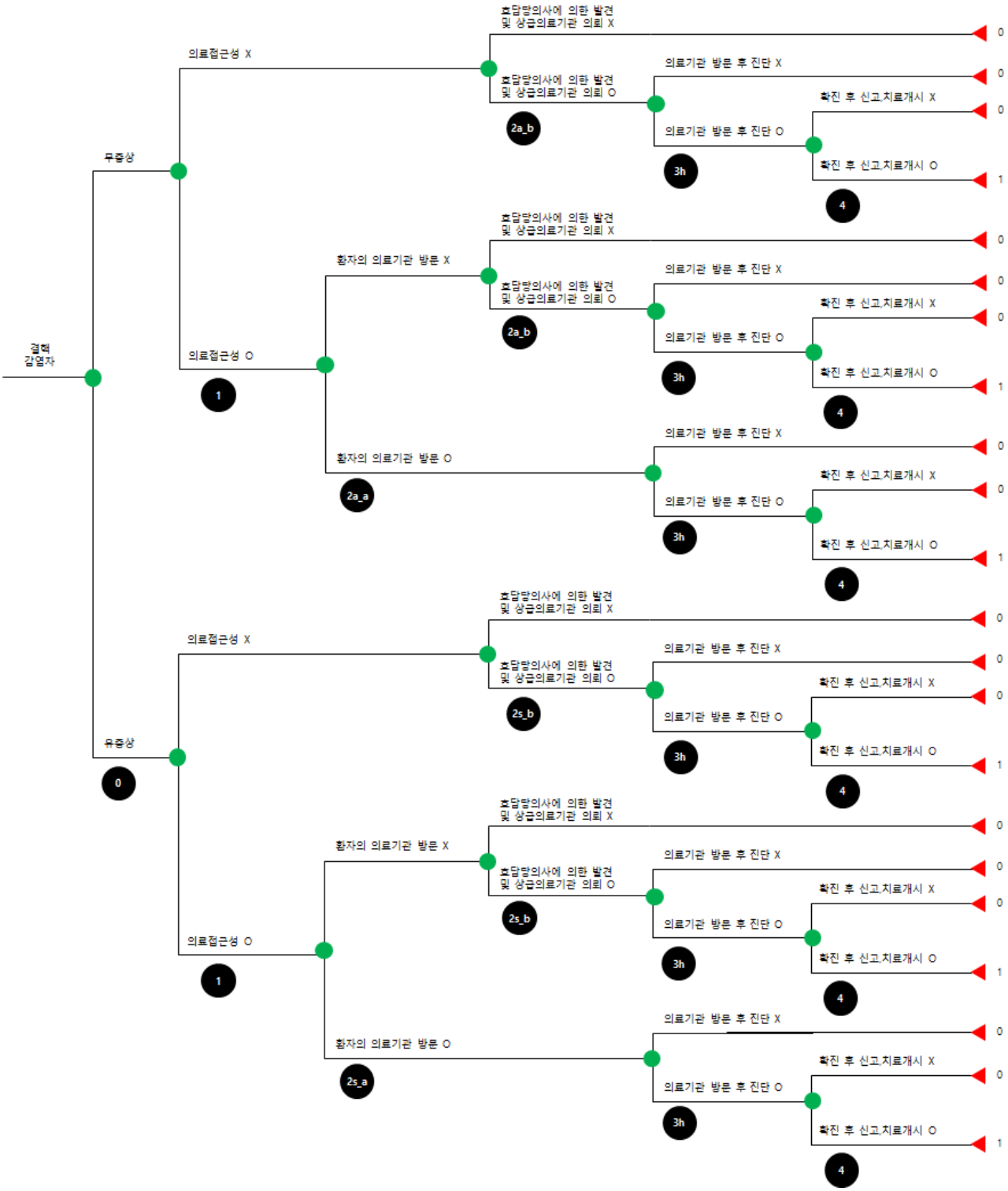
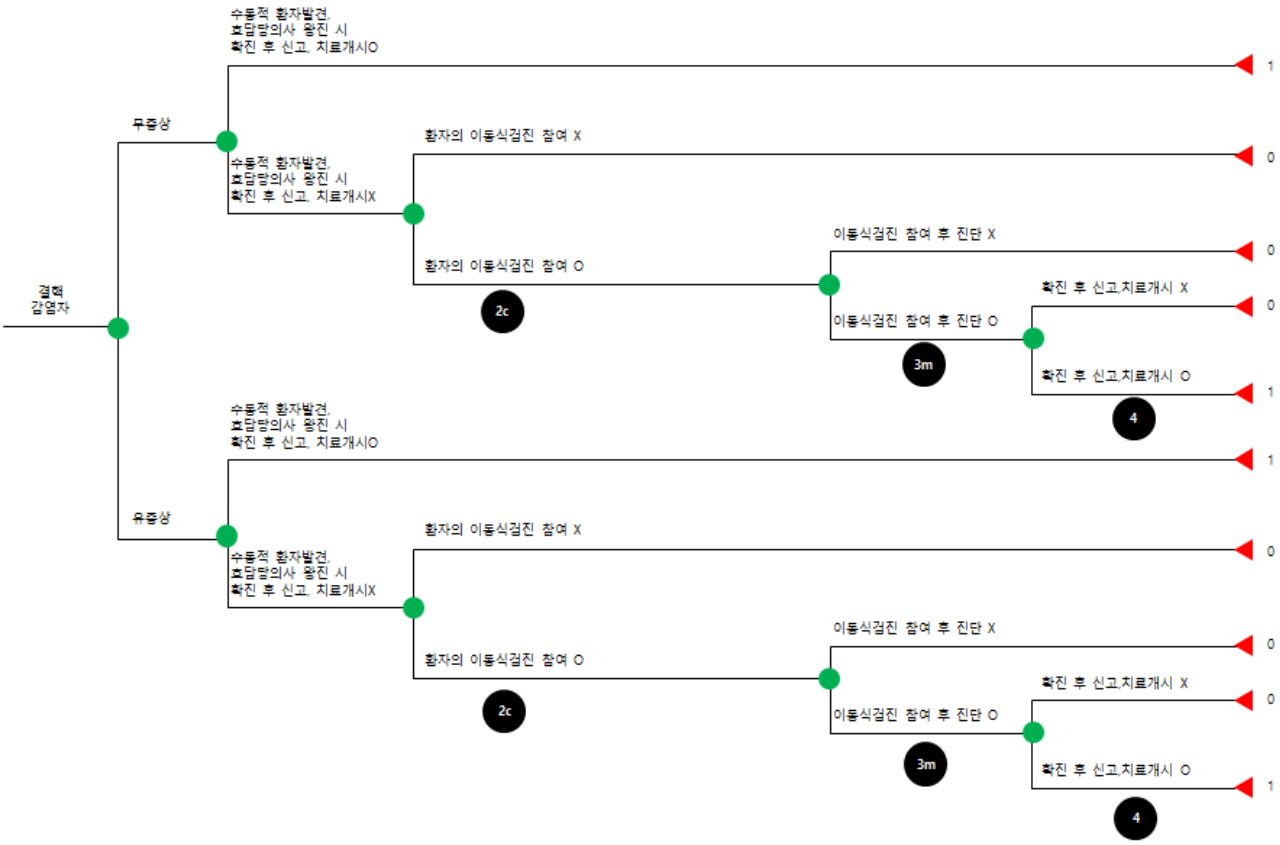


그림 28. 환자발견 비율 결정수형 - 이동식 검진 시



$$(1-P(0))\times P(1)\times P(2_aA)\times P(3_h)\times P(4)+P(0)\times P(1)\times P(2_sA)\times P(3_h)\times P(4) \quad \text{(식 4)}$$

$$\begin{aligned}&(1-P(0))\times P(1)\times(1-P(2_aA))\times P(2_aB)\times P(3_h)\times P(4)+\\&(1-P(0))\times(1-P(1))\times P(2_aB)\times P(3_h)\times P(4)+\\&P(0)\times P(1)\times(1-P(2_sA))\times P(2_sB)\times P(3_h)\times P(4)+\\&P(0)\times(1-P(1)\times P(2_sB)\times P(3_h)\times P(4)\end{aligned} \quad \text{(식 5)}$$

$$(1-(\text{식 4})-(\text{식 5}))\times P(2_c)\times P(3_m)\times P(4) \quad \text{(식 6)}$$

<그림27>, <그림28>에 <표27>의 투입값을 적용해 결핵 감염자와 비감염자의 환자 발견 비율을 산출한 값은 <표28>에서 확인할 수 있다.

표 28. 비교 대안별 환자발견 비율

대안		구성요소										산출결과		
		P(0)	P(1)	$P(2_a\_A)^1$	$P(2_s\_A)^2$	$P(2_a\_B)^3$	$P(2_s\_B)^4$	$P(2\_C)^5$	$P(3_h)^6$	$P(3_m)^7$	P(4)	수동적 환자 발견	호담당 의사 왕진	이동식 검진
기	0.0	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.912	0.000	1.00	0.308	0.000	0.000
존	0.1	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.912	0.000	1.00	0.353	0.000	0.000
진	0.2	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	0.00	0.912	0.000	1.00	0.308	0.106	0.000
단	0.3	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	0.00	0.912	0.000	1.00	0.353	0.083	0.000
기	0.4	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	1.00	0.912	0.911	1.00	0.308	0.000	0.631
기	0.5	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	1.00	0.912	0.911	1.00	0.353	0.000	0.589
유	0.6	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	1.00	0.912	0.911	1.00	0.308	0.106	0.581
지	0.7	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	1.00	0.912	0.911	1.00	0.353	0.083	0.561
기	1.0	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.996	0.000	1.00	0.336	0.000	0.000
존	1.1	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.996	0.000	1.00	0.386	0.000	0.000
진	1.2	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	0.00	0.996	0.000	1.00	0.336	0.116	0.000
단	1.3	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	0.00	0.996	0.000	1.00	0.386	0.091	0.000
기	1.4	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	1.00	0.996	0.911	1.00	0.336	0.000	0.605
기	1.5	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	1.00	0.996	0.911	1.00	0.386	0.000	0.559
교	1.6	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	1.00	0.996	0.911	1.00	0.336	0.116	0.551
체	1.7	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	1.00	0.996	0.911	1.00	0.386	0.091	0.528
분	2.0	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.920	0.000	1.00	0.310	0.000	0.000
자	2.1	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.920	0.000	1.00	0.357	0.000	0.000
진	2.2	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	0.00	0.920	0.000	1.00	0.310	0.107	0.000
단	2.3	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	0.00	0.920	0.000	1.00	0.357	0.084	0.000
기	2.4	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	1.00	0.920	0.911	1.00	0.310	0.000	0.628
기	2.5	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	1.00	0.920	0.911	1.00	0.357	0.000	0.586
도	2.6	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	1.00	0.920	0.911	1.00	0.310	0.107	0.579
입	2.7	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	1.00	0.920	0.911	1.00	0.357	0.084	0.557
분	3.0	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	0.00	0.911	0.000	1.00	0.307	0.000	0.000
자	3.1	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	0.00	0.911	0.000	1.00	0.353	0.000	0.000
진	3.2	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	0.00	0.911	0.000	1.00	0.307	0.106	0.000
단	3.3	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	0.00	0.911	0.000	1.00	0.353	0.083	0.000
기	3.4	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.00	1.00	0.911	0.911	1.00	0.307	0.000	0.631
기	3.5	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.00	1.00	0.911	0.911	1.00	0.353	0.000	0.589
도	3.6	0.57	0.80	0.00	0.74	0.00	0.50	1.00	0.911	0.911	1.00	0.307	0.106	0.582
입	3.7	0.57	0.80	0.00	0.85	0.00	0.50	1.00	0.911	0.911	1.00	0.353	0.083	0.561

주1. 의료접근성이 제한되지 않는 무증상자 가운데 의료기관에 방문하는 확률
주2. 의료접근성이 제한되지 않는 유증상자 가운데 의료기관에 방문하는 확률
주3. 의료기관에 스스로 방문하지 무증상자 가운데 호담당의사가 발견해 상급의료기관에 의뢰하는 확률
주4. 의료기관에 스스로 방문하지 유증상자 가운데 호담당의사가 발견해 상급의료기관에 의뢰하는 확률
주5. 수동적 환자발견, 호담당의사 왕진 시 발견되지 않은 환자가 이동식 검진에 참여하는 확률
주6. 의료기관에서의 검진을 통해 결핵으로 진단되는 확률. 기준(0.0-0.7)은 1차검사에서 객담도말, 2차검사에서 객담도말 음성자를 대상으로 흉부X선 검사를 실시해 1차검사 양성자 0.410 과 2차검사 양성자 0.502(=(1-0.41)×0.85)의 합인 0.912가 투입값으로 설정됨. 대안1(1.0-1.7)은 객담도말, 흉부X선 검사의 정확도가 높아지면서 1차검사 양성자 0.550 과 2차검사 양성자 0.446(=(1-0.55)×0.99)의 합인 0.996이 투입값으로 설정됨. 대안2(2.0-2.7)은 분자진단을 1차검사로 실시하면서 0.920이 투입값으로 설정됨. 대안3(3.0-3.7)은 흉부X선 검사 양성자 가운데 분자진단을 실시하므로 0.911(=0.92×0.99)이 투입값으로 설정됨
주7. 이동식 검진을 통해 결핵으로 진단되는 확률. 이동식 검진은 1차 흉부X선 검사 양성자를 대상으로 분자진단을 2차검사로 실시하므로 0.911(=0.92×0.99)이 투입값으로 설정됨

③ 환자발견 기간

[기준0.0]은 <표28>의 환자발견 비율 30.8%와 <연구(1). 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정>에서 산출한 2018년 환자 발견율(0.61명/년)을 적용해 수동적 환자발견 기간을 0.505년(=30.8%/(0.61명/년)), 즉, 6.1개월(184일)로 산출했다.

이 때 수동적 환자발견 기간은 다시 환자 지연 기간, 보건의료체계 지연 기간으로 구분할 수 있으며, 북한 결핵실태조사 설문결과와 <표29>의 환자 지연, 보건의료체계 지연 관련 체계적 문헌고찰 연구의 내용을 참고해 환자 지연과 보건의료체계 지연 기간을 설정했다. 북한 결핵실태조사에서 현재, 과거 결핵 환자 1,322명 대상으로 증상 인식 후 결핵으로 진단 받기까지의 기간을 설문한 결과 37.6%는 1주일 이내, 49.0%는 1주일 이상 1개월 이내로 응답해 1개월 이내로 응답한 비율이 86.6%로 조사되었다(MoPH DPRK, 2017b, p.73). 이 때 설문조사에서 유증상자가 증상을 인지하기까지의 기간, 의료기간 방문까지의 소요 기간에 대해 질문하고 있지 않았으며, <표29>의 체계적 문헌고찰 연구 내용을 참고해 본 연구는 수동적 환자발견 기간 6.1개월 가운데 1개월(30일)을 보건의료체계 지연, 나머지 5.1개월(154일)을 환자 지연으로 보는 것이 적절하다고 판단하였다.

표 29. 결핵 진단 지연 관련 체계적 문헌고찰 연구(단위: 일)

대상	환자 지연	보건의료체계 지연	진단 지연[1]	자료원
전 세계	평균: 81 (95%CI: 70-92) (최소5-최대1097) (대상: 79개 연구)	평균: 29.5 (95%CI: 25.9-33.0) - (대상: 26개 연구)	평균: 69.3 (95%CI: 40.1-98.6) - (대상: 25개 연구)	Bello et al. (2019)
중저소득국가 (사하라 이남 아프리카)	중위값: 28 (95%CI: 18.9-41.7) (최소4-최대63) (대상: 18개 연구)	중위값: 28 (95%CI: 14-35.9) (최소2-최대77) (대상: 12개 연구)	중위값: 67 (95%CI: 37-90) (최소30-최대150) (대상: 12개 연구)	Getnet et al. (2017)
중저소득국가 (사하라 이남 아프리카 외)	중위값: 27 (95%CI: 16.5-55.4) (최소6-최대199) (대상: 17개 연구)	중위값: 18 (95%CI: 14-30) (최소7-최대128.5) (대상: 15개 연구)	중위값: 57 (95%CI: 49-66.8) (최소30-최대366.5) (대상: 18개 연구)	Getnet et al. (2017)
아시아	평균: 25 (95%CI: 20.6-28.6) (최소7-최대60) (대상: 29개 연구)	평균: 16 (95%CI: 10.0-21.7) (최소7-최대30) (대상: 23개 연구)	- - - -	Cai et al. (2015)
저소득국가	평균: 32 (95%CI: 23.5-38.7) (최소4.9-최대162) (대상: 45개 연구)	평균: 28 (95%CI: 21.3-34.6) (최소2-최대87) (대상: 45개 연구)	평균: 68 (95%CI: 59.0-78.4) (최소25-최대185) (대상: 45개 연구)	Sreeramareddy et al. (2009)
고소득국가	평균: 26 (95%CI: 16.0-35.6) (최소7-최대34.5) (대상: 10개 연구)	평균: 22 (95%CI: 14.5-28.4) (최소7.2-최대36) (대상: 10개 연구)	평균: 61 (95%CI: 50.8-71.8) (최소42-최대89) (대상: 10개 연구)	Sreeramareddy et al. (2009)

주1: 진단 지연은 증상이 발현한 결핵 환자가 의료기관에 방문하고 진단을 완료하기까지의 기간을 의미한다.

표 30. 비교 대안별 환자발견 기간(단위: 일)

대안		수동적 환자발견			호담당의사 왕진			이동식 검진
		환자 지연 기간	보건의료체계 지연 기간	총 기간	환자 지연 기간	보건의료체계 지연 기간	총 기간	
기	0.0	154	30	184	-	-	0	-
존	0.1	120	30	150	-	-	0	-
진	0.2	154	30	184	30	30	60	-
단	0.3	120	30	150	30	30	60	-
기	0.4	154	30	184	-	-	0	365
기	0.5	120	30	150	-	-	0	365
유	0.6	154	30	184	30	30	60	365
지	0.7	120	30	150	30	30	60	365
기	1.0	154	15	169	-	-	0	-
존	1.1	120	15	135	-	-	0	-
진	1.2	154	15	169	30	15	45	-
단	1.3	120	15	135	30	15	45	-
기	1.4	154	15	169	-	-	0	365
기	1.5	120	15	135	-	-	0	365
교	1.6	154	15	169	30	15	45	365
체	1.7	120	15	135	30	15	45	365
분	2.0	154	5	159	-	-	0	-
자	2.1	120	5	125	-	-	0	-
진	2.2	154	5	159	30	5	35	-
단	2.3	120	5	125	30	5	35	-
기	2.4	154	5	159	-	-	0	365
기	2.5	120	5	125	-	-	0	365
도	2.6	154	5	159	30	5	35	365
입	2.7	120	5	125	30	5	35	365
분	3.0	154	5	159	-	-	0	-
자	3.1	120	5	125	-	-	0	-
진	3.2	154	5	159	30	5	35	-
단	3.3	120	5	125	30	5	35	-
기	3.4	154	5	159	-	-	0	365
기	3.5	120	5	125	-	-	0	365
도	3.6	154	5	159	30	5	35	365
입	3.7	120	5	125	30	5	35	365

기존 진단기기인 현미경, 흉부X선기기의 신규 교체를 고려한 [대안1]은 환자 지연은 기준과 동일하게 유지되면서 보건의료체계 지연은 기기 성능 향상, 시약 등 공급이 이루어지면서 아시아 지역 환자, 진단 지연을 분석한 Cai et al.(2015)의 평균(16일)과 유사한 15일로 단축되는 것으로 가정했으며, 일반인 대상 결핵관리 홍보를 실시할 경우 환자 지연이 154일에서 120일로 단축되는 것으로 가정했다. 호담당의사 교육을 통한 환자발견이 추가될 경우 한 명의 호담당의사가 130-140가구를 책임지므로(황나미 등, 2007, p.16) 한 구역의 왕진을 수행하는데 1개월(30일)이 소요된다고 가정했다. 즉, 호담당의사의 환자 지연은 30일 소요되며 보건의료체계 지연은 수동적 환자발견과 동일하다고 가정했다. [대안2], [대안3]은 의료기관에서 수행하는 진단검사 방법을 분자진단으로 대체하는 것이므로 환자 지연은 기준과 동일하면서 보건의료체계 지연이 기준 방안 30일에서 Cai et al.(2015) 연구의

최소값(7일)과 유사하게 5일로 단축되는 것으로 가정했다[54]. 이동식 검진은 국내에서 수행되는 찾아가는 노인 검진사업(울산시 시민건강과, 2020, p.19)을 참고해 1년(365일)의 기간을 설정했다.

환자발견 비율(표28)과 환자발견 기간(표30)을 기반으로 결핵 모형에 적용할 환자발견율(=비율×(1/기간))을 산출한 내용은 <표31>과 같다. 결핵 환자발견율은 <표31>의 수동적 환자발견, 호담당의사 왕진, 이동식 검진에 의한 환자발견율의 합계인 총 환자발견율의 값을 적용하며 <그림3>의 결핵 모형에서 [I]구획에서 [T]구획으로의 변화율을 의미한다.

표 31. 비교 대안별 환자발견율(단위: 명/년)

대안	수동적 환자발견 (①)	호담당의사 왕진 (②)	이동식 검진 (③)	총 환자변화율 (④=①+②+③)
기 0.0	0.610	0.000	0.000	0.610
존 0.1	0.860	0.000	0.000	0.860
진 0.2	0.610	0.645	0.000	1.256
단 0.3	0.860	0.506	0.000	1.366
기 0.4	0.610	0.000	0.631	1.241
기 0.5	0.860	0.000	0.589	1.449
유 0.6	0.610	0.645	0.581	1.790
지 0.7	0.860	0.506	0.561	1.879
기 1.0	0.726	0.000	0.000	0.726
존 1.1	1.044	0.000	0.000	1.044
진 1.2	0.726	0.939	0.000	1.665
단 1.3	1.044	0.737	0.000	1.781
기 1.4	0.726	0.000	0.605	1.331
기 1.5	1.044	0.000	0.559	1.603
교 1.6	0.726	0.939	0.551	2.165
체 1.7	1.044	0.737	0.528	2.257
분 2.0	0.713	0.000	0.000	0.713
자 2.1	1.041	0.000	0.000	1.041
진 2.2	0.713	1.116	0.000	1.828
단 2.3	1.041	0.875	0.000	1.916
기 2.4	0.713	0.000	0.628	1.341
기 2.5	1.041	0.000	0.586	1.627
도 2.6	0.713	1.116	0.579	2.359
입 2.7	1.041	0.875	0.557	2.426
분 3.0	0.706	0.000	0.000	0.706
자 3.1	1.031	0.000	0.000	1.031
진 3.2	0.706	1.105	0.000	1.810
단 3.3	1.031	0.866	0.000	1.898
기 3.4	0.706	0.000	0.631	1.337
기 3.5	1.031	0.000	0.589	1.620
도 3.6	0.706	1.105	0.582	2.345
입 3.7	1.031	0.866	0.561	2.411

54)객담도말, 분자진단검사 자체는 각각 1.91시간, 약 3.1시간 내에 완료되지만(Lee et al., 2019, p.792) 환자의 의료기관 대기 시간 등을 고려할 때 진단 지연에 대해 다룬 체계적 문헌고찰 연구의 결과를 참고하는 것이 더 적절하다고 판단했음

④ 비용

본 연구는 전체 인구 약 10만 명의 시·군·구에서 결핵 환자발견이 수행된다는 가정 아래 비용을 산출했다. 이는 시·군·구 인민병원 결핵과에서 진단검사가 이루어지는 북한 결핵관리체계(신희영 등, 2017, p.99)를 반영하면서 결핵 환자발견사업 초기 실행 단위로 1개의 시·군·구를 고려할 수 있다고 판단했기 때문이다. 따라서 본 연구의 비용은 1개의 시·군·구 인민병원에 진단 장비를 구축하고, 시·군·구 단위로 일반인 대상 홍보, 호담당의사 교육과 이동식 검진을 실시한다는 가정 아래 산출된 것임을 유의해야 한다. 참고로 북한은 2019년 기준 행정구역상 212개의 시·군·구가 있으며(통계청. 2019, p.46) 시·군·구 인민병원 단위에서 320여개의 결핵검사실이 있는 것으로 알려져 있다(이종구 등, 2015, p.97).

본 연구는 보건의료체계 관점(진단, 홍보, 교육, 치료비용), 사회적 관점(진단, 홍보, 교육, 치료, 교통, 시간, 생산성 손실비용)으로 구분해 비교 대안별 비용을 산출했다. 진단, 치료비용은 남한에서 북한 결핵관리사업 수행을 지원한다는 가정하에 객담도말검사, 흉부X선 검사 자본비용과 운영비용을 제시한 이종구 등(2015)의 연구를 인용했으며, 교통비용은 북한 B형간염 백신 비용-효과성을 분석한 Lee & Park(2016)의 연구를 참고하고, 시간비용은 북한의 2019년 국민총소득(gross national income, 이하 GNI)을 기반으로 산출했다.

첫째, 진단비용은 기기 구입 시 일시적으로 발생하는 자본비용(capital costs)과 기기 운영 시 발생하는 운영비용(operational costs)으로 구분 할 수 있다(Cunnama et al., 2019, p.34). 북한은 무상의료를 원칙으로 하므로 환자가 의료기관을 방문할 경우 진단 비용을 별도로 지불하지 않는다고 가정했으며, 보건성이 구입해야 하는 진단기기 자본비용과 지속적으로 진담검사를 수행하기 위해 필요한 운영비용만을 고려했다. 이 때 자본비용은 WHO의 결핵 개입전략 비용 지침을 반영해 내용연수에 따라 10년간 일정하게 비용을 배분하는 감가상각의 방법을 적용했다(Cunnama et al., 2019, pp.34-35). [기준/대안0]은 장비 구입을 가정하지 않으므로 운영비용만 들고, [대안1]은 현미경과 흉부X선기기 구입, [대안2]는 분자진단기기 구입, [대안3]은 흉부X선기기, 분자진단기기 구입의 자본비용이 발생하며, 이동식 검진을 수행하는 대안(.5-.7)은 이동식 검진 차량 구입에 따른 자본비용을 반영했다. 이 때 이동식 검진의 흉부X선 검사가 연간 6만 건 가량 가능하기 때문에(이종구 등, 2015, p.92) 인구 10만 명을 가정한 시·군·구를 대상으로 할 경우 2대의 이동식 검진 차량이 운행되는 것을 가정했다.

