

<원저>

어린이 부비동 엑스선 검사에서 검사자의 갑상선 차폐 효과성에 관한 연구

곽창교¹⁾·권정택¹⁾·이광제¹⁾·배일환¹⁾·김혜정^{1,2)}·이소미^{1,2)}·이도병¹⁾

¹⁾칠곡경북대학교병원 영상의학과·²⁾경북대학교 의과대학 영상의학교실

Study on the Effectiveness of Radiological Technologist's Thyroid Shielding in Pediatric Paranasal Sinus X-ray Examination

Chang-Kyo Kwak¹⁾·Jeong-Taek Kwon¹⁾·Kwang-Je Lee¹⁾·Il-Hwan Bae¹⁾·Hye-Jung Kim^{1,2)}·
So-Mi Lee^{1,2)}·Do-Byung Rhee¹⁾

¹⁾Department of Radiology, Kyungpook National University Chilgok Hospital

²⁾Department of Radiology, School of Medicine, Kyungpook National University, Kyungpook National University Chilgok Hospital

Abstract During paranasal sinus X-ray examinations in children, the radiological technologist's thyroid shield is often not implemented to shorten the examination time. This study measured the radiation exposure before and after the implementation of thyroid shielding by analyzing the difference in radiation exposure, the radiological technologist's could receive depending on the actual thyroid shielding. In the left TLD, when thyroid shielding was not performed(N), the radiation exposure dose(mSv) was 2,869 for the depth dose[Hp(10)] and 2,886 for the surface dose[H(3)], and when thyroid shielding was performed(Y), the Hp(10) was 0.033 and the H(3) was 0.034. In the right TLD, when thyroid shielding was not performed(N), the radiation exposure dose was 3,149 for Hp(10) and 3,137 for H(3), and when thyroid shielding was performed, the Hp(10) of (Y) was 0.013 and the H(3) was 0.015. The differences in the overall exposure dose measurement values are all statistically significant ($p<0.05$). The difference in radiation dose between when thyroid shielding was not performed and when thyroid shielding was performed was more than 99.2% in both cases, indicating a high radiation shielding rate.

Key Words: Paranasal sinus X-ray, Thyroid shield, Radiation exposure dose, Water's view, ICRP

중심 단어: 부비동 엑스선 검사, 갑상선 차폐, 피폭선량, 워터스 검사, 방사선방호위원회

I. 서론

방사선을 이용한 검사는 현대의학에서 빠질 수 없는 중요한 의료수단이 되었다. 방사선 검사는 비교적 간단한 방법으로 빠른 시간 안에 검사가 가능하기 때문에 그 사용빈도는 날이 증가하고 있는 추세다. 현재 방사선 분야는 환자의 질병을 진단하는 것을 넘어 치료하는 기술 수준 또한 매우 높은 수준에 이르렀다[1]. 현재 어린이 환자의 수는 과거에 비하여 급격히 증가하고 있으며, 어린이를 대상으로 한 방사선 검사 또한 크게 증

가하고 있다[2]. 질병관리청에서 발표한 통계자료에 의하면 2019년 기준 국내 의료방사선 검사 건수는 3억 7,414만 건에 달하며, 이 중 일반 엑스선 검사는 71.6%에 해당하는 2억 6,780만 건이 실시되었다. 또한, 국민 1인당 의료방사선 검사 건수는 7.2건이며, 이 중 5.2건이 일반 엑스선 검사이다. 국민 1인당 의료방사선에 의한 피폭선량은 같은 해에 2.42 mSv이며, 이중 일반 엑스선 검사에 의한 선량은 0.69 mSv로 컴퓨터 단층촬영(Computed Tomography, CT) 다음으로 높은 비율을 차지하고 있다[3]. 의료 목적으로 사용하는 방사선은 환자에

Corresponding author: Do-Byung Rhee, Department of Radiology, Kyungpook National University Chilgok Hospital, 807, Hoguk-ro, Buk-gu, Daegu, 41404, Republic of Korea / Tel: +82-53-200-7355 / E-mail: dbrhee@knuh.kr

