

Quantitative Comparison of Motion Artifacts in PET Images using Data-Based Gating

Jin Young Kim¹, Gye Hwan Jin^{2,*}

¹Department of Nuclear Medicine, Chungbuk National University Hospital

²Department of Radiology, Nambu University

Received: January 08, 2023. Revised: February 24, 2023. Accepted: February 28, 2023.

ABSTRACT

PET is used effectively for biochemical or pathological phenomena, disease diagnosis, prognosis determination after treatment, and treatment planning because it can quantify physiological indicators in the human body by imaging the distribution of various biochemical substances. However, since respiratory motion artifacts may occur due to the movement of the diaphragm due to breathing, we would like to evaluate the practical effect by using the a device-less data-driven gated (DDG) technique called MotionFree with the phase-based gating correction method called Q.static scan mode. In this study, images of changes in moving distance (0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm) are acquired using a breathing-simulated moving phantom. The diameters of the six spheres in the phantom are 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, and 37 mm, respectively. According to maximum standardized uptake value (SUVmax) measurements, when DDG was applied based on the moving distance, the average SUVmax of the correction effect by the moving distance was improved by 1.92, 2.48, 3.23 and 3.00, respectively. When DDG was applied based on the diameter of the phantom spheres, the average SUVmax of the correction effect by the moving distance was improved by 2.37, 2.02, 1.44, 1.20, 0.42 and 0.52 respectively.

Keywords: Positron Emission Tomography, Motion Artifacts, Data-Based Gating, MotionFree, SUVmax

I. INTRODUCTION

방사선 진단 및 치료 영역에 있어서 호흡과 불수의적으로 움직이는 체내 장기의 영향을 줄이기 위한 방안 및 이를 보정하기 위한 방법은 중요한 연구과제로 인식되어 왔다^[1-4]. 특히 다른 방사선기기에 비하여 검사시간이 길게 걸리는 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography, PET)은 검사 중에 발생하는 호흡과 불수의적으로 움직이는 체내 장기의 영향으로 인하여 표준섭취계수(Standardized Uptake Value, SUV)의 정확한 측정에 어려움이 있고^[1], PET과 컴퓨터단층촬영(Computed Tomography, CT)의 융합 영상에 오차를 발생시킬 수 있고, 이로 인해 판독 오류가 발생할 수 있다.

호흡과 불수의적으로 움직이는 체내 장기의 영향을 줄이기 위한 방법은 폐활량의 변화에 대한 호흡 모니터링, 적외선 CCD 카메라를 이용한 방법 등과 같은 외부 장치 기반 시스템을 이용하는 전향적 방법과 외부 장치 없이 데이터를 기반으로 게이팅하는 후향적 방법으로 구분할 수 있다^[5-7]. 후향적 방법은 외부장치를 필요로 하지 않기 때문에 편리성이 있다. 후향적 방법인 데이터 기반 게이팅을 이용한 PET 영상의 움직임 보정효과에 대한 정량적인 연구의 필요성이 증대되고 있다. 그리고 호흡 작용을 모사할 수 있는 움직임 팬텀을 이용한 연구는 환자를 분석하는 방법보다 외부 영향이 적기 때문에 정량적 분석에 적합하다.

양전자방출단층촬영장치는 데이터를 반도체 기

* Corresponding Author: Gye Hwan Jin

E-mail: ghjin@nambu.ac.kr

Tel: +82-62-970-0159

반으로 하는 수집 방법으로 발전되었다. 호흡을 보정하기 위한 방법으로 GE Healthcare의 상업용 데이터 기반 게이팅을 이용한 PET 영상의 움직임 보정은 외부 장치를 별도로 갖추거나 설치하는 방식이 아닌, MotionFree(a Device-less data-driven gated, DDG)으로 임상에서 적용되고 있다. MotionFree을 위해서 첫단계에 Q.Static scan mode(GE Healthcare, Waukesha, WI)를 이용하여 호흡 주기의 안정 부분으로부터 PET 데이터의 일부를 추출하는 위상 기반 게이팅을 하고 있다^[5,8-9]. 이는 여현곡선(sinogram) 데이터의 차원을 줄이는 주성분 분석(Principal component analysis, PCA)을 기반으로 데이터를 분석하여 호흡의 크기를 결정하여 호흡의 파형으로 변환하는 알고리즘이다. 이 알고리즘을 통해 호흡 보정 여부를 결정한다.

