

Design of Simple Shielding Handkerchief to Protect the Passenger's Thyroid

Hongmoon Jung, Jaeun Jung*

Department of Radiological Science, Daegu Health College

Received: January 17, 2019. Revised: February 25, 2019. Accepted: February 28, 2019

ABSTRACT

Recently, the number of passengers using airplanes is rapidly increasing due to the increase of overseas travelers. Therefore, the probability of exposure to natural radiation due to altitude is increasing due to the increase in flight time. Cosmic-ray penetrates the Earth's magnetic field belt Van Allen, which is located at an altitude of 400 km to 1200 km. Most cosmic rays are blocked at Van Allen belt. However, cosmic-ray could be not completely blocked, and a small amount of cosmic-ray affects the earth. In general, if the altitude was increased by 100m, the natural exposure dose increased by 0.03 mSv on the Earth. In this study, I tried to minimize the exposure to natural radiation in airplanes when boarding airplanes. Especially, I was aimed to minimize radiation exposure by protecting the highly sensitive thyroid gland among human organs. According to the results of the study, the designed shielding handkerchief was able to shield cosmic natural radiation dose by more than 70%. In conclusion, the application of the shielding handkerchief made in this study can be effectively shield natural radiation.

Keywords: cosmic-ray shield, altitude natural radiation, radiation shielding handkerchief

I. INTRODUCTION

최근에 저가 항공의 보급과 해외여행의 관심으로 인해 항공승객이 계속적으로 증가하고 있다. 국내선뿐만이 아닌 국제선승객도 증가하고 있는데 이러한 원인으로서는 레저와 여행에 관심이 증가하고 있기 때문이다. 국제항공운송 협회인 LATA (International Air Transport Association)에 보고에 따르면 2016년 세계적으로 항공운송이용 승객은 약 36만 명에 이른다고 한다.^[1,2] 또한 항공 이용승객은 앞으로도 계속적으로 증가할 것이라고 보고하였다.^[3] 우주로부터 생성이 되어 지구에 도달하는 우주 자연방사선은 인공적 피폭이 아닌 우주에서 발생되어 지구대기를 넘어 지표까지 도달되는 방사선이다. 인류는 지구상에 존재하면서 계속적으로 우주 방사선의 영향을 받아왔다. 원자방사능의 영

향에 관한 국제연합과학위원회(United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: 2000)에 발표된 자료를 보면 일반인의 자연 방사선량의 피폭은 연간 평균 2.4 mSv 로 발표되었다.^[4] 지구내부의 지표에서부터 고도가 높아질수록 우주선에 기인하여 자연방사선량의 피폭의 증가 현상이 나타난다. 지구지표로부터 100m 의 고도가 증가함에 따라 피폭선량이 0.03 mSv 가 증가된다는 보고가 있다.^[5] 우주방사선은 대기권 밖에서 생성된 매우강한 입자에너지 또는 고에너지 빛이 지구의 대기를 통해 지표면까지 도달하는 방사선으로 정의되어진다. 우주방사선의 발견은 오스트리아 과학자 빅터(Vitor Francis Hess,1912년)가 몇 년간 걸쳐 본인이 고안한 실험 장비를 기구에 매달아 높이가 높아질수록 방사선의 수치가 증가한다는 사실을 증명하였으며 이후 전례실험결과를 기반으

