

<원저>

선형가속기의 시간에 따르는 전자조사문영상기구의 잡음전력스펙트럼 비교 평가

민정환¹⁾·정회원²⁾

¹⁾신구대학교 방사선학과 · ²⁾백석문화대학교 방사선학과

Evaluation of Comparison of Noise Power Spectrum according to the Time of Using Electronic Portal Imaging Device (EPID) for LINAC System

Jung-Whan Min¹⁾·Hoi-Woun Jeong²⁾

¹⁾Department of Radiological Science, Shingu University

²⁾Department of Radiological Science, Baekseok Culture University

Abstract This study was to assessment of quality assurance (QA) and noise characteristics of Noise Power Spectrum (NPS) according to the time of by using electronic portal imaging device (EPID) for LINAC (Linear Accelerator). LINAC device was (Varian Clinac[®] iX LINAC, USA) used and the were $40 \times 30 \text{ cm}^2$ of detector size were 1024×768 photo-electric diode array size. Signal could be obtained the K-space image of white noise images for NPS and we used to Overlap, Non-Overlap, Out of Penumbra, Flatness, Symmetry, Symmetry Rt, Lt methods. The 2013s NPS image Out of Penumbra quantitatively value more than 2013s NPS image Symmetry Rt, Lt methods quantitatively NPS based on the frequency of 1.0 mm^{-1} . Thus, the 2022s NPS image Out of Penumbra quantitatively value more than 2022s NPS image Symmetry Rt, Lt methods quantitatively NPS based on the frequency of 1.0 mm^{-1} . The assessment of comparison of white noise for NPS image noise and intensity of this study were to that should be used efficiently of the LINAC EPID detector system for Overlap method for International Electro-technical Commission (IEC).

Key Words : Electronic Portal Imaging Device, Noise Power Spectrum, Modulation Transfer Function, Quality Assurance, Noise

중심 단어 : 전자조사문영상기구, 잡음전력스펙트럼, 변조전달함수, 품질보증, 잡음

1. 서론

병원 환경의 급격한 변화는 현재 임상병원 내에 있는 방사선종양학과에서도 디지털 환경으로의 변화가 일어나고 있으며, 치료 장비의 디지털화는 급변하고 있다. 방사선종양학과내에 PET CT, PET MR, MR LINAC (Magnetic Resonance Linear Accelerator) 등 최신의 의료기기의 사용으로 인한 혁신이 일어나고 있다고 해도 과언은 아니다. 그러므로, 10년 이내에 영상의학과 및 핵의학과 의료장비들이 셋업 될 것이라고 예측하고 있다. 따라서, 장비의 변화에 따르는 디텍터의 발전도 같이 변화되고 있는

실정이다[1-2]. 일반적으로 디텍터에서 나온 영상에 대한 정량적인 평가 방법으로는 영상의 Intensity값으로 평가하는 잡음 대조도비(Contrast to Noise Ratio; CNR), 잡음신호비가 (Signal to Noise Ratio; SNR)있다[3-4]. 그리고 푸리에변환 (Fourier Transform; FT)해서 주파수 영역대에서 정량 평가하는 잡음전력스펙트럼 (Noise Power Spectrum; NPS)측정, 변조전달 함수 (Modulation Transfer Function; MTF) 측정 등이 적용되고 있다[1,2,5-11].

영상평가에 있어서는 엄격한 기준에 의해서 정량 평가되고 있는 것이 사실이다. 하지만, 종양학과 내에서 유용하게 환자

Corresponding author: Jung-Whan Min, Dept. of Radiological Technology, The Shingu University, 377 Gwangmyeong-ro, Seongnam, Republic of Korea, 13174 / Tel: +82-31-740-1361 / E-mail: pmpmpm@shingu.ac.kr