본 논문에서는 자체 제작한 움직임 팬텀을 이용하여 수평방향 호흡모사를 구현하고, PET/CT 장비 내의 데이터 기반 보정프로그램인 MotionFree(GE Healthcare)와 Q.Static scan mode라는 위상 기반 게이팅 보정 방법을 적용하여 영상을 획득하고, 영상의 SUVmax 및 병변 부피를 분석하여 호흡에 따른 장기 또는 종양의 움직임으로 인한 인공물의 감소 효과를 확인하였다.

II. MATERIAL AND METHODS

1. 움직임 팬텀

호흡 모사를 위하여 LX Series의 전동액추에이터 모델인 LXSH2BD-50S-M9N2 (SMC, Tokyo, Japan)를 사용하여 위치와 속도를 조절하였다^[10]. 동작감지기(Vernier Motion Detector 2), 데이터 획득장치(Vernier LabPro®), 개인용 컴퓨터(LABTOP PC)를 이용하여 자체 제작한 움직임 팬텀이 설정한 조건에서 동작이 정확하게 이루어지는지를 확인하였다. 동작감지기(Vernier Motion Detector 2)는 금박의 초음파 탐촉자(Ultrasonic Transducer)에서 초음파를 방출하고 돌아오는 에코를 수신하는 기능을 가지고 있다. 동작감지기의 측정범위는 15 cm에서 6 m까지이며, 해상도는 ± 1 mm, 주파수는 50 kHz, 초음파의 형태는 중심축에서 15 ~ 20° 벌어진 원뿔모양

(cone beam)이다^[5]. 초음파 탐촉자에서 발생한 초음파가 호흡 모사 움직임 팬텀까지 이동하고 초음파 탐촉자로 되돌아오는 시간을 측정하여 데이터 획득장치(Vernier LabPro®)로 전송하고 개인용 컴퓨터에 데이터를 저장하여 이동 거리, 이동 속도를 분석하였다. Fig. 1은 호흡 모사 움직임 팬텀 및 초음파 동작감지 시스템(ultrasonic motion detector)이다.

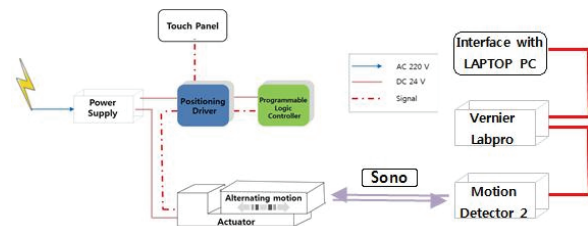


Fig. 1. The schematic of speed and position control module and an active ultrasonic motion detector.

호흡모사 움직임 팬텀은 National Electrical Manufacturers Association (NEMA) IEC Body Phantom에 들어있는 지름이 10, 13, 17, 22, 28, 37 mm인 구(sphere)를 분리하여 자체 제작한 거치대에 고정하였다^[10]. Fig. 2는 팬텀의 열소(hotspots)로 이용한 10, 13, 17, 22, 28, 37 mm인 구와 전동액추에이터이다.

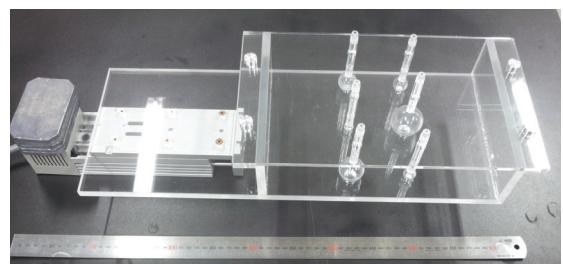


Fig. 2. A speed and position control phantom consists of six spheres with 10, 13, 17, 22, 28 and 37 mm sizes.

