

일간 빔 출력 확인을 위한 평가도구인 Machine Performance Check의 유용성 평가

울산의대 강릉아산병원 방사선종양학과
이상현, 안우상, 이우석, 최진혁, 김선연

목 적: Machine Performance Check (MPC)는 Electronic Portal Imaging Device(EPID)를 기반으로 빔 출력을 별도의 설치 없이 측정할 수 있는 장점을 지닌 자체 검사 소프트웨어이다. 본원에서는 MPC와 QA Beam-checker PLUS 간의 일간 빔 출력을 비교 및 상관관계를 분석하여 MPC의 유용성을 확인하고자 하였다.

대상 및 방법: 본 실험을 진행하기 위해 선형가속기(Truebeam 2.5)를 이용하였고, 광자선(6 MV, 10 MV, 15 MV, 6 MV-FFF, 10 MV-FFF), 전자선(6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 16 MeV, 20 MeV) 총 10개의 에너지를 대상으로 5 개월간 치료 전 빔 출력을 MPC와 QA Beamchecker PLUS로 측정하여, 총 80 회의 데이터를 획득하였다. Pearson 상관계수를 사용하여 MPC와 QA Beamchecker PLUS 간의 빔 출력을 비교 및 상관관계를 평가하였다. Pearson 상관계수는 0.8 이상은 아주 강함, 0.6 이상 0.8 미만 강함, 0.4 이상 0.6 미만 보통, 0.2 이상 0.4 미만 약함, 0.2 미만 아주 약함을 의미한다.

결 과: MPC와 QA Beamchecker PLUS 모두 일간 빔 출력 일치도는 2 % 이내로 나타났다. MPC의 빔 출력은 광자선이 0.29±0.26 %, 전자선이 0.30±0.26 %로 나타났고, QA Beamchecker PLUS의 빔 출력은 광자선이 0.31±0.24 %, 전자선이 0.33±0.24 %로 나타났다. MPC와 QA Beamchecker PLUS 사이의 Pearson 상관계수는 광자선의 경우 15 MV에서는 아주강함, 6 MV, 10 MV, 6 MV-FFF 그리고 10 MV-FFF에서는 강함으로 나타났고, 전자선의 경우 16 MeV, 20 MeV에서 강함, 9 MeV, 12 MeV에서 보통, 6 MeV에서 아주 약함으로 나타났다.

결 론: MPC는 일간 빔 출력 평가 면에서 광자선과 고에너지 전자선에서는 QA Beamchecker PLUS와 강한 상관관계로 보임을 확인할 수 있었다. 다만, 저에너지 전자선(6 MeV)에서는 낮은 상관관계를 보였지만, 관찰기간 동안 MPC, QA Beamchecker PLUS 모두 빔 출력 일치도는 2 % 이내로 일간 빔 출력 확인 용도로는 적절할 것으로 판단된다. MPC는 기존의 일간 빔 출력 측정 도구 보다 빠르게 수행 할 수 있어 사용자 입장에서 효과적인 방법인 것으로 사료된다.

▶ 핵심용어: Machine Performance Check (MPC), QA Beamchecker PLUS, OUTPUT, Pearson 상관계수, Quality assurance

서 론

선형가속기의 정기적인 정도관리는 장비의 취역검사

(acceptance and commissioning) 당시의 기준 값을 유지하기 위해 반드시 선행되어야 한다. 정도관리 항목은 선량적, 기계적, 영상적 정확성 및 장비의 안정성 점검으로 나눌 수 있다. 이러한 정도관리를 통해 선형가속기의 선량적, 기계적 오류를 사전에 점검하여 실제 방사선치료에 발생되지 않도록 반드시 방사선치료 전에 선행되어야 할 중요한 과정이다.^(1,2)

책임저자: 이상현, 울산의대 강릉아산병원 방사선종양학과
Tel : 033) 610-5305
E-mail: shloveeg@naver.com

2009년 미국의학물리학회(American Association of Physicists of Medicine, AAPM)에서는 의료용 선형가속기에 대한 정도관리를 위한 TG-142 보고서(Task Group report 142)를 발간하였다.⁽³⁾ 일련의 정도관리 절차를 일간, 주간, 월간 및 연간 항목 등 구체적으로 수립하였고 각 항목별 관리요차를 제시해 주고 있다. 최근 개정된 '의료분야의 방사선안전관리에 관한 기술기준'은 AAPM TG-142 보고서에서 권고하는 정도관리 항목을 도입하여 국내에서도 선형가속기의 정도관리가 중요시 되고 있다.

