

Head CT 검사 시 안구 차폐용 Bismuth사용에 의한 수정체 선량 감소에 대한 평가

— Assessment of the Eye Lens Dose Reduction by Bismuth Shields in Rando Phantom Undergoing CT of the Head —

고려대학교 안산병원 영상의학과 · 고려대학교 보건과학대학 방사선학과¹⁾

조평근 · 김유현¹⁾ · 최인자 · 정정표 · 장상규 · 이 현
김장섭 · 신동철 · 최종학¹⁾ · 이기성¹⁾ · 이원호¹⁾

— 국문초록 —

본 연구는 두부 전산화 단층촬영 시 차폐용 bismuth를 사용하여 수정체 선량의 감소와 차폐용 bismuth의 유용성을 평가하기 위해 수행되었다. 인체모형 팬텀과 열형광 선량계를 이용하여 (a) 안구를 포함한 두부 CT 촬영 (b) 두부 전체가 포함된 CT촬영 (c) 안구를 배제하고 20°를 준 두부 CT촬영 시의 수정체 선량을 평가하였다. 수정체 선량의 감소효과는 안구를 포함한 두부 CT촬영에서 43.2%, 두부 전체가 포함된 CT촬영에서 36.0%, 20° 각도를 준 두부 CT촬영에서 1.4%로 나타나 두부 전체가 포함된 CT촬영과 안구를 포함한 두부 CT촬영에서는 상당한 감소효과가 있지만 안구를 제외한 20° 각도를 준 두부촬영에서는 감소효과가 적었다. 즉, 차폐용 bismuth를 사용한 수정체 선량감소는 안구가 촬영부위에 포함된 경우에는 유의한 것으로 나타났으나 안구가 포함되지 않은 두부 CT촬영일 경우에는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 두부 CT촬영 시 차폐용 bismuth의 사용은 안구가 포함되는 일부의 CT촬영에서만 제한적으로 사용되는 것이 바람직하다.

중심 단어 : 수정체 선량, 전산화 단층촬영, 차폐용 bismuth

I. 서 론

빠른 영상획득과 높은 분해능의 영상화가 가능한 다중 채널 전산화 단층촬영장치(Multi Detector Computed Tomography, MDCT)의 출현은 임상 의료현장에서 전산화 단층촬영장치(Computed Tomography, CT)를 이용한 검사의 많은 증가를 가져왔다. 이에 따라 CT를 이용한

검사에서 환자에게 피폭되는 방사선 선량에 대한 관심이 그 어느 때보다 증가하고 있는 것으로 생각된다. CT촬영은 일반촬영이나 투시촬영과 비교할 때 X선의 분포에 차이가 있고, 환자에 대한 방사선 피폭이 훨씬 많은 것으로 보고되고 있다¹⁾.

CT의 사용이 모든 의료용 X선 장치의 사용에 11%를 차지하고 CT촬영에 의한 방사선피폭이 일반인이 받는 총 방사선피폭에 약 67%를 차지하며 총 CT촬영의 45%가 두부 CT촬영이라고 보고되고 있다^{2,3)}. 두부CT촬영이 흉부나 복부, 골반촬영에 비해 환자피폭선량이 낮다고 하나 두부 CT촬영으로 인한 수정체의 피폭은 심각한 장해를 초래할 수 있다. 국제방사선방어위원회(International Commission

* 접수일(2008년 4월 23일), 심사일(2008년 5월 26일), 채택일(2008년 6월 2일)
책임저자: 김유현, (136-703), 서울시 성북구 정릉동 산1번지
고려대학교 보건과학대학 방사선학과
TEL: 02-940-2823, FAX: 02-917-9074
E-mail: kyhyun@korea.ac.kr

on Radiological Protection, ICRP) 보고에 의하면 단일 시기 두부CT촬영 시 수정체 선량이 약 3mGy 정도이나 부비동 CT촬영에서는 7mGy, 안구외상을 위한 CT촬영에서는 13mGy 정도의 피폭선량에 이른다¹⁾. 또한 ICRP의 보고에 의하면 수정체는 가장 방사선감수성이 높은 조직으로서 전리방사선에 의해 수정체 앞부분의 세포가 죽거나 장애를 받을 수 있다. 이와 같이 죽거나 장애를 받은 세포는 수정체 섬유로 분화하지 못하고 수정체 뒤쪽으로 옮겨가 수정체 불투명을 일으킬 수 있으며 수정체 불투명을 일으키는 역치선량은 0.5~2 Gy로 보고하고 있다⁴⁾.

