

<원저>

척추 전이암 환자의 방사선치료 시 Carbon Fabric Blanket 적용에 따른 선량평가

양명식¹⁾·김정수^{2,3)}·이선영^{2,3)}·권형철^{2,3)}

¹⁾전북대학교병원 방사선종양학과·²⁾전북대학교 의과대학 방사선종양학과·³⁾전북대학교병원 의생명연구소

Dose Assessment According to Application of Carbon Fabric Blanket During Radiation Therapy of the Spine Metastasis Cancer

Yang Myung-Sic¹⁾·Kim Jung-Soo^{2,3)}·Lee Sun-Young^{2,3)}·Kwon Hyung-Cheol^{2,3)}

¹⁾Department of Radiation Oncology, Chonbuk National University Hospital

²⁾Department of Radiation Oncology, Institute for Medical Sciences, Chonbuk National University Medical School,

³⁾Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University-Biomedical Research Institute, Chonbuk National University Hospital

Abstract The purpose of this study was to improve the unstable treatment posture by placing the Carbon fabric blanket on the couch which was used for the patient fixation for the unstable posture from the severe pain caused by the neuromuscular pressure of the spinal metastatic cancer patient and to analyze the dose difference caused by the energy loss of high energy radiation. Using a linear accelerator, a FC-65G was installed at a depth of 5 cm at a solid phantom at 6 MV and 10 MV energies. The SAD was 100 cm, Gantry angle was 0°, a Cotton and Carbon blanket with a thickness of 1 cm on the couch, The blankets were placed on the couch and the dose was measured according to field size. For the dose measurement, and the dose was measured at 100 MU each time, and the mean value was calculated by repeating the measurement three times in order to reduce the error. The results showed that the difference rate in dose between Carbon blanket and Cotton blanket was respectively -0.54% and -0.75% based on the absence of the blanket(Non). Therefore, it is considered that the use of Carbon fabric blanket, which reduces the patient's pain and does not affect the depth dose, may be useful during radiation therapy of the spine metastasis cancer.

Key Words: Radiation Therapy, Carbon fabric, LINAC, Dose, Quality assurance

중심 단어: 방사선치료, 탄소 섬유, 선형가속기, 선량, 정도관리

I. 서 론

척추의 전이암(Spine metastases)은 척추에 생기는 종양 중 가장 흔하며, 전체 악성 종양 환자의 약 30%에서 척추의 전이암에 의한 증상을 호소하게 되고 전신 암의 말기에는 증상 유무와 관계없이 말기 암 환자의 약 90%에서 척추에

전이암이 발견된다고 알려져 있다[1,2]. 척추 전이암 환자 중 10%가 신경학적 증상을 보이며 대부분 신경근 압박에 의한 심한 통증을 호소한다[3]. 이들 대부분의 기대 여명이 길지 않고 근치적 치료가 불가능하다는 이유로 방사선 치료나 항암 화학요법 등이 선호되었고, 이에 따른 부작용 등으로 인해 환자들의 생명 기간 중의 삶의 질은 낮았으나 방사선

Corresponding author: Hyung-Cheol Kwon, Department of Radiation Oncology, Institute for Medical Sciences, Chonbuk National University Medical School, Institute of Clinical Medicine, Chonbuk National University-Biomedical Research Institute, Chonbuk National University Hospital, 20, Geonji-ro, Deokjin-gu, Jeonju-si, Jeollabuk-do, 54907, Republic of Korea / E-mail: kckwon@jbnu.ac.kr

Received 07 January 2019; Revised 29 January 2019; Accepted 25 February 2019

Copyright ©2019 by The Korean Journal of Radiological Science and Technology

치료 기술의 발달로 점차 개선되고 있다[4]. 최근 방사선치료 장비의 발전으로 방사선치료 기술도 크게 발전되었다[5]. 이와 더불어 방사선치료 효율을 높일 수 있는 많은 환자 고정기구(Immobilization device)들이 개발되었다. 이런 다양한 환자 고정기구는 방사선치료 목적과 환자의 특성을 고려하여 제작되며 안정적이고 편안한 자세를 유지 시켜주고, 자세의 재현성을 높여주며 방사선치료 효율을 더욱더 높여준다[6,7]. 하지만 치료 중 환자 통증 때문에 움직이는 경우 치료대의 위치 오차가 발생하며, 방사선 치료에 영향을 줄 수 있다[8].

