

원전종사자 역학연구 설문자료의 신뢰도 평가

한국수력원자력(주) 방사선보건연구원

김한나 · 정미선 · 박은숙 · 서수진 · 진영우

— Abstract —

Reliability of a Questionnaire in an Epidemiological Study for Nuclear Power Plants Workers in Korea

Han Na Kim, Meeseon Jeong, Eun Sook Park, Su Jin Suh, Young-Woo Jin

Radiation Health Research Institute, Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd.

Objectives: This study was conducted to evaluate the reliability of a questionnaire from an epidemiological study for nuclear power plants workers in Korea.

Methods: Among a total of 8,832 nuclear power plants workers who participated in the questionnaire survey, we selected 646 workers who repeatedly submitted the self-reported questionnaire. The reliability of the questionnaire for the categorical items was measured using kappa statistics and percentages of exact agreement, false disagreement and positive disagreement. Significance was evaluated for the continuous items by paired t-tests and intra-class correlation coefficients (ICCs).

Results: The questionnaire was observed to be highly reliable for the smoking history ($\kappa=0.85$), which is known as an important confounding factor in assessing the cancer risk among radiation workers. Education level as a surrogate for the socio-economic status also appeared to be highly reliable with a $\kappa=0.89$ and 95.09% of exact agreement. The history of alcohol drinking, medical exams and diseases showed more than moderately good agreement between the first and second responses ($\kappa>0.4$). The self-reported values for physical measurements, the smoking period and smoking amount, and the period of alcohol drinking were highly correlated between the two responses ($ICC>0.7$).

Conclusions: The questionnaire from an epidemiological study for nuclear power plants workers in Korea was found to be reliable for most items. To estimate the cancer or noncancer risk for nuclear power plants workers, we need to use the national database for incidence of diseases or death from diseases and the exposure history, and the medical records as well as the data collected from this study.

Key Words: Reliability, Questionnaire, Epidemiological study, Nuclear power plants, Workers

서 론

현재 원전의 방사선방호나 방사선작업종사자의 업무상 질병 평가를 위한 인과확률의 계산은 일본 원폭생존자 연

구로부터 추정된 방사선의 위험도 모형에 근거하고 있다. 하지만 이 모형은 고선량의 방사선에 급성 피폭된 인구집단을 대상으로 추정된 것으로 저선량-저선량률의 방사선에 장기적으로 피폭되고 있는 원전종사자에 적용하는 데

〈접수일: 2010년 3월 17일, 1차수정일: 2010년 4월 12일, 채택일: 2010년 5월 12일〉

교신저자: 정 미 선 (Tel: 02-3499-6662) E-mail: mjeong@khnp.co.kr

*이 연구는 한국수력원자력(주) 자체연구과제(E07NS55)의 일환으로 수행되었음.

는 여러 가지 불확실성이 존재하는 것으로 알려져 있다¹⁾.

원전을 운영하고 있는 각 국가에서는 원전종사자 코호트를 구축하고 암을 포함한 질병을 장기간 추적관찰하여 저선량-저선량을 방사선의 위험도를 평가하고 해당국가 고유의 위험도 모형을 도출하기 위해 노력하고 있다²⁻⁵⁾. 원전종사자의 질병 위험도에는 방사선 피폭선량, 피폭유형, 피폭연령 등 방사선 피폭 관련 요인뿐만 아니라 흡연과 사회경제적 수준(socio-economic status, SES) 등이 중요한 영향을 끼치는 것으로 알려져 있다⁶⁾. 원전종사자의 방사선 피폭정보는 원자력법에 의해 엄격히 기록·관리되고 있으나, 피폭 외의 정보는 설문조사를 통해 수집되어야 한다. 따라서 원전종사자의 질병 위험도에서 방사선의 영향을 정확하게 평가하기 위해서는 설문조사를 통해 교육수준, 흡연력, 음주력 등과 같은 교란요인에 대한 정보를 정확하게 파악하는 것이 중요하다.

우리나라는 1978년 원전 운영을 시작한 이후 2008년까지 약 3.6만명의 종사자가 원전에서 방사선작업을 수행한 것으로 등록되어 있으며, 향후 원자력산업의 발전으로 원전종사자의 수는 급속도로 증가할 것으로 예상된다. 따라서 우리나라 원자력산업의 안전성을 평가하고 한국인 고유의 저선량-저선량을 방사선 위험도 모형을 도출하기 위해서 우리나라 전체 원전종사자에 대한 코호트를 구축할 필요가 있다. 이를 위해 한국수력원자력(주)(이하 한수원)에서는 우리나라 전체 원전종사자를 대상으로 암과 만성질환을 장기간 추적관찰하기 위한 데이터베이스를 구축하고 있다⁷⁾. 또한 한수원은 서울아산병원 임상연구/기관생명윤리심의위원회(AMC IRB)의 승인을 받아 원전 및 관련시설에 근무하였거나 근무 중인 종사자를 대상으로 연구참여 동의서를 확보하고 원전종사자의 질병 위험도 평가에 반영할 설문조사를 수행하고 있다.