수정체의 피폭선량은 겐트리를 적당하게 각도를 주어 두부 CT를 시행함으로써 흡수선량을 현격하게 감소시킬 수는 있으나 두개골유착, 안와, 부비동, 유양돌기와 같은 부위의 촬영 시에는 수정체가 어쩔 수 없이 촬영범위에 포함되게 된다. 이와 같이 CT촬영 시 수정체 선량의 중요성을 인식하여 외국에서는 많은 연구자들에 의해 수정체 선량을 감소시킬 수 있는 방안에 대한 연구가 많이 있으나 국내에서는 아직 수정체 선량에 대한 보고가 없다⁵⁻¹³⁾.

따라서 본 연구에서는 최근 상품화 되어 있는 수정체 차폐용 bismuth를 이용하여 두부 CT촬영 시 수정체 선량의 감약 정도를 분석하고 그 사용의 유용성을 평가하고자 한다.

II. 재료 및 방법

1. 차폐용 bismuth의 선량감소 능력 평가

시중에서 구입할 수 있는 차폐용 bismuth의 선량 감약 정도를 측정하기 위하여 64-slice MDCT(multi-detector computed tomography) scanner(Brilliance 64, Philips, Cleveland, USA)를 사용하였고 이때 scanning factors는 120 kVp, 250 mAs, rotation time 0.75 sec, beam

collimator는 64×0.625 mm를 사용하였다. Fig. 1.과 같이 CT head phantom(Model 76-414; Nuclear Associates, New York, USA)에 CT ionization chamber(Model 20×5-3 CT, S/N 21560; Radical, Monrovia, USA), Radiation monitor controller(Model 2026, S/N 26-0082; Radical)를 이용하여 안와 및 갑상선 차폐용 Bismuth(0.060 mm Pb equivalent, F&L Medical Products Co, USA)를 올려놓은 상태와 올려놓지 않은 상태에서 중심, 3, 6, 9, 12시 방향에서의 CTDI(computed tomography dose index)값을 측정하였다.

2. 열형광선량계(TLD)를 이용한 수정체선량 평가

차폐용 bismuth의 사용 시 수정체 선량의 감약 정도를 평가하기 위하여 사람 모양의 Rando 팬텀(model RS-109, Radiation Management Services, Fluke Biomedical, USA)과 열형광선량계(LiF: Cu, P, TLD-100, Victoreen)를 사용하였다.

차폐용 bismuth의 선량 감약 정도를 평가하기 위하여 Fig. 2와 같이 3종류, 즉 (a) 안구를 포함한 두부 CT촬영 (b) 두부전체가 포함된 CT촬영 (c) 안구를 제외하기 위하여 20° 각도를 준 두부 CT촬영이 시행되었다. 모든 CT촬영은 64-slice MDCT(Brilliance 64, Philips, Cleveland, USA)를 사용하였고, 이때 scanning parameter는 120 kVp, 250 mAs, rotation time 0.75 sec, beam collimation 16×0.625 mm, slice thickness 5 mm로 시행되었으며 각각 촬영 전에 후두부(occiput)에서 두정(vertex)까지의 측면 topography를 얻었다. CT촬영 시 팬텀의 양쪽 눈 위에 각각 2개의 TLD를 올려놓고 CT촬영을 시행하였고, 다시 양쪽 눈 위에 각각 2개의 TLD를 올려놓고 차폐용 bismuth를 덮고 CT촬영을 시행하여 각각 4개의 TLD의 값을 TLD reader(Model 2,800 M, Victoreen)로 읽어 평균을 구하여 수정체 선량으로 하였다. 또한 TLD 교정을

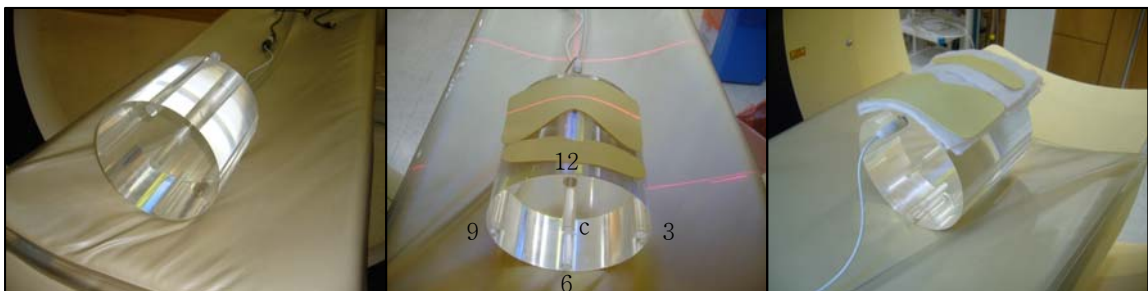


Fig. 1. Experimental set up to measure ability of dose reduction of bismuth shield