* Corresponding Author: Jung jae-eun

E-mail: jejung@dhc.ac.kr

Tel: +82-53-320-4521

로 밀리칸(Millikan) 과 카메론(Cameron)에 의하여 1926년에 우주선(Cosmic-Ray)이라 명명되었다.^[6] 우주방사선은 형성은 두 가지로 구분된다. 초신성 폭발 등에 의한 외부 은하계로부터 발생하는 은하 우주선 (GCR: Galactic Cosmic Ray)과 태양의 흑점폭발에 기인된 태양우주방사선 (SCR: Solar Cosmic Ray)이다. 이 두 가지 형태의 우주방사선이 지구대기에 존재하는 반 앨런대 (Van Allen belt)를 통과하면 핵종에 의한 트랩 방사선 (Trapped radiation)이 발생되어 지구에 영향을 주기도 한다. 이들 발생원 중 태양우주방사선(SCR)은 은하우주방사선 GCR보다 상대적으로 에너지가 낮은 형태를 나타낸다. 그러므로 지구에 영향을 많이 주는 우주방사선 즉, 지구대기에 존재하는 지구자기장 벨트인 반 앨런 (VanAllen:400km ~ 1200km)대를 투과하여 지표까지 전달되는 대부분의 우주방사선은 은하우주방사선 (GCR)이다. 은하우주방사선 (GCR)대부분은 고에너지의 전하를 가진 입자의 형태로 구성되어 있으며 이는 펄서가속 및 은하핵폭발에 의해 만들어지며 85%는 양성자로 12.5%는 알파입자이며 나머지는 전자 및 다양한 원자핵종으로 구성되어 있다.^[5-7] 다양한 우주방사선은 지구의 자기장 벨트인 반 앨런대에 의해 대부분 차단되어진다. 그러나 우주선을 완벽하게 차단하는 것은 불가능하기 때문에 결국 지구내의 지표에 우주방사선이 영향을 주게 된다. 우주에서 기인된 자연방사선 피폭을 완벽하게 방호 한다는 것은 현재로는 불가능하다. 이로 인하여 지구 내에서 고도가 높은 상황에서 근무하는 항공승무원은 일반인해 비하여 피폭선량이 높은 것으로 조사되었다. 수치상으로 보면 승무원 피폭유효선량은 연간 평균 2~5 mSv로 보고된다.^[8] 이러한 결과는 일반인의 기준인 연간 1 mSv 에 비하여 2배에서 5배 높은 수치에 해당하는 결과이다. 이로 인해 1990년에 국제방사선 방호위원회 (International Commission on Radiological Protection)에서는 항공승무원을 방사선 작업종사자로 인정할 것을 권고하였다. 이미 유럽은 1996년 EURATOM/96/29 Basic Safety Standard를 제정하여 승무원에 관한 피폭표준을 제시하였다. 국내에서는 2011년에 “생활주변 방사선 안전관리법”이 공포되어 국내승무원의 피폭방안에 기준을 제시하였다. 방사선 작

업종사자의 유효선량한도는 연간 50 mSv를 넘지 않는 범위에서 5년간 100 mSv를 초과하면 금지를 규정하고 있다. 이와 비슷하게 항공승무원의 경우에는 방사선종사자에 비하여 30%의 탄력적인 선량을 감안하여 연간 26 mSv 초과 시에 항공비행 근무를 자제를 권고하고 있다.^[6-9] 이와 같은 경우로 일반 사람들도 해외여행 시 비행기를 탑승하면 높은 고도에 위치하게 된다. 따라서 비행 탑승시 일반인들도 고도에 따른 자연방사선량에 노출될 확률이 증가하게 된다. 그러나 현재까지 일반인들의 항공 이용 시 방사선피폭에 관한 가이드라인과 개인 보호방어기구가 개발되진 않고 있다. 따라서 이번 연구는 항공교통수단의 이용 시 선량에 노출될 수 있는 우주자연방사선 차폐를 위해 간단한 손수건을 사용하여 우주방사선을 방호하고자 한다. 그리고 손수건 내부에 차폐막을 선택적으로 삽입함으로써 간편성과 효율성을 높이고자 하였다. 손수건 타입으로 선택한 이유는 착용 시 편안함과 휴대하기 쉽다는 편리성을 고려하였다. 손수건을 포켓스타일로 만든 것은 손수건을 자유롭게 세탁할 수 있는 청결성에 중점을 두었다. 차폐막 재료는 알루미늄호일, 실리콘, 바륨을 선택하여 제작하고자 한다. 왜냐하면 알루미늄은 전자의 패도를 많이 포함하고 있어 전자선을 차폐하는 것으로 알려져 있다. 또한 엑스선 빛의 흡수성이 높은 원자번호가 56인 바륨 (137.327g/mol)을 사용하여 차폐막을 제작하고자 한다. 더 나아가 바륨자체만으로 바륨입자를 차폐막에 고정되기 어려워 실리콘을 추가하여 바륨고정의 안정성을 주고자 한다. 본 연구에서는 인체 장기 중에서 갑상선을 보호하고자 중점을 두었는데 이러한 원인은 갑상선은 인체장기중 방사선 감수성이 높은 장기이기 때문이다.