설문조사는 기억에 의존하여 정보를 수집하게 되므로 반복측정을 하더라도 같은 수치를 확보할 수 있어야 설문조사의 신뢰성을 얻을 수 있다. 설문조사의 단점으로 시기적으로 오래 전에 있었던 과거 사실에 대해 기억력에 의존하기 때문에 정확한 정보 수집의 어려움 및 회상 바이어스(recall bias)가 일어날 가능성이 있다^{8,9)}. 이러한 설문조사의 오류는 설문자료의 신뢰성에 영향을 끼치며 그 결과는 원전종사자의 질병 위험도 평가에 영향을 끼치게 되므로 설문조사를 통해 얻은 정보가 얼마나 같은 응답의 재현성을 얻을 수 있는지에 대한 신뢰도 평가가 필요하다.

따라서 이 연구에서는 원전종사자 역학조사를 통해 수집된 설문자료의 신뢰성을 분석하여 향후 원전종사자의 질병 위험도 평가에서 이들 자료를 적절하게 활용 가능한지 여부를 파악하고자 한다.

대상 및 방법

1. 연구 대상과 자료 수집

원전 및 관련 시설에 근무하고 있거나 근무한 경험이 있는 종사자에 대하여 연구참여 동의서와 함께 제작된 설문지를 배포하여 설문조사를 실시하였다. 현재 근무 중인 종사자에 대해서는 한수원과 협력회사의 협조를 얻어 일괄적으로 설문지를 배포하고 수거하였으며, 퇴직 종사자에 대해서는 퇴직 시 주소지로 회송용 봉투와 설문지를 우편 발송하여 설문지를 회수하였다. 2008년 2월부터 2009년 9월까지 실시된 설문조사에서 현직 종사자는 8,727명이 조사에 참여하였으며, 퇴직 종사자는 105명이 설문지를 회송하여 전체 8,832명의 설문지가 확보되었다. 설문조사는 2년에 걸쳐 진행되었으며, 원전별 조사에 응한 사람이 회사별 조사에서 다시 설문지를 작성한 경우, 현직 종사자로 조사에 응한 후 퇴직하여 다시 설문지를 작성한 경우, 소속회사 변경 등의 이유로 646명에 대하여 설문조사가 중복 실시된 것으로 나타났다. 따라서 이 연구에서는 설문조사가 중복 실시된 646명을 연구대상자로 선정하고, 1차와 2차 설문응답의 비교분석을 통하여 원전종사자 역학연구 설문자료의 신뢰성을 평가하였다.

2. 설문 내용

설문 내용은 크게 인적사항과 생활습관, 의료검사 이력, 과거 질병력으로 구성되었다. 인적사항으로는 신장, 체중과 사회경제적 수준을 고려하기 위한 최종 학력이 조사되었다. 생활습관으로는 흡연과 음주 사항이 고려되었으며 흡연여부, 흡연기간 및 흡연량(per day)과 음주여부, 음주기간 및 음주횟수(per month)가 조사되었다. 또한 원전 이외 시설에서 방사선피폭 현황을 파악하기 위하여 원전 외 방사선작업 이력을 조사하였으며, 질병 진단이나 치료를 목적으로 한 방사선 피폭력을 알아보기 위하여 PET/CT 검사, CT 검사, 핵의학 검사의 의료검사 이력을 조사하였다. 마지막으로 갑상선질환, 간질환, 고혈압, 고지혈증, 심장질환, 당뇨병 및 악성종양에 대한 과거 질병력이 조사되었다(Table 1).