광자선의 빔 출력 점검은 일간 점검 항목 중 하나로 환자의 선량에 직접적으로 영향을 줄 수 있는 선형가속기의 빔 출력을 방사선 치료 전 측정하여 기준값 이내로 일치하는지 확인해야 한다. 일간 빔 출력 일치도를 점검하기 위해 상업용으로 주로 사용되는 장비로는 Standard Imaging사의 QA Beamchecker PLUS, Sun Nuclear사의 Daily QA™ 3, PTW사의 Quickcheck 등이 있다. 이러한 장비들은 치료테이블(couch) 위에 올려놓고 별도의 케이블 연결 없이 충분히 신뢰할 수 있는 빔 출력을 신속하게 확인할 수 있어 널리 사용되고 있다.

최근 Varian에서는 Truebeam 2.0부터 Machine Performance Check (MPC) 소프트웨어를 출시하였다. MPC는 Electronic Portal Imaging Device (EPID)를 기반으로 선형가속기의 출력변화와 기계적 위치 정확도 등의 주요 기능이 사양 내에서 작동하는지 여부를 확인하는 통합 자체 소프트웨어이다.⁽⁹⁾ 특히, MPC는 별도의 설치 없이 바

로 빔 출력을 측정할 수 있어 사용자에게 편의성을 제공하고 있다.

본 논문에서는 일간 빔 출력을 위한 보편적으로 사용되고 있는 QA Beamchecker PLUS와 MPC 간의 일간 빔 출력을 서로 독립적으로 측정하고 비교 분석함으로써 MPC의 일간 빔 출력 확인 및 평가도구로서의 유용성을 평가하고자 하였다.

대상 및 방법

본 연구에서는 비정질 실리콘(amorphous silicon, a-Si) 1200 EPID가 장착된 선형가속기(TrueBeam version 2.5, Varian Medical Systems, USA)를 이용하였다. 일간 빔 출력에 사용된 빔 에너지는 총 10 종류의 광자선과 전자선을 사용하였다. 광자선의 경우, FF (flattening filter) 빔인 6 MV, 10 MV, 15 MV와 FFF (flattening filter free) 빔인 6 MV와 10 MV를 측정하였고, 전자선은 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 16 MeV, 20 MeV를 측정하였다. 측정 기간은 2017년 4월 3일부터 9월 5일까지 5개월간 총 80 회 측정을 하였다.