Received 22 February 2024; Revised 6 March 2024; Accepted 15 March 2024

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

정보를 제공하는 디지털 의료 장비인 간접 방식의 디지털 영상은 영상의 균일성 (Image Uniformity)에 대해서 이야기 하고자 한다[7,8,11]. 다시 말하면 방사선치료 영역에서는 3차원 선량분포인 편평도 (Flatness), 대칭도 (Symmetry) 등에 대해서 매우 중요시 평가하고 있는 항목으로서 물팬텀을 이용하는 것이 일반적이다. 그러므로, 임상병원에서는 영상학과 내에서 평가하는 방법과 매우 유사한 결과를 확인하는 방법으로 평가해야 한다고 생각한다[1,2,8,11]. 평가내용에서 2D의 디지털 의료영상은 K-space 트랙젝토리 (Trajectory)를 거쳐 의료영상으로 표현하지만, 이때 치료영역에서의 선량분포는 3D 차원적 공간정보에 대해서 2D로 표현하는 것이 일반적이며, 이때 잡음 및 균일성을 확인할 수 있으며, 주파수대 별로 유용한 정량적 평가의 효율성을 가지고 있는 방법이 NPS이다[6,7]. 또 하나의 적용은 에너지에 의해서 많이 좌우되는 것이 현실이다. 치료영역에서의 에너지는 MV (Mega Voltage) X-ray를 사용함으로써 품질보증 (Quality Assurance; QA)에 있어서도 매우 중요한 사항이라고 생각이 된다[1,2]. 따라서, 방사선종양학과 내에서 설치된 지 얼마 되지 않은 V사의 장비를 10년 정도 지난 후에 비교 평가하는 방법을 연구하였다[1,8,11].

방사선종양학과에서 치료 장치에 대한 디텍터의 품질관리

에 대한 요구도에 의해서 연구에서는 국제전기전자표준위원회 (International Electro-technical Commission; IEC) 62220-1-1의 규격을 이용한 정량적 평가 방법 중 잡음전력스펙트럼 (NPS)의 여러 가지 방법론을 이용하여 정량평가를 하였다[1,12].

II. 대상 및 방법

1. 실험도구 및 영상획득 방법

Varian Clinac^R iX LINAC장비에 있는 디텍션되는 전자조사문영상기구 (Electronic Portal Imaging Device; EPID)는 간접 (Indirect Radiography; IDR) 방식의 디텍터 형식을 취하고 있으며, 40 × 30 cm²의 감도 영역을 가지고 있으며, 1024 × 768의 광전 다이오드 배열을 하고 있다[1], [Fig. 1]. 특히 EPID는 Source Detector Distance (SDD) 132 cm 거리에서 측정하였으며, 1 MU (Monitor Unit) 기준으로 실험하여, 의학영상전송규정 (Digital Imaging and Communications in Medicine; DICOM) 의료영상을 획득하였다[1], [Fig. 1]. 그리고 영상분석은 Image J (Wayne Rasband National Institutes of