3. 신뢰도 분석

설문 내용 중 범주형 항목을 가지는 교육수준, 흡연력, 음주력, 원전 외 방사선작업 이력, 의료검사 이력 및 질병력에 대한 신뢰성 평가를 위하여 1차와 2차 설문응답 원자료를 이용하여 Cohen's kappa¹⁰⁾ 값과 일치율(percentage of exact agreement)을 산출하였다. 이 연구

Table 1. Summary of the items in the questionnaire of an epidemiological study for nuclear power plants workers in Korea

Questionnaire items	Contents
Height	Value in cm
Weight	Value in kg
Education	Uneducated, Elementary school, Middle school, High school, College or university, Graduate school
Smoking history	Never smoker, Previous smoker, Current smoker
Smoking period	Value in year
Smoking amount	Number of cigarettes per day
History of alcohol drinking	Never drinker, Previous drinker, Current drinker
Period of alcohol drinking	Value in year
Frequency of alcohol drinking	Frequency of alcohol drinking per month
History of radiation work at the place other than nuclear power plants	Never, Ever
History of PET/CT exam, CT exam nuclear medicine exam	Never, Ever
History of thyroid disease, liver disease, hypertension, hyperlipemia, heart disease, diabetes, malignant tumor	Never, Ever (Previous patient, Current patient)

에서는 kappa 값이 0.8 이상이면 1차와 2차 설문응답에서 매우 좋은 일치, 0.6~0.79이면 좋은 일치, 0.4~0.59이면 중등도의 일치, 0.2~0.39이면 적당한 일치, 0.2 미만이면 일치도가 낮은 것으로 판단하였다¹¹⁾.

평균 300일이 넘는 2차 조사까지의 기간 동안 실제로 대상자의 응답 조건이 변화하여 2차 조사에서 다른 응답을 하였을 가능성이 있으므로, 이를 살펴보기 위하여 각 설문항목별 양성 불일치(positive disagreement)와 거짓 불일치(false disagreement)를 정의하고 그 비율을 산출하였다. 양성 불일치는 조사기간 동안 실제로 응답 조건이 변화하였을 가능성을 내포하는 경우로, 이력 문항들에서 1차 조사에서 '이력 없음(never)'으로 답한 사람이 2차 조사에서 '이력 있음(ever)'으로 답하였거나 교육수준에서 1차와 2차의 학력이 한 범주 이내 차이가 나는 경우로 정의하였다. 거짓 불일치는 이력 문항들에서 1차 조사에서 '이력 있음(ever)'으로 답한 사람이 2차 조사에서 '이력 없음(never)'으로 답하였거나 교육수준에서 1차와 2차의 학력이 두 범주 이상 차이가 나는 경우로 정의하였다.

신장, 체중, 흡연기간, 흡연량(per day), 음주기간, 음주횟수(per month)와 같은 수치형 설문항목의 경우, 신장 항목을 제외하고는 1차와 2차 설문조사 기간 동안 값의 변화 가능성이 크므로 설문응답의 일치율을 평가하는 것은 큰 의미가 없다. 따라서 수치형 설문항목에 대해서는 쌍체 t-검정(paired t-test)을 사용하여 두 설문응답의 차이에 대한 유의성 검정을 수행하고, 신뢰도 평가 지표로 급내상관계수(intra-class correlation coefficient, ICC)¹²⁾를 산출하였다. 이 연구에서는 ICC 값이 0.7 이상 높게 나타나면 설문응답의 신뢰도가 높은 것으로 판단하였으며, 쌍체 t-검정은 유의수준 5%에서 유의

성을 판단하였다.

통계분석을 위하여 응답 일치율과 양성 불일치율, 거짓 불일치율, kappa 계수, 쌍체 t-검정은 SAS(ver 8.2)를 이용하였다. ICC 계수는 SPSS(ver 15.0)를 이용하여 산출하였다.

결 과

연구대상자의 1차 설문조사 시 평균 연령은 39.8세(±SD 7.9세)이었으며, 남성이 640명(99.07%), 여성은 6명(0.93%)으로 나타났다. 1차와 2차 설문조사 사이에 경과된 평균 기간은 303일(±SD 36일)이었으며, 대상자에 따라 최소 187일에서 최대 380일이 경과된 것으로 나타났다.

1. 범주형 설문 문항의 신뢰도 분석 결과

범주형 설문 문항에 대하여 1차와 2차 설문응답의 신뢰성을 분석한 결과는 Table 2에 제시하였다. 교육수준의 경우 1차와 2차 조사에서 동일한 학력으로 응답한 사람은 대상자의 95.09%로 높은 일치율을 보였다. 또한 2차 응답에서 1차 응답의 직전 범주나 직후 범주로 응답한 사람의 비율은 4.15%이었으며, 두 범주 이상 다른 응답을 한 거짓 불일치율은 0.76%이었다. 교육수준에 대한 kappa 값은 0.89(95% CI 0.85~0.93)로 1차와 2차 설문응답에서 매우 좋은 일치를 보였다.