1. 이온전리함을 이용한 절대선량 측정

장비의 빔 출력에 대한 절대선량을 측정하기 위하여 40×34×35 cm³ 크기의 물 팬텀(WP1D Water phantom,

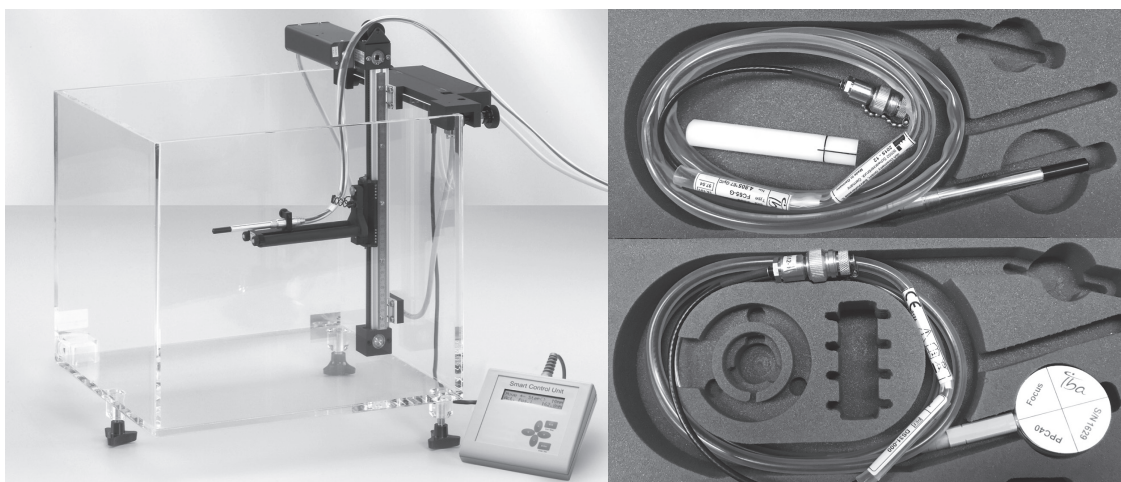


Fig. 1. WP1D Water phantom, Famer type ionization chamber and Parallel Plate ionization chamber

IBA Dosimetry GmbH, Germany)을 이용하여 측정하였다.

광자선은 Farmer type 이온전리함(FC-65G, IBA Dosimetry GmbH, Germany)을 이용하고, 전자선은 평행평판형 이온전리함(PPC40, IBA Dosimetry GmbH, Germany)을 사용하여 절대선량을 측정하였다(Fig. 1). 선원에서 물 표면까지의 거리(Source-to-surface distance, SSD)를 100 cm에서 측정하였다. 광자선은 10 cm 고정 깊이에 이온전리함이 중앙에 오도록 위치시키고 조사야를 10×10 cm²로 하여 측정하였으며, 전자선은 각 에너지별 기준깊이(Z_{ref})에 이온전리함의 유효 측정 깊이에 위치하도록 하고 15×15 cm² cone을 사용하여 절대선량을 측정하였다. 모든 광자선과 전자선의 절대선량은 ±1% 이내로 빔 출력을 교정하였다. 또한 이온전리함으로 절대선량을 교정한 경우에는, QA Beamchecker PLUS와 MPC의 빔 출력의 기준값(baseline)을 재설정하였다.

2. Machine Performance Check를 이용한 빔 출력 측정

MPC는 선형가속기의 빔 출력과 기계적 성능을 신속하면서 정확하게 평가할 수 있는 Truebeam 2.0부터 도입된 소프트웨어이다(Fig. 2). MPC는 크게 두 가지 기능으로 나눌 수 있는데 치료실 내에 별도의 팬텀이나 전자선 cone 등의 추가적인 장치의 설치 없이 EPID를 이용하여 획득한 영상으로 치료조종실에서 바로 빔 출력을 측정할 수 있는 빔 출력 일치도 확인(constancy check)이 있으며, Iso-Cal phantom을 치료테이블에 설치하고 kV와 MV의 영상을 획득하여 치료기의 기계적 정확성을 확인하는 기하학적 점검(geometry check)이 있다.

먼저, Constancy check는 측정 전 각 에너지별 기준값을 설정한 후 일간 빔 출력을 측정하여 상대적으로 측정된 결과이다. Constancy check는 상대적 출력 변화 확인뿐만 아니라 빔의 중심축의 오차 그리고 균일성 등을 기준값과의 일치도를 확인할 수 있다.