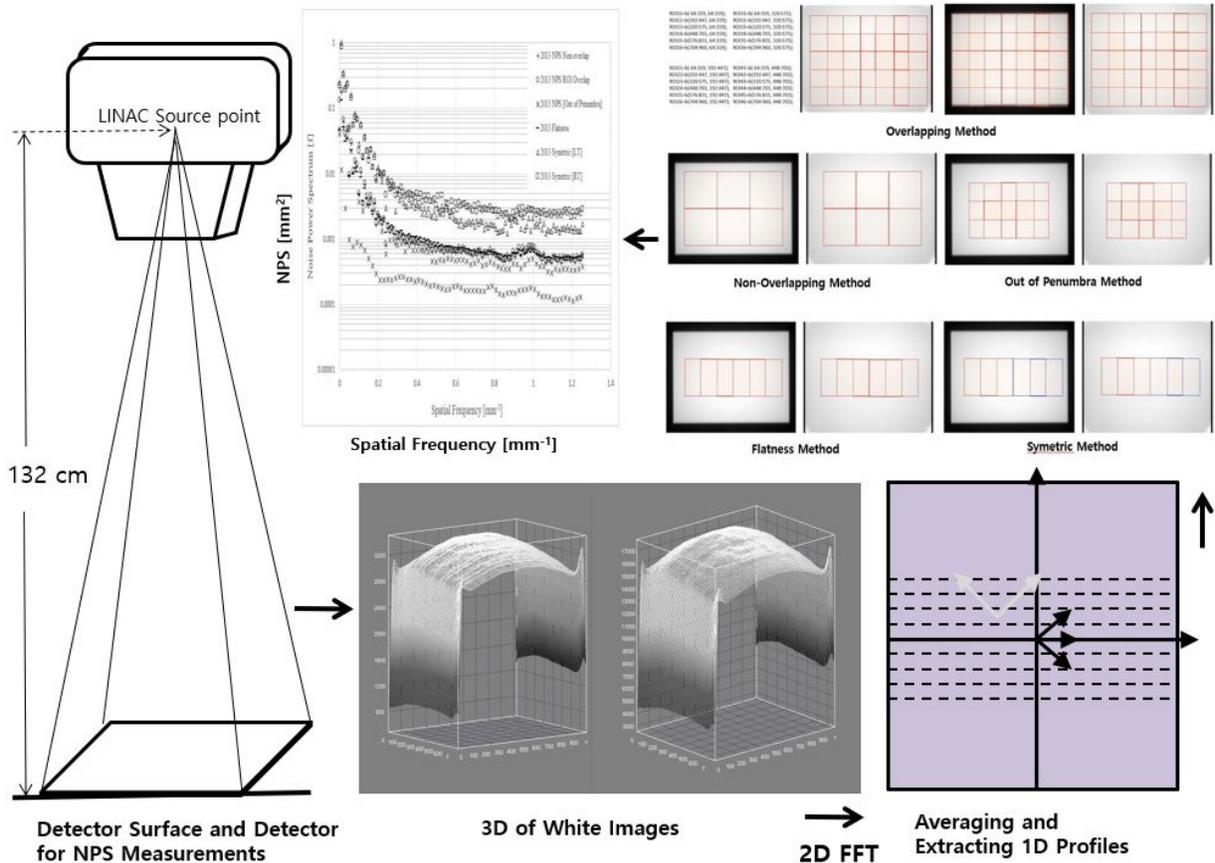


Fig. 1. Frequency signal could be obtained the K-space image and white images for NPS flowchart of the overall procedures.

Health, USA), MATLAB R2019a (MathWorks, USA) 프로그램을 이용하였다.

2. 실험배치 및 영상분석 방법

DICOM 파일을 얻은 후 Image J를 사용하여, 2D의 영상을 3D로 확인 후 잡음전력스펙트럼을 측정하기 위한 준비를 한다. 그리고 1024×768 2D Image들을 얻은 영상들을 White Image로 불러며, 주파수 영역대의 K-space 트라젝토리 (Trajectory)로 변환되는 과정들을 확인하는 과정을 거치게 된다[1], [Fig. 1]. 이때 Fourier Transform (FT)해서 NPS를 측정하게 되며, 주파수 대별로 측정하게 된다[1,2], [Fig. 1]. 이때 재현성을 확보하기 위해서 수직 (Vertical) 방향 그리고 횡축 (Transverse) 방향을 확인할 필요가 있으며, Frequency 및 Phase Encoding 위치를 확인한다. 결과적으로 K-space의 2D 영상들을 확인하며, NPS에 대해서 방법론적으로 정량적인 평가를 하였다[Fig. 1]. NPS 영상 방법은 국제전기위원회 (International Electro-technical Commission; IEC) 62220-1-1의 Overlap 방법에 대한 규격을 이용하였지만, 저자들은 3D 치료영역에 맞추어서 세분화해서 구분하게 되었다[1,12].

따라서, 연구에서 저자들은 NPS에 방법론을 좀 더 세밀하게 할 필요가 있다고 생각하여 6가지 방법으로 정량평가 하였다[Fig. 1].

첫째 1024×768 영상을 Overlap 방법으로 256×256 , 128 Size로 해서 측정하였다.