Received 22 May 2024; Revised 27 May 2024; Accepted 3 June 2024

Copyright ©2024 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

게 방사선 피폭을 유발시키지만 이는 환자에게 의료 목적상 이익을 제공하므로 다른 방사선 노출 상황과는 다른 접근이 요구된다. ‘국제방사선방호위원회(International Commission of Radiological Protection, ICRP)’에서는 “의료영역에서 사용되는 방사선 선량은 환자에게 이득이 있을 때만 사용되어야 하고 정당화(Justification)와 최적화(Optimization)가 선행되어야 한다”[4]고 했으며, ‘ICRP 2007’에서는 “환자의 진단 또는 치료 목적으로 환자 개인의 선량을 제한하는 것은 진단에 있어 무익하며 유효성을 감소시키기 때문에 권장되지 않는다”[5]고 했다. 의료 목적으로 사용된 방사선 사용은 기본적으로 질병의 진단과 치료를 위해 환자선량의 한도를 두지는 않지만, “합리적으로 달성 가능한 한 낮도록(As Low As Reasonably Achievable, ALARA)” 하는 것을 원칙으로 하고 있다[6]. ‘ALARA 원칙’에 입각하여 전반적인 방사선 설정 값을 낮추는 것이 필수적이며, ‘KCR 2020’에 의하면 방사선 설정 강도 값을 낮추었음에도 그렇지 아니한 검사와 비교했을 때 실제 영상의 질에 큰 영향을 미치지 않았다는 것을 발표하였다[7]. ICRP는 환자 피폭선량을 적정 수준 이하로 낮추기 위해 검사할 때 환자가 받는 피폭선량 분포 중 75% 정도의 진단참고수준(Diagnostic Reference Level, DRL)을 의료기관에 권고하고 있는 실정이다. 일반 국민들은 의료방사선에 대한 지식이 전문적이지 않으므로 의료 방사선의 이익성은 알고 있지만 방사선 피폭의 위험도는 보통 이상으로 느낀다는 조사가 있다[8]. 그만큼 요즘 일반 국민들은 의료방사선 피폭에 대하여 매우 민감하다. 그러므로 방사선을 직업적으로 다루는 종사자는 의료방사선 사용 시 방사선 강도 설정에 대하여 고민이 필요하다. 병원 현장에서 근무를 하다 보면 Traffic Accident, Post-Operative, Pediatric Patients 등 여러 상황을 만나게 된다. 특히, 어린이들은 검사자와 보호자가 직접 붙잡고 검사하는 경우가 많은데 성인 보다 인지능력이 낮은 어린이 검사는 그 비율이 아주 높다. 이 경우 검사자와 보호자는 방사선 노출을 피하기가 어려우며, 엑스선 검사 때마다 불필요한 방사선 피폭에 노출되는 상황이다[9]. 검사자는 방사선 피폭에 대한 방호를 위해 Lead apron, Thyroid shield, Protective glasses 등의 물리적 방호도구 착용과 함께 피폭선량 감시를 위한 개인선량계를 부착하여야 한다. 일반적으로 방사선 관계 종사자는 몸통의 대표적 위치(좌측 가슴)에 하나의 선량계를 착용하고 심부선량(Hp(10)) 판독치를 유효선량(mSv)으로 같음한다[10]. 이러한 절차는 대체로 균일한 방사선 노출 현장에서 전신이 고르게 피폭되는 것이 전제가 되었을 때 합당하나 어린이 엑스선 검사 시 검사자는 방사선 발생 장치(Tube)에 인접해 있고 어린이를 직접 붙잡아 검사를 진행하므로 직접적으로 노출되는 방사선 피폭선량이 일정하지 못하다. Apron에 의해 검사자의 몸은 대체

로 방사선 차폐가 이루어지는 반면 갑상선과 수정체 등 그 인접 부위는 방사선에 직접적으로 노출될 수밖에 없다. 몸 안의 여러 장기에 미치는 피폭선량은 가슴에 위치한 선량계의 심부선량선량이 검사자의 유효선량으로 간주될 수 있지만 직접적으로 노출되는 갑상선, 머리, 피부 등 장기의 피폭선량은 무시되는 결과가 된다. 따라서 ‘ICRP’와 ‘미국방사선방호위원회(The National Council on Radiation Protection and Measurements, NCRP)’는 “Apron 안쪽에 선량계를 패용하고 노출된 신체부위에 추가로 두 번째 선량계를 패용하는 복수선량계 사용을 권고하고 있다”[5]. ‘ICRP 103’의 기준에 따라 유효선량을 평가할 때 사용하는 모의체로 실제 인체를 가정한 Reference Phantom을 채택하였고 조직 등가선량을 유효선량으로 합산하는 과정에 사용되는 조직가중치도 일부 변경되었다. 그리고 방사선 노출이 발생할 수 있는 갑상선 가중치는 5% → 4%로 감소하였다[5]. 전체 방사선 어린이 방사선 검사의 비율 중에서 5세 이하의 부비동 방사선 검사는 대부분 검사자와 보호자가 반드시 어린이를 붙잡고 진행되어야 하므로 방사선 피폭에 쉽게 노출된다. 이 때문에 Tube 가까운 곳에 있는 검사자와 보호자는 갑상선 차폐(Thyroid Shield) 등 방사선 방호를 꼭 시행하여야 한다. 본 연구에서는 실제 어린이 부비동(Paranasal Sinus) 엑스선 검사에서 검사자의 갑상선 차폐 유·무에 따라서 노출될 수 있는 방사선 피폭선량(Radiation Exposure Dose)을 측정하여 갑상선 차폐 시행 전·후 방사선 피폭선량의 차이를 분석해 보았다.