Fig. 2. Varian, Truebeam Machine performance check system



Fig. 3. Standard-imaging, QA Beamchecker PLUS system

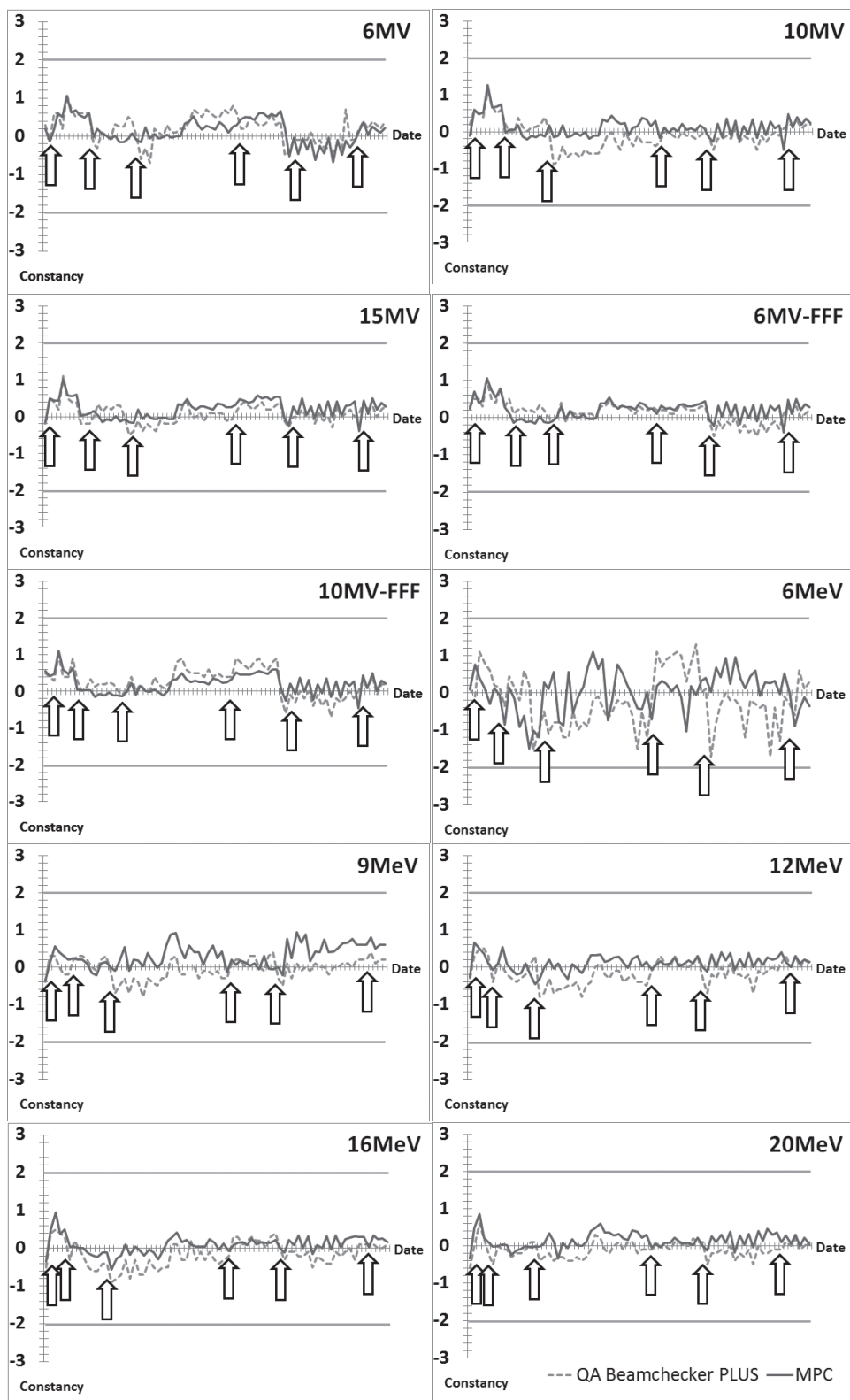


Fig. 4. The beam output graph for each energy (Arrows indicate the period when MPC and QA Beamchecker PLUS baselines for dose and sensitivity were reset)

둘째, Geometry check는 Constancy check와는 다르게 Iso-Cal Phantom을 치료테이블에 설치 후 측정하는데, Iso-Cal phantom은 직경 23 cm의 원기둥 형태로 직경이 4 mm의 텅스텐 재질의 베어링이 16개가 부착되어 있다. Geometry check에서는 크게 여섯 가지를 측정하는데, kV와 MV로 획득한 영상으로 부터의 빔의 중심점(iso-center)의 크기, 치료 중심점과 영상 중심점의 일치도, kV와 MV 영상의 위치정확도, 콜리메이터(collimator), 갠트리(gantry) 각도의 일치도, Jaw와 MLC의 위치 정확도 그리고 치료테이블의 위치 정확도 등을 측정할 수 있다.

본 연구에서는 MPC의 빔 출력 일치도 확인을 위한 유용성을 평가하고자 하였기 때문에 Constancy check만 수행하였다. MPC는 Truebeam의 major 모드에서 MPC 모드로 들어가서 시작하는데, 먼저 측정하고자 하는 에너지를 선택한 후 EPID를 이용하여 에너지별 MV 영상을 획득한다. 영상은 획득 시 바로 분석되고 결과 값으로 나타난다.