둘째 1024×768 영상을 Non-Overlap 방법으로 256×256 Size로 해서 측정하였다.

셋째 1024×768 영상을 Out of Penumbra 방법으로 반음영을 제외하고 측정하였다.

넷째 1024×768 영상을 Flatness 방법으로 영상의 정중앙을 기준으로 측정하였다.

다섯째 1024×768 영상을 Symmetry 방법으로 해서 좌·우 대칭을 기준으로 측정하였다.

여섯째 1024×768 영상을 Symmetry Rt, Lt 방법으로 나누어서 측정하였다.

그리고 마지막으로 2013년 측정값들의 그래프 비교, 2022년 측정값들의 그래프 비교를 하였다[Fig. 8, 9].

III. 결과

1. Overlap 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 첫째 1024×768 영상을 Overlap 방

법으로 256×256 , 128단위로 해서 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 장비 전자조사문영상(Electronic Portal Imaging)에 2013년 Overlap 값은 0.000746이며, 2022년 Overlap 값은 0.000318이다[Fig. 1, Fig. 2][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

2. Non-Overlap 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 둘째 1024×768 영상을 Non-Overlap 방법으로 256×256 단위로 해서 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상에 2013년 Non-Overlap 값은 0.000693이며, 2022년 Non-Overlap 값은 0.000319이다[Fig. 1, Fig. 3][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

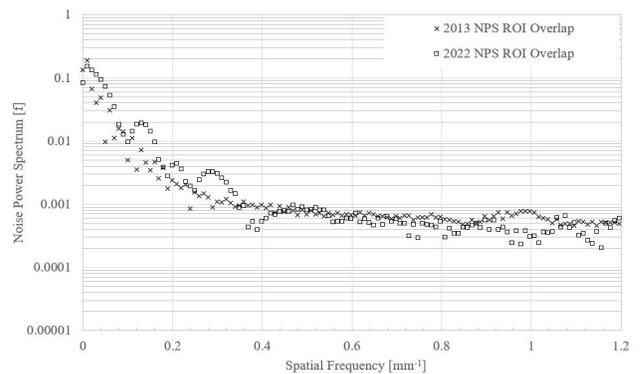


Fig. 2. Comparison of NPSs 1 D signal of the overlap image for 2013s and 2022s image for by using Linac

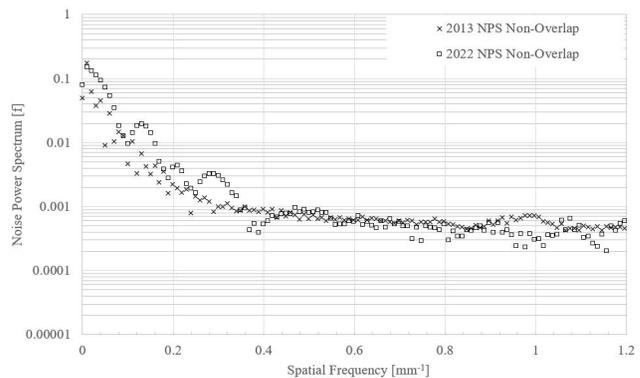


Fig. 3. Comparison of NPSs 1 D signal of the Non-overlap image for 2013s and 2022s image for by using Linac

3. Out of Penumbra 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 셋째 1024×768 영상을 Out of

Penumbra 방법으로 반응영을 제외해서 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상에 2013년 Out of Penumbra 값은 0.000171이며, 2022년 Out of Penumbra 값은 $7.23\text{E}05$ 이다[Fig. 1, Fig. 4][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

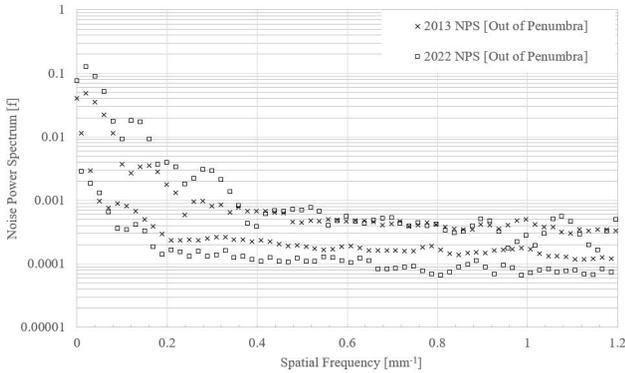


Fig. 4. Comparison of NPSs 1 D signal of the out of penumbra image for 2013s and 2022s image for by using Linac