이번연구는 항공교통수단의 탑승 시에 노출될 수 있는 우주자연방사선을 차폐를 위해 이동성이 간단하고 흔히 편하게 소지할 수 있는 간편한 손수건을 고안할 필요성에 목적을 두었다. 따라서 이번 연구에서 고안된 손수건을 사용하여 비행기 탑승 시 발생할 수 있는 인체목적 장기에 따른 우주방사선을 피폭을 최소 차폐하고자 한다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 고도에 따른 자연방사선측정 및 차폐방사선측정

비행기내의 좌석에 앉아서 갑상선 높이에 디지털 서베이미터 (Digital Radiation Survey Meter Model: RSM-100)을 위치한 후 자연방사선량을 측정하였다. 알루미늄, 실리콘, 바륨 등의 막(sheet)을 제작하여 상자의외부를 포장한 후에 상자내부에 측정기를 두어 방사선을 측정하였다. 외부에서 볼 수 있게 만든 후 나머지 부분은 각종 차폐 막을 사용하여 포장한 후 갑상선의 높이에서 측정하였다. 오차 값을 최소화 하기 위하여 10차례 이상 측정하였다. 고도는 국내 K 항공사에서 제시하는 모니터 상의 수치를 적용하였다. 국내항공선과 일본항공선을 기준으로 측정시간은 태양이 있는 낮에 측정하였다.

2. 손수건 디자인의 고안

천을 사용하여 가로세로 40 cm의 크기로 절편한 후 한쪽 편에 주머니를 만든 후 다양한 차폐물을 넣을 수 있도록 고안하였다. 만들어진 손수건은 목에 착용하는 방식을 적용하였다.

3. 차폐막(sheet)의 제작

알루미늄 호일 두께 18 μm 로 선택하였으며 바륨은 황산바륨의 솔로탑 (1.4g/ml: 태준제약) 용액을 부어 건조시키는 방법을 선택하였다. 실리콘은 다우회사 (비중: 1.37 다우 HJ 4400) 재료를 사용하였다. 모든 막 (sheet)의 두께는 1mm로 정하여 실험하였다. 두께는 캘리퍼를 사용하여 측정하였다.

4. 전자현미경 사진

전자현미경(SEM,JSM-6700F,Jeol,Tokyo,Japan)은 SEI 0.5Kvp의 조건으로 촬영 하였으며 각각 5000X 배율로 촬영하였다

5. 통계적 분석

통계적 수치 값의 평균 표준편차 값과 유의성 검정은 엑셀을 통하여 T-student(t-test)를 통하여 실시하였고 P값 value 0.05<P 이하였을 경우에 통계적 차이가 유의한 것으로 간주하였다.

III. RESULT

천으로 제작한 손수건은 착용감을 편안하게 하기 위해 고안 되었다.포켓형으로 만들어진 손수건은 포켓내부에 다양한 차폐 막을 삽입할 수 있게 하였다. 크기는 40cm의 정사각형으로 고안하였다. Fig. 1의 그림에서 일러스트 프로그램으로 만든 도안도와 실제로 제작한 손수건을 볼 수 있다.

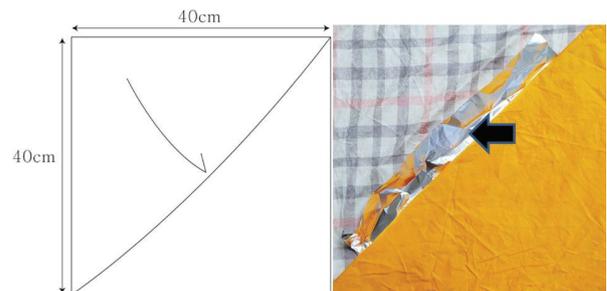


Fig. 1. Design of a simple shielding handkerchief.