MPC의 일간 빔 출력 측정을 위한 조건은 EPID를 150 cm에 위치시키고 조사면은 18×18 cm²으로 32 MU를 조사하였다. 하지만 jaw 위치의 영향을 줄이기 위해 빔 출력 검사는 조사면의 중심점에서 13.3×13.3 cm²로 측정된다.

3. QA Beamchecker PLUS를 이용한 빔 출력 측정

QA Beamchecker PLUS는 8개의 이온전리함을 기반으로 이루어져있는데, 검출기 정중앙 1개, 정중앙에서 7.5 cm 상, 하, 좌, 우 네 방향으로 4개 그리고 3개의 에너지 식별 이온전리함으로 이루어져있다. 또한 출력을 보정하기 위해 보드 상의 온도와 압력의 센서로 구성되어있다. 측정된 데이터는 저장 및 PC로 전송되어 분석된다. 이 연구에서 사용된 소프트웨어의 버전은 2.3.1.1이다.

QA Beamchecker PLUS 장치는 선형가속기의 일간 빔

출력, 평탄도, 대칭도를 평가할 수 있다(Fig. 3). 일간 빔 출력 측정을 위한 조건은 SSD는 100 cm에서 광자선은 조사면 20×20 cm²으로 전자선은 20×20 Cone으로 50 MU를 조사하였다. FFF 광자선의 경우에는 높은 선량율로 인해 출력 재현성 저하를 줄이기 위해 100 MU를 조사하였다 (Table. 1).

4. 상관관계 분석

MPC와 QA Beamchecker PLUS에서 측정된 각각의 에너지별 데이터를 평균, 표준편차로 평가하였다.

MPC와 QA Beamchecker PLUS의 빔 출력 일치도와 추세 변화를 평가하기 위해 Pearson 상관계수를 사용하여 분석하였다[식 1]. 두 변인 간의 상관관계를 나타내는 수량적 지수로서 대표적인 것이 Pearson 상관계수이다.

$$r = \frac{\sum(x - \bar{x})(y - \bar{y})}{\sqrt{\sum(x - \bar{x})^2 \sum(y - \bar{y})^2}} \text{----- [식 1]}$$

Pearson 상관계수는 절대값 1에 가까울수록 강한 상관관계를 나타내는데, 0.8 이상에서는 아주 강함, 0.6 이상 0.8 미만에서는 강함, 0.4 이상 0.6 미만에서는 보통, 0.2 이상 0.4 미만에서는 약함, 0.2 미만에서는 아주 약함을 나타낸다.

결 과

MPC와 QA Beamchecker PLUS의 비교 분석은 상호 간의 일간 빔 출력의 평균, 편차, 오차 등으로 평가를 하였고 출력 일치도는 Pearson 상관계수를 이용하여 평가하였다.

Table 1. Output measurement conditions of MPC and QA Beamchecker PLUS

	MU	SSD	Field Size	Dose Rate
MPC	32 MU	150 cm	18×18 cm ²	-
QA Beamchecker PLUS	50 MU* 100 MU**	100 cm	20×20 cm ²	400 MU/min* 1200 MU/min**

* Flattening filter(FF)

** Flattening filter-free(FFF)

1. Machine Performance Check와 QA Beam-checker PLUS의 일간 빔 출력 평가

MPC와 QA Beamchecker PLUS의 빔출력 일치도는 광자선의 경우, 기준값의 $\pm 1.5\%$ 이내로 측정되었다. 전자선의 경우, 기준값의 $\pm 2\%$ 이내로 측정되었고 모든 에너지에서 주기적인 교정 후에 baseline을 설정한 후 점차적으로 빔 출력이 증가하는 것을 확인할 수 있었다.