이에 본 연구는 척추 전이암 환자의 신경근 압박에 의한 심한 통증에서 오는 불안정한 자세에 대해 기존의 환자 고정기에 사용되었던 Couch 위에 Carbon fabric blanket을 올려 놓아 움직임에 의한 불안정한 치료 자세를 개선하고, 고에너지 방사선의 감약에 의한 선량 차이를 분석하고자 한다.

II. 대상 및 방법

1. 실험방법

Fig. 1과 같이 선형가속기를 이용하여 광자선 6 MV, 10 MV 에너지로 고체 팬텀 5 cm 깊이에 FC-65G 전리함을 설치하고 선원에서 축까지의 거리(Source Axis Distance) 100 cm, 방사선 입사각도 0°, couch 위에 두께 1 cm의 Cotton blanket, Carbon blanket을 각각 올려놓고 방사선 조사야 크기에 따른 선량을 측정하였다. 측정을 위해 FC-65G 전리함을 전위계에 연결하고, 매회 선량은 100 MU를 400 MU/min의 선량률로 조사하였다.

Blanket을 사용하지 않았을 때와 Cotton blanket을 사용하였을 때, Carbon blanket을 사용하였을 때의 전하량을

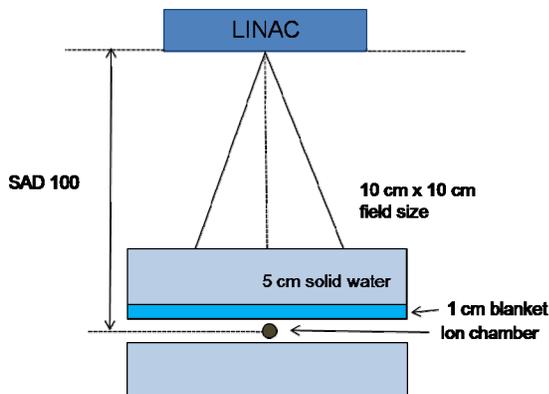


Fig. 1. Schematic diagram for a dose measurement using of solid water phantom

측정하여 TRS-398의 프로토콜에 따라 FC-65G 전리함의 교정계수 $N_{D,W}=0.04799$ Gy/nC를 적용하고, 온도와 기압, 극성효과(polarity effect), 그리고 이온 재결합(ion recombination)과 같은 물리량을 모두 보정하여 선량을 계산하였다[9]. 측정값은 오차를 줄이기 위하여 3회 반복 측정하여 평균값을 산출하였다.(Fig. 2), (Fig. 3)



Fig. 2. Pictures of the experimental setup for the test not using blanket(Air status)



Fig. 3. Pictures of the experimental setup for the test using blankets (a) Carbon blanket (b) Cotton blanket

2. 실험기기

CLINAC iX(Varian Medical Systems, USA), 고체 팬텀 (Solid water, SP34, IBA, Germany), FC65-G(IBA Dosimetry, Sweden) 전리함, 전위계(Dose 1, Scanditronix-Wellhofer, IBA, Germany), Cotton blanket(대평섬유, Korea), Carbon fiber blanket(CNF, Korea).

III. 결 과

1. 조사야 크기에 따른 Carbon과 Cotton의 선량 비교

조사야 10×10 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은 0.933 Gy, Carbon에서 0.928 Gy, Cotton은 0.926 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은

Table 1. Comparison of the dose value between carbon and cotton according to field size

Field size(cm)	Non		Carbon		Cotton	
	6 MV	10 MV	6 MV	10 MV	6 MV	10 MV
10×10	0.933	0.985	0.928	0.981	0.926	0.979
15×15	0.968	1.017	0.966	1.015	0.963	1.013
20×20	0.991	1.037	0.988	1.035	0.985	1.033