4. Flatness 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 넷째 1024×768 영상을 Flatness 방법으로 가운데를 기준으로 해서 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상에 2013년 Flatness 값은 0.000629이며, 2022년 Flatness 값은 0.00035이다[Fig. 1, Fig. 5][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

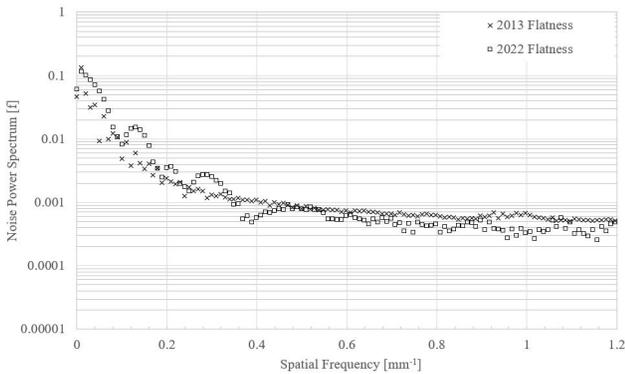


Fig. 5. Comparison of NPSs 1 D signal of the flatness image for 2013s and 2022s image for by using Linac

5. Symmetry 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 다섯째 1024×768 영상을 Symmetry

방법으로 해서 좌·우 대칭을 기준으로 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상에 2013년 Symmetry 값은 0.00211이며, 2022년 Symmetry 값은 0.000632이다[Fig. 1, Fig. 6][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

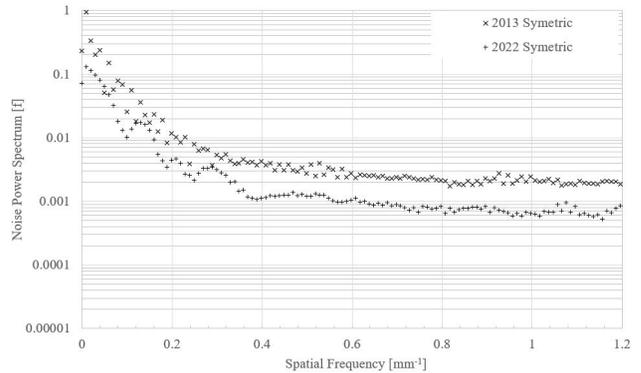


Fig. 6. Comparison of NPSs 1 D signal of the symmetry image for 2013s and 2022s image for by using Linac

6. Symmetry Rt, Lt 방법의 NPS 비교

NPS 비교 결과값은 여섯째 1024×768 영상을 Symmetry Rt, Lt 방법으로 나누어서 측정하였다. 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상에 2013년 Symmetry Rt, Lt 값은 0.002622, 0.001598이며, 2022년 Symmetry Rt, Lt 값은 0.00078, 0.000484이다[Fig. 1, Fig. 7][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

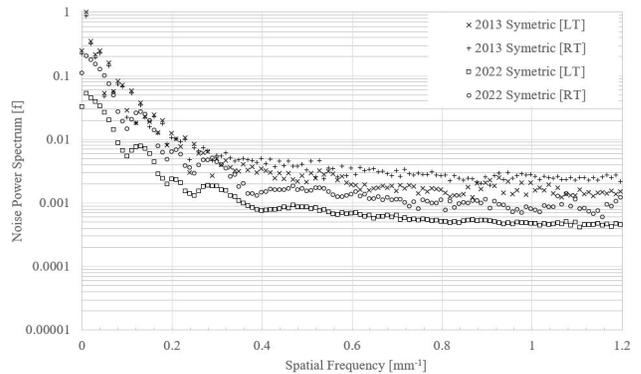


Fig. 7. Comparison of NPSs 1 D signal of the symmetry Rt, Lt image for 2013s and 2022s image for by using Linac