II. 대상 및 방법

1. 장비

본 연구는 5세 어린이를 가정한 팬텀(ATOM® Dosimetry Phantom, Model 705-d, CIRS, Norfolk, Va, US)을 사용하여 부비동 검사 시 검사자가 갑상선 차폐(Thyroid Protector, Lite Tech, Inc. Protection at 100 kV, 0.5 mmPb) 유·무에 따른 방사선 피폭선량을 측정하여 비교하였다. 검사 장비는 Digital Radiography X-ray System(Innovision - Sh 3D; DK Healthcare Company, Korea)을 사용하였으며, 장비의 사양은 간접전환방식(Indirect Conversion; Amorphous Silicon Cesium Iodide Digital X-ray Flat Panel Detector) 사용. 크기 17 × 17 inch(43 × 43 cm), 화소 수 3,072 × 3,072, Tube 고유역과 0.5 mm/Al, 조사야 12 × 12 inch, 해상도 4.0 Lp/mm, 화소 간격 140 μ, 격자비율 12:1, 초점 크기 0.6/1.2 mm 고정형 평행격자. 장비의 출력량, 관전압(Tube Voltage,

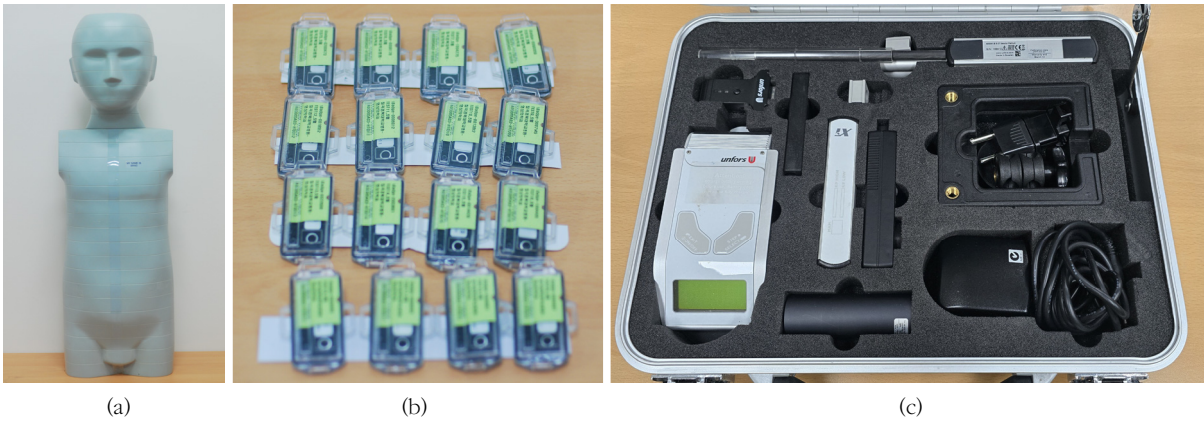


Fig. 1. (a) ATOM Dosimetry Phantom (5-year old) (b) TLD (Film Badge) (c) Multi-Function Tester

Kilovoltage Peak; kVp), 관전류량(Tube Current \times Time Product, Milliampere Second; mAs)과 5세 어린이 규격 팬텀(Height 110 cm, Weight 19 kg, Dimension 14 \times 17 cm³)의 갑상선 방사선 피폭선량을 측정하기 위하여 개인피폭선량계 (TLD, Panasonic UD-802AT)와 Multi-Function Tester (Unfors RaySafe-Xi & R/F Detector, Billdal, Sweden)를 사용하였다.