흡연력의 경우, 1차와 2차 설문에서 대상자의 90.43%가 동일한 응답을 하였으며, 1차 설문에서 흡연(current smoker) 혹은 금연(previous smoker)으로 응답한 사람이 2차 설문에서 비흡연(never smoker)으로 응답한

Table 2. Results of reliability analysis in the categorical items

Items	No. of cases *	Exact agreement	False disagreement [†]	Positive disagreement [‡]	Kappa [§] (95% CI)
Education	530	95.09%	0.76%	4.15%	0.89 (0.85-0.93)
Smoking history	491	90.43%	1.02%	8.55%	0.85 (0.81-0.89)
History of alcohol drinking	507	90.14%	2.96%	6.90%	0.63 (0.54-0.72)
History of radiation work at the place other than nuclear power plants	527	89.38%	5.12%	5.50%	0.33 (0.20-0.47)
History of PET/CT exam	646	94.27%	3.56%	2.17%	0.46 (0.32-0.61)
History of CT exam	644	84.62%	9.63%	5.75%	0.53 (0.45-0.61)
History of nuclear medicine exam	646	97.84%	0.77%	1.39%	0.41 (0.16-0.66)
History of thyroid disease	645	98.60%	0.78%	0.62%	0.60 (0.37-0.84)
History of liver disease	643	97.36%	1.56%	1.09%	0.49 (0.29-0.69)
History of hypertension	640	96.25%	1.41%	2.34%	0.56 (0.43-0.70)
History of hyperlipemia	637	89.48%	4.24%	6.28%	0.41 (0.31-0.52)
History of heart disease	645	98.75%	0.78%	0.47%	0.57 (0.32-0.83)
History of diabetes	645	98.91%	0.62%	0.47%	0.75 (0.59-0.92)
History of malignant tumor	645	99.84%	0.00%	0.16%	0.67 (0.05-1.00)

*: Missing responses in the first or second questionnaire were deleted in the analysis, [†]: False disagreement was defined as the case having 'Ever' answer in the first questionnaire and then 'Never' answer in the second questionnaire for the history items, and as the case showing disagreement in more than two categories for education, [‡]: Positive disagreement was defined as the case having 'Never' answer in the first questionnaire and then 'Ever' answer in the second questionnaire for the history items, and as the case showing agreement within one category for education, [§]: Cohen's simple kappa, ^{||}: Confidence interval.

거짓 불일치율은 1.02%이었다. 두 설문조사가 이루어진 2년 동안 대상자의 흡연상태에 변화가 있을 수 있으므로, 양성 불일치율 8.55%의 결과가 완전히 잘못되었다고 판단할 수는 없다. 흡연력에서 kappa 값은 0.85(95% CI 0.81~0.89)로 두 설문응답에서 매우 좋은 일치도를 보였다.

음주력의 경우, 1차와 2차 조사에서 대상자의 90.14%가 동일한 응답을 하여 높은 일치율을 보였으며, 1차 설문에서 음주(current drinker) 혹은 금주(previous drinker)로 응답한 사람이 2차 설문에서 비음주(never drinker)로 응답한 거짓 불일치율은 2.96%로 흡연력보다 약간 높았다. 양성 불일치율은 6.90%로, 흡연력과 마찬가지로 설문조사 기간 동안 음주상태의 변화가 있을 수 있으므로 이들 6.90%의 대상자들을 완전한 불일치로 판단할 수는 없다. 음주력에서 kappa 값은 0.63(95% CI 0.54~0.72)으로 두 설문응답에서 좋은 일치도를 보였다.

원전 외 방사선작업 이력에 대한 응답 일치율은 89.38%이었으며, 1차 설문에서 원전 외 방사선작업 이력 있음(ever)으로 응답한 사람이 2차 조사에서 이력 없음(never)으로 응답한 거짓 불일치율은 5.12%이었다. 원전 외 방사선작업 이력에 대한 kappa 값은 0.33(95% CI 0.20~0.47)으로 1차와 2차 설문응답에서 적당한 일치치를 보였다.