에너지별 빔 출력의 평균은 MPC의 경우, 광자선 FF 빔의 6, 10, 15 MV에서 각각 $0.33 \pm 0.27\%$, $0.27 \pm 0.27\%$, $0.30 \pm 0.26\%$ 로 측정되었고, 광자선 FFF 빔의 6, 10 MV에서 각각 $0.30 \pm 0.26\%$, $0.25 \pm 0.26\%$ 로 측정되었고, 전자선의 6, 9, 12, 16, 20 MeV에서 각각 $0.48 \pm 0.37\%$, $0.36 \pm 0.28\%$, $0.22 \pm 0.21\%$, $0.21 \pm 0.21\%$, $0.23 \pm 0.22\%$ 로 측정되었다(Fig. 4). QA Beamchecker PLUS의 경우, 광자선 FF 빔의 6, 10, 15 MV에서 각각 $0.38 \pm 0.23\%$, $0.30 \pm 0.24\%$, $0.23 \pm 0.18\%$ 로 측정되었고, 광자선 FFF 빔의 6, 10 MV에서 각각 $0.26 \pm 0.18\%$, $0.38 \pm 0.38\%$ 로 측정되었고, 전자선의 6, 9, 12, 16, 20 MeV에서 각각 $0.64 \pm 0.47\%$, $0.23 \pm 0.17\%$, $0.29 \pm 0.21\%$, $0.28 \pm 0.2\%$, $0.19 \pm 0.15\%$ 로 측정되었다(Table. 2).

MPC와 QA Beamchecker PLUS의 빔 출력 최대 오차

Table 2. Mean and standard deviation of daily beam output of MPC and QA Beamchecker PLUS

Energy			Devices	
			MPC	QA Beamchecker PLUS
Photon	FF*	6MV	$0.33 \pm 0.27\%$	$0.38 \pm 0.23\%$
		10MV	$0.27 \pm 0.27\%$	$0.30 \pm 0.24\%$
		15MV	$0.30 \pm 0.26\%$	$0.23 \pm 0.18\%$
	FFF**	6MV-FFF	$0.30 \pm 0.26\%$	$0.26 \pm 0.18\%$
		10MV-FFF	$0.25 \pm 0.26\%$	$0.38 \pm 0.38\%$
Electron		6MeV	$0.48 \pm 0.37\%$	$0.64 \pm 0.47\%$
		9MeV	$0.36 \pm 0.28\%$	$0.23 \pm 0.17\%$
		12MeV	$0.22 \pm 0.21\%$	$0.29 \pm 0.21\%$
		16MeV	$0.21 \pm 0.21\%$	$0.28 \pm 0.20\%$
		20MeV	$0.23 \pm 0.22\%$	$0.19 \pm 0.15\%$

* Flattening filter(FF)

** Flattening filter-free(FFF)

는 광자선에서 6 MV에서 1.07 %로 가장 높았고 에너지가 증가할수록 최대 오차가 감소하였다. 전자선에서도 마찬가지로 6 MeV에서 1.97 %로 가장 높았고 에너지가 증가할수록 최대 오차는 감소하였다.

2. Machine Performance Check와 QA Beam-checker PLUS간의 빔 출력 일치도 평가

MPC와 QA Beamchecker PLUS간의 빔 출력 일치도는 Pearson 상관계수를 이용하여 평가하였다.

먼저 광자선의 경우, 상관계수는 FF 빔의 6, 10, 15 MV에서 각각 0.659로 강함, 0.677로 강함, 0.801로 아주 강함으로 나타났고 FFF 빔의 6, 10 MV에서 0.653으로 강함, 0.697로 강함으로 나타났고 전자선의 경우, 상관계수는 6, 9, 12, 16, 20 MeV에서 0.190으로 아주 약함, 0.456으로 보통, 0.585로 보통, 0.679로 강함, 0.666으로 강함으로 나타났다(Table. 3).

MPC와 QA Beamchecker PLUS 모두 광자선과 고 에너지 전자선에서 강한 상관관계를 보였지만 저 에너지 전자선에서 아주 약한 상관관계를 보였다.

Table 3. Evaluating beam output agreement of MPC and QA Beamchecker PLUS

Energy			Pearson correlation coefficient
Photon	FF**	6MV	0.659
		10MV	0.677
		15MV	0.801
	FFF***	6MV-FFF	0.653
		10MV-FFF	0.697
Electron		6MeV	0.190
		9MeV	0.456
		12MeV	0.585
		16MeV	0.679
		20MeV	0.666

* $0.8 < r \leq 1$: Very strong

0.6 < r ≤ 0.8 : Strong

0.4 < r ≤ 0.6 : Moderate

0.2 < r ≤ 0.4 : Weak

0 < r ≤ 0.2 : Very weak

** Flattening filter(FF)

*** Flattening filter-free(FFF)

고안 및 결론

본 연구에서는 Varian사의 선형가속기(Truebeam 2.5)를 이용하여 MPC와 본원에서 기존에 사용하던 QA Beamchecker PLUS와의 일간 빔 출력을 측정하고 비교 분석하여 MPC가 일간 빔 출력 일치도 확인 장치로서의 유용성을 평가하고자 하였다.