둘째, 치료비용은 이종구 등(2015, p.102)의 연구를 인용해 1인당 10만원의 비용을 책정했다. 이종구 등(2015, p.102)은 첫 2개월 집중기에 이소니아지드(Isoniazid), 리팜핀(Rifampin), 피라진아미드(Rifampin), 에탐부톨(Ethambutol)를 투여하고 이후 4개월 유지기에는 이소니아지드와 리팜핀을 투여하는 것으로 가정했다. 기본분석의 치료비용은 환자 집에서 항결핵제를 복용하는 직접복약확인(directly observed treatment, DOT)을 가정해 항결핵제 비용만 반영했으며, 민감도 분석을 통해 결핵 요양소 입원 시 식사비 등 환자치료지원까지 치료비용에 포함할 경우의

비용-효과성을 확인했다. 환자치료지원 비용은 이종구 등(2015, p.102)의 연구를 참고해 초기 집중기 2개월간(60일) 결핵 요양소 입원, 1일 식사비 6,000원을 가정해 환자 1인 당 360,000원이 소요되며, 항결핵제 비용까지 포함하면 460,000원의 비용이 드는 것으로 설정했다.

셋째, 일반인 대상 결핵관리 홍보는 Khan et al.(2012)의 연구를 참고해 연 500만 원의 비용이 발생하는 것으로 가정했다. Khan et al.(2012)은 파키스탄의 인구 약 90만 명 규모인 코랑기(Korangi), 빈콰짐(Bin Qasim) 시 일부 지역에서 2주 이상 기침 증상이 지속될 경우 의료기관에 방문할 것과 민간 의료기관에서 결핵 무료 진단과 치료가 가능하다는 내용을 전달하는 홍보활동을 1년간 진행했다. 홍보활동은 교차로 옥외 광고판(3,118달러), 보건소 밖 표지판(1,671달러), 포스터와 팜플렛(1,592달러), 지역 케이블 방송 광고(847달러) 등을 통해 1년간 총 10,638달러의 비용을 사용했다. 본 연구는 결핵은 반드시 의료기관에 방문해 정확한 진단과 치료를 받아야하는 질병이며 양질의 진단과 치료 서비스를 의료기관에서 받을 수 있다는 내용을 전달하기 위해 시·군·구에 옥외 광고판을 설치하고 매년 신문, 방송, 팜플렛 등을 통해 홍보 활동을 수행하는 것을 가정하며 연 500만원의 비용을 책정했다.

넷째, 호담당의사 대상 역량강화 교육은 Fairall et al.(2010)의 연구를 참고해 연 500만 원의 비용이 발생하는 것으로 가정했다. 호담당의사가 130-140가구를 책임지는 것으로 알려져 있으므로(황나미 등, 2007, p.16) 3-4인 가구를 가정한다면 한 명의 호담당의사가 약 500명의 주민을 담당한다고 볼 수 있으므로, 인구 약 10만 명의 시·군·구의 경우 200명의 호담당의사가 있을 것으로 가정했다. Fairall et al.(2010)은 남아프리카공화국 프리스테이트(Free State) 주의 20개 일차 의료기관에서 148명의 간호사를 대상으로 총 60회의 방문교육을 실시할 경우 교육자료, 교통비용, 시간비용 등을 포함해 15,940달러의 비용이 발생할 것으로 추정했다. 본 연구는 Fairall et al.(2010)의 연구를 참고해 10개 의료기관에서 200명의 호담당의사 대상으로 연간 총 20회의 결핵환자관리 관련 방문교육을 수행할 경우 500만 원의 비용이 매년 발생하는 것으로 가정했다.

다섯째, 교통비용은 의료기관 방문을 위해 환자가 교통수단을 이용할 경우 부담하는 비용으로(김윤희, 2014), 북한 신생아 대상 B형간염 백신접종을 주제로 비용-효과분석을 실시한 Lee et al.(2016) 연구가 인용한 교통비용 0.31달러에 1,100원/달러의 환율을 적용한 340원의 값을 투입값으로 설정했다. 이 때 수동적 환자발견, 호담당의사 왕진 시 환자가 직접 시·군·구 인민병원에 방문해야하며 객담도말 검사는 의료기관 첫 방문일 채취한 객담 외에도 다음날 의료기관에 방문해 추가로 객담을 채취, 제출해야 하므로 1명의 환자에게 총 2회의 교통비용이 발생하고, 그 외 흉부X선 검사, 분자진단검사는 1회의 교통비용만 발생하며, 이동식 검진은 교통비용이 발생하지 않는 것으로 가정했다. 참고로 북한의 국영 무궤도전차 요금은 한화 약 55원[55]으로 매우 저렴하나 대중교통이 발달하지 않은 지역에서의 교통비용 정보는 알려진바 없으므로, Lee et al.(2016)이 인용한

55)무궤도전차요금은 북한 화폐 기준 5원이다. 북한과 남한 달러 환율을 100원/달러, 1,100원/달러로 가정할 경우 한화 약 55원으로 환산할 수 있다(이제훈 & 노지원, 2019)

감비아(Gambia) 교통비용을 투입값으로 설정했다.

여섯째, 시간비용은 의료기관 방문에 따라 환자에게 발생하는 시간적 손실을 의미한다(김윤희, 2014). 수동적 환자발견과 호담당의사 왕진을 통한 능동적 환자발견 시 결핵 환자가 이차 의료기관인 시·군·구 인민병원에 방문해야하며, 이 때 의료기관과 주거지까지 이동시간과 의료기관 내 대기시간 등을 고려할 때 1일이 소요된다고 가정했다. 북한의 2019년 GNI는 141만 원으로(한국은행, 2019) 이를 1일 기준으로 3,863원/일(=1,410,000원/365일)로 환산할 수 있다. 만약 객담도말 검사를 수행한다면 의료기관을 이틀 방문하므로 2일의 시간비용이 소요되고, 흉부X선 검사, 분자진단검사는 하루 방문으로 완료되므로 1일의 시간비용이 소요되며, 이동식 검진에 참여할 경우 0.5일의 시간비용이 소요되는 것으로 가정했다.

일곱째, 생산성 손실비용은 환자의 질병 이환 또는 질병으로 인한 조기 사망으로 생산성이 상실되는 것과 관련된 비용을 의미하며(김윤희, 2014), 본 연구에서는 결핵으로 인한 사망으로 발생한 소득 손실을 생산성 손실비용으로 반영했다. 생산성 손실비용은 2035년까지 생존했다면 얻을 수 있었던 소득으로 정의했으며, (2035년-해당연도+1)×(해당 연도에 결핵으로 인한 사망자 수)×1인당 GNI인 141만원을 곱하여 산출했다. 생산성 손실비용은 보건의료체계 관점에서는 포함되지 않았으며, 사회적 관점에서만 비용으로 반영되었다.

보건의료체계 관점과 사회적 관점에서 반영한 비용을 정리한 내용은 <표32>의 영향 목록(impact inventory)을 통해 확인할 수 있다. 본 연구는 '의료 및 의약품 비용-효과성 2차 패널'의 분석관점별 비용 항목 권고사항을 참고해(Sanders et al., 2016, p.1097) 보건의료체계 관점에서 진단비용, 치료비용, 홍보비용, 교육비용을 반영했으며, 사회적 관점에서는 진단비용, 치료비용, 홍보비용, 교육비용, 환자의 교통비용, 환자의 시간비용, 생산성 손실비용을 반영했다.

표 32. 영향 목록 - 분석관점별 비용 항목

비용		보건의료체계 관점	사회적 관점
의료비용	의료기관에서의 진단비용	○	○
	이동식 검진에서의 진단비용	○	○
	결핵 환자 치료비용	○	○
	진단장비 구매에 따른 자본비용	○	○
비의료비용	호담당의사 교육비용	○	○
	일반인 대상 결핵관리 홍보비용	○	○
	환자의 시간비용	×	○
	환자의 교통비용	×	○
생산성손실비용	조기사망으로 인한 소득 손실비용	×	○

⑤ 효과

본 연구는 장애보정생존년수를 의미하는 DALY를 효과 지표로 설정했으며 GBD(2018)의 연구를 참고해 활동성 결핵의 DALY로 0.333의 값을 적용했다. DALY는 조기 사망에 따른 손실연수와 장애로 인한 손실연수의 합으로 1DALY는 질병 등으로 인해 건강하게 생활하지 못한 1년을

의미한다(한국국제협력단, 2017, p.25). 2019-2035년 최소 비용이 소요되는 기준 대안에서 발생한 신규 감염자 수, 결핵으로 인한 사망자 수를 기반으로 산출한 DALY와 비교 대안의 DALY를 비교해 점증적 효과(DALY감소=기준대안의 DALY - 비교대안의 DALY)를 구하고 1DALY를 감소시키는데 소요되는 비용(cost per DALY averted)으로 나타낸 ICER를 대안별로 비교했다.

⑥ 할인율

본 연구는 WHO et al.(2003, p.48)의 비용-효과분석 지침에 따라 3%의 할인율을 적용했다.

표 33. 비용 및 효과, 할인율 투입모수

모수	투입값	자료원
환자 진단비용		
- 객담도말 검사: LED 현미경 1개 등		
• 자본비용	64,570천 원	이종구 등(2015, p.97)[1]
• 운영비용	0.3천 원/명	이종구 등(2015, p.97)[2]
- 흉부 X선 검사: 디지털 X선 장비 1개 등		
• 자본비용	97,200천 원	이종구 등(2015, p.88, p.90)[3]
• 운영비용	4,000천 원/년	이종구 등(2015, p.92)[4]
- 분자진단검사: Xpert 1개 등		
• 자본비용	100,000천 원	이종구 등(2015, p.98)
• 운영비용	10천 원/명	이종구 등(2015, p.98)[5]
- 이동식 검진(흉부X선, 분자진단): 차량 1대		
• 자본비용	350,000천 원/년	이종구 등(2015, p.92)[6]
• 운영비용 - 이동식 검진 차량	17,132천 원/년	이종구 등(2015, p.92)[7]
• 운영비용 - 흉부X선 촬영	4,000천 원/년	이종구 등(2015, p.92)[4]
• 운영비용 - 분자진단	10천 원/명	이종구 등(2015, p.98)[5]
환자 치료비용	100천 원/명	이종구 등(2015, p.102)
일반인 대상 홍보비용	5,000천 원/년	가정, Khan et al.(2012)
호담당의사 교육비용	5,000천 원/년	가정, Fairall et al.(2010)
환자 부담 교통비용	0.34천 원/회	Lee et al.(2016, p.8)
환자 부담 시간비용	3.863천 원/일	한국은행(2019)
활동성 결핵의 장애보정생존연수	0.333	GBD(2018)
할인율	3%	WHO et al.(2003, p.48)

주1. 이종구 등(2015, p.168)은 LED 현미경(33,000,000원), 크린벤치(17,600,000원), 원심분리기(11,000,000원), 슬라이드 건조기(770,000원), 마그네틱 핫플레이트(660,000원), 화염멸균기(660,000원), 염색대(550,000원), 저울(330,000원) 등의 항목을 설정해 총 64,570,000원을 비용으로 책정함

주2. 이종구 등(2015, p.97)은 연간 7,000건의 검사를 수행한다는 가정 아래 1,983,800원의 비용을 책정함(건당 0.3천 원). WHO(2016, p.34)는 검사, 운영비 포함 건당 2달러의 비용을 책정함

주3. 이종구 등(2015, p.88, p.90)은 216개 시군구 인민병원에 디지털 X선 장비를 구축하는데 210억 원의 비용을 책정했으며, 1개 시군구 인민병원에 디지털 X선 장비, 컴퓨터, 판독 모니터 2대, 임상 모니터 2대 구축을 가정함

주4. 이종구 등(2015, p.92)은 이동식 검진의 흉부X선기기(연간 60,000건 촬영 가능) 운영비용으로 영상 저장 장치에 200만 원, 소모품에 200만원의 비용을 책정함. WHO(2016, p.34)는 검사, 운영비 포함해 흉부X선 검사 건당 5달러의 비용을 책정함

주5. 이종구 등(2015, p.98)은 소모품인 카트리지 비용을 국제구입가와 국내구입가로 구분해 각각 개당 1만원, 5만원의 비용을 책정함. 본 연구는 국제기구를 통해 개당 1만원으로 구매한다는 가정을 적용함. WHO(2016, p.34)는 검사, 운영비 포함 건당 17달러의 비용을 책정함.

주6. 이종구 등(2015, p.93)은 5톤 트럭 기준 차량 구입비 6천 5백만 원, X선 발생장치 1억 원, Xpert 1억 원, 냉난방장치 등 특수조건장비 7천만 원, 판독 모니터 1천 5백만 원, 노트북 1백 50만원의 비용을 책정함

주7. 이종구 등(2015, p.92)은 차량 보험료 150만원, 차량 유류비 1,000만원의 비용을 책정함. 본 연구는 이동식 검진 차량을 운행하고 흉부X선 검사, 분자진단검사를 수행하는 인원 4명의 인건비 5,632천 원/년(=1,408천 원/년×4명)을 추가적으로 고려함. 1인당 인건비는 북한의 2019년 GNI(한국은행, 2019)의 값을 적용함

(4) 불확실성 분석

본 연구는 일원/이원 민감도 분석, 확률적 민감도 분석을 통해 모수의 불확실성을 확인하고, 분석기간 확대 또는 위-양성 환자 발견 가능성을 반영한 구조적 불확실성 분석을 수행하여 기본분석 결과와 비교했다.

첫째, 일원 민감도 분석(one-way sensitivity)은 결핵관리 홍보에 따른 환자의 의료기관 방문 비율, 호담당의사 교육 시 유증상 환자발견 비율, 이동식 검진 참여비율, 진단 완료 후 신고 및 치료개시 비율 등 불확실성이 높다고 판단되는 모수를 대상으로 수행했으며, 일원 민감도 분석 대상 모수 및 그 범위는 <표34>에서 확인할 수 있다.

둘째, 이원 민감도 분석(two-way sensitivity)은 결핵관리 홍보에 따른 환자의 의료기관 방문 비율, 호담당의사 교육 시 유증상 환자발견 비율 두 가지 변수의 투입값이 동시에 변화됨에 따라 ICER가 얼마나 민감하게 변화하는지 확인했다.

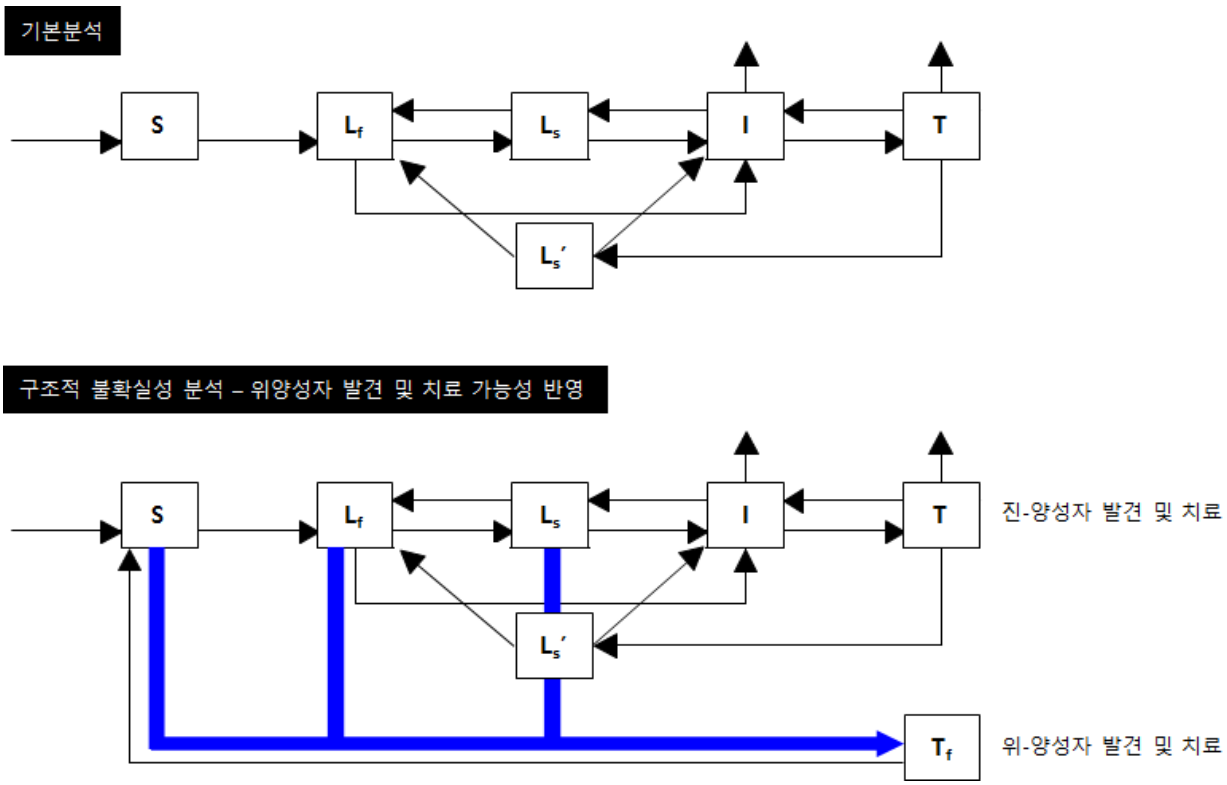
셋째, 확률적 민감도 분석(probabilistic sensitivity analysis)은 <표34>의 모수 전체에 확률 분포를 부여해 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 수행하여 분석했다. 모수의 확률 분포는 불확실성이 높다는 가정 하에 민감도 분석 범위 내에서 균등분포를 적용했다. 확률적 민감도 분석 결과는 지불용의의사(willingness to pay, 이하 WTP)에 의해 산출되는 순편익(=효과×WTP-비용)을 기준으로 가장 비용-효과적일 확률을 대안별로 구하여 비용-효과 수용 곡선(cost-effectiveness acceptability curve)의 형태로 나타냈다(TreeAge Software, 2020, pp.543-545).

표 34. 민감도 분석 대상 투입모수 범위

항목	기본분석 투입값	민감도 분석 범위	확률 분포	자료원
결핵 감염자 중 유증상자 비율	57%	52-62%	균등	MoPH DPRK(2017b, p.64)
일반인 대상 홍보 시 의료기관 방문 비율	85%	80-90%	균등	가정
호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율	50%	40-60%	균등	가정
이동식 검진 참여 비율	100%	80-100%	균등	가정
신고 및 치료개시 비율	100%	80-100%	균등	Vesga et al.(2019, pp.588-589)[1]
환자 치료비용(천 원/명)	100	100-460	균등	이종구 등(2015, p.102)
분자진단검사 운영비용(천 원/명)	10	10-50	균등	이종구 등(2015, p.98)
이동식 검진 차량 운영비용(천 원/년)	17,132	14,316-51,676	균등	가정[2]
일반인 대상 홍보비용(천 원/년)	5,000	3,000-7,000	균등	가정
호담당의사 교육비용(천 원/년)	5,000	3,000-7,000	균등	가정
환자 부담 교통비용(천 원/회)	0.34	0.00-1.00	균등	가정
환자 부담 시간비용(천 원/일)	3.863	3.00-5.00	균등	가정
할인율	0.03	0.01-0.05	균등	가정
활동성 결핵의 장애보정생존연수	0.333	0.224-0.454	균등	GBD(2018)

주1. Vesga et al.(2019)은 케냐, 인도, 몰도바의 진단 확정 후 치료 개시 비율을 각각 80%, 88%, 93%로 설정함
주2. 기본분석의 인건비는 4명의 북한 의료진을 가정함. 하한값은 2명의 북한 의료진, 상한값은 2명의 북한 의료진, 1명의 남한 의료진의 인건비를 적용함. 1인당 인건비는 북한의 2019년 GNI(한국은행, 2019), 남한의 2019년 GNI(국가지표체계, 2020)의 값을 적용함

그림 29. 결핵 모형 - 기본분석(상), 구조적 불확실성 분석 시 위양성자 발견 및 치료 가능성 반영(하)



넷째, 모형 구조의 불확실성 분석(structural uncertainty analysis)[56]은 (i)위-양성자 발견 및 치료 가능성을 반영할 경우, (ii)분석기간을 2019-2070년으로 확대해 적용한 경우로 구분해 수행했다.

(i)위-양성 환자의 발견 및 치료 가능성을 고려해 [S], [L_f], [L_s], [L_s‘] 구획에서 위-양성자 발견 및 치료 구획인 [T_f]으로 유입된 사람이 치료가 완료된 후 [S] 구획으로 이동하는 것으로 모형을 설계한 것은 활동성 결핵 치료를 받으며 복용한 항결핵제 이소니아지드와 리팜핀이 잠복결핵 치료에 사용되었다[57]는 가정을 반영했다(그림29).

(ii)본 연구는 기본분석에서 WHO의 결핵퇴치전략 기한이 2016-2035년인 점을 고려해 분석기간을 2019-2035년으로 설정했다. 구조적 불확실성 분석에서는 분석기간을 <연구(1). 수학적 모델링을 활용한 결핵 환자 발견율 추정>에서 중단기 효과를 2019-2035년, 장기 효과를 2019-2070년으로 설정한 점을 참고해 2019-2070년의 장기 비용과 효과를 산출해 기본분석 결과와 얼마나 차이가 나는지 확인했다.

56) 모형 구조에 대한 불확실성 분석은 (i)모형의 유형(예: 정적모형, 동적모형), (ii)모형의 하부구조(예: 질병·치료 경로, 분석기간, 분석주기), (iii)구조적 가정(예: 백신 면역효과 감소 여부)이 포함됨(Kim et al., 2010, p.5). 본 연구에서는 위-양성 환자 발견 가능성(치료경로), 분석기간에 대한 불확실성을 분석했다는 점에서 모형의 하부구조 분야를 다루고 있다고 할 수 있음

57) 잠복결핵은 이소니아지드 단독요법(9개월), 리팜핀 단독요법(4개월), 이소니아지드 및 리팜핀 병합요법(3개월) 등의 방법을 통해 치료함(이승헌, 2018, p.514)

3. 연구결과

(1)기본분석

보건의료체계 관점에서는 진단기기 구입에 소요되는 자본비용 및 진단기기 운영비용, 일반인 대상 결핵관리 홍보비용, 호담당의사 대상 교육비용, 환자 치료비용이 반영되었다. 3%의 할인율을 적용해 비용-효과성을 분석한 결과 ①기존 진단기기를 유지하면서 호담당의사 교육을 실시하는 [대안0.2], ②분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육을 실시하는 [대안2.2], ③분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 홍보를 실시하는 [대안2.3], ④분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 홍보와 이동식 검진을 실시하는 [대안2.7]이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 선정되었으며, 각각의 ICER은 83,217원/1DALY감소, 277,153원/1DALY감소, 2,415,529원/1DALY감소, 7,799,630원/1DALY감소로 산출되었다.

사회적 관점에서는 진단기기 구입에 소요되는 자본비용 및 진단기기 운영비용, 일반인 대상 결핵관리 홍보비용, 호담당의사 대상 교육비용, 환자 치료비용, 환자의 교통비용과 시간비용, 조기사망으로 인한 생산성 손실비용이 반영되었다. 3%의 할인율을 적용해 비용-효과성을 분석한 결과 ①분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 홍보를 실시하는 [대안2.3], ②분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 홍보와 이동식 검진을 실시하는 [대안2.7]이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 선정되었으며, [대안2.3]과 비교한 [대안2.7]의 ICER은 1,547,707원/1DALY감소로 산출되었다.