방사선 피폭과 관련된 의료검사 이력의 신뢰도는, PET/CT 검사와 핵의학 검사는 각각 94.27%, 97.84%

의 아주 높은 응답 일치율을 보였으나, CT 검사의 경우 다소 낮은 84.62%의 일치율을 보였다. 1차 조사에서 검사이력 있음(ever)으로 응답하였으나 2차에서는 검사이력 없음(never)으로 응답한 거짓 불일치율은 PET/CT 검사 3.56%, CT 검사 9.63%, 핵의학 검사 0.77%로, CT 검사에서 가장 높았다. PET/CT 검사와 CT 검사, 핵의학 검사이력에 대한 kappa 값은 각각 0.46(95% CI 0.32~0.61), 0.53(95% CI 0.45~0.61), 0.41(95% CI 0.16~0.66)로 의료검사 이력에 대한 1차와 2차 설문응답은 중등도의 일치치를 보였다.

과거 질병력의 경우, 갑상선질환, 간질환, 고혈압, 고지혈증, 심장질환, 당뇨병 및 악성종양의 이력에 대한 응답 일치율은 각각 98.60%, 97.36%, 96.25%, 89.48%, 98.75%, 98.91%, 99.84%로, 고지혈증을 제외한 대부분의 질병력에서 높은 일치율을 보였다. 1차 조사에서 질병력 있음(ever)으로 응답하였으나 2차 조사에서 질병력 없음(never)으로 응답한 거짓 불일치율은 고지혈증을 제외하고는 모두 2% 미만으로 대체로 낮았으며 특히 악성종양에 대해서는 거짓 불일치는 없었다. 각 질병력에서 kappa 값은 갑상선질환 0.60(95% CI 0.37~0.84), 당뇨병 0.75(95% CI 0.59~0.92), 악성종양 0.67(95% CI 0.05~1.00)로 1차와 2차 응답에서 좋은 일치치를 보였다. 간질환, 고혈압, 고지혈증, 심장질환 이력의 kappa 값은 0.4에서 0.6 사이의 중등도 일치도를 보였다.

2. 수치형 설문 문항의 신뢰도 분석 결과

고 찰

수치형 설문 문항의 신뢰도를 평가하기 위하여 1차와 2차 설문응답의 차이를 분석한 결과는 Table 3에 제시하였다. 설문조사 기간 동안 값의 변화 가능성이 없는 신장의 경우, 1차와 2차 설문조사의 응답차이는 통계적으로 유의한 차이는 없었으며(p=0.7525), ICC 값도 0.96(95% CI 0.95~0.96)으로 반복 측정에 대해 높은 상관성을 보였다. 체중에서도 1차와 2차 응답의 유의한 차이는 없었으며(p=0.2655), ICC 값도 0.94(95% CI 0.93~0.95)로 높았다.

흡연 관련 항목에 대한 분석 결과, 흡연기간은 1차와 2차 응답에서 통계적으로 유의한 차이가 있었으며(p<0.0001), 흡연량(per day)은 유의한 차이가 없었다(p=0.7939). 흡연기간은 1차 조사에 비해 2차 조사에서 평균 0.85년 증가하였다. 하지만 1차와 2차 조사의 경과기간이 평균 303일(즉, 0.83년)이고 흡연자의 경우 2차 조사에서 1차 조사보다 증가된 흡연기간을 응답할 것이므로, 이를 감안하여 흡연기간의 차이에 경과기간을 더하여 유의성 검정을 실시한 결과, 흡연기간에 대한 응답에서 더 이상 유의한 차이는 없었다(p=0.9539). 한편, 흡연기간과 흡연량(per day) 모두 ICC 값은 0.7 이상으로 높게 나타나 반복측정에서 신뢰성이 높은 것으로 평가되었다.

음주 관련 항목의 신뢰성 분석에서도 흡연 관련 항목과 유사한 결과가 나타났다. 음주기간은 두 응답에서 통계적으로 유의한 차이를 보였으나(p=0.0010), 경과기간을 더하여 유의성 검정을 실시한 결과 음주기간에 대한 응답에서 더 이상 유의한 차이는 없었다(p=0.6540). ICC 값은 0.81(95% CI 0.77~0.84)로 높게 나타났다. 음주횟수(per month)는 1차와 2차 응답에서 유의한 차이가 없었으며(p=0.7851), ICC 값은 0.61(95% CI 0.55~0.67)로 약간 낮았다.

이 연구에서는 원전종사자의 방사선 피폭에 의한 질병 위험도를 평가하기 위한 역학조사에서 수집된 설문자료의 신뢰성을 분석하였다. 신뢰성 분석에는 동일한 설문지를 동일한 사람으로 재조사한 설문자료가 이용되었으며, 1차와 2차 설문응답의 차이를 분석한 결과 이 역학조사를 통해 수집된 설문자료의 신뢰도가 높음을 확인할 수 있었다. 특히, 방사선의 질병 위험도를 평가하는데 중요한 교란요인으로 알려진 흡연관련 항목과 음주관련 항목, SES의 측도로 이용되는 교육수준 및 체질량지수로 활용 가능한 신체치수 항목에서 높은 kappa와 ICC 값을 보여 설문자료의 신뢰성이 높은 것으로 평가되었다.