Fig. 2 그림은 실제적인 착용사진을 보여주고 있다. 간단하게 고안된 차폐 막을 삽입한 후 갑상선을 차폐하기 위해 목에 착용한 상태를 보여준다. 현재는 손수건을 묶는 상태로 제작되었다. 착용 시 피부의 거부감을 최소화 하고자 하였다.



Fig. 2. The handkerchief was chosen as a way to wear on the neck.

Fig. 3 에서는 각각 4가지 타입으로 만들어진 차폐 막의 표면을 그림으로 나타내었다. (A)는 알루미늄, (B)는 실리콘 (C)는 바륨 (D)는 실리콘과 바륨을 알루미늄에 입혀 제작하였다. 각각의 두께는 1mm 이내로 제작하였다.

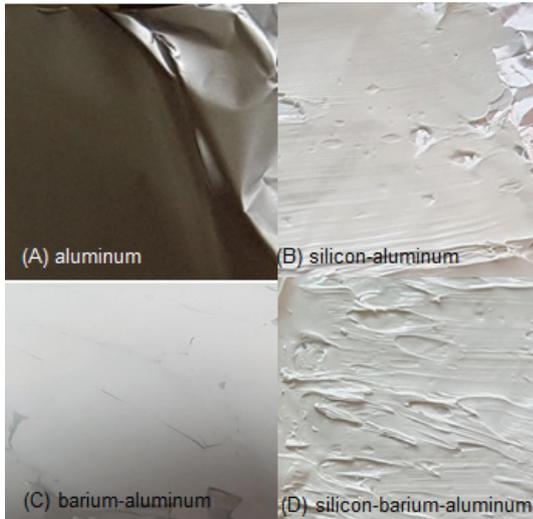
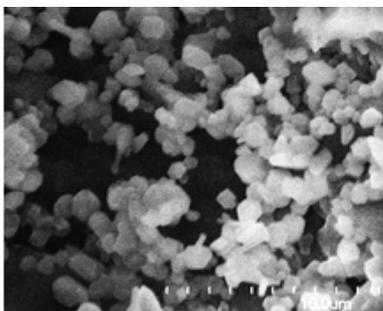
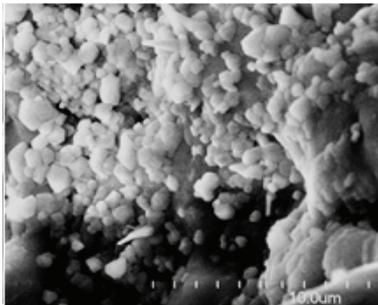


Fig. 3. The various shielding sheets images.

전자 현미경인의 사진인 Fig. 4 에서 (A) 의 사진은 알루미늄을 바륨에 입혀 만든 차폐 막의 전자현미경 확대사진이며 (B)는 실리콘-바륨-알루미늄을 혼합한 막을 전자현미경으로 확대 관찰한 사진이다.(A)보다는 (B)가 바륨 고정성(Fixed)이 증가하여 바륨사이의 간격이 좁은 형태로 볼 수 있다.



(A) barium-aluminum SEM images



(B) silicon-barium-aluminum SEM images

Fig. 4. The various shielding sheets images for SEM (Magnification 5,000X).

Fig. 5는 비행기 내부에서의 측정방법을 도식화하였다. 비행기가 측정고도에 위치하면 측정을 위해 만든 종이 상자 내에 선량측정기를 위치시키고 상자전체를 종류별 차폐 막을 이용하여 포장한 후 실험을 진행하였다.