표 35. 기본분석 - 보건의료체계 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
0.0	497,067	3,103	-	-	기준(최소비용)
0.2	567,136	2,261	70,070	842	83,217
0.1	569,050	2,644	-	-	열등대안
2.0	580,414	2,882	-	-	열등대안
0.3	634,081	2,191	-	-	약-열등대안
1.0	642,195	2,858	-	-	열등대안
2.2	642,826	1,987	75,690	273	277,153
2.1	649,135	2,435	-	-	열등대안
1.2	706,026	2,047	-	-	열등대안
2.3	710,012	1,960	67,185	28	2,415,529
1.1	710,602	2,433	-	-	열등대안
3.0	719,914	2,896	-	-	열등대안
1.3	773,034	2,004	-	-	열등대안
3.2	782,605	1,994	-	-	열등대안
3.1	788,841	2,445	-	-	열등대안
3.3	849,789	1,966	-	-	열등대안
0.4	1,479,057	2,270	-	-	열등대안

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
0.6	1,532,835	2,001	-	-	열등대안
2.4	1,534,815	2,205	-	-	열등대안
0.5	1,540,418	2,145	-	-	열등대안
2.6	1,595,369	1,851	-	-	약-열등대안
0.7	1,598,866	1,971	-	-	열등대안
2.5	1,600,205	2,062	-	-	열등대안
1.4	1,617,887	2,212	-	-	열등대안
2.7	1,662,826	1,837	952,815	122	7,799,630
1.6	1,669,425	1,893	-	-	열등대안
3.4	1,674,498	2,208	-	-	열등대안
1.5	1,678,584	2,072	-	-	열등대안
3.6	1,735,092	1,854	-	-	열등대안
1.7	1,735,832	1,872	-	-	열등대안
3.5	1,739,908	2,065	-	-	열등대안
3.7	1,802,549	1,840	-	-	열등대안

주. 약-열등대안(Extended weak dominance)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 ICER가 높은 경우를 의미함. 열등대안(dominated)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 효과가 낮은 경우를 의미함

표 36. 기본분석 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
2.3	7,084,630	1,960	-	-	기준(최소비용)
2.2	7,188,513	1,987	-	-	열등대안
3.3	7,260,623	1,966	-	-	열등대안
2.7	7,273,700	1,837	189,070	122	1,547,707
2.6	7,288,554	1,851	-	-	열등대안
3.2	7,365,976	1,994	-	-	열등대안
3.7	7,431,837	1,840	-	-	열등대안
1.3	7,437,038	2,004	-	-	열등대안
3.6	7,446,815	1,854	-	-	열등대안
1.7	7,577,711	1,872	-	-	열등대안
1.2	7,631,666	2,047	-	-	열등대안
1.6	7,642,884	1,893	-	-	열등대안
0.7	8,056,614	1,971	-	-	열등대안
0.6	8,170,996	2,001	-	-	열등대안
0.3	8,427,992	2,191	-	-	열등대안
2.5	8,596,506	2,062	-	-	열등대안
1.5	8,749,077	2,072	-	-	열등대안
3.5	8,754,405	2,065	-	-	열등대안
0.2	8,773,651	2,261	-	-	열등대안
0.5	9,048,082	2,145	-	-	열등대안
2.4	9,389,933	2,205	-	-	열등대안
1.4	9,519,805	2,212	-	-	열등대안
3.4	9,545,110	2,208	-	-	열등대안
0.4	9,726,947	2,270	-	-	열등대안
2.1	9,848,521	2,435	-	-	열등대안
1.1	9,916,136	2,433	-	-	열등대안
3.1	10,047,094	2,445	-	-	열등대안
0.1	10,981,486	2,644	-	-	열등대안
1.0	12,238,097	2,858	-	-	열등대안

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
2.0	12,291,190	2,882	-	-	열등대안
3.0	12,505,741	2,896	-	-	열등대안
0.0	13,430,225	3,103	-	-	열등대안

주. 약-열등대안(Extended weak dominance)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 ICER가 높은 경우를 의미함. 열등대안(dominated)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 효과가 낮은 경우를 의미함

<그림30>은 2019-2035년 비교 대안별 발견한 결핵 환자 수, <그림31>은 DALY로 측정된 결핵 질병부담, <그림32>는 결핵 신규 감염자(발생률), <그림33>은 결핵으로 인한 사망률 추이를 나타낸다. <그림30>에 따르면 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]은 시행 첫 해인 2019년 발견 결핵 환자 수가 [기준0.0] 보다 약 1.4배([대안0.2])에서 1.9배([대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]) 높으나, [대안0.2]는 2024년, [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]은 2023년부터 [기준0.0] 보다 발견 결핵 환자 수가 낮아지게 되며 2035년에는 [기준0.0] 보다 약 0.8배([대안0.2], [대안2.2], [대안2.3])에서 0.7배([대안2.7]) 수준으로 감소하는 것으로 나타났다. 2035년 [기준0.0] 대비 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 DALY는 각각 약 0.6배, 0.5배, 0.5배, 0.5배(그림31), 결핵 발생률은 약 0.7배, 0.6배, 0.6배, 0.5배(그림32), 결핵 사망률은 약 0.5배, 0.3배, 0.3배, 0.3배(그림33) 수준으로 감소하는 것으로 나타나, [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 발견 환자 수의 감소는 호담당의사 교육, 일반인 대상 홍보, 분자진단 도입, 이동식 검진 등 정책 실행에 의한 결핵 환자 수 감소로 인한 것으로 추정할 수 있다. <그림34>와 <그림35>는 3% 할인율을 적용해 각각 보건의료체계 관점과 사회적 관점에서 발생한 비용의 추이를 나타낸다. 보건의료체계 관점에서 비용을 산출한 <그림34>에 따르면 진단기기 신규 구입으로 인한 자본비용의 감가상각비가 적용되는 2019-2028년까지는 분자진단을 도입하는 [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 비용이 기준 방안 보다 높게 발생하나, 2029년부터는 [대안2.2]와 [대안2.3]의 비용이 기준 방안 보다 낮아지는 것으로 나타났다.

표 37. 기본분석 - 비용 세분화 -보건의료체계 관점, 2035년, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	기준0.0		대안0.2		대안2.2		대안2.3		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_ 의료기관	2,557	(11.5%)	2,546	(11.7%)	1,616	(8.2%)	1,602	(7.1%)	1,218	(4.5%)
진단비용_ 이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	5,309	(19.7%)
치료 비용	19,601	(88.5%)	16,105	(74.0%)	14,864	(75.9%)	14,737	(65.3%)	14,184	(52.6%)
진단장비 자본비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)
호담당의사 교육비용	0	(0.0%)	3,116	(14.3%)	3,116	(15.9%)	3,116	(13.8%)	3,116	(11.6%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	3,116	(13.8%)	3,116	(11.6%)
총 비용	22,158	(100%)	21,767	(100%)	19,596	(100%)	22,571	(100%)	26,943	(100%)

분자진단 도입, 호담당의사 교육, 일반인 대상 홍보, 이동식 검진을 수행하는 [대안2.7]의 2035년 총 발생 비용은 26,943천 원으로 [기준0.0]의 22,158천 원 보다 높게 나타났으나, 결핵 환자 감소로 인해 결핵 치료 및 진단 비용은 [기준0.0] 보다 낮아지는 것으로 나타났다(표37).

표 38. 기본분석 - 비용 세분화 -보건의료체계 관점, 2019-2035년, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	기준0.0		대안0.2		대안2.2		대안2.3		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_의료기관	55,697	(11.2%)	55,705	(9.8%)	47,761	(7.4%)	47,700	(6.7%)	37,445	(2.3%)
진단비용_이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	350,776	(21.1%)
치료 비용	441,370	(88.8%)	443,626	(78.2%)	439,399	(68.4%)	438,840	(61.8%)	436,106	(26.2%)
진단장비 자본비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	87,861	(13.7%)	87,861	(12.4%)	702,889	(42.3%)
호담당의사 교육비용	0	(0.0%)	67,806	(12.0%)	67,806	(10.5%)	67,806	(9.5%)	67,806	(4.1%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	67,806	(9.5%)	67,806	(4.1%)
총 비용	497,067	(100%)	567,137	(100%)	642,827	(100%)	710,013	(100%)	1,662,828	(100%)

보건의료체계 관점에서 3% 할인율을 적용해 2019-2035년 발생 비용을 항목별로 정리한 내용은 <표 38>과 같다. [기준0.0]은 최소 비용이 소요되는 대안이나 의료기관에서의 진단비용, 치료비용, 분자진단을 1차검사로 도입하는 [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7] 보다 높은 것으로 나타났다. 반면 최대 비용이 소요되는 [대안2.7]은 의료기관에서의 진단비용, 치료비용이 고려 대안 가운데 가장 낮게 나타났다.

사회적 관점에서 3%의 할인율을 적용해 비용을 산출한 <그림35>에 따르면 대안 실행 초기인 2019년 [기준0.0]과 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 발생 비용이 유사하게 나타났으나, 일반인 대상 홍보, 호담당의사 교육, 이동식 검진 등의 정책 실행으로 인해 시간이 흐르며 점차 결핵으로 인한 사망자가 [기준0.0] 대비 감소하면서(그림33) 생산성 손실비용이 감소해 총 비용이 [기준0.0] 보다 결과적으로 크게 낮아지는 것으로 나타났다. 시간의 흐름에 따라 사회적 관점에서 발생한 총 비용이 감소하는 것은 각 대안에서 높은 비중을 차지하고 있는 생산성 손실 비용이 2019년 가장 높게 발생하고 2035년에 가장 낮게 발생하기 때문으로 해석할 수 있다. 만약 2019년 결핵으로 인한 사망자가 발생한다면 이 사람이 2035년까지 생존했을 경우 얻을 수 있는 36년간 소득이 생산성 손실비용으로 책정되고, 2035년 결핵으로 인한 사망자가 발생한다면 1년간 소득이 생산성 손실비용으로 책정되므로 결과적으로 시간의 흐름에 따라 생산성 손실비용이 감소하는 추세를 보여주었다고 할 수 있다. 3%의 할인율을 적용해 2019-2035년 발생한 생산성 손실비용을 대안별로 나타낸 내용은 <그림36>을 참고할 수 있다.

표 39. 기본분석 - 비용 세분화 -사회적 관점, 2019-2035년, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	기준0.0		대안0.2		대안2.2		대안2.3		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_의료기관	55,697	(0.4%)	55,705	(0.6%)	47,761	(0.7%)	47,700	(0.7%)	37,445	(0.5%)
진단비용_이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	350,776	(4.8%)
치료비용	441,370	(3.3%)	443,626	(5.1%)	439,399	(6.1%)	438,840	(6.2%)	436,106	(6.0%)
진단장비 자본비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	87,861	(1.2%)	87,861	(1.2%)	702,889	(9.7%)
호담당의사 교육비용	0	(0.0%)	67806	(0.8%)	67806	(0.9%)	67806	(1.0%)	67806	(0.9%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	67,806	(1.0%)	67,806	(0.9%)
환자의 시간비용	37,411	(0.3%)	37,602	(0.4%)	18,450	(0.3%)	18,426	(0.3%)	16,408	(0.2%)
환자의 교통비용	3,293	(0.0%)	3,310	(0.0%)	1,624	(0.0%)	1,622	(0.0%)	1,273	(0.0%)
생산성 손실비용	12,892,455	(96.0%)	8,165,602	(93.1%)	6,525,613	(90.8%)	6,354,570	(89.7%)	5,593,193	(76.9%)
총 비용	13,430,226	(100%)	8,773,651	(100%)	7,188,514	(100%)	7,084,631	(100%)	7,273,702	(100%)

사회적 관점에서 3% 할인율을 적용해 2019-2035년 발생 비용을 항목별로 정리한 내용은 <표39>와 같다. 보건의료체계 관점에서 고려 대안이었던 [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2]는 사회적 관점에서 최소 비용이 소요되는 [대안2.3] 보다 결핵 질병부담인 DALY는 더 높으면서 비용은 더 많이 소요되어 열등 대안으로 전환되었다. 이 때 보건의료체계 관점에서 [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2]는 [대안2.3] 보다 더 적은 비용이 드는 대안이었으나, 사회적 관점에 반영된 생산성 손실비용이 [대안2.3] 보다 각각 2.03배, 1.28배, 1.03배 더 소요되면서(표39) [대안2.3] 대비 총 비용이 각각 1.90배, 1.24배, 1.01배 높게 산출되었다.

[대안2.3]의 총 비용은 [대안2.7]의 97.4% 수준으로 다소 낮으나, 의료기관에서의 진단비용, 치료비용, 환자의 시간 비용, 환자의 교통비용, 생산성 손실비용은 [대안2.3]이 [대안2.7] 보다 높은 것으로 나타났다. 즉, [대안2.7]은 [대안2.3]에서 이동식 검진을 추가로 실시하는 대안으로 이동식 검진을 통한 진단비용, 이동식 검진 차량을 포함한 진단장비 자본비용에서 추가로 발생한 비용을 의료기관에서의 진단비용, 치료비용, 환자의 시간비용, 환자의 교통비용, 생산성 손실 비용을 절감을 통해 상쇄하여 결과적으로 총 비용이 [대안2.3]과 유사한 수준으로 산출되었다고 해석할 수 있다.

그림 30. 기본분석 - 대안별 발견 결핵 환자 수 추이(2019-2035년)

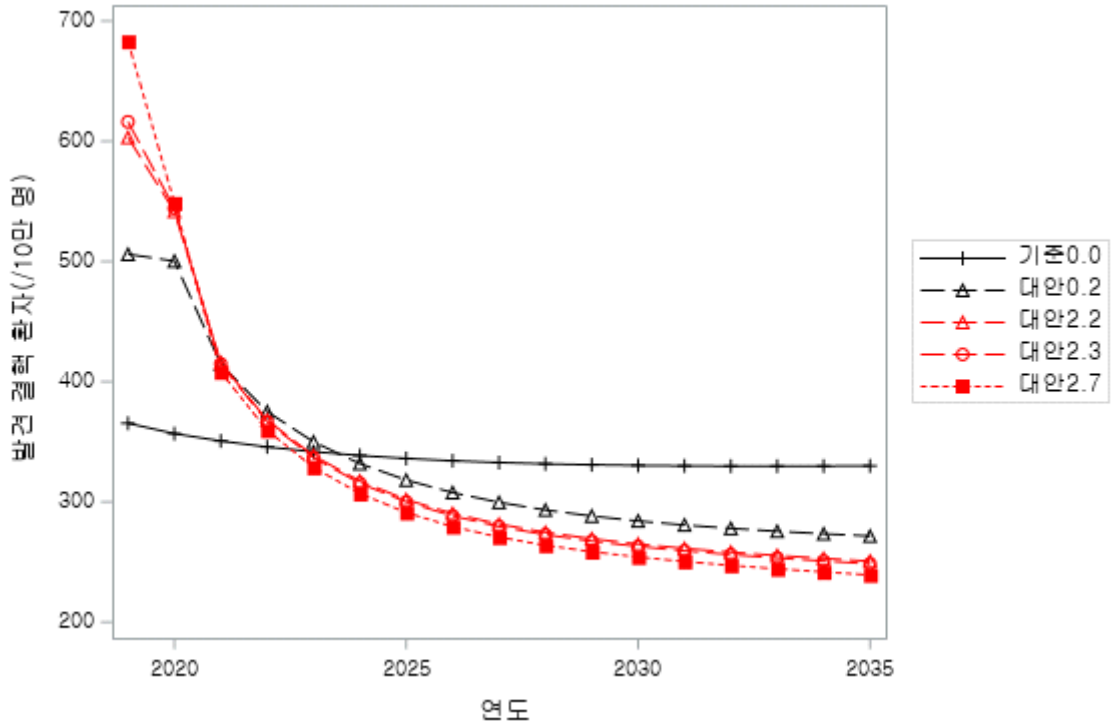


그림 31. 기본분석 - 대안별 결핵 질병부담(DALY) 추이(2019-2035년)

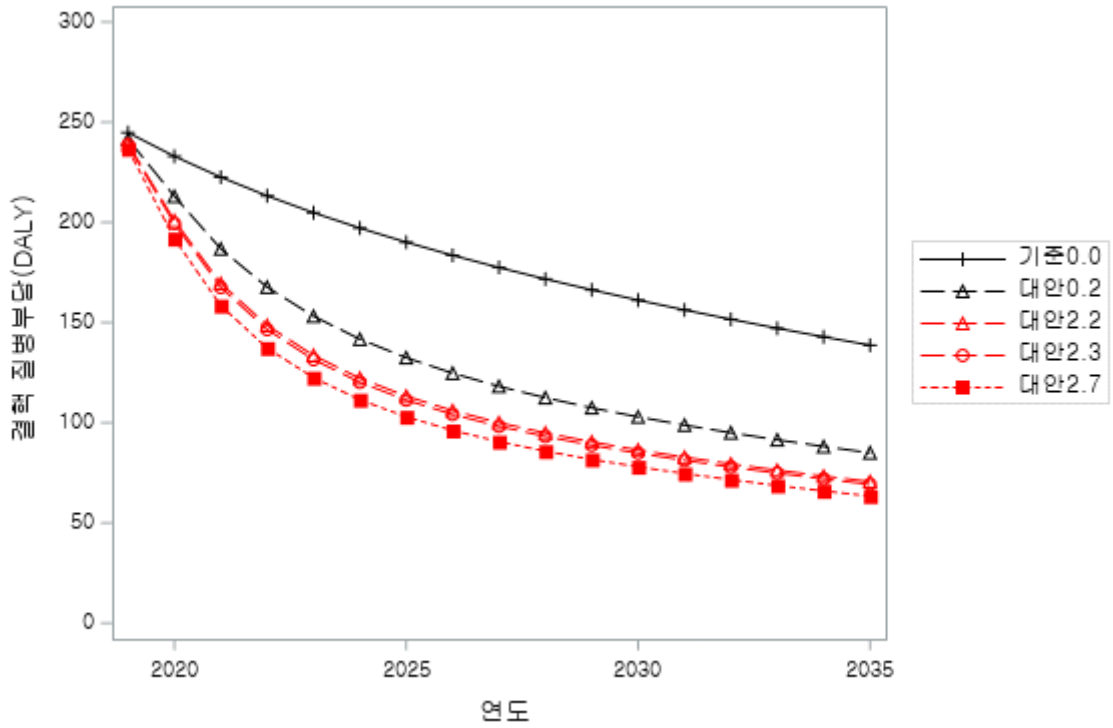


그림 32. 기본분석 - 대안별 결핵 발생률 추이(2019-2035년)

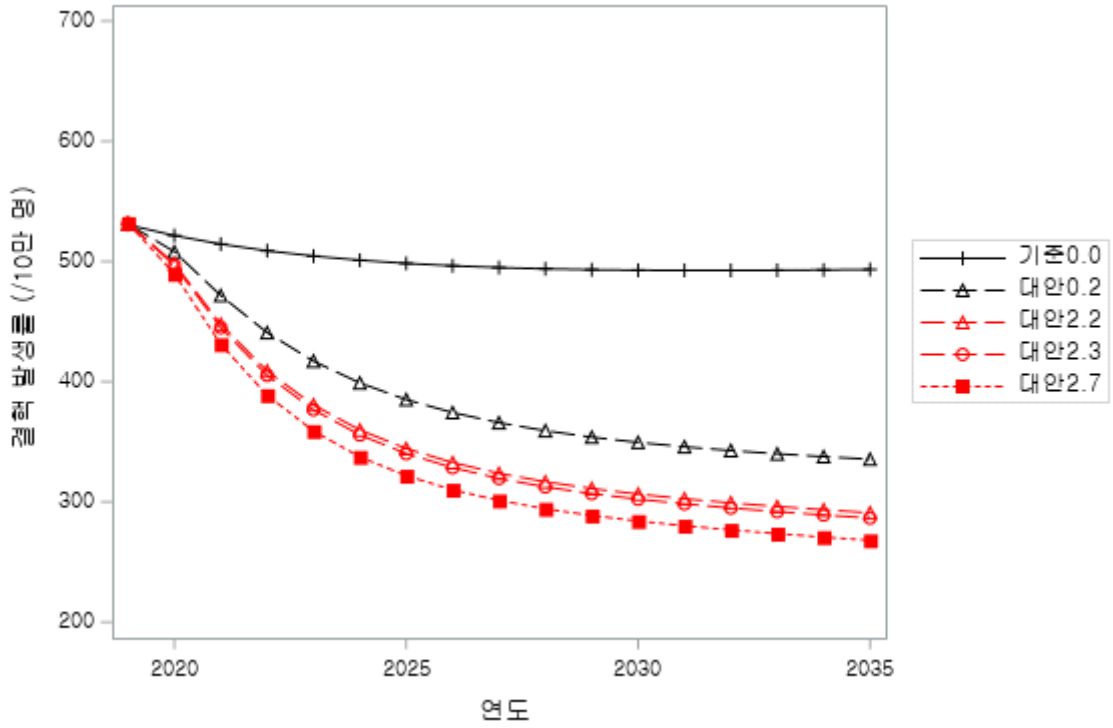


그림 33. 기본분석 - 대안별 결핵 사망률 추이(2019-2035년)