원전 외 방사선작업 이력과 의료검사 이력, 질병력의 경우 1차와 2차 설문의 응답 일치율은 매우 높았지만 신뢰도를 평가하는 kappa 값은 중등도로 관찰되었다. 일반적으로 kappa 통계량은 사건 발생률이 낮을 경우 응답 일치율이 높은데도 불구하고 kappa 값은 낮게 추정될 수 있는 단점을 가지는 것으로 알려져 있다^{13,14}. 실제로 이 연구에서 조사된 악성종양 이력의 경우 99.84%의 높은 일치율을 보이는 데도 불구하고 kappa 값은 0.67로 평가되었다. 따라서 특정 범주의 발생률이 아주 낮게 나타난 원전 외 방사선작업 이력과 의료검사 이력, 질병력의 경우 중등도의 kappa 값을 가진다고 하여 설문자료의 신뢰도가 낮다고 결론지을 수는 없다.

이 연구에서 일치율이 상대적으로 낮게 나타난 설문항목에 대해서는 향후 설문조사 시 설문지 내용을 보완할 필요가 있다. 설문조사를 수행하는 과정에서 고지혈증에 대한 문기가 가장 많았던 점을 고려하면, 고지혈증 이력 항목에서 낮은 일치율은 질환에 대한 인식 부족에 기인되었을 가능성이 있다. 따라서 설문지 내용에 고지혈증 질환에 대한 상세한 설명을 추가할 필요가 있다. 또한 원전 외 시설에 대한 명확한 정의를 추가하고, CT 검사이력에 대해서도 검사 방법에 대한 설명을 추가한다면 대상자의

Table 3. Results of reliability analysis in the numerical items

Items	No. of cases*	Difference between the first and second responses		ICC [§] (95% CI)
		Mean ± SD [†]	p-value [‡]	
Height (cm)	532	-0.02 ± 1.61	0.7525	0.96 (0.95-0.96)
Weight (kg)	530	0.14 ± 2.84	0.2655	0.94 (0.93-0.95)
Smoking period (yr)	363	-0.85 ± 3.93	<0.0001	0.84 (0.81-0.87)
Smoking amount (cig/day)	348	-0.06 ± 4.10	0.7939	0.77 (0.73-0.81)
Period of alcohol drinking (yr)	427	-0.74 ± 4.62	0.0010	0.81 (0.77-0.84)
Frequency of alcohol drinking per month	436	0.05 ± 3.95	0.7851	0.61 (0.55-0.67)

*: Missing responses in the first or second questionnaire were deleted in the analysis, †: Standard deviation, ‡: P-value for the paired t-test, §: Intra-class correlation coefficient, ||: Confidence interval.

응답에 혼동이 줄어들어 설문지의 신뢰도는 증가하게 될 것이다.

수치형 설문항목의 신뢰도 분석에서 유의성 검정으로 두 응답의 차이를 평가하는 데는 주의가 요구된다. 흡연 기간과 음주기간의 경우 1차와 2차 설문응답에서 통계적으로 유의한 차이를 보였지만, 이는 흡연자(current smoker)와 음주자(current drinker)가 각각 2차 응답에서 흡연기간과 음주기간을 증가시켜 응답하였을 가능성에 기인한다. 실제로 설문조사의 경과기간을 반영하여 유의성 검정을 실시한 결과 흡연기간과 음주기간에서 유의한 차이는 관찰되지 않았다. 반면에 두 설문조사가 진행된 1년 동안 흡연량(per day)과 음주횟수(per month)는 크게 변하지 않았을 것이며, 이 경우 유의성 검정 결과는 설문자료의 신뢰성을 평가하는 유용한 정보가 될 수 있다. 따라서 설문항목의 특성에 따라 두 응답 차이의 유의성 검정 결과를 해석하는데 신중을 기할 필요가 있다.