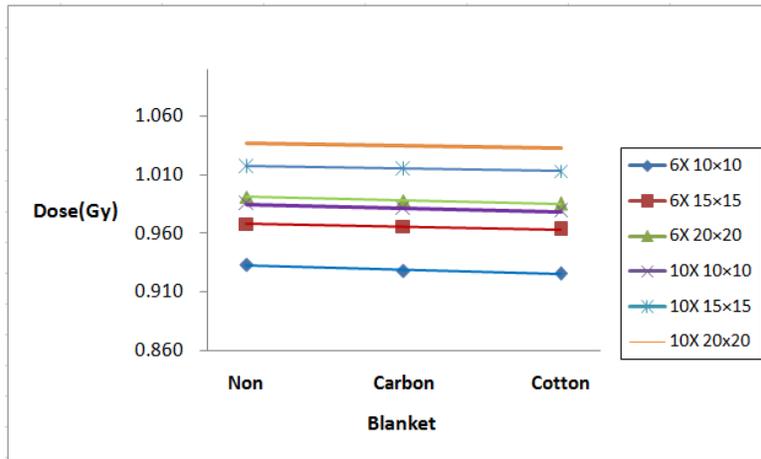


Fig. 4. The graph of the dose value between carbon and cotton according to field size

0.985 Gy, Carbon에서 0.981 Gy, Cotton은 0.979 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났다.

조사야 15×15 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은 0.968 Gy, Carbon에서 0.966 Gy, Cotton은 0.963 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은 1.017 Gy, Carbon에서 1.015 Gy, Cotton은 1.013 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났다.

조사야 20×20 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은 0.991 Gy, Carbon에서 0.988 Gy, Cotton은 0.985 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량은 1.037 Gy, Carbon에서 1.035 Gy, Cotton은 1.033 Gy로 Cotton에서 가장 낮게 나타났다. 표준편차는 조사야 15×15 cm에서 6 MV에서 Cotton의 경우 0.001로 나타났고, 나머지 모든 에너지와 조사야에서 0.000으로 나타났다(Table 1), (Fig. 4)

2. Blanket 종류에 따른 선량차이

조사야 10×10 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.54%,

Cotton은 -0.75%의 선량 차이가 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.41%, Cotton은 -0.61%의 선량 차이가 나타났다.

조사야 15×15 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.21%, Cotton은 -0.52%의 선량 차이가 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.20%, Cotton은 -0.39%의 선량 차이가 나타났다.

조사야 20×20 cm에서 6 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.30%, Cotton은 -0.61%의 선량 차이가 나타났고, 10 MV에서 표면 위에 blanket이 없을 때(Non)의 선량을 기준으로 Carbon에서 -0.19%, Cotton은 -0.39%의 선량 차이가 나타났다(Table 2). (Fig. 5)

IV. 고 찰

악성종양의 골격계 전이는 폐 전이 다음으로 발생빈도가 높고, 모든 악성 질환에서 발생하지만, 특히 유방암, 전립선암, 갑상선암, 폐암, 신장암 순으로 호발하며 전이 부위로는

Table 2. The difference rate of the dose value in according to type of the blanket(referecnce Non blanket)

Field size(cm)	6 MV		10 MV	
	Carbon	Cotton	Carbon	Cotton
10×10	-0.54%	-0.75%	-0.41%	-0.61%
15×15	-0.21%	-0.52%	-0.20%	-0.39%
20×20	-0.30%	-0.61%	-0.19%	-0.39%
Average	-0.35%	-0.63%	-0.27%	-0.46%