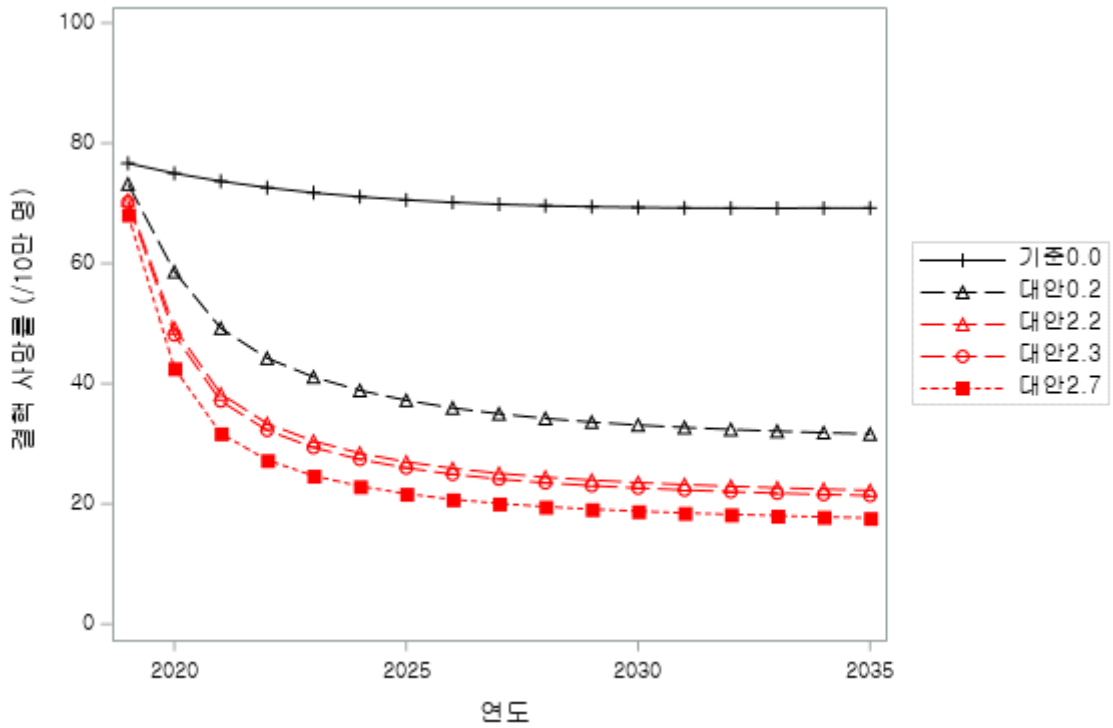


그림 34. 기본분석 - 대안별 비용 추이(2019-2035년) - 보건의료체계 관점

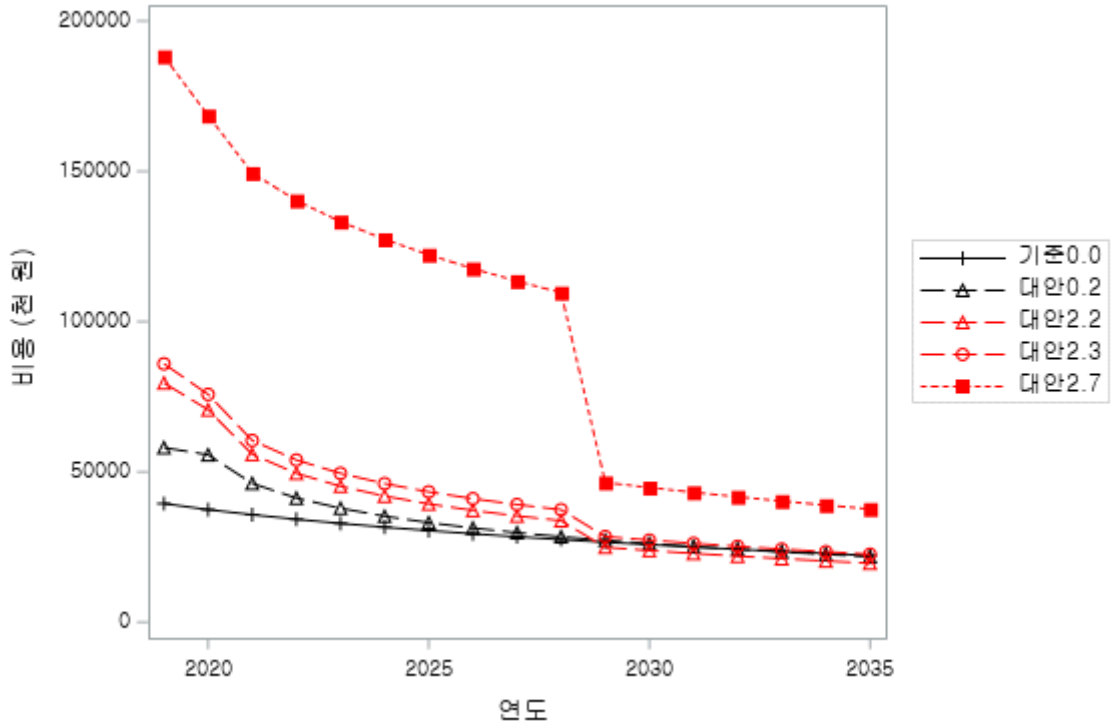


그림 35. 기본분석 - 대안별 비용 추이(2019-2035년) - 사회적 관점

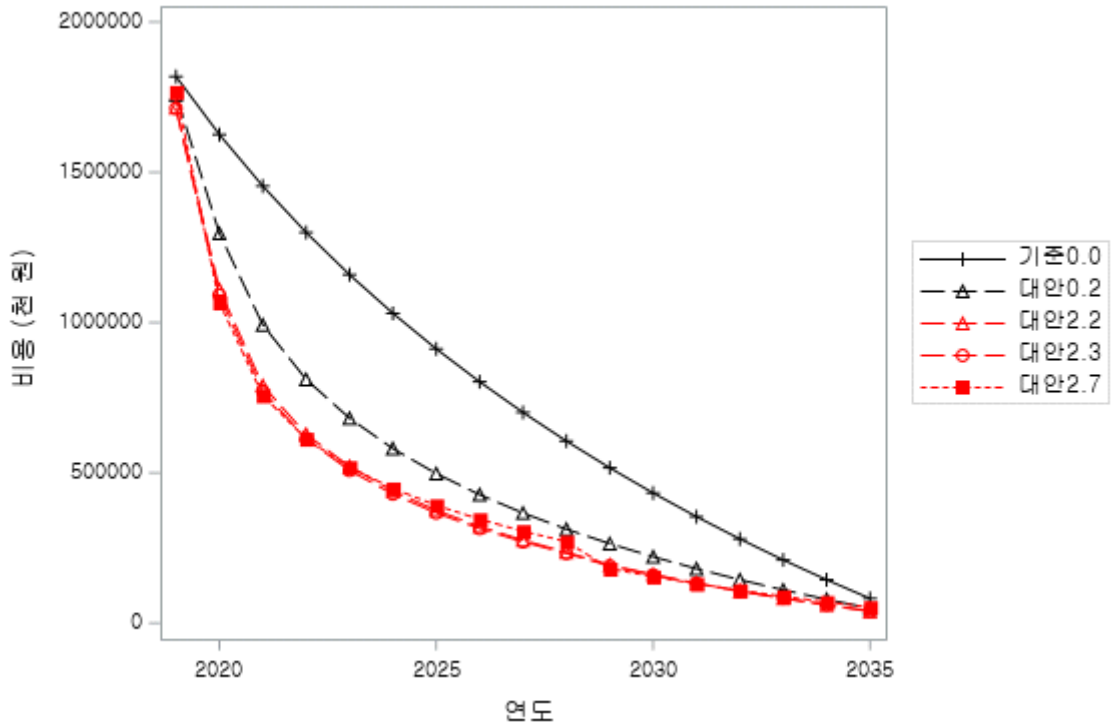
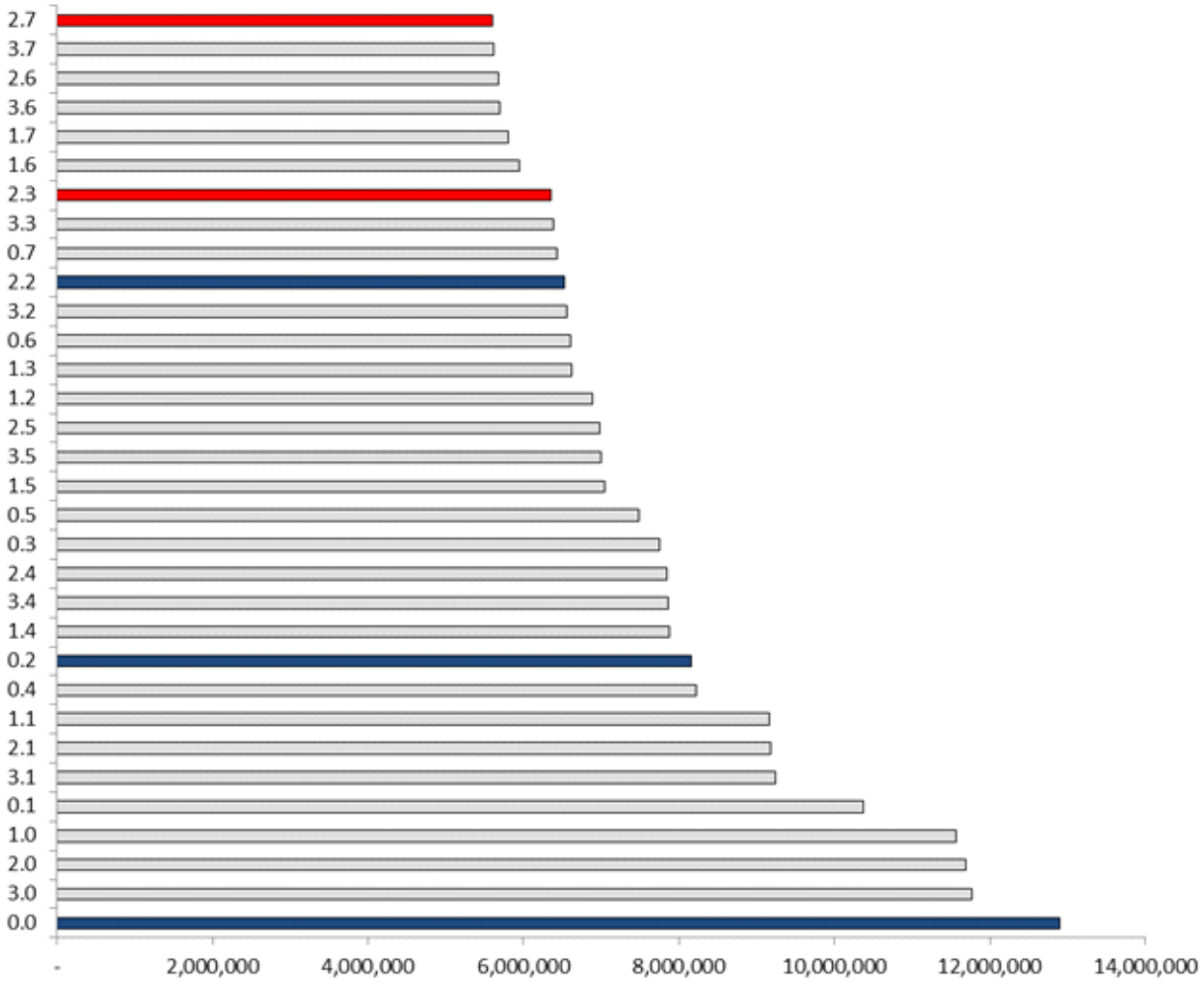


그림 36. 기본분석 - 대안별 생산성 손실비용 비교(2019-2035년)



(2)모수의 민감도 분석

보건의료체계 관점에서 <표34>의 투입모수 범위를 적용해 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 일원 민감도를 분석한 내용은 <표40>과 같다.

표 40. 일원 민감도 분석 - 보건의료체계 관점

항목	투입값 하한		투입값 상한	
	ICER	증감율	ICER	증감율
결핵 감염자 중 유증상자 비율 (하한: 52%; 상한: 62%)	81,760	-(1.8%)	85,383	(2.6%)
호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 40%; 상한: 60%)	95,413	(14.7%)	74,876	-(10.0%)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 80%; 상한: 90%)	83,217	(0.0%)	83,217	(0.0%)
이동식 검진 참여비율 (하한: 80%; 상한 100%)	83,217	(0.0%)	83,217	(0.0%)
신고 및 치료개시 비율 (하한: 80%; 상한: 100%)	81,221	-(2.4%)	83,217	(0.0%)
활동성 결핵 DALY (하한:0.224; 상한: 0.454)	100,789	(21.1%)	69,723	-(16.2%)
이동식 검진 운영비용 (하한: 14,316,000원/년; 상한: 51,676,000원/년)	83,217	(0.0%)	83,217	(0.0%)
분자진단검사 운영비용 (하한: 10,000원/명; 상한: 50,000원/명)	83,217	(0.0%)	83,217	(0.0%)
치료 비용 (하한: 100,000원/명; 상한: 460,000원/명)	83,217	(0.0%)	92,866	(11.6%)
호담당의사 교육비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	51,006	-(38.7%)	115,429	(38.7%)
일반인 대상 홍보비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	83,217	(0.0%)	83,217	(0.0%)
할인율 (하한: 1%; 상한: 5%)	72,422	-(13.0%)	94,842	(14.0%)
대안2.2 (기본분석 ICER: 277,153원/1DALY감소)				
결핵 감염자 중 유증상자 비율 (하한: 52%; 상한: 62%)	256,032	-(7.6%)	298,788	(7.8%)
호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 40%; 상한: 60%)	266,410	-(3.9%)	290,582	(4.8%)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 80%; 상한: 90%)	277,153	(0.0%)	277,153	(0.0%)
이동식 검진 참여비율 (하한: 80%; 상한 100%)	277,153	(0.0%)	277,153	(0.0%)
신고 및 치료개시 비율 (하한: 80%; 상한: 100%)	264,888	-(4.4%)	277,153	(0.0%)
활동성 결핵 DALY (하한:0.224; 상한: 0.454)	338,139	(22.0%)	230,920	-(16.7%)
이동식 검진 운영비용 (하한: 14,316,000원/년; 상한: 51,676,000원/년)	277,153	(0.0%)	277,153	(0.0%)
분자진단검사 운영비용 (하한: 10,000원/명; 상한: 50,000원/명)	277,153	(0.0%)	976,693	(252.4%)

항목	투입값 하한		투입값 상한	
	ICER	증감율	ICER	증감율
치료 비용 (하한: 100,000원/명; 상한: 460,000원/명)	277,153	(0.0%)	221,427	-(20.1%)
호담당의사 교육비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	277,153	(0.0%)	277,153	(0.0%)
일반인 대상 홍보비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	277,153	(0.0%)	277,153	(0.0%)
할인율 (하한: 1%; 상한: 5%)	239,793	-(13.5%)	315,317	(13.8%)
대안2.3 (기본분석 ICER: 2,415,529원/1DALY감소)				
결핵 감염자 중 유증상자 비율 (하한: 52%; 상한: 62%)	2,213,996	-(8.3%)	2,617,740	(8.4%)
호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 40%; 상한: 60%)	1,244,624	-(48.5%)	6,536,795	(170.6%)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 80%; 상한: 90%)	1,591,890	-(34.1%)	5,228,325	(116.4%)
이동식 검진 참여비율 (하한: 80%; 상한 100%)	2,415,529	(0.0%)	2,415,529	(0.0%)
신고 및 치료개시 비율 (하한: 80%; 상한: 100%)	1,957,627	-(19.0%)	2,415,529	(0.0%)
활동성 결핵 DALY (하한:0.224; 상한: 0.454)	2,952,621	(22.2%)	2,009,709	-(16.8%)
이동식 검진 운영비용 (하한: 14,316,000원/년; 상한: 51,676,000원/년)	2,415,529	(0.0%)	2,415,529	(0.0%)
분자진단검사 운영비용 (하한: 10,000원/명; 상한: 50,000원/명)	2,415,529	(0.0%)	2,406,783	-(0.4%)
치료 비용 (하한: 100,000원/명; 상한: 460,000원/명)	2,415,529	(0.0%)	2,343,114	-(3.0%)
호담당의사 교육비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	2,415,529	(0.0%)	2,415,529	(0.0%)
일반인 대상 홍보비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	1,440,397	-(40.4%)	3,390,661	(40.4%)
할인율 (하한: 1%; 상한: 5%)	2,377,246	-(1.6%)	2,457,104	(1.7%)
대안2.7 (기본분석 ICER: 7,799,630원/1DALY감소)				
결핵 감염자 중 유증상자 비율 (하한: 52%; 상한: 62%)	6,308,546	-(19.1%)	9,589,343	(22.9%)
호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 40%; 상한: 60%)	6,448,471	-(17.3%)	9,327,091	(19.6%)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 80%; 상한: 90%)	8,027,226	(2.9%)	7,572,409	-(2.9%)
이동식 검진 참여비율 (하한: 80%; 상한 100%)	9,352,819	(19.9%)	7,799,630	(0.0%)
신고 및 치료개시 비율 (하한: 80%; 상한: 100%)	5,620,440	-(27.9%)	7,799,630	(0.0%)
활동성 결핵 DALY (하한:0.224; 상한: 0.454)	9,542,639	(22.3%)	6,484,757	-(16.9%)
이동식 검진 운영비용 (하한: 14,316,000원/년; 상한: 51,676,000원/년)	7,487,027	-(4.0%)	11,634,346	(49.2%)
분자진단검사 운영비용 (하한: 10,000원/명; 상한: 50,000원/명)	7,799,630	(0.0%)	7,789,901	-(0.1%)

항목	투입값 하한		투입값 상한	
	ICER	증감율	ICER	증감율
치료 비용 (하한: 100,000원/명; 상한: 460,000원/명)	7,799,630	(0.0%)	7,719,078	-(1.0%)
호담당의사 교육비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	7,799,630	(0.0%)	7,799,630	(0.0%)
일반인 대상 홍보비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	7,799,630	(0.0%)	7,799,630	(0.0%)
할인율 (하한: 1%; 상한: 5%)	7,420,563	-(4.9%)	8,174,254	(4.8%)

[대안0.2]는 최소 비용이 소요되는 [기준0.0] 대비 ICER가 산출되며, [기준0.0]에서 추가적으로 호담당의사 교육을 통한 유증상자 발견 정책을 실행하는 대안이므로 호담당의사 교육 시 유증상자가 상급 의료기관에 방문해 진단검사를 받는 비율과 호담당의사 교육 비용 변수에 ICER가 민감하게 변화하는 것으로 나타났다.

[대안2.2]는 [대안0.2] 대비 ICER가 산출되며, [대안0.2]에서 분자진단을 1차검사로 실행하는 것으로 변경되는 대안이므로 분자진단검사 운영비용 변수에 ICER가 민감하게 변화하는 것으로 나타났다.

[대안2.3]은 [대안2.2] 대비 ICER가 산출되며, [대안2.2]에서 일반인 대상 홍보가 추가되는 대안이므로 일반인 대상 홍보 시 유증상자가 스스로 의료기관을 방문하는 비율, 일반인 대상 홍보비용, 호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문비율 변수에 ICER가 민감하게 변화하는 것으로 나타났다. 이 때 일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율에 상한값인 90%를 적용했을 때 ICER가 기본분석 보다 높아지는 것은 의료기관을 스스로 방문하지 않은 유증상자를 호담당의사가 발견하는 것으로 결정수형이 설계되고, 환자 스스로 의료기관을 방문하는 것보다 호담당의사가 환자를 발견해 상급 의료기관에 의뢰하는 기간이 더 짧다는 가정이 적용되었기 때문에 결과적으로 [대안2.3]의 환자발견율이 일반인 대상 홍보 효과가 높아질수록 감소하기 때문으로 해석할 수 있다(그림37).

[대안2.7]은 [대안2.3] 대비 ICER가 산출되며, [대안2.3]에서 이동식 검진이 추가되는 대안이므로 이동식 검진 참여 비율과 이동식 검진 운영비용에 ICER가 민감하게 변화하는 것으로 나타났다.

신고 및 치료개시 비율이 기본값인 100%(상한값)에서 80%(하한값)로 감소할 경우 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 ICER가 감소해 비용-효과성이 증가하는 것으로 나타났다. 그러나 신고 및 치료개시 비율이 감소할 경우 결핵 질병부담인 DALY는 모든 대안에서 기본분석 보다 증가해(표41) ICER 산출결과 해석에 주의할 필요가 있음을 보여주었다.

표 41. 일원 민감도 분석 - 신고 및 치료개시 비율 하한값 적용 - 보건의료체계 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(80%) 적용 - 기본분석 시 투입값(100%)					
0.0	489,334	3,455	-	-	기본분석 시 기준
0.2	569,157	2,472	79,822	983	81,221
2.2	657,736	2,138	88,579	334	264,888
2.3	724,933	2,103	67,197	34	1,957,627
2.7	1,677,173	1,934	952,240	169	5,620,440

유증상자 비율이 하한값인 52%로 감소할 경우, 즉 결핵 무증상자 비율이 증가할 경우 [대안2.7]의 점증적 효과가 기본분석 보다 커지면서 ICER가 다른 대안에 비해 큰 폭으로 낮아지는 것으로 나타났다. 즉, 무증상자 비율이 높아질수록 유증상자와 무증상자를 포함해 이동식 검진을 수행하는 [대안2.7]의 비용-효과성이 다른 대안에 비해 높게 증가하는 것으로 해석할 수 있다. 반면 유증상자 비율이 상한값인 62%로 증가할 경우, 즉 결핵 무증상자 비율이 감소할 경우 [대안2.7]의 점증적 효과가 기본분석 보다 감소하면서 ICER가 다른 대안에 비해 큰 폭으로 높아져 비용-효과성이 낮아지는 것으로 나타나 유증상자 비율에 따라 [대안2.7]의 비용-효과성이 민감하게 변화하는 것을 확인할 수 있다(표42).

표 42. 일원 민감도 분석 - 결핵 유증상자 비율 하한값, 상한값 적용 - 보건의료체계 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(52%) 적용 - 기본분석 시 투입값(57%)					
0.0	494,357	3,243	-	-	기본분석 시 기준
0.2	567,951	2,343	73,594	900	81,760
2.2	644,037	2,046	76,086	297	256,032
2.3	711,224	2,015	67,187	30	2,213,996
2.7	1,663,532	1,864	952,308	151	6,308,546
상한값(62%) 적용 - 기본분석 시 투입값(57%)					
0.0	498,879	2,980	-	-	기본분석 시 기준
0.2	566,279	2,191	67,400	789	85,383
2.2	641,718	1,939	75,440	252	298,788
2.3	708,910	1,913	67,192	26	2,617,740
2.7	1,662,172	1,813	953,262	99	9,589,343

보건의료체계 관점에서 일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문비율과 호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문비율 변수가 동시에 변화하는 이원 민감도 분석을 실시해 기본분석과 비교해 ICER가 얼마나 차이가 나는지 확인한 결과는 <그림37>과 같다.

기본분석에서 적용한 일반인 대상 홍보 시 유증상자 의료기관 방문 비율 85%와 호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율 50%를 각각 90%, 60%로 변경할 경우, 일반인 대상 홍보와 호담당의사 교육을 동시에 수행하는 [대안2.3]이 보건의료체계 관점에서 열등대안으로 변환되었으며(그림37) 이는 [대안2.3]의 환자발견율이 [대안2.2]의 2.051명/년에서 보다 낮은 2.021명/년으로 감소했기 때문으로 해석할 수 있다(표43).

그림 37. 이원 민감도 분석 - 보건의료체계 관점

< 대안2.3 >

환자발견율(명/년)		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	1.768	1.741	1.715
의료기관에 방문하지 않은	50%	1.964	1.916	1.868
유증상 환자발견 비율	60%	2.161	2.091	2.021

< 대안2.3 >

ICER(원/1DALY감소)		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	1,055,548	1,244,624	1,524,003
의료기관에 방문하지 않은	50%	1,591,890	2,415,529	5,228,325
유증상 환자발견 비율	60%	2,433,323	6,536,795	열등대안

< 대안2.7 >

환자발견율(명/년)		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	2.304	2.266	2.228
의료기관에 방문하지 않은	50%	2.484	2.426	2.368
유증상 환자발견 비율	60%	2.663	2.586	2.508

< 대안2.7 >

ICER(원/1DALY감소)		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	6,507,755	6,448,471	6,389,715
의료기관에 방문하지 않은	50%	8,027,226	7,799,630	7,572,409
유증상 환자발견 비율	60%	9,765,985	9,327,091	10,304,435

주. 기본분석 값보다 증가할 경우 음영 표시를 함
주. [대안0.2]와 [대안2.2]는 일반인 대상 홍보는 실시하지 않으므로 이원 민감도 분석에서 제외함

표 43. 이원 민감도 분석 - 홍보, 교육 후 유증상자 방문 비율 90%, 60% 적용 - 보건의료체계 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 90%, 호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율을 60% 로 적용할 경우					
0.0	497,067	3,103	-	-	기본분석 시 기준
0.2	566,131	2,180	69,064	922	74,876
2.2	641,312	1,921	75,181	259	290,582
2.3	709,311	1,930	-	-	열등대안
2.7	1,662,417	1,822	1,021,104	99	10,304,435

주. [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2]는 일반인 대상 홍보를 실시하지 않는 대안이므로 일원 민감도 분석에서 호담당의사 교육 시 유증상자의 방문 비율 상한값 90%를 적용한 것과 비용, 효과, 점증적 비용, 점증적 효과, ICER가 동일하게 산출됨

사회적 관점에서 <표34>의 투입모수 범위를 적용해 [대안2.3]을 기준으로 [대안2.7]의 일원 민감도를 분석한 내용은 <표44>와 같다.

표 44. 일원 민감도 분석 - 사회적 관점

항목	투입값 하한		투입값 상한	
	ICER	증감율	ICER	증감율
	대안2.7 (기본분석 ICER: 1,221,477원/1DALY감소)			
결핵 감염자 중 유증상자 비율 (하한: 52%; 상한: 62%)	103,834	-(93.3%)	3,294,675	(112.9%)
호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 40%; 상한: 60%)	248,383	-(84.0%)	3,028,531	(95.7%)
일반인 대상 홍보 시 유증상자의 의료기관 방문 비율 (하한: 80%; 상한: 90%)	1,760,507	(13.7%)	1,335,755	-(13.7%)
이동식 검진 참여비율 (하한: 80%; 상한 100%)	3,112,661	(101.1%)	1,547,707	(0.0%)
신고 및 치료개시 비율 (하한: 80%; 상한: 100%)	우위대안	-	1,547,707	(0.0%)
활동성 결핵 DALY (하한:0.224; 상한: 0.454)	1,893,578	(22.3%)	1,286,792	-(16.9%)
이동식 검진 운영비용 (하한: 14,316,000원/년; 상한: 51,676,000원/년)	1,235,104	-(20.2%)	5,382,422	(247.8%)
분자진단검사 운영비용 (하한: 10,000원/명; 상한: 50,000원/명)	1,547,707	(0.0%)	1,537,978	-(0.6%)
치료 비용 (하한: 100,000원/명; 상한: 460,000원/명)	1,547,707	(0.0%)	1,467,155	-(5.2%)
호담당의사 교육비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	1,547,707	(0.0%)	1,547,707	(0.0%)
일반인 대상 홍보비용 (하한: 300,000원/년; 상한: 700,000원/년)	1,547,707	(0.0%)	1,547,707	(0.0%)
환자 교통비용 (하한: 0원/명; 상한: 1,000원/명)	1,550,561	(0.2%)	1,542,166	-(0.4%)
환자 시간비용 (하한: 3,000; 상한: 5,000원/명)	1,551,399	(0.2%)	1,542,843	-(0.3%)
할인율 (하한: 1%; 상한: 5%)	1,530,696	-(1.1%)	1,563,172	(1.0%)

[대안2.7]은 최소 비용이 소요되는 [대안2.3] 대비 ICER가 산출되며, [대안2.3]에서 누락된 유증상자와 무증상자를 발견하기 위해 이동식 검진을 추가로 수행하는 대안이므로 이동식 검진 참여 비율과 유증상자 비율, 호담당의사 교육 시 유증상자의 의료기관 방문 비율에 ICER가 민감하게 변화하는 것으로 나타났다.

표 45. 일원 민감도 분석 - 신고 및 치료개시 비율 하한값 적용 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(80%) 적용 - 기본분석 시 투입값(100%)					
2.3	7,980,732	2,103	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,895,419	1,934	-85,313	169	우위대안

신고 및 치료개시 비율이 기본분석 시 적용한 100%에서 하한값인 80%로 감소할 경우 [대안2.7]은 [대안2.3] 보다 질병부담 감소 효과는 더 크면서 비용이 더 적게 소요되는 우위대안으로 변환되었다(표45). 이 때 기본분석 대비 비용과 DALY가 동시에 높아진 <표45>의 결과는 신고 및 치료개시 비율이 감소할 경우 결핵 환자를 적게 발견하면서 질병부담이 상승하고, 결핵으로 인한 조기사망으로 측정한 생산성 손실 비용이 높아지면서 발생한 결과로 해석할 수 있다.

표 46. 일원 민감도 분석 - 결핵 유증상자 비율 하한값, 상한값 적용 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(52%) 적용 - 기본분석 시 투입값(57%)					
2.3	7,426,527	2,015	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,442,201	1,864	15,674	151	103,834
상한값(62%) 적용 - 기본분석 시 투입값(57%)					
2.3	6,794,078	1,913	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,121,596	1,813	327,519	99	3,294,675

결핵 유증상자 비율이 낮아질수록(높아질수록), 즉 무증상자 비율이 높아질수록(낮아질수록) [대안2.7]의 ICER 가 감소(증가)해 비용-효과성이 높아지는(낮아지는) 것으로 나타났으며(표46), 이는 [대안2.7]이 [대안2.3]에서 이동식 검진을 추가로 수행하는 대안이기 때문으로 볼 수 있다.

일반인 대상 결핵관리 홍보 후 유증상자의 의료기관 방문비율이 증가(감소)할수록 [대안2.7]의 ICER는 감소(증가)하는 것으로 나타났으나, 이 때 홍보 후 유증상자의 의료기관 방문비율이 증가(감소)할 경우 [대안2.3]과 [대안2.7]의 비용과 질병부담인 DALY가 모두 증가한다는 점에 유의해 결과를 해석할 필요가 있다(표47). [대안2.3], [대안2.7]과 같이 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 역량이 확대되면서 동시에 일반인 대상 홍보를 통해 환자 스스로 의료기관을 방문하는 비율이 높아질 경우, 환자 스스로 의료기관을 방문하는 것보다 호담당의사가 환자를 발견해 상급 의료기관에 의뢰하는 기간이 더 짧다는 가정이 적용되었기 때문에 일반인 대상 홍보로 유증상자의 의료기관 방문 비율이 높아질(낮아질) 경우 환자 발견율이 낮아지는(높아지는) 결과가 나타나게 된다(그림38).

호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율이 증가(감소)할수록 [대안2.7]의 ICER는 증가(감소)하는 것으로 나타났다. 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율이 증가(감소)할 경우 [대안2.3]과 [대안2.7]의 비용과 질병부담인 DALY가 모두 기본분석 대비 감소(증가)하는 것으로 나타났으나(표48), [대안2.3]의 비용, DALY 감소(증가) 폭이 더 크게 나타났기 때문에 기본분석과 비교해 ICER의 분자인 점증적 비용이 증가(감소)하고, 분모인 점증적 효과가 감소(증가)하면서 [대안2.7]의 ICER가 기본분석보다 높게(낮게) 산출되었다.