2. 방법

본 연구는 실제 어린이 부비동 엑스선 검사 중 Water's view 검사 방식과 동일하게 검사자의 위치와 팬텀을 위치를 고정시켰다. TLD 위치는 실제 검사자의 갑상선 위치와 동일하게 인체 모형의 갑상선 좌·우측에 각각 1개씩 부착하여 심부선량 (mSv)과 표층선량(mSv)을 측정하였다. 검사 조건은 70 kVp, 320 mA, 62 msec (20 mAs), SID 75 cm로 설정하였고 변수로는 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 시행했을 때를 구분

하여 진행하였다. 본 어린이병원 부비동 엑스선 검사 건수는 일 평균 6명, 월 평균 120명으로 본 연구에서는 이와 동일하게 1개월 누적 방사선 피폭선량을 가정하여 각 120회, 총 240회의 방사선을 1분 간격으로 노출시켜 실험을 진행하였다.

3. 통계적 분석

엑스선 장비에서 출력되는 선량이 일정한지 알아보기 위해 Unfors 선량측정기를 사용하여 관전압(kVp)과 관전류량 (mAs)을 측정하였다. 측정된 평균값들은 통계 프로그램 SPSS 20.0 (Statistical Package for the Social Sciences, IBM Corporation)의 일원배치 분산분석(One-way ANOVA)을 통하여 장비 출력 값의 변수를 통계적 비교하였다. 갑상선 피폭선량에 관하여 갑상선 차폐 시행 유·무의 조건에서 측정된 평균값들을 대응표본 t 검정(Paired t-test)을 통하여 통계적 비교를 시행하였으며, 유의수준은 95%를 기준으로 p -value 0.05 미만일 때 유의한 것으로 판단하였다($p < 0.05$).

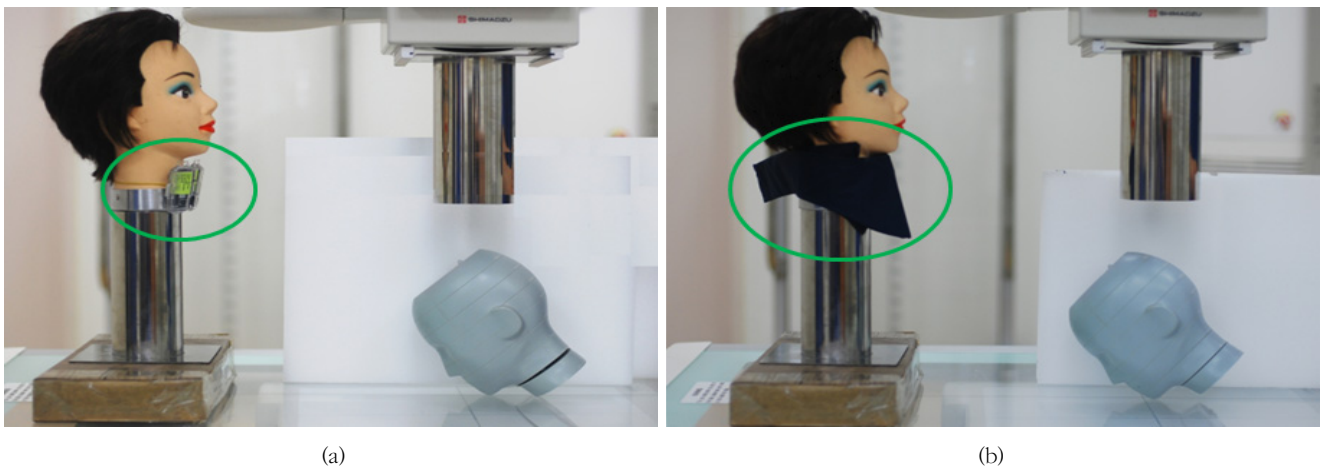


Fig. 2. (a) Measurement of thyroid radiation dose in human model (without thyroid radiation shielding) (b) Measurement of thyroid radiation dose in human model (including thyroid radiation shielding)



Fig. 3. (a) Measurement of thyroid radiation dose in human model (without thyroid radiation shielding) (b) Measurement of thyroid radiation dose in human model (including thyroid radiation shielding)

III. 결과

장비의 출력 측정 결과, 70 kVp, 20 mAs로 설정한 방사선 노출량의 평균(AVG)은 관전압 69.340 kVp, 관전류량 18.570 mAs로 나타났으며, 표준편차(SD)는 각각 0.850, 0.796로 측정되었다. 통계 결과, 관전압은 $p=0.265$, 관전류량은 $p=0.111$ 로 나타나 전체적으로 kVp, mAs 출력 조건 값은 통계적으로 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다($p<0.05$).