현재까지 방사선치료기술과 치료기의 발달로 실제 치료 시 더욱 다양한 에너지를 치료에 사용하고 있다. 따라서 일간 빔 출력 일치도 확인 장치를 비롯한 다른 측정 장치 역시 상응하는 발전이 필요하다. 본원에서 방사선치료 시 6 MV, 10 MV, 15 MV, 6 MV-FFF 그리고 10 MV-FFF 광자선, 6 MeV, 9 MeV, 12 MeV, 16 MeV 그리고 20 MeV 전자선의 다양한 에너지를 사용하기 때문에 이번 연구에서 10개의 해당 에너지를 측정하였다.

MPC와 QA Beamchecker PLUS간의 일간 빔 출력은 대체적으로 강한 상관관계를 보였고, 저 에너지 전자선에서는 약한 상관관계를 보였다. 하지만 저 에너지 전자선에서도 AAPM TG-142 보고서에서 권장하는 일간 빔 출력 오차범위 내에 모두 들어왔기 때문에 상관관계는 크지 않지만 일간 빔 출력 평가용으로는 유용한 것으로 판단된다.

또한, 일간 빔 출력을 측정하고, 측정된 데이터(data)를 확인하는데 소요된 시간은 MPC가 약 7분, QA Beamchecker PLUS가 약 11분으로 소요 시간이 더 짧고, QA Beamchecker PLUS 장치와 전자선 cone을 설치하는 번거로움을 줄일 수 있었다. 또한 Iso-Cal Phantom을 치료 테이블에 설치하면 빔 출력뿐만 아니라 갠트리, 콜리메이터, 치료테이블 그리고 기타 기계적인 오차 등 더욱 다양한 정보를 얻을 수 있었다.

하지만, 제조사에서는 아직 충분한 연구가 이루어지지 않은 MPC를 일간 빔 출력 측정에 이용하는 것을 권고하지 않는다.

최근, EPID를 기반으로 일간 빔 출력을 측정하는 연구는 여러 기관에서 많이 다루어지고 있다.⁴⁻⁸⁾ Barnes 등의 연구에 따르면 MPC는 QA Beamchecker PLUS나 이온전리함과는 다르게 EPID를 기반으로 하고 있기 때문에 이온전리함에 비해 Flattening filter-free 광자선에서 빔 출력 값이 다소 확산될 수 있다. 이러한 원인은 dark field와

flood field가 보정되지 않은 EPID 교정(calibration)에서 발생할 수 있다고 발표했다.¹⁰⁾ 따라서 MPC의 정확한 빔 출력 확인을 위해서는 주기적인 EPID 교정이 필요하다.

끝으로 MPC가 EPID 기반으로 측정하기 때문에 EPID 교정이 주기적으로 선행되어야한다면 MPC의 일간 출력 또한 신뢰할 수 있을 것이고, MPC가 사용자에게 더욱 신속하고, 편리한 기능일 것으로 판단된다.

참고문헌

- Schultheiss TE, Boyer AL, Horton JL, Gastorf RJ, "Calibration frequency as determined by analysis of machine stability". *Medical Physics* 1989;16:84-87.
- 김영범, 조한철, 김명관 등 "선형가속기의 QA업무에 관한 고찰". *Journal of Health Science & Medical Technology* 2004;30:11-16.
- Klein E, Hanley J, Bayouth J, et al. Task group 142 report: quality assurance of medical accelerators. *Med Phys*. 2009;36:4197-4212.
- J. Chang, C. H. Obcemea, J. Sillanpaa, J. Mechalakos, and C. Burman, "Use of EPID for leaf position accuracy QA of dynamic multi-leaf collimator (DMLC) treatment," *Med. Phys.* 31, 2091-2096 (2004).
- J. I. Prisciandaro, C. M. Frechette, M. G. Herman, P. D. Brown, Y. I. Garces, and R. L. Foote, "A methodology to determine margins by EPID measurements of patient setup variation and motion as applied to immobilization devices," *Med. Phys.* 31, 2978-2988 (2004).
- M. Mamalui-Hunter, H. Li, and D. A. Low, "MLC quality assurance using EPID: A fitting technique with subpixel precision," *Med. Phys.* 35, 2347-2355 (2008).
- P. M. McCowan, D. W. Rickey, P. Rowshanfarzad, P.