일반적으로 설문자료의 조사-재조사 연구에서 재조사는 1개월 정도의 시간 간격을 두고 설문조사가 필요하다고 알려져 있으나^{15,16)}, 이 연구에서는 1차 조사와 2차 조사가 평균 303일에 걸쳐 이루어졌다. 따라서 2차 조사까지의 기간이 상대적으로 길었던 이 연구에서 기억력에 의존하는 설문자료의 신뢰도는 다소 과소평가되었을 가능성이 있다. 또한 의료검사 이력과 과거 질병력 분석에서 나타난 바와 같이, 2차 조사까지 기간 동안 대상자의 이력이 실제로 변화하였을 수도 있으므로 두 응답의 일치도를 평가하는 kappa나 ICC 값으로만 설문자료의 신뢰성을 평가하는 데는 한계가 있다. 따라서 kappa나 ICC 값 외에 이 연구에서 제시한 거짓 불일치율, 양성 불일치율, 유의성 검정 등과 같은 측도를 병행하여 설문자료의 신뢰성을 평가하는 것이 바람직할 것이다.

이 연구의 제한점으로는 설문조사를 수행한 전체 원전종사자에 대한 신뢰도 분석 대상자의 대표성 문제를 들 수 있다. 이 연구에서는 설문조사를 수행한 전체 원전종사자를 대표하도록 표본추출법(sampling method)에 의해 연구대상자를 선정하고 재조사를 수행한 것이 아니라, 설문조사 과정에서 다양한 이유에 의해 중복 조사자가 발생하여 이들을 이용하여 설문자료의 신뢰성을 평가하였기 때문이다. 하지만 설문조사에 응한 전체 원전종사자의 성별, 연령별 분포(평균연령 42.0세±SD 8.4세, 남성 95.66%, 여성 4.45%)가 신뢰도 분석 연구대상자와 큰 차이를 보이지 않고, 또한 중복 조사 사유가 다양하여 연구대상자의 대표성에 심각한 문제가 있다고 보기는 어렵다.

이 연구에서 조사된 원전 외 방사선작업 이력과 의료검사 이력, 질병력의 신뢰도는 과거이력 있음과 없음으로 구성된 설문내용에 근거하여 평가되었다. 향후 원전종사

자의 질병 위험도를 보다 정확하게 평가하기 위해서는 이들 항목에 대해 보다 구체적인 자료를 이용할 필요가 있다. 예를 들어, 한국동위원소협회 데이터베이스 등을 활용하여 우리나라 원전 외 시설에서의 방사선작업기록을 조사하면 원전종사자의 질병 위험도에서 보다 정확하게 방사선의 영향을 평가할 수 있을 것이다. 또한 건강검진이나 질병 치료와 관련한 의료적 방사선 피폭 자료를 조사하고 중앙암등록 자료나 건강보험 자료 등과 연계하여 대상자의 질병이력을 추적한다면 보다 신뢰성 있는 원전종사자 역학연구 결과를 도출할 수 있을 것이다.

요 약

목적: 원전종사자 역학조사를 통해 수집된 설문자료의 신뢰성을 분석하여 향후 원전종사자의 질병 위험도 평가에서 관련 자료를 정확하게 활용하기 위한 타당성을 파악하고자 한다.

방법: 설문조사가 이루어진 전체 대상자 8,832명 중 조사가 중복 실시된 원전종사자 646명을 연구대상자로 선정하고, 1차와 2차 설문응답 결과를 비교하였다. 범주형 설문항목의 경우 1차와 2차 설문응답에서 일치율, 거짓 불일치율, 양성 불일치율 및 kappa 값을 산출하였다. 수치형 설문항목에 대해서는 1차와 2차 응답 차이의 유의성 검정을 수행하고 급내상관계수(ICC)를 평가하였다.

결과: 방사선의 질병 위험도를 평가하는데 중요한 교란요인으로 알려진 흡연력에 대한 설문은 신뢰성이 아주 높았다(kappa=0.85). 또한 사회경제적 지표로 이용되는 교육수준 항목에서도 95.09%의 높은 일치율과 높은 신뢰성(kappa=0.89)을 보였다. 음주력과 의료검사 이력, 과거 질병력에 대한 설문자료에서는 중등도 이상의 신뢰도가 관찰되었다(kappa)0.4). 설문에서 수치를 기입하도록 조사된 신체치수, 흡연기간, 흡연량 및 음주기간 항목에서도 0.7 이상의 ICC 값이 관찰되어 설문응답의 신뢰성이 높은 것으로 평가되었다.