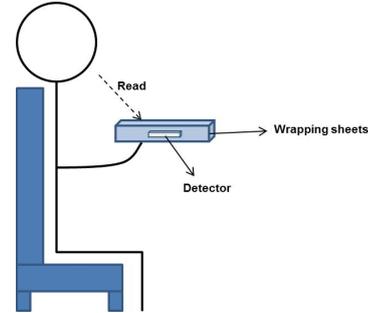


Fig. 5. How to measuring radiation during the airplane.

Fig. 6은 비행기 좌석 내에서의 고도에 따른 우주자연방사선을 측정된 값이다 고도가 높아지면 높아질수록 자연 방사선량 값이 증가하였고 25,000피트(ft)에서 시간당 3 μ Sv의 값을 나타내었다.

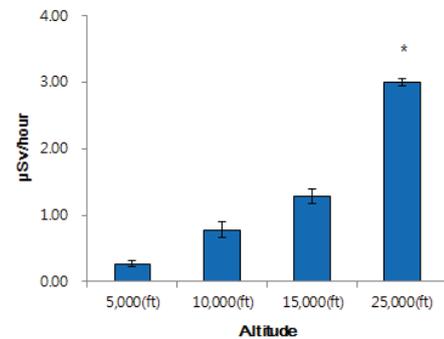


Fig. 6. Results of the radiation dose in the cabin.

Fig. 7은 각각의 차폐 막을 적용하여 선량 값을 측정하였다. 결과에서 보면 알루미늄만을 차폐하여 측정된 경우 기본 값에서 시간당 0.5 μ Sv의 감소를 나타내었고 실리콘과 알루미늄을 혼합한 경우는 시간당 0.7 μ Sv의 감소를 나타내었고 바륨과 알루미늄을 혼합한 경우는 시간당 1.2 μ Sv의 감소효과를 나타내었다. 마지막으로 3가지를 모두 적용한 알루미늄 실리콘 바륨에서는 시간당 2.3 μ Sv의 감소효과를 나타내어 약 70%이상의 우주자연방사선 차폐효과를 나타내었다. 차폐 막의 두께는 1mm로

고정하여 측정하였다.

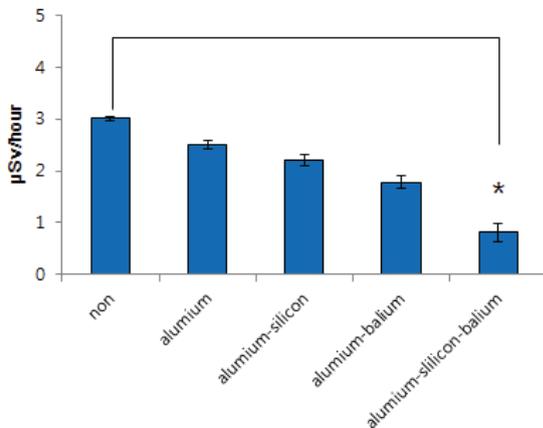


Fig. 7. Measuring results of the radiation dose applied for fabricated shield materials to be inserted into the pocket of the handkerchief.

IV. DISCUSSION

고지대에 사는 사람은 일반인 보다 우주 자연방사선량이 상대적으로 많이 노출이 된다. 선례적인 연구논문에서는 고지대에 사는 사람은 연평균 약 3 mSv 의 피폭선량을 나타낸다. 이러한 결과는 방사선 의료종사자와 비슷한 수준으로 알려져 있다. 이러한 누적선량이 지속적인 노출로 인하여 방사선 장해에 관한 확률적 영향이 증가된다. 이번 연구의 결과는 항공 이용승객과 승무원이 받을 수 있는 유효선량은 고도가 높을수록 그리고 높은 고도에 오랜 시간 있을수록 우주자연방사선량의 피폭이 증가 되어 짐을 알 수 있었다. 본 연구에서 다양한 인체장기 중 갑상선을 우선적으로 보호하고자 하는 이유는 최근 ICRP 103(2007년) 권고에서 갑상선 장기 보호의 중요성이 강조가 되었기 때문이다. 갑상선의 조직가중치인(Tissue weighting factor, WT) 의 값은 0.04로 다른 장기에 비하여 비교적 방사선감수성이 높은 장기이기 때문이다. 그리고 다양한 차폐물질 중 알루미늄과 바륨을 선택한 이유는 알루미늄(Al)은 13족에 3주기에 속하는 금속 원소로 전자를 많이 포함할 수 있는 많은 궤도를 가진 원소이며 베타선을 차폐할 수 있는 물질로 알려져 있기 때문이다.^[10,11] 그리고 바륨(Ba)은 알칼리 토류 금속의 종류이며 칼슘과 화학적 성질이 비슷