- B. Greer, W. Ansbacher, and B. M. McCurdy, "An investigation of gantry angle data accuracy for cine-mode EPID images acquired during arc IMRT," *J. Appl. Clin. Med. Phys.* 15, 187-201 (2014).
8. P. Rowshanfarzad, M. Sabet, M. P. Barnes, D. J. O'Connor, and P. B. Greer, "EPID-based verification of the MLC performance for dynamic IMRT and VMAT," *Med. Phys.* 39, 6192-6207 (2012).
9. VitalBeam 2.5 Machine Performance Check Reference Guide, VARIAN medical system.
10. Michael P Barnes, Peter B Greer "Evaluation of the TrueBeam machine performance check(MPC) beam constancy checks for flattened and flattening filter-free(FFF) photon beams". *JACMP*, 2016.

Assessment of the usefulness of the Machine Performance Check system that is an evaluation tools for the determination of daily beam output

Department of Radiation Oncology, Gangneung Asan Hospital, University of Ulsan College of Medicine

Sang Hyeon Lee, Woo Sang Ahn, Woo Seok Lee, Jin Hyeok Choi, Seon Yeon Kim

Purpose: Machine Performance Check (MPC) is a self-checking software based on the Electronic Portal Imaging Device (EPID) to measure daily beam outputs without external installation. The purpose of this study is to verify the usefulness of MPC by comparing and correlating daily beam output of QA Beamchecker PLUS.

Materials and Methods: Linear accelerator (Truebeam 2.5) was used to measure 10 energies which are composed of photon beams(6, 10, 15 MV and 6, 10 MV-FFF) and electron beams(6, 9, 12, 16 and 20 MeV). A total of 80 cycles of data was obtained by measuring beam output measurement before treatment over five months period. The Pearson correlation coefficient was used to evaluate the consistency of the beam output between the MPC and the QA Beamchecker PLUS. In this study, if the Pearson correlation coefficient is; (1) 0.8 or higher, the correlation is very strong (2) between 0.6 and 0.79, the correlation is strong (3) between 0.4 and 0.59, the correlation is moderate (4) between 0.2 and 0.39, the correlation is weak (5) lower than 0.2, the correlation is very weak.

Results: Output variations observed between MPC and QA Beamchecker PLUS were within 2 % for photons and electrons. The beam outputs variations of MPC were 0.29 ± 0.26 % and 0.30 ± 0.26 % for photon and electron beams, respectively. QA Beamchecker PLUS beam outputs were 0.31 ± 0.24 % and 0.33 ± 0.24 % for photon and electron beams, respectively. The Pearson correlation coefficient between MPC and QA Beamchecker PLUS indicated that photon beams were very strong at 15 MV, and strong at 6 MV, 10 MV, 6 MV-FFF and 10 MV-FFF. For electron beams, the Pearson correlation coefficient were strong at 16 MeV and 20 MeV, moderate at 9 MeV and 12 MeV, and very weak at 6 MeV.

Conclusion: MPC showed significantly strong correlation with QA Beamchecker PLUS when testing with photon beams and high-energy electron beams in the evaluation of daily beam output, but the correlation when testing with low-energy electron beams (6 MeV) appeared to be low. However, MPC and QA Beamchecker PLUS are considered to be suitable for checking daily beam output, as they performed within 2 % of beam output consistency during the observation. MPC which can perform faster than the conventional daily beam output measurement tool, is considered to be an effective method for users.

► **Key word:** Machine Performance Check (MPC), QA Beamchecker PLUS, Output, Pearson correlation coefficient, Quality assurance