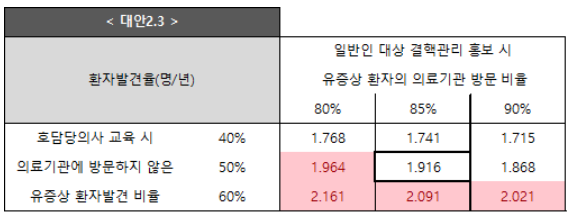
표 47. 일원 민감도 분석 - 일반인 대상 홍보 시 유증상자 의료기관 방문 비율 하한값, 상한값 적용 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(80%) 적용 - 기본분석 시 투입값(85%)					
2.3	6,996,738	1,945	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,205,714	1,827	208,976	119	1,760,507
상한값(90%) 적용 - 기본분석 시 투입값(85%)					
2.3	7,176,705	1,975	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,344,773	1,849	168,068	126	1,335,755

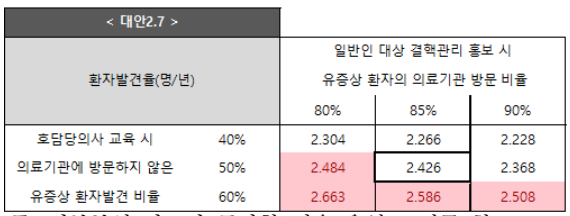
표 48. 일원 민감도 분석 - 호담당의사 교육 시 유증상자 발견 비율 하한값, 상한값 적용 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
하한값(40%) 적용 - 기본분석 시 투입값(50%)					
2.3	7,441,876	2,018	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,478,561	1,870	36,685	148	248,383
상한값(60%) 적용 - 기본분석 시 투입값(50%)					
2.3	6,783,067	1,911	-	-	기본분석 시 기준
2.7	7,092,566	1,809	309,500	102	3,028,531

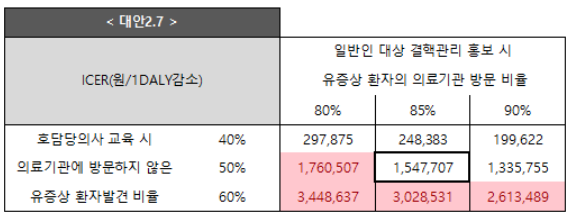
그림 38. 이원 민감도 분석 - 사회적 관점



< 대안2.3 >		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
환자발견율(명/년)		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	1.768	1.741	1.715
의료기관에 방문하지 않은	50%	1.964	1.916	1.868
유증상 환자발견 비율	60%	2.161	2.091	2.021



< 대안2.7 >		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
환자발견율(명/년)		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	2.304	2.266	2.228
의료기관에 방문하지 않은	50%	2.484	2.426	2.368
유증상 환자발견 비율	60%	2.663	2.586	2.508

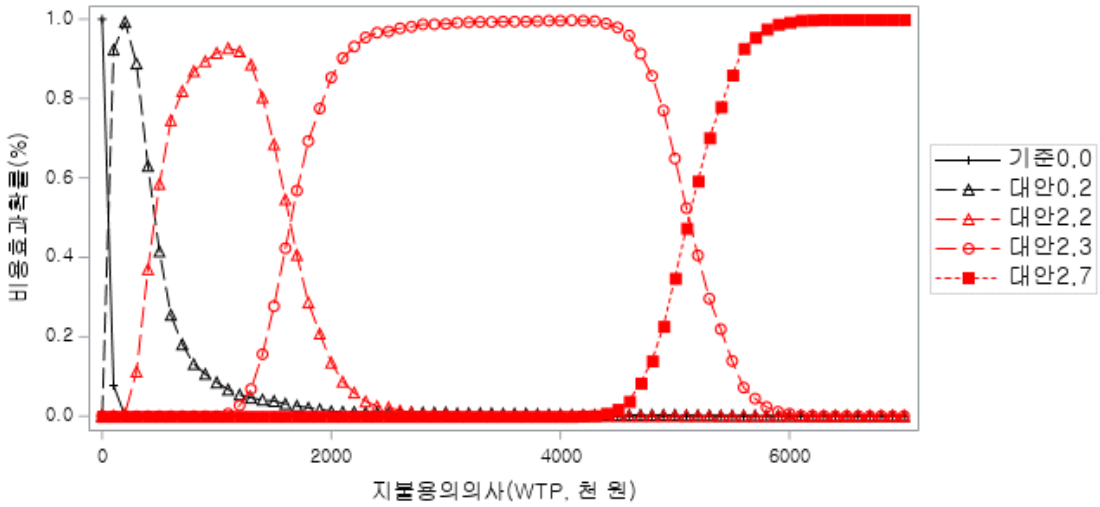


< 대안2.7 >		일반인 대상 결핵관리 홍보 시 유증상 환자의 의료기관 방문 비율		
ICER(원/1DALY감소)		80%	85%	90%
호담당의사 교육 시	40%	297,875	248,383	199,622
의료기관에 방문하지 않은	50%	1,760,507	1,547,707	1,335,755
유증상 환자발견 비율	60%	3,448,637	3,028,531	2,613,489

주. 기본분석 값보다 증가할 경우 음영 표시를 함

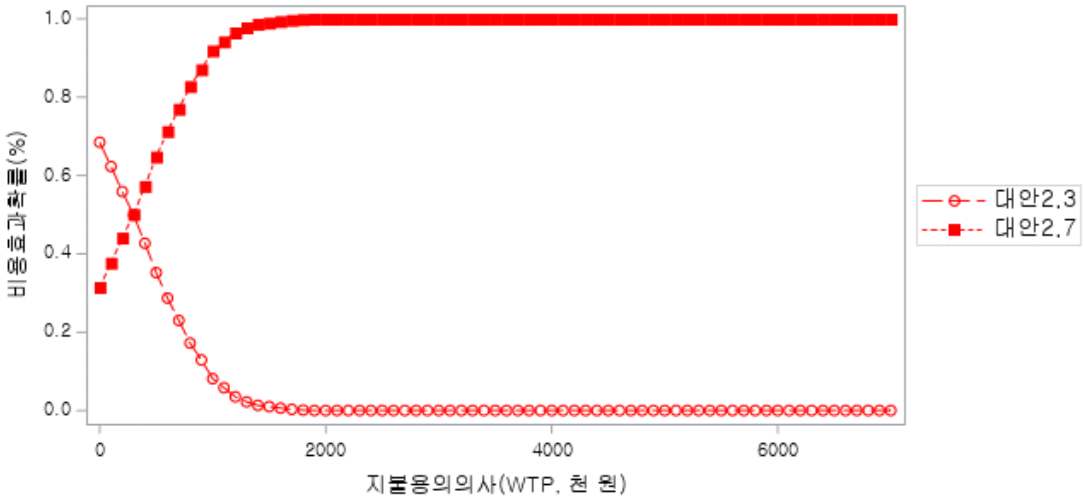
보건의료체계 관점을 적용해 확률적 민감도를 분석한 결과는 <그림39>의 비용-효과 수용 곡선을 통해 확인할 수 있다. 보건의료체계 관점에서 ICER의 역치인 WTP가 각각 100,000원/1DALY감소, 500,000원/1DALY감소, 1,700,000원/1DALY감소, 5,200,000원/1DALY감소인 지점부터 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 가장 비용-효과 확률이 높은 것으로 나타나 기본분석과 유사한 결과를 보여주었다.

그림 39. 확률적 민감도 분석 - 비용-효과 수용 곡성 - 보건의료체계 관점



사회적 관점을 적용해 확률적 민감도를 분석한 결과는 <그림40>의 비용-효과 수용 곡선을 통해 확인할 수 있다. 사회적 관점에서 ICER의 역치인 WTP가 200,000원/1DALY감소인 지점까지 [대안2.3]이 가장 비용-효과 확률이 가장 높으며, 해당 지점 이상으로 WTP가 형성될 경우 [대안2.7]이 가장 비용-효과 확률이 높게 전환돼 기본분석에서 [대안2.7]의 ICER가 1,221,477원/1DALY감소로 나타난 결과의 강건성(robustness)을 보여주었다.

그림 40. 확률적 민감도 분석 - 비용-효과 수용 곡성 - 사회적 관점



(3)구조적 불확실성 분석

①위-양성 환자 진단 및 치료 가능성 반영

위-양성 환자 진단 및 치료 가능성을 보건의료체계 관점과 사회적 관점에서 고려해 구조적 불확실성을 수행한 결과는 각각 <표49>, <표50>과 같다.

보건의료체계 관점을 적용한 기본분석에서 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류된 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3]은 위-양성 환자 진단 및 치료 가능성을 반영할 경우 열등대안으로 변경되는 것으로 나타났다. 반면 기본분석에서 열등대안으로 분류된 [대안3.0], [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7]은 위-양성 환자 발견 가능성을 고려할 경우 의사결정에서 고려해야 할 대안으로 전환되었다.

사회적 관점을 적용한 기본분석에서 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류된 [대안2.3], [대안2.7]은 위-양성 환자 진단 및 치료 가능성을 반영할 경우 열등대안으로 변경되는 것으로 나타났다. 반면 기본분석에서 열등대안으로 분류된 [대안3.3], [대안3.7]은 위-양성 환자 발견 및 치료 가능성을 고려할 경우 의사결정에서 고려해야 할 대안으로 전환되었다.

이는 [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]이 결핵 의심증상이 나타날 경우 환자와 환자가 아닌 사람 모두에게 1차 진단검사로 분자진단을 실시하나, [대안3.0], [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7]은 1차 진단검사로 흉부X선 검사를 실시하여 위-양성 환자를 걸러낸 후 2차검사로 분자진단검사를 실시하기 때문으로 보인다. 즉, 분자진단검사 실시 비용은 환자 1명 당 10,000원/명, 흉부X선 검사는 연간 4,000,000원/년이 투입값이 설정되어 있는 상태에서, [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7]이 [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7] 보다 비용-효과성이 높다는 것은 흉부X선 검사를 통해 분자진단을 실제 받아야 할 진-양성 환자를 선별하는 것이 흉부X선기기 구입에 소요되는 자본비용(97,200,000원)을 상쇄할 만큼의 효과가 있는 것으로 해석할 수 있다.

표 49. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 - 보건의료체계 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
3.0	758,945	2,896	-	-	기준(최소비용)
3.1	845,996	2,445	-	-	약-열등대안
3.2	883,190	1,994	124,245	902	137,743
0.0	953,476	3,103	-	-	열등대안
3.3	955,231	1,966	72,041	28	2,565,102
1.0	1,149,188	2,895	-	-	열등대안
0.1	1,212,633	2,683	-	-	열등대안
1.1	1,421,351	2,466	-	-	열등대안
0.2	1,491,660	2,295	-	-	열등대안
2.0	1,554,868	2,882	-	-	열등대안
0.3	1,638,356	2,224	-	-	열등대안
1.2	1,825,563	2,075	-	-	열등대안
1.3	1,969,986	2,032	-	-	열등대안
2.1	2,076,410	2,435	-	-	열등대안

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
3.4	2,400,018	2,210	-	-	열등대안
3.5	2,484,006	2,067	-	-	열등대안
3.6	2,523,386	1,855	-	-	약-열등대안
3.7	2,595,756	1,841	1,640,525	124	13,204,304
0.4	2,645,413	2,289	-	-	열등대안
1.4	2,822,989	2,230	-	-	열등대안
0.5	2,886,056	2,166	-	-	열등대안
1.5	3,093,606	2,093	-	-	열등대안
2.2	3,155,130	1,987	-	-	열등대안
0.6	3,167,866	2,023	-	-	열등대안
2.4	3,197,016	2,205	-	-	열등대안
0.7	3,316,009	1,994	-	-	열등대안
2.3	3,343,603	1,960	-	-	열등대안
1.6	3,505,556	1,915	-	-	열등대안
1.7	3,651,636	1,894	-	-	열등대안
2.5	3,714,960	2,062	-	-	열등대안
2.6	4,794,767	1,851	-	-	열등대안
2.7	4,983,417	1,837	2,387,661	4	597,702,249

주. 약-열등대안(Extended weak dominance)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 ICER가 높은 경우를 의미함. 열등대안(dominated)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 효과가 낮은 경우를 의미함

표 50. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 - 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
3.3	7,407,053	1,966	-	-	기준(최소비용)
3.2	7,505,685	1,994	-	-	열등대안
3.7	8,368,338	1,841	961,285	124	7,737,220
3.6	8,378,089	1,855	-	-	열등대안
3.5	9,625,593	2,067	-	-	열등대안
3.1	10,126,758	2,445	-	-	열등대안
3.4	10,391,472	2,210	-	-	열등대안
1.2	10,484,978	2,075	-	-	열등대안
1.3	10,489,754	2,032	-	-	열등대안
2.2	10,660,746	1,987	-	-	열등대안
2.3	10,724,492	1,960	-	-	열등대안
1.6	11,313,179	1,915	-	-	열등대안
1.5	11,343,600	2,093	-	-	열등대안
2.5	11,359,906	2,062	-	-	열등대안
1.7	11,388,522	1,894	-	-	열등대안
2.4	11,527,951	2,205	-	-	열등대안
2.6	11,550,896	1,851	-	-	열등대안
1.4	11,577,280	2,230	-	-	열등대안
2.7	11,666,196	1,837	3,297,858	4	825,551,360
1.1	11,721,789	2,466	-	-	열등대안
2.1	11,821,146	2,435	-	-	열등대안
3.0	12,560,402	2,896	-	-	열등대안
1.0	13,527,198	2,895	-	-	열등대안
2.0	13,637,974	2,882	-	-	열등대안
0.0	14,529,332	3,103	-	-	열등대안
0.1	15,079,197	2,683	-	-	열등대안

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
0.2	15,806,709	2,295	-	-	열등대안
0.3	16,080,753	2,224	-	-	열등대안
0.4	16,326,884	2,289	-	-	열등대안
0.5	16,849,353	2,166	-	-	열등대안
0.6	17,585,063	2,023	-	-	열등대안
0.7	17,814,888	1,994	-	-	열등대안

주. 약-열등대안(Extended weak dominance)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 ICER가 높은 경우를 의미함. 열등대안(dominated)이란 해당 대안이 비용이 낮은 다른 대안과 비교해 효과가 낮은 경우를 의미함

보건의료체계 관점에서 위-양성 환자 발견 및 치료 가능성을 고려해 2019-2035년 발생한 비용을 항목별로 구분한 내용은 <표51>, 진-양성자와 위-양성자 관련 비용을 구분해 나타낸 것은 <그림41>과 같다.

보건의료체계 관점에서 [대안2.7]의 진-양성자 관련 비용은 [대안3.7]의 약 0.9배 수준으로 낮았으나, 위-양성자 관련 비용이 [대안3.7]의 약 4.2배 높게 소요되면서, 결과적으로 [대안2.7]의 총 비용은 [대안3.7] 보다 1.8배 높게 산출되었다.

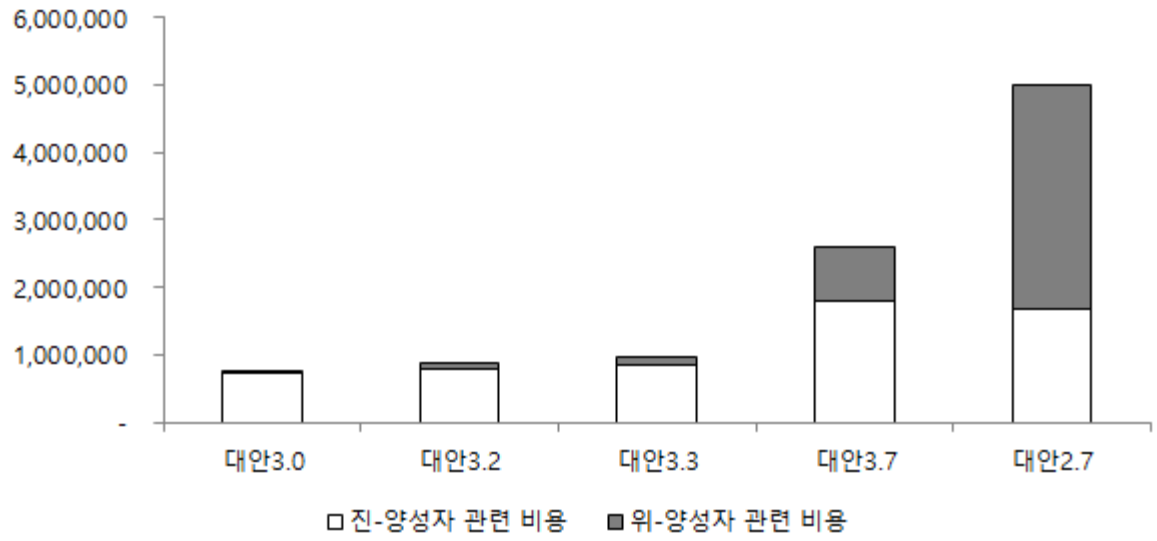
[대안3.7]과 [대안2.7]은 이동식 검진을 추진하고, 호담당의사 대상 교육과 일반인 대상 홍보를 실시한다는 점에서는 동일하나, 의료기관에서의 진단 알고리즘이 [대안3.7]은 흉부X선을 1차검사, 분자진단을 2차검사로 실시하고, [대안2.7]은 분자진단만을 1차검사로 실시한다는 점에서 차이가 있다. 진단 알고리즘 상의 차이로 인해 자본비용 측면에서는 흉부X선기기, 분자진단기기 구매를 가정하는 [대안3.7]은 분자진단기기만 구매하는 [대안2.7] 보다 1.1배 높게 나타났으나, 1차검사에서 흉부X선으로 위-양성자를 걸러낸 상태에서 2차검사로 분자진단을 실시해 위-양성자 대상 진단 비용을 감소시킴으로써 위-양성자 관련 비용을 [대안2.7]의 0.04배 수준으로 크게 낮추었고, 결과적으로 총 비용이 [대안2.7] 보다 낮게 소요되는 대안이 되었다고 할 수 있다.

[대안3.7]의 진-양성자 대상 의료기관에서의 진단비용이 [대안2.7] 보다 약 2.4배 높게 나타난 것은 [대안2.7]에서는 소요되지 않는 흉부X선 검사 운영비용이 추가되었기 때문으로 해석할 수 있다. 진-양성자 대상 의료기관에서의 진단비용이 [대안3.7]은 91,573,880원, [대안2.7]은 37,444,920원으로 [대안3.7]은 [대안2.7] 보다 54,128,960원의 비용이 더 발생된다. 이 때 흉부X선 검사 운영비용이 연간 4,000,000원 발생하는 것으로 가정했으므로, 3%의 할인율을 적용할 경우 2019-2035년 총 54,129,408원의 운영비용이 발생하므로, [대안2.7] 대비 [대안3.7]의 의료기관에서의 진단비용 증가액 54,128,960원은 흉부X선 검사 운영으로 인한 것으로 볼 수 있을 것이다.

표 51. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점, 2019-2035년, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	대안3.0		대안3.2		대안3.3		대안3.7		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_ 의료기관	102,524	(13.5%)	102,023	(11.6%)	101,962	(10.7%)	91,574	(3.5%)	37,445	(0.8%)
진단비용_ 이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	350,924	(13.5%)	350,776	(7.0%)
치료 비용	444,176	(58.5%)	439,565	(49.8%)	439,005	(46.0%)	436,410	(16.8%)	436,106	(8.8%)
진단장비 자본비용	173,262	(22.8%)	173,262	(19.6%)	173,262	(18.1%)	788,290	(30.4%)	702,889	(14.1%)
호담당의사 교육 비용	0	(0.0%)	67,806	(7.7%)	67,806	(7.1%)	67,806	(2.6%)	67,806	(1.4%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	67,806	(7.1%)	67,806	(2.6%)	67,806	(1.4%)
진-양성자 비용 계(①)	719,962	(94.9%)	782,656	(88.6%)	849,841	(89.0%)	1,802,810	(69.5%)	1,662,828	(33.4%)
진단비용_ 의료기관	35,438	(4.7%)	91,395	(10.3%)	95,809	(10.0%)	96,126	(3.7%)	2,395,805	(48.1%)
진단비용_ 이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	634,598	(24.4%)	632,777	(12.7%)
치료 비용	3,544	(0.5%)	9,139	(1.0%)	9,581	(1.0%)	62,223	(2.4%)	292,009	(5.9%)
위-양성자 비용 계(②)	38,982	(5.1%)	100,534	(11.4%)	105,390	(11.0%)	792,947	(30.5%)	3,320,591	(66.6%)
총 비용 (①+②)	758,944	(100%)	883,190	(100%)	955,231	(100%)	2,595,757	(100%)	4,983,419	(100%)

그림 41. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 시 진양성자, 위양성자 관련 비용 - 보건의료체계 관점



사회적 관점에서 위-양성 환자 발견 및 치료 가능성을 고려해 2019-2035년 발생한 비용을 항목별로 구분한 내용은 <표52>, 진-양성자와 위-양성자 관련 비용을 구분해 나타낸 것은 <그림42>와 같다.

사회적 관점은 보건의료체계 관점에서 진-양성자의 시간비용과 교통비용, 결핵으로 인한 사망에 대한 생산성 손실비용, 위-양성자의 시간비용과 교통비용을 추가한 것으로, 이 가운데 생산성 손실비용은 <표52>의 총 비용 가운데 가장 높은 비중을 차지하는 항목으로 나타났으며 [대안2.7], [대안3.7], [대안3.3], [대안3.2], [대안3.0] 순으로 생산성 손실비용이 낮게 산출되었다. 보건의료체계 관점에서 고려 대안이었던 [대안3.0], [대안3.2]는 사회적 관점에서 최소비용이 소요되는 [대안3.3] 보다 결핵 질병부담인 DALY는 더 높으면서 비용은 더 많이 소요되어 열등대안으로 전환되었다. 이 때 보건의료체계 관점에서 [대안3.0]과 [대안3.2]는 [대안3.3] 보다 더 적은 비용이 드는 대안이었으나, 사회적 관점에 반영된 진-양성자의 생산성 손실비용이 [대안3.3] 보다 각각 1.84배, 1.03배 더 소요되면서(표52) [대안3.3] 대비 진-양성자 비용은 각각 1.72배, 1.01배, 총 비용은 각각 1.70배, 1.01배 높게 산출되었다.

사회적 관점을 적용해 환자의 시간비용과 교통비용, 생산성 손실비용을 반영할 경우 [대안2.7]의 진-양성자 관련 비용은 [대안3.7]의 약 0.997배 수준으로 낮았으나, 위-양성자 관련 비용이 [대안3.7]의 약 4.7배 높게 소요되면서, 결과적으로 [대안2.7]의 총 비용은 [대안3.7] 보다 1.4배 높게 나타났다.

[대안2.7]의 생산성 손실비용이 <표52>의 대안 가운데 가장 낮은 것은 [대안3.7]이 99%의 정확도로 흉부X선 검사를 1차로 실시해 진-양성자 가운데 1.00%가 1차로 누락되고, 92%의 정확도로 분자진단검사를 2차로 실시해 7.92%(=99%×(100%-92%))가 추가로 누락돼 총 8.92%의 진-양성자가 누락되는 것에 비해 [대안2.7]은 92%의 정확도로 분자진단검사를 1차로 실시해 진-양성자 가운데 8.00%가 누락돼 진-양성자 대상 환자 발견율이 [대안2.7]은 2.426명/년으로 [대안3.7]의 2.411명/년 보다 높게 적용되기 때문으로 볼 수 있다. 즉, [대안2.7]은 [대안3.7] 보다 진-양성자를 더 발견해 생산성 손실비용을 더 낮추었으나, 위-양성자에 대한 비용이 더 크게 소요되면서 결과적으로 [대안3.7] 보다 총 비용이 더 많이 발생한 대안이라고 할 수 있다.