7. 2013년 6가지 방법의 NPS 비교

2013년 NPS 비교 결과값은 1024×768 영상에 대해서

주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상 Overlap, Non-Overlap, Out of Penumbra, Flatness, Symmetry, Symmetry Rt, Lt 값은 0.000746, 0.000693, 0.000171, 0.000629, 0.00211, 0.002622, 0.001598이다[Fig. 1, Fig. 8][1]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

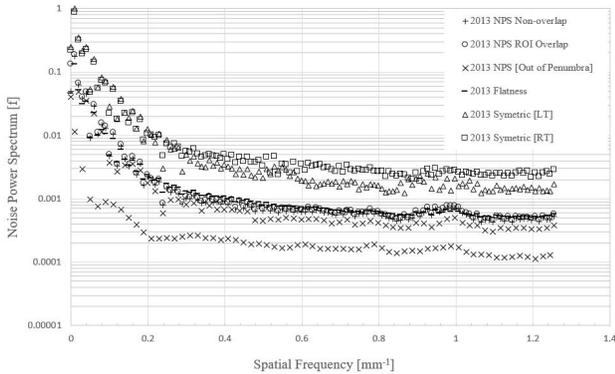


Fig. 8. Comparison of NPSs 1 D signal of the 6 image for 2013s image for by using Linac

8. 2022년 6가지 방법의 NPS 비교

2022년 NPS 비교 결과값은 1024×768 영상에 대해서 주파수 1.0 mm^{-1} 에서 V사 전자조사문영상 Overlap, Non-Overlap, Out of Penumbra, Flatness, Symmetry, Symmetry Rt, Lt 값은 0.000318, 0.000319, $7.23\text{E}-05$, 0.00035, 0.000632, 0.00078, 0.000484이다[Fig. 1, Fig. 9]. NPS 값이 결과적으로 다른 측정값보다 낮다는 것은 잡음이 전체적으로 적다는 것을 나타내며, 균일성이 좋음을 의미한다.

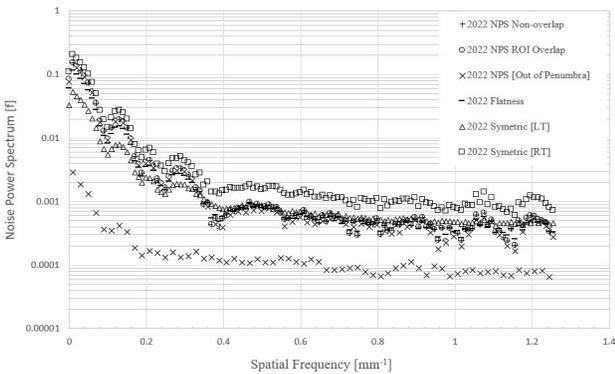


Fig. 9. Comparison of NPSs 1 D signal of the 6 image for 2022s image for by using Linac

IV. 고 찰

현재 방사선종양학과에서는 LINAC장비의 이온전리함에서 측정되어 나오는 집적선량 및 편평도 (Flatness), 대칭도 (Symmetry), Monitor Unit (MU)값 등을 확인할 수 있으며, LINAC장비의 Set Up을 위해서는 Water Phantom을 치료에 필요한 출력선량 (Out Put)을 측정해야 한다[1]. 이때 특히, 깊이 선량백분율 (Percentage Depth Dose; PDD), 최대조직선량비 (Tissue Maximum Ratio; TMR)값을 구현하기 위해서 정교한 Beam Data를 얻게 된다[1]. 빔 데이터들은 3D 선량에 대해서 각각의 포인트 값을 가지며, 선량에 대한 분포 곡선으로서 각각의 포인트 값을 챔버가 이동 또는 고정되어서 측정되고 있다. 또한, 매일 확인하는 품질보증 (Quality Assurance; QA)에는 광자선 및 전자빔에 대해서 재현성과 직선성에 대해서 플라스틱 고체 팬텀 및 챔버로 확인하는 평가를 하게 된다. 더해서 현재에는 특정 상품으로 되어 나오는 측정 도구에 의해서 QA를 하고 있다. 이에 저자들은 3D 선량분포에 대해서 2D로 평가하는 방법을 적용하고자 하였다. 이때 나오는 선량을 2D EPID 영상들을 촬영하여 영상별로 잡음전력스펙트럼 (Noise Power Spectrum; NPS) 측정을 하였으며, 6가지 방법으로서 3D에 관련된 Intensity를 2D로 확인하였다[1,2,8,11].