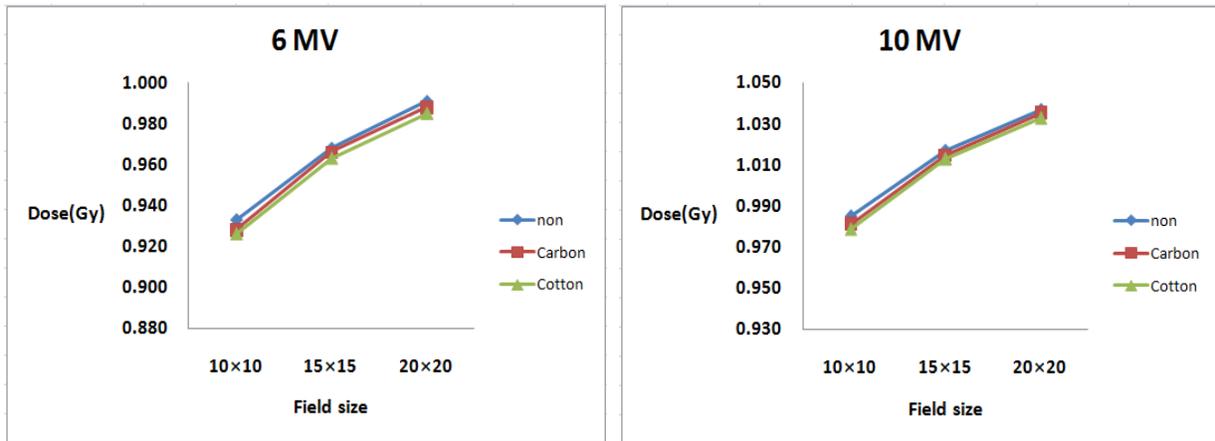


Fig. 5. The graph of the dose value between carbon and cotton according to energy

척추가 가장 높은 비율을 차지하고 있다[10]. 척추 전이암의 임상 증상으로는 암성 통증과 신경학적 운동 마비, 감각 이상, 배변 및 배뇨장애 등이 있고, 전이암에 의한 병적 골절로 인한 신경 압박과 불안정증(instability)이 발생하여 통증을 유발할 수 있으며, 전이암 자체의 척추 압박 때문에 여러 가지 신경학적 증상이 나타날 수 있다[11]. 또한, 치료받지 않으면 많은 수의 환자에서 양측마비가 발생하게 되므로 환자가 보행 가능한 시기에 적절하게 치료해주는 것이 환자의 삶의 질을 높이는 데 중요하다고 알려졌다[12]. 척추암 환자의 방사선 치료 시 딱딱한 재질의 치료대에 누워 치료를 받는 경우 신경근 압박에 의한 통증을 호소하거나 움직이는 경우가 많다. 이에 본 연구는 치료대 위에 blanket을 올려놓아 움직임에 의한 불안정한 치료 자세를 개선하고자 하였다.

본 연구에서 척추의 심부선량을 측정하기 위해 바로 누운 자세에서 척추의 몸통 앞부분과 바닥까지의 거리를 반으로 나눈 것을 척추의 중심으로 설정하였다. 한국 성인 척추의 길이가 가장 긴 제 3허리뼈(평균 54.4 mm)와 가장 짧은 부위인 제 2등뼈(평균 28.6 mm)를 기준으로[13], 척추의 평균 총 길이(67.4 mm)와 바닥까지의 거리를 계산하여 이온 전리함의 중심을 5 cm의 깊이에 위치시켜 척추의 심부선량을 측정하였다. 기존의 환자 고정용 사용되었던 Couch 위

에 blanket을 올려놓고 척추의 심부 선량을 측정해 본 결과 6 MV, 10 MV와 모든 조사야에서 Cotton blanket의 심부 선량이 가장 낮게 측정되었다. 또한, blanket의 재질에 따른 선량 차이를 비교해본 결과 blanket이 없을 때(Non)를 기준으로 Carbon blanket과 Cotton blanket의 선량 차이는 각각 최대 -0.54%, -0.75%로 Cotton blanket보다 Carbon blanket에서 감약에 의한 선량 차이가 적게 나는 것으로 나타났다. 특히 Carbon 재질이 Wood, Plate 등 다른 재질보다 기계적인 강도가 우수하고 밀도가 낮고 방사선 투과성이 좋아 에너지의 감약이 거의 없고[14], 탄소섬유의 수분은 0.05% 이하이기 때문에 섬유 자체는 수분의 영향을 받지 않아 안정하며 뛰어난 내수성을 나타낸다[15]. 또한, 기존의 보고나 연구에서 탄소 섬유 투과율은 99%이며, 모의촬영 및 전자포탈 영상 장치(electronic portal imaging device)영상의 왜곡 및 판독성 저하 등의 정밀도 유지에 악영향을 주지 않는 장점[16]이 있다. 또한, Meara와 Langmack의 연구에서 방사선 치료에 통상적으로 쓰이는 Carbon, PMMA(polymethylmethacrylate), Cotton blanket의 주요 성분인 Co polyester의 세 가지 재질을 비교하였는데 Carbon 재질이 다른 두 종류의 재질보다 우수한 방사선 투과율을 보였다고 보고하고 있으며, 고에너지 방사선 치료에서는 Carbon 재질을 사용하자고 제안하고 있다[17]. 이러한