결론: 원전종사자 역학조사를 통하여 수집된 설문자료는 대부분의 항목에서 신뢰성이 높게 평가되어 향후 원전종사자의 질병 위험도 평가에서 유용한 정보를 제공할 것으로 판단된다. 신뢰도가 다소 낮게 나타난 CT 검사이력, 고지혈증 질병력의 경우 설문지에 용어 설명이 보완된다면 신뢰도가 개선될 가능성이 있다. 이 연구에서 논의된 설문자료와 함께 질병 발생과 사망, 피폭기록, 의료이용 기록에 대한 국가 데이터베이스를 활용하면 우리나라 원전종사자의 질병 위험도를 보다 정확하게 추정할 수 있을 것으로 판단된다.

감사의 글

연구에 도움을 주신 고려대학교 의과대학 이원진 교수님과 세심한 심사와 조언을 해주신 심사위원님들께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- 1) National Research Council. Health risks from exposures to low levels of ionizing radiation: BEIR VII-Phase2. The National Academies Press. Washington DC. 2005. pp 267-312.
- 2) Howe GR, Zablotska LB, Fix JJ, Egel J, Buchanan J. Analysis of the mortality experience amongst U.S. nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res* 2004;162(5): 517-26.
- 3) Zablotska LB, Ashmore JP, Howe GR. Analysis of mortality among Canadian nuclear power industry workers after chronic low-dose exposure to ionizing radiation. *Radiat Res* 2004;161(6):633-41.
- 4) Muirhead CR, O'Hagan JA, Haylock RG, Phillipson MA, Willcock T, Berridge GL, Zhang W. Mortality and cancer incidence following occupational radiation exposure: Third analysis of the national registry for radiation workers. *Br J Cancer* 2009;100(1):206-12.
- 5) Jeong M, Jin YW, Yang KH, Ahn YO, Cha CY. Radiation exposure and cancer incidence in a cohort of nuclear power industry workers in the Republic of Korea, 1992-2005. *Radiat Environ Biophys* 2010; 49(1):47-55.
- 6) Cardis E, Vrijheid M, Blettner M, Gilbert E, Hakama M, Hill C, Howe G, Kaldor J, Muirhead CR, Schubauer-Berigan M, Yoshimura T, Bermann F, Cowper G, Fix J, Hacker C, Heinmiller B, Marshall M, Thierry-Chef I, Utterback D, Ahn YO, Amoros E, Ashmore P, Auvinen A, Bae JM, Bernar J, Biau A, Combalot E, Deboodt P, Diez Sacristan A, Eklöf M, Engels H, Engholm G, Gulis G, Habib RR, Holan K, Hyvonen H, Kerekes A, Kurtinaitis J, Malter H, Martuzzi M, Mastauskas A, Monnet A, Moser M, Pearce MS, Richardson DB, Rodriguez-Artalejo F, Rogel A, Tardy H, Telle-Lamberton M, Turai I, Usel M, Veress K. The 15-country collaborative study of cancer risk among radiation workers in the nuclear industry: Estimates of radiation-related cancer risks. *Radiat Res* 2007;167(4):396-416.
- 7) Jin YW. An Interim Report: Epidemiological Study for the Evaluation of Cancer Risk among Radiation Workers in Nuclear Power Plants. Korea Hydro & Nuclear Power Co., Ltd. Seoul. 2009. pp 10-29. (Korean)
- 8) Ko KP, Park SK, Kim Y, Bae J, Jun JK, Gwack J, Yoo KY. Reliability of a questionnaire for women's reproductive history. *J Prev Med Public Health* 2008;41(3): 181-5. (Korean)
- 9) Schlesselman JJ. Case-Control Studies: Design, Conduct, Analysis. Oxford University Press. New York. 1982.
- 10) Cohen, Jacob. A coefficient of agreement for nominal scales. *Educ Psychol Meas* 1960;20(1):37-46.
- 11) Altman DG. Practical Statistics for Medical Research. Chapman and Hall. London. 1991.
- 12) Shrout PE, Fleiss JL. Intraclass correlations: Uses in assessing rater reliability. *Psychol Bull* 1979;86(2): 420-8.
- 13) Feinstein AR, Cicchetti DV. High agreement but low kappa: I. The problems of two paradoxes. *J Clin Epidemiol* 1990;43(6):543-9.
- 14) Cicchetti DV, Feinstein AR. High agreement but low kappa: II. Resolving the paradoxes. *J Clin Epidemiol* 1990;43(6):551-8.
- 15) Bruce KA, Emily W, Rodolfo S. Principles of Exposure Measurement in Epidemiology. Oxford University Press. New York. 1992. pp 78-114.
- 16) Park BJ, Kim DS, Koo HW, Bae JM. Reliability and validity study of a life style questionnaire for elderly people. *J Prev Med Public Health* 1998;31(1):49-58. (Korean)