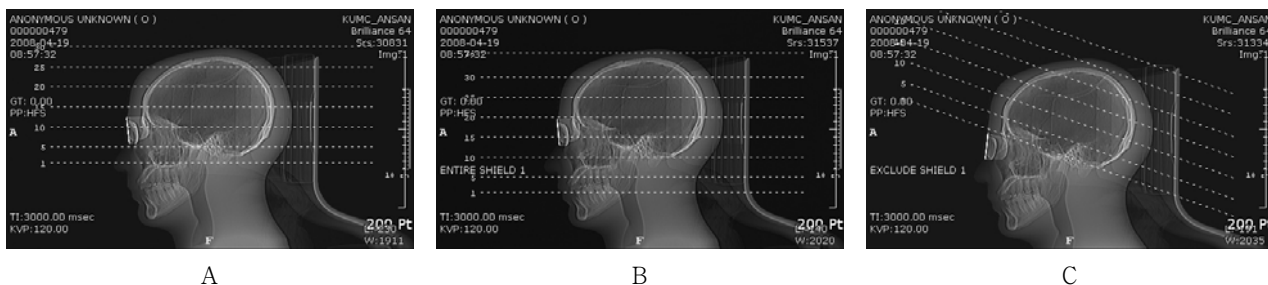


Fig. 2. Topographies of the Head CT examinations : A is included orbit, B is included entire head, C is excluded orbit

위하여 5.3 ml 전리조(Model PM-05, Capintec, USA)와 TLD를 X-선 장치로 120 kVp에서 동시에 조사하여 교정하였다. 이때 사용된 X-선 장치의 총여과는 3.2 mmAl로, CT장치의 에너지 스펙트럼과 비슷한 선질을 만들기 위하여 4.3 mmAl의 부가필터를 사용하였다.

III. 결 과

1. 차폐용 bismuth의 선량 감소 효과

Table 1에서와 같이 Bismuth로 차폐했을 때와 하지 않았을 때의 CTDI 값은 12시 방향을 제외한 3시, 6시 방향은 약간 증가 9시, center 방향은 약간 감소를 보였지만 유의한 수준은 아니었다. 그러나 12시 부위의 경우 Bismuth로 차폐했을 때 CTDI 값은 29.69 mGy에서 20.09 mGy로 약 32%의 감소를 나타내었다.

Table 1. Comparison of measured CTDI(mGy) for with and without bismuth shield

	12	3	6	9	center
Without bismuth	29.69	26.44	24.84	28.25	23.88
With bismuth	20.09	26.96	25.02	24.86	21.47

2. 열형광선량계(TLD)를 이용한 수정체선량 감소 효과

Rando 팬텀과 TLD를 이용하여 두부 CT촬영 시 차폐용 bismuth의 선량감소 효과를 측정된 결과 Table 2에서 보는 바와 같이 안구 CT촬영 시 수정체 선량은 22.93 mGy

에서 13.02 mGy로 43.2%감소, 두부 CT촬영 시는 27.82 mGy에서 17.79 mGy로 36.0%감소, 20° 각도를 준 두부 CT 촬영 시는 2.12 mGy에서 2.09 mGy로 1.4%의 감소효과가 나타났다.

Table 2. Percentage reduction in eye lens dose measured with radioprotective bismuth shields in phantom undergoing CT scans.

CT examination	Mean eye lens dose without bismuth(mGy)	Mean eye lens dose with bismuth(mGy)	Mean eye lens dose reduction(%)
Included orbit	22.93	13.02	43.2
Included entire head	27.81	17.79	36.0
Excluded orbit	2.12	2.09	1.4

IV. 고 찰

차폐로 인한 선량감소 효과는 수정체에 백내장 등을 유발할 수 있는 결정적 영향과 암 등을 유발하는 확률적 영향의 측면에서 검토되어야 하며 차폐체의 유용성에 대한 평가는 흡수선량과 영상의 질에 대한 양적인 평가에 기초하여야 한다. 결정적 효과는 어떤 역치선량을 초과하였을 때 일어나지만, 확률적 효과는 역치선량이 없고 낮은 선량에서도 암이 유발될 가능성이 있으며 그 가능성은 선량에 비례하여 증가한다. 이와 같은 확률적 효과가 일어날 수 있는 가능성은 타당하고 가능한 낮은 선량을 유지함으로써 제한할 수 있다.