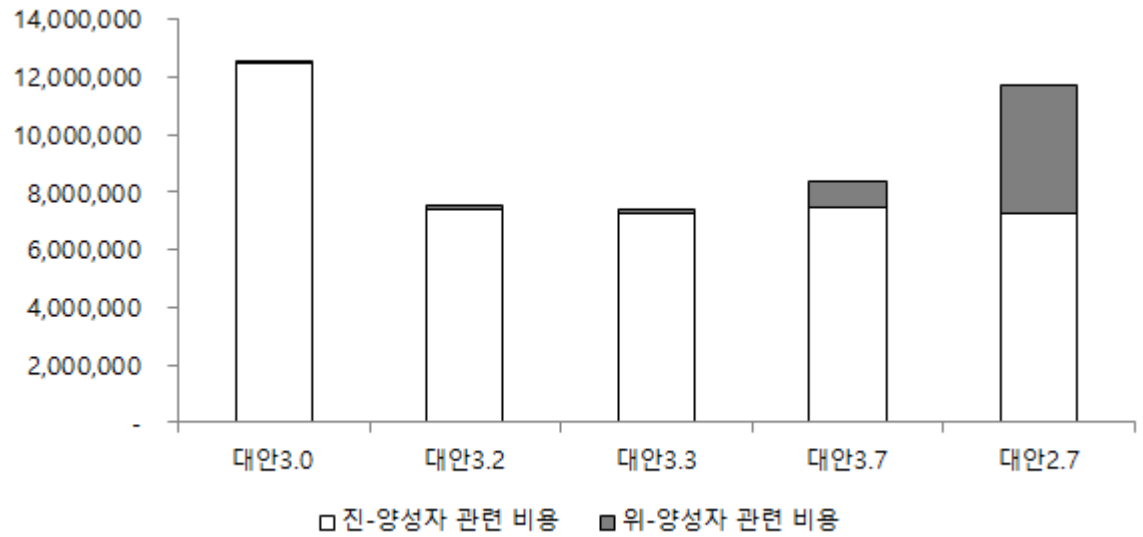
표 52. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 - 비용 세분화 - 사회적 관점, 2019-2035년, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	대안3.0		대안3.2		대안3.3		대안3.7		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_의료기관	102,524	(0.8%)	102,023	(1.4%)	101,962	(1.4%)	91,574	(1.1%)	37,445	(0.3%)
진단비용_이동식검진	-	(0.0%)	-	(0.0%)	-	(0.0%)	350,924	(4.2%)	350,776	(3.0%)
치료비용	444,176	(3.5%)	439,565	(5.9%)	439,005	(5.9%)	436,410	(5.2%)	436,106	(3.7%)
진단장비 자본비용	173,262	(1.4%)	173,262	(2.3%)	173,262	(2.3%)	788,290	(9.4%)	702,889	(6.0%)
호담당의사 교육비용	18,839	(0.1%)	18,643	(0.2%)	18,620	(0.3%)	16,538	(0.2%)	16,408	(0.1%)

항목	대안3.0		대안3.2		대안3.3		대안3.7		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
일반인대상 홍보비용	1,658	(0.0%)	1,641	(0.0%)	1,639	(0.0%)	1,282	(0.0%)	1,273	(0.0%)
환자의 시간비용	-	(0.0%)	67,806	(0.9%)	67,806	(0.9%)	67,806	(0.8%)	67,806	(0.6%)
환자의 교통비용	-	(0.0%)	-	(0.0%)	67,806	(0.9%)	67,806	(0.8%)	67,806	(0.6%)
생산성 손실비용	11,765,915	(93.7%)	6,563,409	(87.4%)	6,390,888	(86.3%)	5,612,826	(67.1%)	5,593,193	(47.8%)
진-양성자 비용 계(①)	12,506,375	(99.6%)	7,366,350	(98.1%)	7,260,987	(98.0%)	7,433,455	(88.8%)	7,273,700	(62.1%)
진단비용_ 의료기관	35,438	(0.3%)	91,395	(1.2%)	95,809	(1.3%)	96,126	(1.1%)	2,395,805	(20.5%)
진단비용_ 이동식검진	-	(0.0%)	-	(0.0%)	-	(0.0%)	634,598	(7.6%)	632,777	(5.4%)
치료 비용	3,544	(0.0%)	9,139	(0.1%)	9,581	(0.1%)	62,223	(0.7%)	292,009	(2.5%)
환자의 시간비용	13,828	(0.1%)	35,662	(0.5%)	37,385	(0.5%)	140,153	(1.7%)	1,027,789	(8.8%)
환자의 교통비용	1,217	(0.0%)	3,139	(0.0%)	3,290	(0.0%)	3,301	(0.0%)	81,457	(0.7%)
위-양성자 비용 계(②)	54,027	(0.4%)	139,336	(1.9%)	146,065	(2.0%)	936,401	(11.2%)	4,429,837	(37.9%)
총 비용 (①+②)	12,560,402	(100%)	7,505,686	(100%)	7,407,053	(100%)	8,369,856	(100%)	11,703,537	(100%)

주. 보건의료체계 관점에서 고려 대안이었던 [대안3.0], [대안3.2]가 사회적 관점에서는 열등대안으로 분류되었으나, 비교를 위해 [대안3.0], [대안3.2]의 비용을 제시함

그림 42. 위양성자 발견 및 치료 가능성 고려 시 진양성자, 위양성자 관련 비용 - 사회적 관점



주. 보건의료체계 관점에서 고려 대안이었던 [대안3.0], [대안3.2]가 사회적 관점에서는 열등대안으로 분류되었으나, 비교를 위해 [대안3.0], [대안3.2]의 비용을 제시함

② 분석기간 확대

분석기간을 장기(2019-2070년)로 설정해 보건의료체계 관점에서 구조적 불확실성을 수행한 결과는 <표53>과 같다. 보건의료체계 관점에서 분석기간이 장기(2019-2070년)로 확대될 경우 [기준0.0]은 최소비용이 소요되는 대안으로 유지되며, [대안0.2]의 ICER(15,653원/1DALY감소)는 기본분석 ICER(83,217원/1DALY감소) 대비 약 19%, [대안2.2]의 ICER(27,213원/1DALY감소)는 기본분석 ICER(277,153원/1DALY감소) 대비 약 10%, [대안2.3]의 ICER(2,173,701원/1DALY감소)는 기본분석 ICER(2,415,529원/1DALY감소) 대비 약 90%, [대안2.7]의 ICER(4,947,587원/1DALY감소)는 기본분석 ICER(7,799,630원/1DALY감소) 대비 약 63% 수준으로 감소해 비용-효과성이 높아지는 것으로 나타났다.

사회적 관점에서 분석기간을 장기(2019-2070년)로 확대될 경우(표55) 기본분석에서 최소비용이 소요된 [대안2.3]이 열등대안으로 전환되었으며, [대안2.7]이 최소비용이 소요되는 기준으로 변경되었다.

표 53. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 보건의료체계관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
0.0	978,266	6,121	-	-	기준(최소비용)
0.2	1,011,953	3,969	33,687	2,152	15,653
2.0	1,025,721	5,524	-	-	열등대안
2.2	1,028,652	3,355	16,699	614	27,213
0.1	1,063,612	4,905	-	-	열등대안
1.0	1,095,790	5,460	-	-	열등대안
2.1	1,099,697	4,383	-	-	열등대안
1.2	1,122,730	3,485	-	-	열등대안
0.3	1,136,671	3,808	-	-	열등대안
2.3	1,158,820	3,295	130,168	60	2,173,701
1.1	1,177,908	4,379	-	-	열등대안
3.0	1,220,542	5,560	-	-	열등대안
3.2	1,222,865	3,368	-	-	열등대안
1.3	1,251,115	3,391	-	-	열등대안
3.1	1,294,432	4,408	-	-	열등대안
3.3	1,352,991	3,308	-	-	열등대안
0.4	2,212,113	3,991	-	-	열등대안
2.4	2,221,698	3,841	-	-	열등대안
0.6	2,289,249	3,384	-	-	열등대안
2.6	2,298,369	3,065	-	-	약-열등대안
0.5	2,319,757	3,703	-	-	열등대안
2.5	2,333,252	3,518	-	-	열등대안
1.4	2,340,984	3,856	-	-	열등대안
1.6	2,409,565	3,154	-	-	열등대안
3.4	2,415,319	3,847	-	-	열등대안
0.7	2,417,531	3,320	-	-	열등대안
2.7	2,430,952	3,038	1,272,131	257	4,947,587
1.5	2,446,148	3,541	-	-	열등대안
3.6	2,492,060	3,071	-	-	열등대안
3.5	2,526,947	3,524	-	-	열등대안

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
1.7	2,539,608	3,110	-	-	열등대안
3.7	2,624,639	3,044	-	-	열등대안

표 54. 분석 기간 확대(2019-2070년) – 사회적 관점

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
2.7	31,108,639	3,038	-	-	기준(최소비용)
3.7	31,414,918	3,044	-	-	열등대안
2.6	31,483,694	3,065	-	-	열등대안
3.6	31,791,369	3,071	-	-	열등대안
1.7	32,585,341	3,110	-	-	열등대안
1.6	33,280,900	3,154	-	-	열등대안
2.3	34,633,467	3,295	-	-	열등대안
3.3	35,060,436	3,308	-	-	열등대안
2.2	35,612,257	3,355	-	-	열등대안
3.2	36,051,372	3,368	-	-	열등대안
0.7	36,372,052	3,320	-	-	열등대안
1.3	36,525,137	3,391	-	-	열등대안
0.6	37,422,765	3,384	-	-	열등대안
1.2	38,126,830	3,485	-	-	열등대안
2.5	39,914,820	3,518	-	-	열등대안
3.5	40,230,118	3,524	-	-	열등대안
1.5	40,469,405	3,541	-	-	열등대안
0.5	43,323,073	3,703	-	-	열등대안
0.3	44,068,358	3,808	-	-	열등대안
2.4	45,721,918	3,841	-	-	열등대안
3.4	46,024,720	3,847	-	-	열등대안
1.4	46,121,328	3,856	-	-	열등대안
0.2	46,881,035	3,969	-	-	열등대안
0.4	48,467,899	3,991	-	-	열등대안
2.1	54,464,827	4,383	-	-	열등대안
1.1	54,488,701	4,379	-	-	열등대안
3.1	55,109,875	4,408	-	-	열등대안
0.1	63,920,302	4,905	-	-	열등대안
1.0	74,011,366	5,460	-	-	열등대안
2.0	75,069,405	5,524	-	-	열등대안
3.0	75,925,921	5,560	-	-	열등대안
0.0	85,998,147	6,121	-	-	열등대안

보건의료체계 관점에서 2019-2070년 발생한 비용을 항목별로 구분한 내용은 <표54>와 같다. [기준0.0]은 최소 비용이 소요되는 대안이었으나 의료기관에서의 진단비용, 치료비용은 고려 대안 중 가장 높은 것으로 나타났다. 반면 최대 비용이 소요되는 [대안2.7]은 의료기관에서의 진단비용, 치료비용이 고려 대안 가운데 가장 낮게 나타났다.

표 55. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 비용 세분화 - 보건의료체계 관점, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

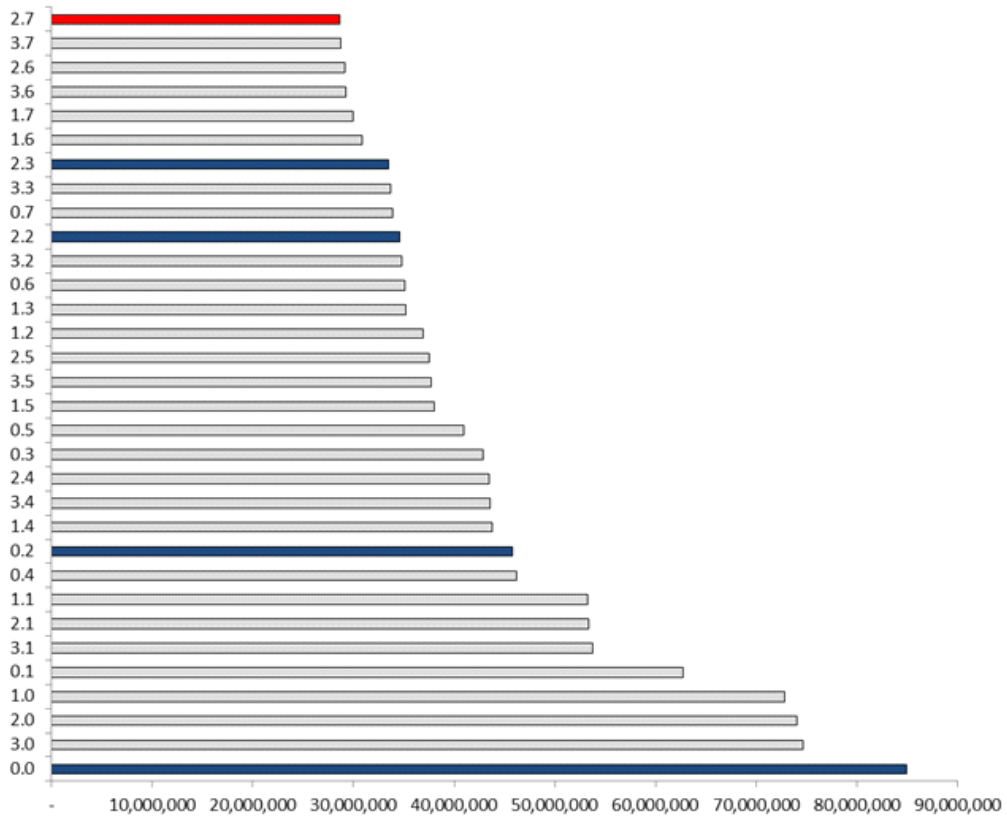
항목	기준0.0		대안0.2		대안2.2		대안2.3		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_의료기관	110,660	(11.3%)	110,329	(10.9%)	79,023	(7.7%)	78,573	(6.8%)	60,500	(2.5%)
진단비용_이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	693,427	(28.5%)
치료비용	867,605	(88.7%)	766,868	(75.8%)	727,012	(70.7%)	722,874	(62.4%)	704,623	(29.0%)
진단장비 자본비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	87,861	(8.5%)	87,861	(7.6%)	702,889	(28.9%)
호담당의사 교육비용	0	(0.0%)	134,756	(13.3%)	134,756	(13.1%)	134,756	(11.6%)	134,756	(5.5%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	134,756	(11.6%)	134,756	(5.5%)
총 비용	978,265	(100%)	1,011,953	(100%)	1,028,652	(100%)	1,158,820	(100%)	2,430,951	(100%)

사회적 관점에서 2019-2070년 발생한 비용을 항목별로 구분한 내용은 <표56>과 같다. 이 때 [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3]은 사회적 관점에서 열등대안으로 분류되었으나, [대안2.7]과의 비교를 위해 <표56>에 [대안2.7]과 함께 제시했다. 사회적 관점은 결핵으로 인한 사망으로 인한 생산성 손실비용을 반영하며, <표56>에 제시된 대안들에서 생산성 손실비용은 90% 이상의 높은 비중을 차지하는 것으로 나타났다. 생산성 손실비용의 높은 비중으로 인해 결과적으로 2019-2070년 발생한 생산성 손실비용 금액이 모든 대안 가운데 가장 낮은 [대안2.7](그림41)이 보건의료체계 관점에서는 최대 비용 대안이었으나, 사회적 관점에서는 최소 비용이 소요되는 대안으로 전환되는 것으로 나타났다.

표 56. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 비용 세분화 - 사회적 관점, 3% 할인율 적용(단위: 천 원)

항목	기준0.0		대안0.2		대안2.2		대안2.3		대안2.7	
	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율	금액	비율
진단비용_의료기관	110,660	(0.1%)	110,329	(0.2%)	79,023	(0.2%)	78,573	(0.2%)	60,500	(0.2%)
진단비용_이동식검진	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	693,427	(2.2%)
치료비용	867,605	(1.0%)	766,868	(1.6%)	727,012	(2.0%)	722,874	(2.1%)	704,623	(2.3%)
진단장비 자본비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	87,861	(0.2%)	87,861	(0.3%)	702,889	(2.3%)
호담당의사 교육비용	0	(0.0%)	134,756	(0.3%)	134,756	(0.4%)	134,756	(0.4%)	134,756	(0.4%)
일반인대상 홍보비용	0	(0.0%)	0	(0.0%)	0	(0.0%)	134,756	(0.4%)	134,756	(0.4%)
환자의 시간비용	73,539	(0.1%)	65,001	(0.1%)	30,527	(0.1%)	30,353	(0.1%)	26,510	(0.1%)
환자의 교통비용	6,473	(0.0%)	5,721	(0.0%)	2,687	(0.0%)	2,671	(0.0%)	2,057	(0.0%)
생산성 손실비용	84,939,869	(98.8%)	45,798,360	(97.7%)	34,550,392	(97.0%)	33,441,622	(96.6%)	28,649,120	(92.1%)
총 비용	85,998,146	(100%)	46,881,035	(100%)	35,612,258	(100%)	34,633,466	(100%)	31,108,638	(100%)

그림 43. 분석 기간 확대(2019-2070년) - 생산성 손실비용 비교



4. 고찰

표 57. 비용-효과분석 결과 요약

기준, 대안	비용 (천 원)	효과 (DALY)	점증적 비용 (천 원)	점증적 효과 (DALY 감소)	ICER (원/1DALY 감소)
기본분석 - 보건의료체계 관점					
0.0	497,067	3,103	-	-	기준(최소비용)
0.2	567,136	2,261	70,070	842	83,217
2.2	642,826	1,987	75,690	273	277,153
2.3	710,012	1,960	67,185	28	2,415,529
2.7	1,662,826	1,837	952,815	122	7,799,630
기본분석 - 사회적 관점					
2.3	7,084,630	1,960	-	-	기준(최소비용)
2.7	7,273,700	1,837	189,070	122	1,547,707
위-양성 환자 발견 및 치료 가능성 고려 - 보건의료체계 관점					
3.0	758,945	2,896	-	-	기준(최소비용)
3.2	883,190	1,994	124,245	902	137,743
3.3	955,231	1,966	72,041	28	2,565,102
3.7	2,595,756	1,841	1,640,525	124	13,204,304
2.7	4,983,417	1,837	2,387,661	4	597,702,249
위-양성 환자 발견 및 치료 가능성 고려 - 사회적 관점					
3.3	7,407,053	1,966	-	-	기준(최소비용)
3.7	8,368,338	1,841	961,285	124	7,737,220
2.7	11,666,196	1,837	3,297,858	4	825,551,360

보건의료체계 관점에서 비교 대안별 비용-효과성을 분석한 결과 ①기존 진단기기를 유지하는 [기준0.0]이 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되었으며, ②기존 진단기기를 유지하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안0.2](보건의료체계 관점 ICER: 83,217원/1DALY감소), ③분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안2.2](보건의료체계 관점 ICER: 277,153원/1DALY 감소), ④[대안2.2]에 일반인 대상 결핵관리 홍보를 추가로 수행해 유증상자의 의료기관 방문 비율을 높이는 [대안2.3](보건의료체계 관점 ICER: 2,415,529원/1DALY 감소), ⑤[대안2.3]에 이동식 검진을 추가로 수행하는 [대안2.7](보건의료체계 관점 ICER: 7,799,630원/1DALY 감소)이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류되었다.

[대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7]의 ICER는 각각 83,217원/1DALY감소, 277,153원/1DALY감소, 2,415,529원/1DALY감소, 7,799,630원/1DALY감소로 산출돼 지불용의의사인 WTP에 따라 비용-효과적인 대안이라는 판단을 내릴 수 있을 것이다. 만약 WTP가 [대안2.7]의 ICER 보다 높은 700만원 수준이라면 [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7] 가운데 의사결정을 내릴 수 있으며, 만약 WTP가 [대안2.2]의 ICER 보다 낮은 10만원 수준이라면 비용-효과성을 기준으로 할 경우 [기준0.0], [대안0.2] 가운데 선택할 수 있을 것이다. 확률적 민감도 분석 결과에 의하면(그림39) WTP가 높아질수록 [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7] 순서로 가장 비용-효과적일 확률이 높아지는 것으로 나타났다.

사회적 관점에서 비교 대안별 비용-효과성을 분석한 결과 ①분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육과 일반인 대상 결핵관리 홍보를 통해 유증상자의 의료기관 방문 비율을 높이는 [대안2.3]이 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되었으며, ②[대안2.3]에 이동식 검진을 추가로 수행하는 [대안2.7](사회적 관점 ICER: 1,547,707원/1DALY 감소)이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류되었다. 확률적 민감도 분석 결과에 의하면(그림40) WTP가 높아질수록 [대안2.3], [대안2.7] 순서로 가장 비용-효과적일 확률이 높아지는 것으로 나타났다.

보건의료체계 관점에서 위-양성 환자 발견 및 치료 가능성을 고려한 구조적 불확실성 분석을 수행할 경우 [기준0.0]과 [대안0.2]는 열등대안으로 전환되고, [대안3.0]이 가장 최소비용이 드는 기준으로 설정되었으며, [대안2.2] 대신 [대안3.2](보건의료체계 관점 ICER: 137,743원/1DALY 감소), [대안2.3] 대신 [대안3.3](보건의료체계 관점 ICER: 2,565,102원/1DALY 감소), [대안3.7](보건의료체계 관점 ICER: 13,204,304원/1DALY 감소), [대안2.7](보건의료체계 관점 ICER: 597,702,249원/1DALY 감소)이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 설정되었다.

사회적 관점에서 위-양성 환자 발견 및 치료 가능성을 고려한 구조적 불확실성 분석을 수행할 경우 [대안3.3]이 가장 최소비용이 소요되는 기준으로 설정되고, [대안3.7](사회적 관점 ICER: 7,737,220원/1DALY 감소)과 [대안2.7](사회적 관점 ICER: 825,551,360원/1DALY 감소)이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류되었다.

[대안2]는 2주 이상 기침 등 결핵 의심증상이 있어 의료기관을 방문한 사람 모두에게 분자진단을 1차검사로 수행하나, [대안3]은 흉부X선을 1차 진단검사로 수행하고 1차검사 결과 양성자를 대상으로 분자진단을 2차검사로 수행하는 순서로 진단 알고리즘이 구성된다. 즉, 1차검사에서 흉부X선을 통해 위-양성자를 걸러낸 후 분자진단을 2차검사로 실시하므로 결과적으로 진단, 치료 비용을 [대안2] 보다 감소시켜 비용-효과성이 높게 전환되었다고 할 수 있다. 따라서 만약 위-양성 환자 발견 가능성을 낮게 판단한다면 보건의료체계 관점에서는 [기준0.0], [대안0.2] [대안2.2], [대안2.3], [대안2.7], 사회적 관점에서는 [대안2.3], [대안2.7]를 고려할 수 있으며, 위-양성 환자 발견 가능성을 높게 판단한다면 보건의료체계 관점에서는 [대안3.0], [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7], 사회적 관점에서는 [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7]를 비용-효과성 측면에서 선택할 수 있을 것이다.

분자진단 관련 비용-효과성 연구를 대상으로 체계적 문헌고찰을 실시한 Hao et al.(2020)은 각 연구의 분자진단 도입 시 산출된 ICER가 연구 대상 국가의 1인당 GDP로 설정된 WTP 역치 보다 낮아 분자진단 도입이 비용-효과적이라고 할 수 있으나, 연구간 비용 산출, 효과 지표, 관점 등의 이질성으로 인해 메타분석을 통해 단일한 ICER를 제시하기는 어려우며 비용-효과성 외에도 각 국가의 경제적 상황과 보건의료체계 등의 특징을 고려해 분자진단 도입 여부를 결정할 것을 권고하였다. Hao et al.(2020)이 선정한 21개 문헌 가운데 DALY를 효과 지표로 설정하고, 객담도말 검사를 기준 방안으로 설정해 ICER를 산출한 7개 문헌의 개요를 정리한 내용은 <표58>과 같다.

표 58. 분자진단 검사 도입에 대한 체계적 문헌고찰 연구 결과

저자	지역	관점	ICER (US달러/1DALY감소)	WTP 역치[1] (US달러)
Vassall et al.(2011)	인도 남아공 우간다	보건의료체계	인도: 68[2] 남아공: 138[2] 우간다: 41[2]	1,134 5,786 490
Menzies et al.(2012)	남아공	보건의료체계	분석기간 10년: 959 분석기간 20년: 784	6,850
Langley et al.(2014)	탄자니아	보건의료체계	169	559
Zwerling et al.(2015)	말라위	보험자	298	360
Wikman-Jorgensen et al.(2017)	모잠비크	보험자	122[2]	590
Vassall et al.(2017)	남아공	사회적	172	-
Adelmann et al.(2018)	에티오피아	-	-	505

자료원: Hao et al.(2020)
주1. WTP 역치를 해당 지연의 1인당 GDP로 표기함
주2. 객담도말에 분자진단을 추가하는 대안, 분자진단으로 대체하는 대안 중 대체하는 대안의 ICER를 표기함

북한 결핵 또는 범위를 넓혀 북한 보건의료 관련 WTP 역치를 어떻게 설정한 것인가에 대해서는 심도 있는 논의가 부족한 상태이다. 북한 신생아 대상 B형간염 예방을 위한 백신접종을 주제로 비용-효과분석을 수행한 Lee et al.(2016)의 연구에서는 북한 1인당 GDP의 3배로 WTP 역치를 설정했으나, Lee et al.(2016)을 제외하면 북한 보건의료 주제의 비용-효과분석 연구 자체가 부재한 상태이며 1인당 GDP의 3배라는 기준은 여러 한계점들이 지적되고 있기 때문에[58] 본 연구에서 산출한 ICER 가운데 어디까지 선을 그어 비용-효과적이라고 판단할 것인가에 대한 문제는 신중히 접근할 필요가 있을 것으로 보인다. 만약 1인당 GDP의 3배라는 기준을 적용한다면 2019년 북한의 1인당 GNI가 1,408,000원이므로(한국은행, 2019) WTP 역치를 4,224,000원/1DAL감소로 설정할 수 있을 것이며, 보건의료체계 관점에서는 WTP 역치 보다 낮은 [기준0.0], [대안0.2], [대안2.2], [대안2.3]을, 사회적 관점에서는 [대안2.3]과 [대안2.7]을 비용-효과적이라고 할 수 있을 것이다.

WTP 역치의 의미는 수요 측면과 공급 측면으로 구분할 수 있다. 먼저 수요 측면에서 WTP 역치는 사회가 건강증진에 부여하는 화폐적 가치로서의 의미를 가지며, 한 단위의 건강증진을 위해 얼마만큼 지불할 의사가 있는지 설문조사를 통해 또는 통계적 생명가치(value of a statistical life, VSL) 정보로부터의 추론을 통해 산출할 수 있다(Vallejo-Torres et al., 2016, p.559; 배은영, 2018, pp.88-89). 반면 공급 측면에서는 어떤 대안을 새롭게 도입하면서 기존 대안을 포기하게 되어 잃게 되는 건강상의 손실, 즉 기회비용이자 1QALY(질보정생존년수) 획득을 위한 한계비용으로 WTP 역치를

58)DALY를 효과 지표로 설정해 2000-2015년 중-저소득국가 대상 비용-효과분석을 수행한 문헌을 대상으로 WTP 역치를 고찰한 Leech et al.(2018, p.760)에 의하면 선정된 381개 문헌 중 66%를 차지하는 250개 연구에서 WTP 역치로 1인당 GDP의 1-3배를 설정한 것으로 조사되었음. 그러나 1인당 GDP를 기준으로 WTP 역치를 설정하는 것은 해당 국가의 보건의료 부문 지불용의가 소득과 연관될 수는 있으나 선형적으로 비례한다는 검증되지 않은 가정에 기반하고 있으며(Marseille et al., 2015, p.119), 대안의 가용성, 예산 영향, 실행 가능성을 반영하지 못해 ICER가 1인당 GDP의 3배 보다 낮더라도 해당 질병에 대한 예산액을 초과하는 사례가 나타날 수 있음(Bertam et al., 2016, p.926). 1인당 GDP 기준에 대한 논란이 계속되자 WHO는 2015년 비용-효과성으로 개별 국가의 급여 여부를 판단할 경우 1인당 GDP의 3배를 기준으로 고려해서는 안된다는 것으로 입장을 재정리하였음(배은영, 2018, p.97).

해석하며, 보건의료 지출이 건강에 미치는 영향을 추정해 WTP 역치를 산출하게 된다(Vallejo-Torres et al., 2016, p.564; 배은영, 2018, pp.90-91).

수요 측면에서 WTP 역치를 산출할 경우, 북한의 보건의료 예산액을 전체 주민수로 나누어[59] 결핵관리 지불용의의 대체지표로 설정하거나 또는 북한 또는 남한 사회 구성원들이 북한 주민의 결핵 이환과 사망으로 인한 질병부담을 낮추기 위해 얼마만큼 지불할 용의가 있는지 설문조사를 향후 시행하는 것을 고려할 수 있을 것이다. 전우택(2018, pp.17-18)은 한반도 건강공동체 형성에 있어 비용 문제는 피할 수 없는 현실이며, 오히려 이것을 인정하고 소요되는 재정에 대하여 남한과 북한 주민들이 함께 받아들일 수 있는 대안을 제시하고 국제적 지원과 어떻게 연계시킬 것인가에 대한 검토가 필요함을 언급한 바 있다.