어린이 부비동 엑스선 검사 시 검사자가 받을 수 있는 갑상선 피폭선량에 대하여 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 차폐를 시행했을 때를 동일한 조건하에서 측정한 결과, 좌측 TLD에서 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때(N)의 피폭선량(mSv)은 심부선량 2.869, 표층선량 2.886으로 나타났으며, 갑상선 차폐를 시행했을 때(Y)는 심부선량은 0.033, 표층선량은 0.034로 나타나 이 둘의 심부선량 차이는 98.72%, 표층선량 차이는 99.57%를 나타내었다. 우측 TLD에서 갑상선 차

폐를 시행하지 않았을 때(N)의 피폭선량(mSv)은 심부선량 3.149, 표층선량 3.137로 나타났으며, 갑상선 차폐를 시행했을 때(Y)의 심부선량은 0.013, 표층선량은 0.015로 나타나 이 둘의 심부선량 차이는 98.82%, 표층선량 차이는 99.53%를 나타내었다. 전체적으로 방사선 피폭선량(mSv) 측정값의 차이는 통계적으로 유의한 차이가 있었다($p<0.05$). 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 갑상선 차폐를 시행했을 때의 방사선 피폭선량 차이는 양쪽 모두 98% 이상의 차이를 보였다.

IV. 고찰

ICRP 가이드라인에는 방사선 관련 종사자의 연간 방사선 피폭 누적선량을 20 mSv/year로 제한하였고 임신한 여성 종사자는 2 mSv/year 이하, 그 외의 일반 여행객들은 연간 1 mSv/year로 제한하였으며, 선량한도는 방사선 직업 종사자

Table 1. Output (Tube Voltage, Tube Current) measurement statistical results of X-ray equipment

Variable	Left Thyroid Shield(N)	Left Thyroid Shield(Y)	Right Thyroid Shield(N)	Right Thyroid Shield(Y)	AVG	SD	F	p -value
kVp	69,215	69,239	69,258	69,290	69,340	0,850	1,326	0,265
mAs	18,761	18,629	18,683	18,493	18,570	0,796	2,018	0,111

Table 2. Analysis of radiation exposure dose measured without and with thyroid shield

Variable	Left Thyroid Shield				Right Thyroid Shield			
	(N)	(Y)	t	p -value	(N)	(Y)	t	p -value
Depth dose (mSv)	2,869	0,033	394,783	0,000	3,149	0,013	373,516	0,000
Surface dose (mSv)	2,886	0,034	408,254	0,000	3,137	0,015	39,124	0,000