특성은 높은 선량을 암 조직에 정확하게 전달해야 하는 방사선 치료에 매우 이상적이다[18]. 따라서 환자에 전달되는 방사선에 영향을 주지 않는 Carbon blanket의 사용이 유용할 것으로 생각된다. Cotton과 Carbon 모두 조사야의 크기가 커짐에 따라 선량이 높게 측정되었다. 또한, 에너지에 따른 선량 차이는 6 MV보다 10 MV에서 투과 선량 차이가 적게 나타났다. 이는 10 MV의 투과력이 상대적으로 크기 때문에 6 MV에 비하여 선량 감쇄 효과가 상대적으로 작게 나타난 것으로 생각된다[19].

미국의학물리협회 TG-176에서 Couch tops와 고정 장치들이 환자 선량에 상당한 영향을 미치는 것으로 나타났고, 환자에게 전달되는 선량을 바꿀 수 있다는 연구결과가 발표되었다. 이에 Treatment planning system 적용 전 정확한 선량 정보를 제공하고, 선량 계산이 반드시 선행되어야 한다고 권고하고 있다[20]. 일반적으로 생물학적 이론을 고려한 방사선 치료 결과는 3~5% 이내의 정확한 선량 전달을 요구한다[21,22]. 또한, ICRU에서는 선량 전달의 정확성을 $\pm 3.5\%$ 이내로 권고하고 있다[23]. 이에 본 연구에서는 고정 장치 중 하나인 blanket을 적용해 선량 값을 측정해본 결과 두 종류의 blanket 모두 선량 차이가 $\pm 1\%$ 이내의 값으로 나타났다. 이는 blanket을 투과한 방사선의 선량학적 영향이 적음을 의미하고, Carbon과 Cotton blanket을 적용하였을 때 선량 감약에 따른 선량 차이는 고정 불확도 기준 2% 이내의 값을 만족하는 것으로 나타났다[24].

V. 결 론

본 연구는 척추 전이암 환자의 신경근 압박에 의한 심한 통증에서 오는 불안정한 자세에 대해 기존의 환자 고정에서 사용되었던 Couch 위에 Carbon fabric blanket을 올려놓아 움직임에 의한 불안정한 치료 자세를 개선하고, 고에너지 방사선의 감약에 의한 척추의 심부 선량 차이를 분석해보았다. 두 종류의 blanket 모두 척추의 심부선량에 크게 영향을 미치지 않는 것으로 나타났다. 또한, 조사야와 에너지에 따른 선량 차이는 Cotton blanket보다 Carbon blanket에서 선량차이가 더 적게 나타났다. 특히 Carbon 재질은 우수한 강도와 뛰어난 방사선 투과율, 고에너지 확인 영상의 영향을 주지 않는 장점을 가지고 있다. 따라서 척추암의 방사선치료 시 환자의 통증을 줄여주고 환자에 전달되는 방사선에 영향을 주지 않는 Carbon fabric blanket의 사용이 유용할 것으로 사료된다.