공급 측면에서는 결핵 관리 지출 또는 예산과 해당 기간 결핵 질병부담 결과를 연결해 한계비용을 구하여 WTP 역치를 산출하는 방안을 생각해볼 수 있을 것이다. 그러나 해당 방법을 통해 산출한 한계비용은 지출액과 DALY간 관계에 내생성(endogeneity) 문제가 존재할 수 있음에 유의해야 한다. 보건의료 지출액과 건강결과간 내생성 문제를 해결하기 위해서는 도구변수나 시계열 분석 등의 계량경제 분석방법이 요구된다는 점에서(Vallejo-Torres et al., 2015, p.564) 향후 계량분석이 가능한 수준으로 데이터가 축적, 확보될 경우 관련 연구를 수행할 수 있을 것으로 기대할 수 있다.

본 연구의 의의는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 결핵관리 케스케이드 모형과 실재론적 평가의 프로그램 이론을 바탕으로 검진전략의 비교 대안을 설정했다. 의료기관에 방문한 결핵 감염자가 결핵으로 진단 받기 위해(프로그램 이론⑥) 기존 진단기기를 신규로 교체하거나 새로운 분자진단기기 또는 흉부X선기기를 도입하는 대안을 고려했으며, 유증상자의 의료기관 방문을 촉진하기 위해(프로그램 이론③,④,⑤) 일반인 대상 결핵관리 홍보 또는 호담당의사 대상 교육을 실시하는 대안을 반영했으며, 의료접근성이 제한된 유증상자 또는 무증상자 발견을 목표로(프로그램 이론①,②) 이동식 검진을 수행하는 것을 대안으로 설정해 각각의 비용과 효과를 산출했다.

둘째, 결정수형의 확률 마디(chance node)를 프로그램 이론에서 설정한 결핵 환자 누락 기제에 따라 (i)의료접근성 제한 가능성, (ii)의료기관 방문 또는 이동식검진 참여 확률, (iii)의료기관 또는 이동식 검진 시 결핵으로 진단 받을 확률, (iv)결핵 확진 후 신고 및 치료를 개시할 확률로 세분화해 설계하고, 결핵 진단 지연을 주제로 한 체계적 문헌고찰 연구를 참고해 환자발견 기간을 가정하여 비교 대안별 환자발견율을 산출했다.

셋째, 본 연구는 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)를 바탕으로 유증상자 비율, 유증상자의 의료기관 방문비율, 진단검사 정확도 등의 모수 투입값을 설정해 비교 대안별 환자발견율을 산출했다.

본 연구의 한계는 다음과 같다. 첫째, 가용자료의 한계로 인해 일반인 대상 결핵관리 홍보,

59)북한의 2016-2020 보건의료중장기계획에 의하면 2014년 기준 GDP 대비 6.4%를 보건의료 부문에 지출했음(MoPH, 2017a, p.47). 2014년 북한의 인구가 24,662천 명(통계청, 2015, p.53), 명목GDP가 33,949십억 원(통계청, 2015, p.101)이므로 인구1인당 88,101원(=(33,949십억 원 × 6.4%)/24,662천 명)의 보건의료비가 지출되었다고 산출할 수 있음

호담당의사 대상 교육 실시에 따른 환자발견 비율 등 투입값에 북한 실증자료에 기반하지 않은 모수 가정치를 적용했다. 일원 민감도 분석, 이원 민감도 분석을 통해 모수 투입값 변화에 따른 분석 결과의 변화를 확인했으나, 모수의 불확실성이 높다는 것에 유의하여 본 연구결과 해석에 주의를 기울일 필요가 있다.

둘째, 본 연구는 신규 진단기기 도입, 이동식 검진 실행 등을 비교 대안으로 설정했으나 현실적으로 대북제재로 인해 해당 대안이 즉각적으로 실행되기 어려운 상황이라는 점을 감안할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 진단, 치료비용 등 보건의료와 관련한 비용은 고려하였으나, 안정적인 전력 공급을 위한 기반시설 확충 등 진단검사가 적절하게 실행되기 위한 조건을 조성하기 위해 투입해야 하는 비용은 반영하지 않았다. 따라서 본 연구의 결과는 대안이 실행될 수 있는 환경이 조성된 상태라는 가정하에 비용-효과성을 분석한 것임을 유의하여 결과를 해석할 필요가 있다.

Ⅵ. 결론

본 연구는 2018년 기준 북한 신규 감염자의 37%, 총 감염자의 70%가 발견되지 못하고 누락된 상태인 것으로 추정했으며(연구(1)), 북한의 결핵 환자 누락 현상을 설명하는 초기 프로그램 이론을 형성하고(연구(2)), 환자 발견율을 증진하는 다양한 검진전략을 비교 대안으로 설정해 각각의 비용-효과성을 분석하였다(연구(3)).

각 연구별 의의는 다음과 같다. <연구(1)>은 첫째, 수학적 모형과 모형 적합을 통해 북한의 결핵 환자 발견율을 추정한 첫 번째 연구인 점, 둘째, 추정 모수의 불확실성을 반영한 1,000회의 몬테카를로 시뮬레이션을 실시해 시나리오별 연구결과의 신뢰성(reliability)을 확인한 점, 셋째, 환자 발견율을 시간의 흐름에 따른 함수로 세분화하여 다양한 시나리오를 고려하고 이 가운데 가장 모형 적합도가 높은 시나리오를 최종 모형으로 선정한 점, 넷째, 감염재생산수를 산출하고 무병 균형으로 수렴하기 위한 환자 발견율 목표치를 제시한 점, 다섯째, 결핵 모형을 활용해 미래 질병부담을 예측하여 환자 발견율 증진 및 높은 치료 성공률 유지의 중요성을 확인한 점에서 의의를 가질 수 있다.

<연구(2)>는 첫째, 북한의 결핵 환자 누락이 왜, 어떻게 발생하는지 실재론적 관점에서 CMOCs 의 프로그램 이론 틀을 적용해 설명하고, 둘째, 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)와 남한, 국제기구에서 발간한 문헌을 기반으로 프로그램 이론을 뒷받침하는 근거를 제시했으며, 셋째, 프로그램 이론을 바탕으로 환자발견 개선을 위한 정책적 시사점을 제안했다는 점에서 의의를 가질 수 있다.

<연구(3)>은 첫째, 본 결핵 관리 케스케이드 모형과 실재론적 평가의 프로그램 이론을 바탕으로 검진전략의 비교 대안을 설정하고, 둘째, 결정수형의 확률 마디(chance node)를 결핵 환자 누락 기제에 따라 (i)의료접근성 제한 가능성, (ii)의료기관 방문 또는 이동식검진 참여 확률, (iii)의료기관 또는 이동식 검진 시 결핵으로 진단 받을 확률, (iv)결핵 확진 후 신고 및 치료를 개시할 확률로 세분화해 설계하고, 결핵 진단 지연을 주제로 한 체계적 문헌고찰 연구를 참고해 환자발견 기간을 가정하여 비교 대안별 환자발견율을 산출했으며, 셋째, 북한 결핵실태조사(MoPH DPRK, 2017b)라는 실증자료에 근거해 유증상자 비율, 유증상자의 의료기관 방문비율, 진단검사 정확도 등의 모수 투입값을 설정하였다는 점에서 의의를 가질 수 있다.

결론적으로, 높은 치료 성공비율을 유지하는 것만으로는 북한의 결핵 질병부담을 큰 폭으로 감소시키기 어려울 것으로 추정되며 향후 누락된 결핵 환자를 발견하는 일에 관심을 기울여야 할 것으로 보인다. 보건의료체계 관점에서는 ①최소 비용이 소요되는 기준으로서 기존 진단기기를 유지하는 [기준0.0], ②기존 진단기기를 유지하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안0.2], ③분자진단을 1차검사로 도입하면서 호담당의사 교육을 통해 유증상자 발견 비율을 높이는 [대안2.2], ④[대안2.2]에 일반인 대상 결핵 관리 홍보를 추가로 수행해 유증상자의 의료기관 방문 비율을 높이는 [대안2.3], ⑤[대안2.3]에 이동식 검진을 추가로 수행하는 [대안2.7], 사회적 관점에서는 ①[대안2.3]과 ②[대안2.7]이 비용-효과분석 시 고려 대안으로 분류되었다. 만약 위-양성

환자 발견 가능성을 높게 판단한다면 의료기관에서의 진단 알고리즘을 흉부X선을 1차검사, 분자진단을 2차검사로 도입하는 [대안3]으로 변경하여, 보건의료체계 관점에서는 [대안3.0], [대안3.2], [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7], 사회적 관점에서는 [대안3.3], [대안3.7], [대안2.7]를 선택 대안으로 고려할 수 있을 것이다.

참고문헌

건강보험심사평가원. (2017). 환자 중심 진료의 개념. 건강보험심사평가원 뉴스레터. https://www.hira.or.kr/images/11/newsletter/qinews1703/qi_sub201703_04.html 에서 2020.11.18. 인출.

권상옥. (2004). 근거중심 의학의 사상. 의사학, 13(2), pp.335-346.

국가지표체계. (2020.03.04.). 1인당 국민총소득. https://www.index.go.kr/unify/idx-info.do?idxCd=4221 에서 2020.12.07. 인출.

김동립 & 이삼열. (2011). 프로그램 논리모형의 개념과 유형화에 대한 소고. 한국정책학회보, 20(1), pp.269-302.

김민관. (2020). 최근 북한 스마트폰 이용 현황 및 시사점. 주간 KDB 리포트, 890호, KDB 산업은행 미래전략연구소.

김석주, 이왕재, 박상민, 이혜원, 최희란. (2015). 북한주민의 질병관과 질병행태. 서울: 서울대학교출판문화원.

김윤희. (2014.02.21). 보건의료분야에서의 비용 산출 방법. https://hineca.kr/76 에서 2020.09.21. 인출.

김재송. (2018). 약학 분야에서의 한반도 건강공동체 준비. 전우택(편), 한반도 건강공동체 준비(pp.181-221)에서. 서울: 박영사.

김재송. (2019). 약학 분야에서의 한반도 건강공동체 구축을 위한 제언. 의약품정책연구, 14(1), pp.48-59.

김재원, 송은솔, 김창엽. (2016). 요양보호사의 건강위험과 이에 대한 개입: 맥락모형을 활용한 체계적 고찰. 보건사회연구, 36(2), pp.421-453.

김진숙. (2012). 북한 의약품정책의 특징과 한계 분석. 보건사회연구, 32(4), pp.631-665.

김진숙. (2019). 평화의 아이들: 북한 어린이와 함께 한 남북 의료협력 16년의 기록. 서울: 북루덴스.

김진희, 민진홍, 박준호, 박승규. (2005). 다제내성 폐결핵의 수술적 치료. 결핵 및 호흡기 질환, 59(6), pp.613-618.

김현진. (2016.4.29.) '세계 예방접종 주간' 북한 예방접종 실태. Voice of America. https://www.voakorea.com/korea/korea-social-issues/3308250에서 2020.9.23.인출.

류국현. (2016). 북한 경제정책에 따른 의약품 유통실태 및 변화과정에 대한 연구. 박사학위논문, 고려대학교.

메디피스. (2018). 세네갈 - 마을 구석 구석 전파되는 보건위생 교육. 메디피스 뉴스레터. https://medipeace.org/story/?q=YToxOntzOjEyOiJrZXl3b3JkX3R5cGUiO3M6MzoiYWxsIjt9&bmode=view&idx=1415483&t=board 에서 2020.11.18. 인출.

배은영. (2018). 비용-효과 임계값은 무엇을 반영하여야 하나?. 보건경제와 정책연구, 24(2), pp.83-106. 서보혁, 이무철, 서정건, 임상순, 임형섭. (2018). 대북 제재 현황과 완화 전망. 서울: 통일연구원.

서종원. (2016). 북한 교통물류 인프라 통계의 이해와 한계. 2016 북한의 주요 통계지표(pp.189-202)에서. 대전: 통계청.

세마쉬코. (2017). 소련의 의료보장 (신영전, 신나희, 역). 서울: 건강미디어협동조합. (원서출판 1934)

석영환. (2006). 북한의 의료실태. 서울: 통일부 통일교육원 연구개발팀.

손경복 & 김창엽. (2015). 중저소득 국가의 건강보장제도에서 이용자 부담 도입과 효과: Realist Review 방법을 활용한 탐색적 연구. 보건행정학회지, 25(3), pp.207-220.

식품의약품안전평가원. (2019). 백신 유효성 평가를 위한 면역 대리표지자 정보집. 청주: 식품의약품안전평가원.

신희영, 이혜원, 안경수, 전지은. (2016). 김정은 시대 북한 보건의료체계: 동향전달체계와 조직체계를 중심으로. 통일평화연구원, 8(2), pp.181-211.

신희영, 이혜원, 안경수, 안형순, 임아영, 전지은, 최소영. (2017). **통일의료: 남북한 보건의료 협력과 통합**. 서울: 서울대학교 출판문화원.

신희영, 이혜원, 안경수, 최소영, 박샘나, 전유선, 정회인, 강효림, 최홍조, 염준섭, 황나미, 윤지현, 이요한, 이훈상, 정주. (2019). 북한 보건의료 백서 - 2019년 개정판. 서울: 한국국제보건의료재단.

안병민. (2014). 교과서에 안 나오는 북한의 교통 이야기. 서울: 통일부 통일교육원.

안소영. (2020. 3. 13). 글로벌펀드 “신종 코로나, 결핵약 등 의약품 공급에 영향 미칠 수도”. Voice of America English News. https://www.voakorea.com/coronavirus/global-fund 에서 2020.9.11. 인출.

양봉민, 김진현, 이태진, 배은영. (2013). 보건경제학. 파주: 나남.

엄주현 & 박혜경. (2018). 북한 의약품 생산체계의 형성과정에 대한 고찰. 약학회지, 62(4), pp.237-246.

엄주현. (2019). 북한의 의약품 유통현황과 통일시대 과제. 의약품정책연구, 13(1), pp.18-30.

예스로. (2012.04.03). 조선민주주의인민공화국 인민보건법. http://www.yeslaw.com/lims/front/page/fulltext.html?pAct=view&pPromulgationNo=171997 에서 2020.09.02. 인출.

오경연 등. (2017). **국민건강영양조사 제7기 1차 년도(2016) 결핵감염률조사 지원 및 질 관리**. 질병관리본부 용역보고서.

울산시 시민건강과. (2020). 2020년 노인, 노숙인 등 결핵검진사업 추진계획. 울산: 울산시 시민건강과.

이민규. (2018.09.17). 북한 인트라넷에 대한 이해, 정보통신신문. https://www.koit.co.kr/news/ articleView.html?idxno=73914 에서 2020.11.26. 인출.

이민주. (2018. 08. 24). 북한이탈주민 81%가 결핵...40대 이상에선 90%. **청년의사**. http://www. d

ocdocdoc.co.kr/news/articleView.html?idxno=1059602 에서 2020.1.9. 인출

이민홍 & 정병오. (2012). 사회복지 프로그램 개발과 평가. 서울: 나눔의 집.

이명화, 이혜진, 강민지. (2017). 과학기술 정책평가 모형 탐색. 세종: 과학기술정책연구원.

이석기, 양문수, 정은이. (2014). 북한 시장실태 분석. 세종: 산업연구원.

이성회. (2018). 대안적 교육정책평가 모델로서의 실재론적 평가(realist evaluation) - "정말 쓸모 있는" 교육정책평가를 위한 '이론적' 재음미. 교육사회학연구, 28(3), pp.97-127.

이승헌. (2019). 잠복결핵의 진단과 치료: 2017 개정 지침을 중심으로. 대한내과학회지, 93(6), pp.509-517.

이신영. (2016). 북한 결핵관리 장애요인 분석: 탈북 결핵환자, 간병자, 의사 면담자료를 중심으로. 석사학위논문, 연세대학교.

이제훈 & 노지원. (2019.04.24.). 시장화 바람 타고…평양에 택시·'써비차' 달린다. 한겨레. http://www.hani.co.kr/arti/politics/defense/891236.html 에서 2020.9.21. 인출.

이종구, 김상재, 강미경, 이혜원, 김희진, 오경현, 김윤희 등. (2015). 북한 결핵관리지원 중장기 실행방안 수립. 서울 :한국국제보건의료재단.

이종석 & 최은주. (2019). 제재속의 북한경제, 밀어서 잠금해제. 성남: 세종연구소.

이혜원. (2018). 감염성 질환에 대한 준비. 전우택(편), 한반도 건강공동체 준비(pp.121-136)에서. 서울: 박영사.

전우택. (2018). **한반도 건강공동체 형성을 위한 보건의료 준비**. 전우택(편), 한반도 건강공동체 준비(pp.3-26)에서. 서울: 박영사.

전정희. (2020). 북한 내 결핵치료 경험 사례 연구. 박사학위논문, 이화여자대학교.

질병관리본부. (2010). 감염병과 수학모형. **주간건강과 질병, 3(38)**, pp.642-645.

질병관리본부. (2016). **역학 및 감염병 관리**. 완주: 지방행정연수원.

질병관리본부. (2018). **국가결핵관리지침**. 청주: 질병관리본부.

질병관리본부. (2019.12.30). **결핵**. http://health.cdc.go.kr/health/HealthInfoArea/HealthInfo/View.do?idx=2080 에서 2020.7.23. 인출.

천경효, 김일한, 조성은, 최경희, 임경훈, 조용신. (2019). 북한사회변동 2018. 서울: 서울대학교 통일평화연구원.

최장호, 임수호, 이정균, 임소정. (2016). 북한 주변국의 대북제재와 무역대체 효과. 세종: 대외경제정책연구원.

통계청. (2019). 북한의 주요통계지표. 대전: 통계청.

한국국제협력단. (2017). KOICA 프로젝트 사업의 경제성 분석 가이드라인. 성남: 한국국제협력단

한국은행. (2019). 북한 GDP 관련 통계. https://www.bok.or.kr/portal/main/contents.do?menuNo=200091 에서 2020.09.21. 인출.

황나미, 김혜련, 이상영. (2007). 북한 보건의료 현황과 대북 보건의료사업 접근전략. 서울: 보건사회연구원.

Gordis L. (2009). 역학 (한국역학회, 역). 서울: 이퍼블릭. (원서출판 2008).

Anderson, R., & Hardwick, R. (2016). Realism and resources: Towards more explanatory economic evaluation. Evaluation (London, England: 1995), 22(3),pp. 323-341.

Atun RA, Baeza J, Drobniewski F, Levicheva V, Coker RJ. (2005). Implementing WHO DOTS strategy in the Russian Federation: stakeholder attitudes. Health Policy, 74(2), pp.122-132.

Atun R, Olynik I. (2008). Resistance to implementing policy change: the case of Ukraine. Bull World Health Organ, 86(2), pp.147-154.

Bello, S., Afolabi, R. F., Ajayi, D. T., Sharma, T., Owoeye, D. O., Oduyoye, O., & Jasanya, J. (2019). Empirical evidence of delays in diagnosis and treatment of pulmonary tuberculosis: systematic review and meta-regression analysis. BMC public health, 19(1), pp.1-11.

Biermann O, Lönnroth K, Caws M, Viney K. (2019). Factors influencing active tuberculosis case-finding policy development and implementation: a scoping review. BMJ Open, 9(12), pp.1-12.

Biermann O, Atkins S, Lönnroth K, Caws M, Viney K. (2020a). 'Power plays plus push': experts' insights into the development and implementation of active tuberculosis case-finding policies globally, a qualitative study. BMJ Open, 10(6), pp.1-12.

Biermann, O., Tran, P. B., Viney, K., Caws, M., Lönnroth, K., & Sidney Annerstedt, K. (2020b). Active case-finding policy development, implementation and scale-up in high-burden countries: A mixed-methods survey with National Tuberculosis Programme managers and document review. PloS one, 15(10),

Blamey, A., & Mackenzie, M. (2007). Theories of Change and Realistic Evaluation: Peas in a Pod or Apples and Oranges? Evaluation, 13(4), 439-455.

Blower SM, McLean AR, Porco TC, Small PM, Hopewell PC, Sanchez MA, & Moss AR. (1995). The intrinsic transmission dynamics of tuberculosis epidemics. Nature Medicine, 1(8), pp.815-821.

Bonadonna LV, Saunders MJ, Zegarra R, Evans C, Alegria-Flores K, Guio H. (2017). Why wait? The social determinants underlying tuberculosis diagnostic delay. PLoS One, 12(9), pp.1-18.

Breuer, E., Lee, L., De Silva, M., & Lund, C. (2016). Using theory of change to design and evaluate public health interventions: a systematic review. Implementation science,

11(63), pp.1-17.

Cai, J., Wang, X., Ma, A., Wang, Q., Han, X., & Li, Y. (2015). Factors associated with patient and provider delays for tuberculosis diagnosis and treatment in Asia: a systematic review and meta-analysis. PloS one, 10(3), pp.1-22.

Centis, R., D'Ambrosio, L., Zumla, A., & Migliori, G. B. (2017). Shifting from tuberculosis control to elimination: Where are we? What are the variables and limitations? Is it achievable? International Journal of Infectious Disease, 56, pp.30-33.

Central Bureau of Statistics of the DPR Korea & UNICEF. (2017). DPR Korea Multiple Indicator Cluster Survey 2017, Survey Findings Report. Pyongyang: Central Bureau of Statistics & UNICEF.

Cohen, D. J., & Reynolds, M. R. (2008). Interpreting the results of cost-effectiveness studies. Journal of the American College of Cardiology, 52(25), pp.2119-2126.

Colditz, G. A., Brewer, T. F., Berkey, C. S., Wilson, M. E., Burdick, E., Fineberg, H. V., & Mosteller, F. (1994). Efficacy of BCG vaccine in the prevention of tuberculosis. Meta-analysis of the published literature. The Journal of the American Medical Association, 271(9), pp.698-702.

Cunnama L, Garcia Baena I, Laurence Y, Sweeney S, Vassall A, Sinanovic E et al. (2019). Costing guidelines for tuberculosis interventions. Geneva: World Health Organization.

Dalkin SM, Greenhalgh J, Jones D, Cunningham B, Lhussier M. (2015). What's in a mechanism? Development of a key concept in realist evaluation. Implementation Science, 10, pp.49-55.

Datta, B., Prakash, A. K., Ford, D., Tanwar, P. K., Goyal, P., Chatterjee, P., Vipin, S., Jaiswal, A., Trehan, N., & Ayyagiri, K. (2019). Comparison of clinical and cost-effectiveness of two strategies using mobile digital x-ray to detect pulmonary tuberculosis in rural India. BMC public health, 19(1), pp.1-8.

Danermark B., Ekstrom, M., Jakobsen, L., & Karlsson J.C. (2004). 새로운 사회과학방법론: 비판적 실재론의 접근 (이기홍, 역). 파주: 한울 아카데미. (원서출판 1997)

Diekmann, O., Heesterbeek, J. A., & Roberts, M. G. (2010). The construction of next-generation matrices for compartmental epidemic models. Journal of the Royal Society, Interface, 7(47), pp.873-885.

Diel, R., Loddenkemper, R., Niemann, S., Meywald-Walter, K., & Nienhaus, A. (2011). Negative and positive predictive value of a whole-blood interferon-γ release assay for developing active tuberculosis: an update. American Journal of Respiratory and Critical

Care Medicine, 183(1), pp.88-95.

Dobler C. C. (2016). Screening strategies for active tuberculosis: focus on cost-effectiveness. ClinicoEconomics and outcomes research : CEOR, 8, pp.335-347.

Drummond, M.F., Sculpher, M.J., Claxton, K., Stoddart, G.L., & Torrance, G.W. (2015). Methods for the economic evaluation of health care programmes, 4th edition. Oxford: Oxford University Press.

Fairall, L., Bachmann, M. O., Zwarenstein, M., Bateman, E. D., Niessen, L. W., Lombard, C., Majara, B., et al. (2010). Cost-effectiveness of educational outreach to primary care nurses to increase tuberculosis case detection and improve respiratory care: economic evaluation alongside a randomised trial. Tropical medicine & international health : TM & IH, 15(3), pp.277-286.

Floyd, K., Hutubessy, R., Samyshkin, Y., Korobitsyn, A., Fedorin, I., Volchenkov, G., Kazeonny, B., et al. (2006). Health systems efficiency in the Russian Federation: tuberculosis control. Bulletin of the World Health Organization, 84(1), pp.43-51.

Flynn, R., Rotter, T., Hartfield, D., Newton, A. S., & Scott, S. D. (2019). A realist evaluation to identify contexts and mechanisms that enabled and hindered implementation and had an effect on sustainability of a lean intervention in pediatric healthcare. BMC health services research, 19(1), pp.912-923.

Getnet, F., Demissie, M., Assefa, N., Mengistie, B., & Worku, A. (2017). Delay in diagnosis of pulmonary tuberculosis in low-and middle-income settings: systematic review and meta-analysis. BMC pulmonary medicine, 17(1), pp.1-15.

Global Burden of Disease Collaborative Network. (2018). Global Burden of Disease Study 2017(GBD 2017) Disability Weights. Seattle: Institute for Health Metrics and Evaluation. Retrived from http://ghdx.healthdata.org/record/ihme-data/gbd-2017-disability-weights

Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis and Malaria (Global Fund). (2015). Grants performance report. Korea (Democratic People's Republic). Retrived from http://docs.theglobalfund.org/program-documents/GF_PD_003_8e24528d-d8db-4fa1-8650-f69025a3e68f.pdf

Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis and Malaria (Global Fund). (2017). Grant performance report, Korea (Democratic People's Republic). Retrived from http://docs.theglobalfund.org/program-documents/GF_PD_003_6546e049-3d20-40e4-a86f-851edcae5495.pdf

Global Fund to Fight AIDS, Tuberculosis and Malaria (Global Fund). (2020). The Global Fu

nd Data Explorer - Disbursements. https://data.theglobalfund.org/investments/components/PRK 에서 2020.12.16. 인출

Hao, X., Lou, H., Bai, J., Ding, Y., Yang, J., & Pan, W. (2020). Cost-effectiveness analysis of Xpert in detecting Mycobacterium tuberculosis: A systematic review. International journal of infectious diseases, 95, pp.98-105.