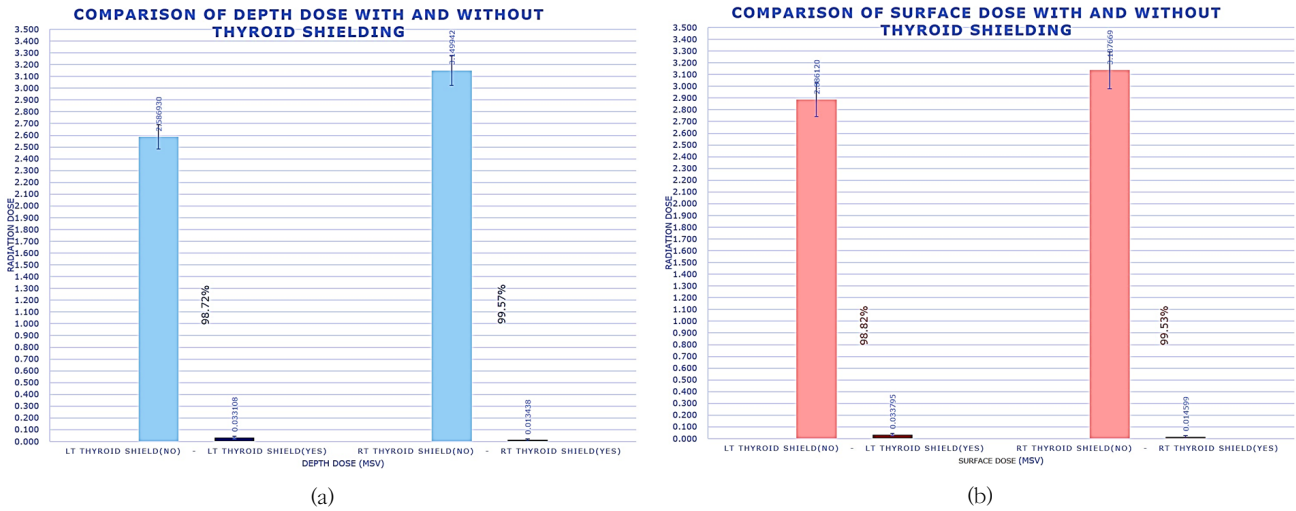


Fig. 4. (a) Measured TLD depth radiation exposure dose according to the presence or absence of thyroid radiation shielding (b) Measured TLD surface radiation exposure dose according to the presence or absence of thyroid radiation shielding

Table 3. Recommendations Radiation Exposure Dose of ICRP 60[4]

Application	Dose limit	
	Occupational	Public
Effective dose	20 mSv per year, averaged over defined periods of 5 years	1 mSv in a year
Annual equivalent dose in the lens of the eye	150 mSv	
The skin	500 mSv	50 mSv
The hands and feet	500 mSv	
Lower abdominal surface of pregnant women	2 mSv	

인 경우 수정체는 연간 150 mSv, 피부는 연간 500 mSv, 일반인의 경우 수정체는 연간 15 mSv, 피부는 연간 50 mSv 초과하지 못한다[4]. 의료방사선을 평가할 때 흉부 엑스선 검사를 예로 들면 1회 검사 시 인체가 받게 되는 방사선량은 최저 0.02 mSv이며, 보통 사람이 1년 동안 받는 자연 방사선 피폭선량이 평균 약 2.4 mSv로 보고되고 있다[11]. 즉, 특별히 의료기관에서 엑스선 검사를 받지 않더라도 사람은 살아가면서 흉부 영상 120장에 해당하는 방사선을 매년 받고 있는 것이다[12]. 자연방사선 피폭이 많은 항공기 승무원과 직업적으로 전리방사선에 노출이 많은 방사선사 등은 5년간 100 mSv/year를 초과해서는 안 되며, 1년에 최대 50 mSv/year 이내로 연 평균 20 mSv/year를 초과해서는 안 된다[4][13]. 해외에서는 방사선 검사나 핵의학 검사를 위해서 사용되는 의료방사선은 1인당 방사선 피폭선량이 연평균 3.0 mSv/year로서 흉부 엑스선 검사 150장에 해당하는 방사선 노출량과 비슷하다. 직업적 방사선 노출 종사자들은 20~30년간 종사한 이후에 100명 중 1명 정도의 비율로 암이 유발된다고 보고된다[14,15]. 방사선 피폭선량의 정도에 따라 암 발생 위험도가 달라진다는 보고서는 지금

도 제시되고 있으며, 방사선에 민감한 암 종류로는 백혈병, 림프종 등이 있으며, 둔감한 것은 피부암, 폐암 등을 예로 든다. 그리고 소량의 방사선 피폭으로도 암 발생 호발 가능성이 높은 것은 갑상선암, 유방암 등이 보고되고 있다[16]. 또한, 방사선 노출이 작을수록 방사선에 의한 암 발생률은 감소할 것이라는 주장이 있지만 검증된 정확한 수치를 제시하지는 못하고 있다[17]. 방사선 사용이 의료의 목적성과 일치하고 환자에게 이익으로 돌아오기 때문에 의료방사선 검사는 일반적인 방사선 피폭과는 다르게 구분되나 환자의 질환과 특성에 맞추어 검사 조건(관전압, 관전류, 검사시간, 검사범위)을 적용하여 환자의 방사선 노출을 최소화 할 필요가 있다[18]. 특히, 어린이는 방사선 감수성이 민감하고 체형이 작기 때문에 성인에게 사용되는 높은 방사선 노출은 주의하여야 하며, 유효선량은 어른에 비해 더 높게 적용되어야 한다. 어린이의 특성상 복부 내 지방과 장기가 작아 방사선 영상의 대조도가 어른에 비해 떨어지지만 영상의 화질을 높이기 위하여 지나친 방사선 사용은 지양하여야 한다. 특히, 갑상선, 골수, 생식선 등 방사선에 대한 민감도가 높은 부위는 방사선 차폐를 꼭 시행하여야 한다. 또한, 진단