한 은백색의 색깔을 가지고 있으며 또한 높은 원자번호로 인해 엑스선을 흡수하는 물리적 성질을 가지고 있기 때문이다. 따라서 바륨은 양성 조영제로 사용되고 있기도 하지만 현재에는 2차 방사선(산란선)을 차폐할 수 있는 재료로도 사용되어 지고 있다.^[12,13] 따라서 이번연구에서는 이두가지 재료를 사용하여 차폐막(Sheet)을 제작하였다. 아울러 이두가지 재료를 사용하여 만들고자 하는 차폐막의 적절한 혼합과 밀착을 증가시키기 위해 실리콘 재료를 추가적으로 사용하였다. 하지만 이로 인하여 차폐막의 무게를 가볍게 만들지 못한 단점이 발생하였다. 3가지 재료를 혼합하였을 경우 20-50g 이상의 무게를 나타내었기 때문이다. 추후 차폐막의 경량화를 위해 계속적으로 연구를 진행하고자 한다.

V. CONCLUSION

알루미늄, 실리콘-알루미늄, 바륨-알루미늄, 실리콘-바륨-알루미늄의 4가지 차폐 막으로 제작한 결과 각각 막에 따른 방사선량을 줄이는 효과를 나타내었다. 결과적으로는 알루미늄만으로 제작된 막의 선량감소효과는 기본 자연선량 값에서 시간당 0.5 µSv 의 감소를 나타내었고 실리콘과 알루미늄을 혼합하여 제작한 막의 경우는 시간당 0.7 µSv의 감소의 결과가 나타났고 바륨과 알루미늄을 혼합하여 제작한 막의 경우는 시간당 1.2 µSv의 감소효과를 나타내었다. 마지막으로 3가지를 모든 재료를 적용한 알루미늄-실리콘-바륨에서는 선량이 시간당 2.3 µSv의 감소효과를 나타내었다. 따라서 알루미늄-실리콘-바륨 3가지의 혼합조합으로 제작한 막의 결과에서 우주 자연방사선량을 70% 이상을 감소시킨 결과를 얻었다. 그러므로 본 연구에서 제작한 손수건에 차폐막을 삽입 후 목에 착용한다면 갑상선 장기를 우주방사선으로부터 보호하는데 도움을 줄 수 있을 것으로 사료된다.

Reference

- [1] Korea Civil Aviation Association, *Air Transport Trends Analysis*, Vol. 4, No. 1, pp. 1-394, 2012.
- [2] K. H. Song, J. C. Kim, D. G. Lee, "Enhancing the Competitiveness of Aviation Industry in Changing