Hutubessy, R., Chisholm, D., Edejer, T. T., & WHO-CHOICE (2003). Generalized cost-effectiveness analysis for national-level priority-setting in the health sector. Cost effectiveness and resource allocation, 1(8), pp.1-8.

ICF Consulting Services. (2017). VulnerABLE: Pilot project related to the development of evidence based strategies to improve the health of isolated and vulnerable persons. Luxembourg: European Union.

Issel L.M. (2014). Health program planning and evaluation: a practical, systematic approach for community health, 3rd edition. Burlington: Jones & Bartlett Learning.

Jit, M., Stagg, H. R., Aldridge, R. W., White, P. J., Abubakar, I., & Find and Treat Evaluation Team (2011). Dedicated outreach service for hard to reach patients with tuberculosis in London: observational study and economic evaluation. BMJ (Clinical research ed.), 343, pp.1-11.

Kazi, M.A.F. (2003). Realist Evaluation in Practice: Health and Social Work. London: Sage.

Khan, A. J., Khowaja, S., Khan, F. S., Qazi, F., Lotia, I., Habib, A., Mohammed, S., et al. (2012). Engaging the private sector to increase tuberculosis case detection: an impact evaluation study. The Lancet. Infectious diseases, 12(8), pp.608-616.

Kim, S. Y., Goldie, S. J., & Salomon, J. A. (2010). Exploring model uncertainty in economic evaluation of health interventions: the example of rotavirus vaccination in Vietnam. Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making, 30(5), pp.1-28.

Kim, J., Keshavjee, S., & Atun, R. (2019). Health systems performance in managing tuberculosis: analysis of tuberculosis care cascades among high-burden and non-high-burden countries. Journal of Global Health, 9(1), pp.1-10.

Kim, S., de Los Reyes, A. A., & Jung, E. (2018). Mathematical model and intervention strategies for mitigating tuberculosis in the Philippines. Journal of Theoretical Biology, 443, pp.100-112.

Kim, S. Y., Goldie, S. J., & Salomon, J. A. (2010). Exploring model uncertainty in economic evaluation of health interventions: the example of rotavirus vaccination in

Vietnam. Medical Decision Making, 30(5), pp.1-28.

Knight, G. M., Dharan, N. J., Fox, G. J., Stennis, N., Zwerling, A., Khurana, R., & Dowdy, D. W. (2016). Bridging the gap between evidence and policy for infectious diseases: How models can aid public health decision-making. International journal of infectious diseases, 42, pp.17-23.

Lacouture, A., Breton, E., Guichard, A., & Ridde, V. (2015). The concept of mechanism from a realist approach: a scoping review to facilitate its operationalization in public health program evaluation. Implementation science, 10, pp.153-162.

Lalli, M., Hamilton, M., Pretorius, C., Pedrazzoli, D., White, R. G., & Houben, R. (2018). Investigating the impact of TB case-detection strategies and the consequences of false positive diagnosis through mathematical modelling. BMC infectious diseases, 18(1), pp.1-10.

Lee, D., & Park, S. M. (2016). Cost-Effectiveness Analysis of Hepatitis B Vaccination Strategies to Prevent Perinatal Transmission in North Korea: Selective Vaccination vs. Universal Vaccination. PloS one, 11(11), pp.1-15.

Lee, H. S., Kee, S. J., Shin, J. H., Kwon, Y. S., Chun, S., Lee, J. H., et al. (2019). Xpert MTB/RIF Assay as a Substitute for Smear Microscopy in an Intermediate-Burden Setting. American journal of respiratory and critical care medicine, 199(6), pp.784-794.

Leech, A. A., Kim, D. D., Cohen, J. T., & Neumann, P. J. (2018). Use and Misuse of Cost-Effectiveness Analysis Thresholds in Low- and Middle-Income Countries: Trends in Cost-per-DALY Studies. Value in health, 21(7), pp.759-761.

Li, Y., Ehiri, J., Tang, S., Li, D., Bian, Y., Lin, H., Marshall, C., & Cao, J. (2013). Factors associated with patient, and diagnostic delays in Chinese TB patients: a systematic review and meta-analysis. BMC medicine, 11, pp.156-170.

London Assembly. (2015). Tackling TB in London. London: Greater London Authority.

Lönnroth, K., Jaramillo, E., Williams, B. G., Dye, C., & Raviglione, M. (2009). Drivers of tuberculosis epidemics: the role of risk factors and social determinants. Social Science & Medicine, 68(12), pp.1-7.

Marseille, E., Larson, B., Kazi, D. S., Kahn, J. G., & Rosen, S. (2015). Thresholds for the cost-effectiveness of interventions: alternative approaches. Bulletin of the World Health Organization, 93(2), pp.118-124.

Meltzer, D.O., Basu, A., & Sculpher, M.J. (2017). Theoretical foundations of cost-effectiveness analysis in health and medicine. In Neumann, P.J., Sanders, G.D., Russel, L.B., Siegel, J.E., & Giniats, T,G.(eds.), Cost effectiveness in health and medicine, 2nd edition

(pp.39-65). New York: Oxford University Press.

Menzies, N.A., Wolf, E., Connors, D., Bellerose, M., Sbarra, A. N., Cohen, T., Hill, A. N. et al. (2018). Progression from latent infection to active disease in dynamic tuberculosis transmission models: a systematic review of the validity of modelling assumptions. Lancet Infectious Diseases, 18(8), pp.228-238.

Mhimbira, F. A., Cuevas, L. E., Dacombe, R., Mkopi, A., & Sinclair, D. (2017). Interventions to increase tuberculosis case detection at primary healthcare or community-level services. The Cochrane database of systematic reviews, 11(11), pp.1-91.

Miller, C. R., Mitchell, E., Nishikiori, N., Zwerling, A., & Lönnroth, K. (2020). ScreenTB: a tool for prioritising risk groups and selecting algorithms for screening for active tuberculosis. The international journal of tuberculosis and lung disease : the official journal of the International Union against Tuberculosis and Lung Disease, 24(4), pp.367-375.

Ministry of Public Health DPR Korea & World Health Organization. (2012). Human Resources for Health, Country Profile, DPRK. Pyongyang: Ministry of Public Health DPR Korea.

Ministry of Public Health DPR Korea. (2017a). Medium term strategic plan for the development of the health sector DPR Korea 2016-2020.

Ministry of Public Health DPR Korea. (2017b). Report of DPRK National TB Prevalence Survey. Pyongyang: WHO South-East Asia Regional Office.

Neumann, P.J., Russell, L.B., Siegel, J.E., Prosser, L.A., Krahn, M., Mandelblatt, J.S., Daniels, N., & Gold, M.R. (2017). Using cost-effectiveness analysis in health and medicine: Experiences since the original panel. In Neumann, P.J., Sanders, G.D., Russel, L.B., Siegel, J.E., & Giniats, T,G.(eds.), Cost effectiveness in health and medicine, 2nd edition (pp.1-37). New York: Oxford University Press.

OECD. (2019). Health at a glance 2019: OECD indicators. Paris: OECD Publishing.

Owens, D.K., Siegel, J.E., Sculpher, M.J., & Salomon, J.A. (2017). In Neumann, P.J., Sanders, G.D., Russel, L.B., Siegel, J.E., & Giniats, T,G.(eds.), Cost effectiveness in health and medicine, 2nd edition (pp.39-65). New York: Oxford University Press.

Pawson, R., & Tilley, N. (2004). Realist Evaluation. British Cabinet Office, Retrived from http://www.communitymatters.com.au/RE_chapter.pdf

Pawson R. (2006). Evidence-based Policy. A Realist Perspective. London: Sage Publications.

Rabin A, Kuchukhidze G, Sanikidze E, Kempker R, Blumberg H. (2012). Prescribed and self-medication use increase delays in diagnosis of tuberculosis in the country of Georgia. Int J Tuberc Lung Dis, 17(2), pp.214-220.

Rechel, B., Kennedy, C., McKee, M., & Rechel, B. (2011). The Soviet legacy in diagnosis and treatment: Implications for population health. Journal of public health policy, 32(3), pp.293-304.

Reid AJ, Goosby E. (2017). Lessons learned from the HIV care cascade can help End TB. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease, 21(3), pp.245-246.

Salter KL, Kothari A. (2014). Using realist evaluation to open the black box of knowledge translation: a state-of-the-art review. Implement Science, 9, pp.115-128.

Sanders, G. D., Neumann, P. J., Basu, A., Brock, D. W., Feeny, D., Krahn, M., Kuntz, K. M., Meltzer, D. O., Owens, D. K., Prosser, L. A., Salomon, J. A., Sculpher, M. J., Trikalinos, T. A., Russell, L. B., Siegel, J. E., & Ganiats, T. G. (2016). Recommendations for Conduct, Methodological Practices, and Reporting of Cost-effectiveness Analyses: Second Panel on Cost-Effectiveness in Health and Medicine. JAMA, 316(10), pp.1093-1103.

Schwalbe, N., Lazarus, J., & Adeyi, O. (2008). HIVAIDS and tuberculosis control in post-Soviet Union countries In: Coker R, Atun R, McKee M, eds. Health systems and the challenge of communicable diseases. Experiences from Europe and Latin America. Maidenhead: Open University Press, pp.154-170.

Sekhon, M., Cartwright, M., & Francis, J. J. (2017). Acceptability of healthcare interventions: an overview of reviews and development of a theoretical framework. BMC health services research, 17(1), pp.1-13.

Seung, K. J., Franke, M., & Linton, S. W. (2016). Multidrug-Resistant Tuberculosis Treatment in North Korea: Is Scale-Up Possible? PLoS Medicine, 13(8), pp.1-8.

Sreeramareddy, C. T., Panduru, K. V., Menten, J., & Van den Ende, J. (2009). Time delays in diagnosis of pulmonary tuberculosis: a systematic review of literature. BMC infectious diseases, 9, pp.1-10.

Stop TB Partnership. (2014). Improving Tuberculosis Case Detection: A compendium of TB REACH case studies, lessons learned and a monitoring and evaluation framework. Geneva: Stop TB Partnership.

Storla, D. G., Yimer, S., & Bjune, G. A. (2008). A systematic review of delay in the diagnosis and treatment of tuberculosis. BMC public health, 8(15), pp.1-9.

Subbaraman, R., Nathavitharana, R. R., Mayer, K. H., Satyanarayana, S., Chadha, V. K.,

Arinaminpathy, N., & Pai, M. (2019) Constructing care cascades for active tuberculosis: A strategy for program monitoring and identifying gaps in quality of care. PLoS Medicine, 16(2), pp.1-18.

Tiemersma, E. W., van der Werf, M. J., Borgdorff, M. W., Williams, B. G., & Nagelkerke, N. J. (2011). Natural history of tuberculosis: duration and fatality of untreated pulmonary tuberculosis in HIV negative patients: a systematic review. PLos One, 6(4), pp.1-13.

Toungoussova, O. S., Bjune, G., & Caugant, D. A. (2006). Epidemic of tuberculosis in the former Soviet Union: social and biological reasons. Tuberculosis (Edinburgh, Scotland), 86(1), pp.1-10.

Trauer, J. M., Denholm, J. T., & McBryde, E. S. (2014). Construction of a mathematical model for tuberculosis transmission in highly endemic regions of the Asia-Pacific. Journal of Theoretical Biology Volume, 358(7), pp.74-84.

TreeAge Software. (2020). TreeAge Pro Healthcare 2020 User's Manual. Massachusetts: TreeAge Software.

Vallejo-Torres, L., García-Lorenzo, B., Castilla, I., Valcárcel-Nazco, C., García-Pérez, L., Linertová, R., Polentinos-Castro, E., & Serrano-Aguilar, P. (2016). On the Estimation of the Cost-Effectiveness Threshold: Why, What, How?. Value in health, 19(5), pp.558-566.

van den Driessche, P. & Watmough, J. (2002). Reproduction numbers and sub-Threshold endemic equilibria for compartmental models of disease transmission. Mathematical Biosciences, 180, pp.29-48.

Van Kerkhove, M. D., & Ferguson, N. M. (2012). Epidemic and intervention modelling--a scientific rationale for policy decisions? Lessons from the 2009 influenza pandemic. Bulletin of the World Health Organization, 90(4) pp.306-310.

Vassall, A., Mangham-Jefferies, L., Gomez, G. B., Pitt, C., & Foster, N. (2016). Incorporating Demand and Supply Constraints into Economic Evaluations in Low-Income and Middle-Income Countries. Health economics, 25 Suppl 1, pp.95-115.

Vesga, J. F., Hallett, T. B., Reid, M., Sachdeva, K. S., Rao, R., Khaparde, S., Dave, P., Rade, K. et al. (2019). Assessing tuberculosis control priorities in high-burden settings: a modelling approach. The Lancet. Global health, 7(5), pp.585-595.

Vynnyky, E. & White, R. (2010). An introduction to infectious disease modelling. New York: Oxford University Press.

Wakefield, J., Dong, T. Q., & Minin, V. N. (2019). Spatio-temporal analysis of surveillance data, In Held L, Hens N, O'Neill PD, and Wallinga J.(eds.), Handbook of Infectious Disease

Data Analysis (pp.455-482). New York: CRC Press.

Wang, J., Yu, X., Tessmer, H. L., Kuniya, T., & Omori, R. (2017). Modelling infectious diseases with relapse: a case study of HSV-2. Theoretical biology & medical modelling, 14(1): 13. pp.1-20.

Wells W. A. (2017). Onions and prevalence surveys: how to analyze and quantify tuberculosis case-finding gaps. International Journal of Tuberculosis and Lung Disease, 21(11), pp.1101-1113.

Westhorp, G., Prins, E., Kusters, C.S.L., Hultink, M., Guijt, I. & Brouwers, J. (2011). Realist Evaluation: An Overview. Wageningen: Wageningen UR Centre for Development Innovation.

Wong, G., Greenhalgh, T., Westhorp, G., Buckingham, J., & Pawson, R. (2013). RAMESES publication standards: realist syntheses. Journal of advanced nursing, 69(5), pp.1005-1022.

Wong G, Westhorp G, Greenhalgh J, Manzano A, Jagosh J, Greenhalgh T. (2017). Quality and reporting standards, resources, training materials and information for realist evaluation: the RAMESES II project. Southampton: NIHR Journals Library.

World Bank. (2020. Jan. 9). World Bank Open Data. https://data.worldbank.org/ 에서 2020.1.9. 인출.

World Health Organization. (1978). Primary health care. Report of the International Conference on the Primary Health Care, Alma Ata, 6-12 September. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (1999). What is DOTS?: a guide to understanding the WHO-recommended TB control strategy known as DOTS. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization, Baltussen, Rob M. P. M, Adam, Taghreed, Tan-Torres Edejer, Tessa, Hutubessy, Raymond C. W. et al. (2003). Making choices in health : WHO guide to cost-effectiveness analysis / edited by T. Tan-Torres Edejer ... [et al]. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2011). Early detection of tuberculosis: an overview of approaches, guidelines and tools. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2013a). Global tuberculosis report 2013. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2013b). Systematic screening for active tuberculosis: principles and recommendations. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2015a). 2015 Global Reference List of 100 Core Health

Indicators. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2015b). Implementing the end TB strategy: the essentials. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2015c). National Tuberculosis Control Programme: Democratic People's Republic of Korea - Report of the Joint Monitoring Mission 9-19 May 2014. New Delh: World Health Organization Regional Office for South-East Asia.

World Health Organization. (2016). Chest radiography in tuberculosis detection - summary of current WHO recommendations and guidance on programmatic approaches. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2017). Global tuberculosis report 2017. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2018a). 2018 Global Reference List of 100 Core Health Indicators(plus health-related SDGs). Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2018b). Global tuberculosis report 2018. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2019a). Global tuberculosis report 2019. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2019b). Methods to estimate the global burden of TB disease and eligibility for treatment of latent TB infection. Geneva: World Health Organization.

World Health Organization. (2020. Jan. 9). Tuberculosis - Data provided by countries and territories. https://www.who.int/tb/country/data/download/en/ 에서 2020.1.9. 인출.

World Health Organization. (2020. Jun. 23). Global Health Observatory data repository - Medical doctors. https://apps.who.int/gho/data/node.main.HWFGRP_0020?lang=en에서 2020.10.30. 인출

Wu O, Charlest, JM, Bray N. (2019). Synthesizing evidence for economic evaluations of public health interventions. IN: Edwards RT, Mclntosh E, eds. Applied health economics for public health practice and research. Oxford: Oxford University Press, pp.87-106.

Yuen, C. M., Amanullah, F., Dharmadhikari, A., Nardell, E. A., Seddon, J. A., Vasilyeva, I., Zhao, Y. et al. (2015). Turning off the tap: stopping tuberculosis transmission through active case-finding and prompt effective treatment. Lancet, 386, pp.2334-2343.

Zhao, Y., Li, M., & Yuan, S. (2017). Analysis of Transmission and Control of Tuberculosis in Mainland China, 2005-2016, Based on the Age-Structure Mathematical Model. International Journal of Environmental Research and Public Health, 14(10), pp.1-14.

Abstract

Cost effectiveness analysis of tuberculosis screening strategies in DPRK : case detection and diagnosis algorithms

Park Se-Hee

Division of Health Care Management and Policy

Department of Public Health Science

Graduate of School of Public Health

Seoul National University

Since the great famine occurred in the middle of 1990s, tuberculosis has been a significant public health problem in North Korea. North Korea is one of the countries that have heavy tuberculosis burden despite high treatment success rate and continuous cooperation with global organizations. In order to identify why tuberculosis still remains as unresolved issue in North Korea, this study focuses on the importance of case detection.

The first objective of this research is to estimate tuberculosis case detection rate of North Korea by using mathematical modelling as well as empirical data; the second objective is to develop initial program theory in terms of realist evaluation to explain why and how the under-diagnosis has occurred in North Korea; the third objective is to conduct cost-effectiveness analysis regarding tuberculosis screening strategies to increase case detection rate in North Korea.

First, dynamic transmission model was developed by using ordinary differential equations and the parameters, such as case detection rate and effective contact rate, were estimated based on model fitting to notified case data of North Korea. The model fitting

was conducted as follows: first, the scenarios were developed according to the proportion of latent tuberculosis patients in the year 2000 and time dependent function of case detection rate, including constant, linear, and non-linear function; second, the candidate scenarios were selected depending on whether the predefined calibration target was satisfied; third, considering goodness-of-fit measures, such as the root mean square error and visual comparison of the Monte Carlo simulated results, the best goodness-of-fit scenario was chosen as final model. The result indicates that, in 2018, the case detection rate is estimated at 0.61 per year and the proportion of undetected patients in terms of new patients at 37%, and in terms of total patients at 70%. In order to reduce the basic reproduction number below the threshold of 1, the case detection rate should be a minimum of 1.38 per year.

Second, initial program theories, consisting of context(C), mechanism-resources(M_A), mechanism-reasoning and reaction(M_B), and outcome(O), were developed based on empirical evidence such as National Tuberculosis Prevalence Survey in North Korea. Program theory① explains that access to health care could be limited(M_B①) by road and traffic infrastructure(C_M①), indirect cost required to visit the medical center/hospital(C_H①) and patient's socioeconomic status such as income and location(C_I①); the restricted access could made the patients undetected(O①) both in passive and active case finding(M_A①).

Program theory② accounts for asymptomatic patients could be undetected(O②) because of unvisited patients mechanism(M_B②); more than 40 percentage of the tuberculosis patients in North Korea are estimated as asymptomatic(C_H②) and those with asymptomatic infection(C_I②) could not recognize themselves as tuberculosis patients in the existing diagnosis algorithm which screens presumptive cases based on symptoms(M_A②).

Program theory③ demonstrates why symptomatic patients who do not go to the medical clinic/hospital(M_B③) could be under-detected(O③) due to poor seeking behavior such as self-care and purchasing drugs without the valid prescription have been widespread(C_I③) since the middle of 1990s when free medical services were not provided as well as before(C_H③) and drugs were distributed in the market(C_M③).

Program theory④ explains that tuberculosis patients could not be detected(O④) by the mechanism called unvisited patients(M_B④); patients could be reluctant to visit the medical center/hospital in order to get tuberculosis diagnosis service and prefer self-medication(C_I④) since hospital/sanatorium treatment, influenced by Soviet Union's practice, have been developed in North Korea(C_M④) and hospital/sanatorium treatment

center are usually located in the remote area from the city(C_H④).

Program theory⑤ explains in active case finding designed to find symptomatic patients by household doctors' home visit(M_A⑤), household doctor, who are overburdened by excess demand for primary health services(C_H⑤), could not refer the patients to the upper level hospital(C_I⑤) and the patients could not be detected(O⑤) if they are not found as presumptive cases and do not referred to the hospital where diagnosis services are provided(M_B⑤).

Program theory⑥ explains why symptomatic patient who see a doctor by active or passive case finding(M_A⑥) could be undetected(O⑥) by under-diagnosis(M_B⑥); On condition that the introduction of medical devices have been restricted due to sanctions(C_M⑥), the existing old diagnosis devices such as microscopes and X-ray machines(C_H⑥) could jeopardize the health staff's interpretation of diagnosis results(C_I⑥).

Program theory⑦ demonstrates that although the patients who are diagnosed tuberculosis in the medical center/hospital(M_A⑦), they could be undetected(O⑦) due to the delay in notification or un-notified mechanism(M_B⑦). This could be owing to the difficulty in responding the treatment demand quickly and flexibly(C_I⑦) since all anti-tuberculosis medications have been provided by external donor(C_H⑦-1) and medical electronic system is not built up(C_H⑦-2).

Third, based on the program theory, the alternatives were developed such as replacing the existing out-dated diagnosis devices of new ones or introducing Xpert in order to detect patients who visit the medical center/hospital(program theory⑥); mass communications and educational outreach toward household doctor in order to encourage symptomatic patients to see a doctor(program theory③,④,⑤); mobile outreach van to find undetected symptomatic patients due to restricted access to health care services as well as asymptomatic patients(program theory①,②). The model inputs, including the proportion of the symptomatic patients, the proportion of visiting a hospital among symptomatic patients, and the accuracy of diagnostic tests, were derived from National Tuberculosis Prevalence Survey in North Korea. Using the decision tree and assuming the duration based on several systematic review articles, the case detection rates of each alternatives were calculated.

The result shows that, in terms of health system perspective, ①[alternative_0.0, as a reference case having the least cost], ②[alternative_0.2, ICER: 83,217won/1DALY averted], which maintains existing diagnostic devices such as sputum microscopy and chest

radiography and implements education toward household doctors, ③[alternative_2.2, ICER: 277,153won/1DALY averted], replacing the existing diagnostic devices and introducing Xpert as the first diagnosis examination, ④[alternative_2.3, ICER: 2,415,529won/1DALY averted], adding conducting mass communication to [alternative_2.2] and ⑤[alternative_2.7, ICER: 7,799,630won/1DALY averted], which adds mobile outreach van to [alternative 2.3] are considered cost-effective compared to the other alternatives. In terms of societal perspective, ①[alternative_2.3, as a reference case having the least cost], introducing Xpert as the first diagnosis test and conducting education to household doctors and mass communication and ②[alternative_2.7, ICER: 1,547,707won/1DALY averted], that implements mobile outreach van as well as conducts [alternative_2.3] in order to find undetected cases such as symptomatic and asymptomatic patients are considered cost-effective.

In case of structural uncertainty analysis that considers the possibility of finding and treating false-positive tuberculosis patients, [alternative_3.0, as a reference case having the least cost], [alternative_3.2, ICER: 137,743won/1DALY averted], [alternative_3.3, ICER: 2,565,102won/1DALY averted], [alternative_3.7, ICER: 13,204,304won/1DALY averted] and [alternative_2.7, ICER: 597,702,249won/1DALY averted] are regarded cost-effective alternatives in health care perspective; [alternative_3.3, as a reference case having the least cost], [alternative_3.7, ICER: 7,737,220won/1DALY averted] and [alternative_2.7, ICER: 825,551,360won/1DALY averted] are regarded cost-effective alternatives in societal perspective.

While [alternative_2] uses Xpert for all people who visit medical clinic/hospital due to positive symptoms of tuberculosis such as cough for more than two weeks, [alternative_3] performs chest radiography as the first examination and uses Xpert as the second diagnosis test, which results in reducing diagnosis and treatment costs by not using Xpert toward people not infected with tuberculosis since they are screened in the first chest radio graphy examination.

Therefore, considering the possibility of finding and treating false-positive patients high, in health system perspective, [alternative_0.0], [alternative_0.2], [alternative_2.2], [alternative_2.3], [alternative_2.7] are regarded cost-effective and, in societal perspective, [alternative_2.3], [alternative_2.7] are considered cost-effective; while considering the possibility low, in health system perspective, [alternative_3.0], [alternative_3.2], [alternative_3.3], [alternative_3.7] could be suggested alternatives in terms of cost-effectiveness; in societal perspective, [alternative_3.3], [alternative_3.7] could be

suggested alternatives in terms of cost-effectiveness

In conclusion, our study suggests that the tuberculosis burden in North Korea would not significantly decrease just by maintaining the high treatment success rate; rather, the improvement of case detection is required to tackle tuberculosis in North Korea. In order to increase case detection rate, it is necessary to develop and conduct alternatives leading to reduce the time on diagnosis as well as the increase the proportion of tuberculosis patients diagnosed with tuberculosis.

Keywords: DPRK, Tuberculosis case detection, Dynamic transmission model, Realist evaluation, Cost-effectiveness analysis

Student Number: 2017-30145