에 필요한 영상 정보를 얻기 위하여 가급적 중복되는 검사는 피하고 저선량 방사선을 사용하여 불필요한 피폭선량을 줄이는 것이 필요하다[19]. 'ICRP 103'에서 제시한 조직가중치를 보면 골수, 유방 등이 0.12, 생식선이 0.08, 갑상선, 방광 등이 0.04, 뼈 표면, 뇌, 피부 등이 0.01로 방사선 사용에 있어 각 장기별 특징을 감안하여 방사선 차폐에 각별한 신경을 써야 한다[5]. 5세 이하의 어린이 부비동 엑스선 검사는 연령대가 낮아 질수록 의사소통과 행동 통제가 어렵고 검사자와 보호자가 함께 붙잡은 상태에서만 진행 가능하기 때문에 반복적인 엑스선 검사는 검사자와 보호자가 방사선 피폭선량에 노출될 우려가 있다[9]. 그럼에도 5세 이하의 어린이는 비특이적 움직임을 보이며, 자세의 뒤틀림으로 인해 목적하는 구조물들이 겹쳐지거나 정확하지 못한 영상을 나타낼 때도 있다. 어린이 급성 부비동염은 코막힘, 콧물이 코에서 목으로 넘어가는 증상, 두통, 기침, 목에 무언가 걸린 듯한 느낌의 증상이 나타나는데, 병원에 내원하여 제일 먼저 하는 검사가 부비동 엑스선 검사이다[20]. 부비동 검사 중에서 대체로 Water's view 검사를 가장 먼저 시행하는데 그 이유는 상악동(Maxillary Sinus)에 찬 염증을 확인하기 위해서이다. 어린이 부비동 검사 중에서 특별히 Water's view 검사를 가정하여 실험한 이유는 5세 이하의 어린이 검사 중 가장 자세 고정이 어렵고 재검사율이 가장 높은 검사기 때문에 선정하였다. 이에 본 연구에서는 어린이 Water's view 검사를 가정하여 팬텀과 검사자의 위치를 조정하고 검사자의 갑상선 좌·우측에 TLD를 고정하여 갑상선에 노출될 수 있는 방사선 피폭선량(mSv)에 측정해 보았다. 좌측 TLD에서 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 차폐를 시행했을 때의 차이는 심부선량에서 98.72%, 표층선량에서 99.57%를 나타내었으며, 우측 TLD에서 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 차폐를 시행했을 때의 차이는 심부선량에서 98.82%, 표층선량에서 99.53%를 나타내었다. 검사자의 갑상선 차폐를 시행하지 않았을 때와 차폐를 시행했을 때의 방사선 피폭선량(mSv) 비교 결과는 갑상선 차폐를 시행했을 때가 좌·우측 평균 99.2%의 높은 차단율을 보여주었다.

V. 결론

5세 이하 어린이의 부비동 엑스선 검사에서 검사자의 갑상선에 노출되는 방사선 피폭선량 측정에 대한 연구는 갑상선 차폐를 시행했을 때가 차폐를 시행하지 않았을 때 보다 평균 99.2%의 높은 방사선 차단율을 나타내어 갑상선 차폐를 시행하는 것이 시행하지 않았을 때 보다 방사선 피폭선량 방어에 있어 유의미하다는 결론이 도출되었다. 특히, 방사선사 등 직업적으로

방사선 노출이 많은 종사자는 방사선 피폭에 있어 확률적 영향을 고려하여 가능한 방사선 차폐를 시행하고 저선량 방사선을 사용하는 것이 필요하다. 앞으로 병원 현장에서 방사선 차폐의 중요성에 대한 인식이 더 높아지길 기대한다.