저자들은 6가지 방법 모두 근소한 차이로 2013년 NPS 측정 데이터와 2022년 NPS 측정 데이터가 관리 잘 되고 있음을 확인할 수 있었다[1,2,8,11]. 이유는 10년 정도 시간이 흘렀는데도 근소한 차이가 난다는 것은 그만큼 3D의 선량 관리가 잘 되고 있음을 나타내고 있는 사실이다. 그리고 2013년, 2022년 데이터들은 Out of Penumbra 방법이 가장 좋은 값을 나타내었다[1]. NPS 값이 낮다는 것은 Noise에 대해서 실제로 선량에 대한 주파수영역대의 값들이 낮다는 것이며, 선량 관리가 잘 되고 있음을 의미한다. 또 다른 이유는 아웃라인 즉 반응영 부위를 제외한 측정 방법이기 때문에 더욱더 신뢰도가 높다는 것이다 [1]. 또한 Symmetry Rt, Lt 방법은 방법론에 대한 차이기는 하지만 가장 높은 NPS값은 Intensity 값들이 높다는 것으로 LINAC 장치의 선량 분포도가 미세하게 좌·우 대칭이지가 않다는 반증이기도 하다[1]. 따라서 QA를 하면서도 간단하게 할 수 있는 장점이 있으며, 장치의 오랜 설치 후의 좌·우 Intensity 값들이 다르다는 것은 실제로 축외선량비 (Off-axis ratio; OAR)를 확인하여야 한다는 의미이다[1]. 실제로 영상의 학과에서 디텍터 정도관리에 대해서 매우 관심을 가지고 있으며, 국 내·외 기준에 의해서 IEC 방법을 준용하면서, QA를 하고 있다[5-7,12]. 정량적 평가지표로 MTF, NPS, 양자검출 효율 (Detective Quantum Efficiency; DQE) 등이 있어서 우리나라 임상병원 영상의학과에서는 장비에 대한 선질과 특성을

확인하는데, 많이 사용되고 있다[1,2,13-15].

결론적으로 Overlap, Non-Overlap 방법은 IEC 규정에 있어서 영상의학과에서 평가를 하는 방법이지만, 종양학과에서도 디지털화된 영상의 품질관리를 해야 한다는 의미에서 해석했으면 하며, 간단하면서도 장비의 효율성 그리고 방사선치료에 도움을 줄 수 있을 것으로 생각한다[8,12]. LINAC 장치의 장기적으로 전자조사문영상에 대한 QA를 함으로써 영상의 균일도 및 잡음에 대한 평가를 하기 위해서 NPS 정량화하였다는 데에서 의의를 둘 수 있다[1,2].

V. 결론

연구에서는 LINAC 장치의 전자조사문영상의 품질관리를 위해서 잡음 및 선량 Intensity 값을 주파수 영역대에서 확인함으로써 보다 효율적으로 QA 해서 사용할 수 있었다. 결론적으로 LINAC 장치의 장기적으로 전자조사문영상에 대한 QA를 함으로써 영상의 균일도 및 잡음에 대해 평가하기 위해서 NPS를 정량화하였다는 데에서 의의를 둘 수 있다.