백내장을 유발할 수 있는 역치선량인 5 Sv라는 선량⁴⁾은 한 번의 두부 CT촬영에서는 도달할 수 없지만 여러 번 반복적인 CT검사에서는 충분히 도달할 수 있다고 한다면 차폐용 bismuth의 사용으로 30~40%의 수정체선량

을 감소시킬 수 있다면 방사선에 의한 백내장 유발을 최소화하는데 기여할 수 있다고 사료된다. 따라서 본 연구는 Rando 팬텀과 TLD를 이용한 선량측정방법에 의해 시중에서 구입 가능한 bismuth 차폐체를 사용한 두부 CT 촬영 시 수정체 선량의 감소효과 및 차폐체로서의 유용성에 대한 연구를 시행하였다. Table 1에서와 같이 차폐용 bismuth의 선량감소효과는 12시 방향에서 약 32%의 감소효과를 나타내어 제조회사에서 주장하는 40%보다는 낮게 나타났으며 다른 방향에서는 다소 증가 또는 감소를 보여 수정체 선량의 감소는 차폐용 bismuth를 눈 위에 직접 놓고 CT촬영을 시행할 때 유효한 것으로 사료된다.

Table II에서 보논바와 같이 수정체선량의 감소는 안구촬영에서 43.2%, 두부촬영에서 36.0%, 20° 각도를 준 두부촬영에서 1.4%로 나타나 수정체 선량의 최대 감소는 차폐용 bismuth가 있는 부위의 촬영을 시행한 안구촬영에서 나타났다. 이것은 Perisinakis 등, Hein 등의 연구^{6,7)}와 같은 경향을 보였으나 McLaughlin and Mooney⁵⁾의 연구에서는 성인 환자의 두부 CT촬영 시 차폐용 bismuth를 사용함으로써 18%의 낮은 선량감소를 보였는데 이는 모든 환자에서 각도를 주어 안구가 일부만 포함되었기 때문인 것으로 사료된다. 또한 Hopper 등이 팬텀을 이용한 연구에서 48.5%의 선량감소를 성인 환자를 대상으로 한 연구에서 39.6%의 선량감소를 보였으나 이 연구에서는 차폐용 bismuth의 위치나 X-선속방향에 대한 언급이 없다.

이와 같이 수정체선량의 감소는 안구 CT촬영과 두부 CT촬영에서는 상당한 감소효과가 있지만 안구를 제외한 20° 각도를 준 두부촬영에서는 감소효과가 미미하였다. 즉, X-선속을 수정체에서 제외시키는 각도를 주어 CT촬영을 시행함으로써 더욱 효과적으로 수정체선량을 감소시킬 수 있다. 그러나 나선형 다중절편(helical multislice) CT에서는 각도를 주어 촬영하는 것도 z-overranging효과 때문에 수정체 선량을 줄이는데 효과적이지 못하다고 Tzedakis A 등¹³⁾은 보고하고 있다. 또한 차폐용 bismuth의 사용으로 인한 선량감소 효과는 누운 자세의 환자에 대해 X-선관이 앞쪽에 있을 때에는 가능하지만 X-선관이 뒤쪽에 있을 경우에는 환자를 투과하여 영상을 만드는 유효 X-선속이 차폐체에 의해 감소됨으로서 영상의 질에 영향을 미칠 수 있다고 J. Geleijns, M 등⁸⁾은 주장한다.

본 연구는 평균 크기의 성인 팬텀에서 수행된 것으로서 비교적 뚱뚱한 환자나 소아환자의 경우는 고려되지 않았으며 향후 실제 환자를 대상으로 한 측정이 필요하다.

V. 결 론

두부 CT촬영 시 차폐용 bismuth를 사용한 수정체 선량감소는 안구가 촬영부위에 포함된 경우에는 유의한 것으로 나타났으나 안구가 포함되지 않은 두부 CT촬영일 경우에는 유의하지 않은 것으로 나타났다. 따라서 두부 CT촬영 시 차폐용 bismuth의 사용은 안구가 포함되는 일부의 CT촬영에서만 제한적으로 사용되는 것이 바람직하다.