REFERENCES

- [1] Rhee DB, Kim JK, Lee JM, A Study on the comparison of the radiation exposure dose to the image quality of phantom chest radiography using a radiographic assist device, *New Physics*, 2018;68(7):801-11, DOI: <https://doi.org/10.3938/NPSM.68.801>
- [2] Rhee DB, Lee SM, Choi HW, Kim JK, Lee JM, A study on chest X-ray using ancillary device for child radiography, *Journal of Biomedical Engineering Research*, 2018;39(1):48-54, DOI: <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.4.243>
- [3] Yoon YS, Park HM, Won JH, Song SK, Gil JW, Lee BY, Korean diagnostic reference level for general radiography and mammography in 2022, *Public Health Weekly Report*, 2023;16:1082-100, DOI: <https://doi.org/10.56786/PHWR.2023.16.31.2>
- [4] ICRP, 1990 recommendations of the international commission on radiological protection, International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 60 Ann, ICRP, 21(1-3): 1991, Available from https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_21_1-3
- [5] ICRP, The 2007 recommendations of the international commission on radiological protection, International Commission of Radiological Protection, ICRP Publication 103 Ann, ICRP, 37, Pergamon, Oxford; 2007, Available from [https://icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37\(2-4\)-Free_extract.pdf](https://icrp.org/docs/ICRP_Publication_103-Annals_of_the_ICRP_37(2-4)-Free_extract.pdf)
- [6] ICRP, 1996 recommendations of the international commission on radiological protection, International Commission on Radiological Protection, ICRP Publication 73, 1996, Available from https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_26_2
- [7] Eo H, Gil JW, Lee BY, Lee HK, Development of diagnostic reference levels (DRL) in fluoroscopy, *Public Health Weekly Report*, 2021;14:1633-47, Available

- from <https://www.phwr.org/journal/view.html?pn=search&uid=505&vmd=Full>
- [8] Ji MH, Gil JW, Won JH, Lee BY, Seoung YH. The nation public awareness on medical radiation using structural equations model. *Public Health Weekly Report*. 2023;16:1289–305. DOI: <https://doi.org/10.56786/PHWR.2023.16.38.1>
- [9] Rhee DB, Seo SJ, Choi HW, Ko CW, Kim JK. Development of children's X-ray imaging assist device. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2020;43(4):243–9. DOI: <https://doi.org/10.17946/JRST.2020.43.4.243>
- [10] ICRP. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. International Commission of Radiological Protection, ICRP Publication 74. Oxford, Pergamon Press; 1997. Available from https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/ANIB_26_3-4
- [11] Regulla DF, Eder H. Patient exposure in medical X-ray imaging in Europe. *Radiat Prot Dosimetry*. 2005;114(1–3):11–25. DOI: <https://doi.org/10.1093/rpd/nch538>
- [12] Kim, GH. Research of awareness for medical radiation safety in radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(3):255–60. Available from <https://inis.iaea.org/search/searchsinglerecord.aspx?recordsFor=SingleRecord&RN=49069357>
- [13] Nuclear Safety and Security Commission. Act on protective action guidelines against radiation in the natural environment. Article 2, Seoul, Korea; 2017. Available from https://www.nssc.go.kr/attach/na-mo/files/000001/20191206162526368_SWNZIWCO.pdf
- [14] Marazziti D, Baroni S, Catena–Dell'Osso M, Schiavi E, Ceresoli D, Conversano C, et al. Cognitive, psychological and psychiatric effects of ionizing radiation exposure. *Curr Med Chem*. 2012;19(12):1864–9. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22376039/>
- [15] Tang FR, Loganovsky K. Low dose or low dose rate ionizing radiation-induced health effect in the human. *J Environ Radioact*. 2018;192:32–47. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jenvrad.2018.05.018>
- [16] Upton AC. The dose–response relation in radiation-induced cancer. *Cancer Res*. 1961;21:717–29. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/13779235/>
- [17] Rugh R. Low levels of x-irradiation and the early mammalian embryo. *Am J Roentgenol Radium Ther Nucl Med*. 1962;87:559–66. Available from <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:40941701>
- [18] Yun JH, Lee KW, Cho YK, Choi JW, Lee JI. Effective dose determination from CT head & neck region. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2011;34(2):105–16. Available from <https://koreascience.kr/article/JAKO201121641922069.page>
- [19] The Korean Society of Radiology. Radiation and human body. Pediatric radiation exposure dose. Available from <http://www.radiologyinfo.or.kr/>
- [20] Ajou University Medical Center. Health information, 2007. Available from <https://www.ajoumc.or.kr/story/board/articleView010003001.do?no=4776>

구분	성명	소속	직위
제1저자	곽창교	칠곡경북대학교병원	방사선사
공동저자	권정택	칠곡경북대학교병원	방사선사
공동저자	이광제	칠곡경북대학교병원	방사선사
공동저자	배일환	칠곡경북대학교병원	실장
공동저자	김혜정	칠곡경북대학교병원	교수
공동저자	이소미	칠곡경북대학교병원	부교수
교신저자	이도병	칠곡경북대학교병원	팀장