REFERENCES

- [1] Son SY, Min JW, Jeong HW, et al. Evaluation of image quality for various electronic portal imaging devices in radiation therapy. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):451-61. Retrieved from https://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?ResultTotalCNT=19&pageNo=2&pageSize=10&method=list&acnCnt=1&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v38n4&id=&setId=&iTableId=&iDocId=&sFree=&pQuery=%28kojic%3ABSSGBL%29+AND+%28voliss_ctrl_no%3Av38n4%29
- [2] Miyati T, Fujita H, Kasuga T, et al. Measurements of MTF and SNR(f) using a subtraction method in MRI. *Physics in Medicine and Biology*. 2002;47:2961-72. Doi: 10.1088/0031-9155/47/16/311.
- [3] Min JW, Jeong HW, Kim KW, et al. Comparison study on CNR and SNR of thoracic spine Lateral radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2013;36(4):280-73. Retrieved from https://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v36n4&sFree=
- [4] Lee YJ, Jung HS, Kim YJ, et al. Optimization of non-local means algorithm in low-dose computed tomographic image using noise level and similarity evaluation parameters: A phantom study. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2024;47(1):39-48. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2024.47.1.39>
- [5] Min JW, Jeong HW, Kim KW, et al. Study on the resolution characteristics by using magnetic resonance imaging 3.0T. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2020;43(4):251-7. Retrieved from http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v43n4&sFree=
- [6] Min JW, Jeong HW, Kim SC. Evaluation of noise power spectrum characteristics by using magnetic resonance imaging 3.0T. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2021;44(1):279-88. Retrieved from http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v44n1&sFree=
- [7] Min JW, Jeong HW, Han JH, et al. Evaluation of the resolution characteristics by using american college of radiology phantom for magnetic resonance imaging. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2022;45(1):11-7. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2022.45.1.11>
- [8] Jeong HW, Min JW, Kim JM, et al. Performance characteristic of a CsI(Tl) flat panel detector radiography system. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2012;35(2):109-17. Retrieved from http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=v35n2&sFree=
- [9] Min JW, Jeong HW, Kang HK. Evaluation of the resolution characteristics by using ATS 535H phantom for ultrasound medical imaging. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2023;46(1):15-21. DOI: <http://dx.doi.org/10.17946/JRST.2023.46.1.15>
- [10] Kim KW, Jeong HW, Min JW, et al. Measurement of image quality according to the time of computed radiography system. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2015;38(4):365-74. Retrieved from http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrs1&kojic=BSSGBL&sVnc=

v38n4&sFree=

[11] Min JW, Jeong HW, Kim KW, et al. Comparison of noise power spectrum in measurements by using international electrotechnical commission standard devices in indirect digital radiography. *Journal of Radiological Science and Technology*. 2018;41(5): 457-62. Retrieved from http://ocean.kisti.re.kr/IS_mvpopo212L.do?method=list&poid=ksrsl&kojic=BSSGBL&sVnc=v41n5&sFree=

[12] IEC (International Electrotechnical Commission) 62220-1. Medical electrical equipment characteristics of digital X-ray imaging devices Part 1: determination of the detective quantum efficiency. Geneva; 2003. Retrieved from <http://websites.umich.edu/~>

ners580/ners-bioe_481/lectures/pdfs/2003-10-IEC_62220-DQE.pdf

[13] Samei E, Flynn MJ, Reimann DA, et al. A method for measuring the presampled MTF of digital radiographic systems using an edge test device. *Medical Physics*. 1998;25(1):102-13. Doi: 10.1118/1.598165.

[14] Greer PB, van Doorn T. Evaluation of an algorithm for the assessment of the MTF using an edge method. *Medical Physics*. 2000;27(9):2048-59. Doi: 10.1118/1.1288682.

[15] Steckner MC, Drost DJ, Prato FS. Computing the modulation transfer function of a magnetic resonance imager. *Medical Physics*. 1994;21(3):483-9. Doi: 10.1118/1.597310.

구분	성명	소속	직위
제1저자/ 교신저자	민정환	신구대학교	부교수
공동저자	정회원	백석문화대학교	부교수