Reference

1. J. Anthony Seibert, Gray T. Barnes, Robert G. Gould, et al.: Specification, Acceptance testing and quality control of diagnostic X-ray imaging equipment. Medical physics monograph No. 20, 899-936, 1991
2. International Commission on Radiological Protection: Managing Patient Dose in Computed tomography, in Ann ICRP 2000(Pergamon Oxford, 2000), ICRP Publication 87, Vol. 30, Issue 4. 2000
3. National Radiological Protection Board: Radiation Exposure of the UK Population from Medical and Dental X-Ray Examinations(NRPB Chilton, Didcot, Oxon UK, 2002), NRPB_W4, 2002
4. International Commission on Radiological Protection, Recommendations of the International Commission on Radiological Protection, in Ann ICRP 1990 Pergamon Oxford, ICRP Publication 60, Vol. 21, Issue 1, 1990
5. D.J. McLaughlin, R.B Mooney: Dose reduction to radiosensitive tissues in CT. Do commercially available shields meet the users' needs?, Clinical Radiology, 59, 446-450, 2004
6. Kostas Perisinakis, Maria Raissaki, Antonis Tzedakis etc.: Reduction of eye lens radiation dose by orbital bismuth shielding in pediatric patients undergoing CT of the head: A Monte Carlo study: Medical Physics, 32(4), 1024-1030, 2005
7. Eike Hein, Patrik Rogalla, Randolph Klingebiel, Bernd Hamm: Low-dose CT of the paranasal sinuses with eye lens protection: effect on image

- quality and radiation dose, *Eur. Radiol*, 12, 1693–1696, 2002
8. J. Geleijns, M. Salvado Artells, W. J. H. Veldkamp etc.: Quantitative assessment of selective in-plane shielding of tissues in computed tomography through evaluation of absorbed dose and image quality, *Eur. Radiol*, 16, 2334–2340, 2006
 9. C. HOHL, J. E. WILDBERGER, C. SUB, etc.: Radiation Dose Reduction to Breast and Thyroid During MDCT: Effectiveness of an In-Plane Bismuth Shield, *Acta Radiol.*, 6, 562–567, 2006
 10. Srinivasan Mukundan, Jr., Page Inman Wang, Donald P. Frush: MOSFET Dosimetry for Radiation Dose Assessment of Bismuth Shielding of the Eye in Children, *AJR*, 188, 1648–1650, 2007
 11. Courtney Coursey, Donald P. Frush, Terry Yoshizumi etc.: Pediatric Chest MDCT Using Tube Current Modulation: Effect on Radiation Dose with Breast Shielding, *AJR*, 190, W54–W61, 2008
 12. Mehmet Halit Yilmaz, Dogan Yasar, Sait Albayram etc.: Coronary calcium scoring with MDCT: The radiation dose to the breast and the effectiveness of bismuth breast shield, *European Journal of Radiology*, 61, 139–43, 2007
 13. Tzedakis A, Damilakis J, Perisinakis K, Stratakis J, Gourtsoyiannis N: The effect of z overscanning on patient effective dose from multidetector helical computed tomography examinations, *Med Phys* 32(6), 1621–1629, 2005

• Abstract

Assessment of the Eye Lens Dose Reduction by Bismuth Shields in Rando Phantom Undergoing CT of the Head

Pyong-Kon Cho · You-Hyun Kim¹⁾ · In-Ja Choi · Sang-Gyu Chang · Jung-Pyo Chung
Hyun Lee · Jang-Seob Kim · Dong-Cheol Shin · Jong-Hak Choi¹⁾ · Ki-Sung Lee¹⁾ · Won-Ho Lee¹⁾

Department of Radiology, Ansan Hospital, Korea University Medical Center

¹⁾*Dept. of Radiologic Science, College of Health Science, Korea University*

The aim of this study is to assess the dose reduction of eye lens and availability of bismuth garments resulting from the use of radioprotective bismuth garments to shield the eyes of patients undergoing head CT. Rando phantom and TLDs were used to determine the amount of dose reduction by bismuth shielding of the eye in the following simulated CT scans: (a) scanning of the head including orbits, (b) scanning of the whole head, and (c) 20° angled scanning of the head excluding orbits.

The average dose reduction of eye lens was 43.2%, 36.0% and 1.4% for the three CT scans listed above. Significant reduction in the eye lens dose was achieved by using superficial orbital bismuth shielding during head CT scans. However, bismuth shields should not be used for the patients when their eyes are excluded from the primarily exposed region.

Key Words: Eye lens dose, CT, bismuth shielding