REFERENCES

- [1] Cobb CA, Leavens ME, Eckles N. Indications for nonoperative treatment of spinal cord compression due to breast cancer. *J Neurosurg.* 1977;47:653-8.
- [2] Wong DA, Fornasier VL, MacNab I. Spinal metastases: the obvious, the occult, and the impostors. *Spine.* 1990;15:1-4.
- [3] Sohn SK, Kim JD, Lee JC, Hon YK. Collective review of cases of spinal metastases. the Korean orthopaedic association. 1988;23(4):1087-96.
- [4] Woo YK, Rhee SK, Kim HM, Kang YK, Song SW, Bahk WJ, et al. Surgical treatment of metastatic tumor of spine musculoskeletal oncology study group. *Journal of Korea Orthop Assoc.* 1993;28(5):1774-82.
- [5] Cho KC, Kim JH, Kim HK, Ahn SK, Lee SK, Yoon JW, et al. Clinical Application Analysis of 3D-CRT Methods Using Tomotherapy. *The Korean Journal of Radiological Science and Technology.* 2013;36(4):327-35.
- [6] Kim YY, Bang SJ, Jung S, Kim JS, Kim YK. Evaluation of the efficiency of the vac-lock type belly board in pelvic cancer radiation treatment. *Korean Society for Radiation Therapy.* 2013;26(1):37-42.
- [7] Je JY, Park CW, Noh KS. Measurement of Skin Dose from Using the Treatment Immobilization Devices. *The Korean Journal of Radiological Science and Technology.* 2009;32(1):107-10.
- [8] Gerlich AS, Van der Velden JM, Fanetti G, Zoetelief A, Eppinga WSC, Seravalli E. The immobilizing effect of the vacuum cushion in spinal SBRT and the impact of pain. *Radiotherapy & Oncology.* 2017;123(1):876-7.
- [9] IAEA Technical report series no. 398: Absorbed dose determination in external beam radiotherapy. An international code of practice for dosimetry based on standards of absorbed dose to water. International atomic energy agency. 2000. <https://www-pub.iaea.org/books/IAEABooks/5954/Absorbed-Dose-Determination-in-External-Beam-Radiotherapy>.
- [10] Jaffe H. Tumors and tumorous conditions of the

- bones and joints. Philadelphia, Lea & Febiger, 1958:589–613.
- [11] Black P. Spinal metastases: current status and recommended guidelines for management. *Neurosurgery*. 1979;5:726–46.
- [12] Helweg–Larsen S. Clinical outcome in metastatic spinal cord compression: a prospective study of 153 patients. *Acta Neurol Scand*. 1996;94:269–75.
- [13] Kim NH, Lee HM, Kim HJ, Chung IH, Kim SJ. Morphometric study of the pedicles of thoracic and lumbar vertebrae in Korea. *J. of Korean Orthop. Assoc*. 1990;25(4):1199–207.
- [14] De Mooy LG. The use of carbon fibers in radiotherapy. *Radiother Oncology*. 1991;22(2):140–2.
- [15] Seo MK, Choi KE, Min BG, Park SJ. Carbon fibers: General understanding and manufacturing techniques of carbon fibers. *Carbon letters*. 2008;9(3): 218–31.
- [16] Chie EK, Park JP, Huh SN, Hong SM, Park SW, Kim IA, et al. Carbon fiber as material for radiation fixation device: A comparative study with acrylic. *J. Korea Asso. Radiat. Prot*. 2005;30(1):1–7.
- [17] Meara SJ, Langmack KA. An investigation into the use of carbon fibre for megavoltage radiotherapy applications. *Phys Med Biol*. 1998;43(5):1359–66.
- [18] KenjiMyint W. Investigating treatment dose error due to beam attenuation by a carbon fiber tabletop. *Medical Physics*. 2006;3(7):21–7.
- [19] Kim KW, Kim YG, Cho MJ, Kim JS, Oh YK, Kim JK, et al. Response for Lead Block Thickness of Parallel Plate Detector using Dielectric Film. *Korean Society of Medical Physics*. 2006;17(1):1–5.
- [20] Olch J, Gerig L, Li H, Mihaylov L, Morgan A. Dosimetric effects caused by couch tops and immobilization devices: Report of AAPM Task Group 17. *Medical Physics*. 2014;41(6):1–30.
- [21] Brahme A. Dosimetric precision requirements in radiation therapy. *Acta Radiol. Oncology*. 1984;23: 379–91.
- [22] Bentzen S. High tech in radiation oncology: should there be a ceiling?. *Int. J. Radiat. Oncol. Biol. Phys*. 2004;58:320–30.
- [23] Mijnheer BJ, Battermann JJ, Wambersie A. What degree of accuracy is required and can be achieved in photon and neutron therapy?. *Radiother Oncol*. 1987;8(3):237–52.
- [24] Almond PR, Biggs PJ, Coursey BM, Hanson WF, Huq MS, Nath R, et al. AAPM’s TG–51 protocol for clinical reference dosimetry of high energy photon and electron beams. *Med. Phys*. 1999;26: 1847–70.