- Global Market Environment: Focused on Flag Carriers," The Korea Transport Institute, Vol. 10, No. 1, pp. 1-312, 2014.
- [3] Korea Transportation Research Institute, *Air Transport Trends in the First Half of 2010*, Monthly transport, Vol. 8, No. 1, pp. 4, 2010.
- [4] J. J. Lee, J. H. Pyo, "Measures for protecting air crew from cosmic radiation and practical assessment," The Korean Society for Aeronautical And Space Sciences, Vol. 4, No. 1, pp. 951-954, 2015.
- [5] S. W. Seo, D. N. Lee, "Health effects of occupational cosmic radiation exposure: an epidemiological perspective," The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences, Vol. 4, No. 1, pp. 945-947, 2015.
- [6] J. A. Hwang, J. J. Lee, J. K. Seok, "Safety Standards and Management Policy on the Polar Route Space Radiation," The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences, Vol. 1, No. 1, pp. 73-90, 2010.
- [7] M. S. Kim, S. C. Jeong, H. R. Lee, M. Y. Kim, "The Overview of Research and Programs on the Effects of Space Radiation on the Human Body," The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences, Vol. 4, No. 1, pp. 941-944, 2015.
- [8] W. I. Jang, M. S. Kim, H. R. Lee, "Space Radiation and Cancer Risk," The Korean Society For Aeronautical And Space Sciences, Vol. 4, No. 1, pp. 955-959, 2015.
- [9] S. S. Park, S. E. Lee, "Space Radiation and Cancer Risk," Korea Tourism Research Association, Vol. 20, No. 1, pp. 35-48, 2006.
- [10] M. S. Chae, B. J. Chung, "Radiation Exposure of an Astronaut subject to Various Space Radiation Environments and Shielding Conditions," International journal of aeronautical and space sciences, Vol. 38, No. 10, pp. 1038-1048, 2010.
- [11] T. S. Jang, J. H. Lee, "Domestic Study Trend of Radiation Shielding Structure for Space," Current Industrial and Technological Trends in Aerospace, Vol. 15, No. 2, pp. 109-117, 2017.
- [12] D. K. Yousefzadeh, M. B. Ward, C. Refit, "Internal barium shielding to minimize fetal irradiation in spiral chest CT: a phantom simulation experiment," Radiology, Vol. 239, No. 3, pp. 751-758, 2006.
- [13] S. C. Kim, H. M. Jung, "A study on performance of low-dose medical radiation shielding fiber(RSF) in CT scans," International Journal of Technology, Vol. 4, No. 2, pp. 178-187, 2013.

비행기 이용승객의 갑상선 차폐를 위한 간편한 손수건 고안

정홍문·정재은*

대구보건대학교 방사선과

요 약

최근에 해외여행의 증가로 인하여 비행기를 이용하는 사용자수가 급격하게 증가하고 있다. 비행기는 탑승 시에 높은 고도를 유지한다. 따라서 비행 교통수단을 이용하는 승객들은 높은 고도로 인한 우주자연방사선 선량에 노출되어 방사선 장애 확률이 증가되어진다. 지구 외부로부터 기인하는 우주방사선은 지구대기밖에 400km와 1200km 사이의 고도에 위치하는 자기장 벨트인 반 앨런대에 의해 대부분은 차단되지만 그렇지 못한 일부 우주방사선은 벤 앨런대를 투과하여 지구의 대기과 지표에 영향을 준다. 전례연구에 따르면 지구의 지표에서 고도가 100m 증가함과 동시에 0.03 mSv정도의 자연방사선량이 증가한다는 결과가 보고되었다. 이번연구는 비행기를 탑승하는 동안 탑승자가 노출될 수 있는 고도에 따른 자연방사선의 영향을 최소로 차폐하는데 목적을 두었다. 그 중에서도 방사선에 감수성이 높은 장기인 갑상선을 고도에 따른 자연방사선량으로부터 보호하고자 연구하였다. 이번 연구는 이동이 간편하고 세탁이 편리한 손수건을 선택하였다. 그리고 제작된 손수건에 다양한 차폐막을 삽입 할 수 있는 방법으로 고안하였다. 재질이 면으로 된 손수건을 선택한 이유는 사용자가 착용시 피부의 거부감을 최소화하기 위함이다. 결론적으로 본 연구에서 고안된 차폐막손수건은 우주자연방사선량을 70%이상 차폐하는 결과를 얻었다. 따라서 사용자가 높은 고도의 비행기 탑승 시 차폐막 손수건을 착용한다면 우주자연방사선으로부터 갑상선을 보호하는데 많은 도움을 줄 것으로 사료된다.

중심단어: 우주방사선차폐, 고도자연방사선, 방사선차폐손수건

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	정홍문	대구보건대학교 방사선과	교수
(교신저자)	정재은	대구보건대학교 방사선과	교수