2. 데이터 획득 PET/CT

PET/CT 장비는 GE Discovery MI Generation 2 (GE Healthcare, Milwaukee, WI, USA)을 사용하였고. GE Discovery MI Generation 2은 루테튬 기반의 신틸레이터(Lutetium-Based Scintillators, LBS) 타입이었다. 증류수 600 cc에 F-18 FDG 37 MBq를 주입하고 충분히 교반하여 주었다. 제작한 시료를 팬

팀의 구에 용액을 주입하고 한다. PET의 조건은 환자를 검사할 때와 동일하게 적용하기 위해 1 Bed 당 1분 30초로 설정하여 영상을 재구성하였다. 이전 논문에서 호흡 횟수의 영향이 미미하여 호흡은 분당 15회 고정하였고^[10], 호흡에 따른 움직이는 거리는 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm로 하였다. Fig. 3은 양전자방출단층촬영의 외형이고, Table 1은 양전자방출단층촬영의 사양이다.



Fig. 3. Discovery MI Generation 2. (GE healthcare, Milwaukee, WI, USA)

Table 1. PET/CT Scanner Specification for Discovery MI Generation 2

Classification	Parameter	Description
PET	Detector type	SiPM
	Crystal type	LBS
	Crystal dimensions	3.95 × 5.3 × 25 mm
	Axial FOV	20 cm
	Overlap ratio	23 %
	Effective Axial FOV	15.4 cm
	DFOV(cm)	50.0
	Recon Method	VUE Point FX
	Quantitation Method	Q. Clear
	CT	Max scan Field of view
Max. number of row		64 row
Max. number of slices per gantry rotation		128
Detector size		40 mm
Detector elements		54272
Max kVp range		140 kVp
Max mA range		600 mA

3. PET/CT SUVmax

PET/CT SUV는 체내에 주입된 방사성핵종이 전

신에 고르게 분포되어 있다는 가정 하에 종양의 방사능섭취량과 평균섭취량의 차이를 측정하기 위한 반정량적 지표이다^[10,11]. SUVmax는 PET/CT 영상에서 표준섭취계수의 최댓값을 의미하고, Eq. (1) 식으로 표현한다.

$$SUV_{max} = \frac{\text{표적 1g당 집적된 방사능(Bq)}}{\text{주입한 총 방사능 / 대상 무게(g)}} \quad (1)$$

4. 영상분석

PET/CT 영상의 SUVmax 및 병변 부피를 분석에 Java 기반으로 영상을 표시, 분석, 처리 등이 가능한 무료 프로그램인 ImageJ(National Institutes of Health, USA)와 Origin 6.0을 이용하였다.

III. RESULT

1. 호흡 모사 팬텀 이동 속도

Fig. 4는 호흡 모사 움직임 팬텀의 이동거리를 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm로 호흡 횟수 15회로 설정한 조건에서 x축은 시간, y축은 이동 속도를 나타낸다.

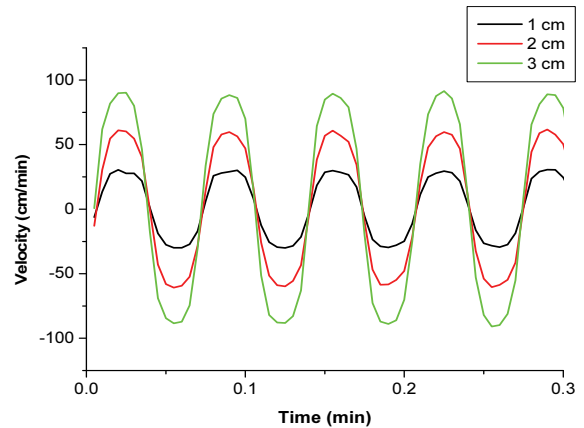


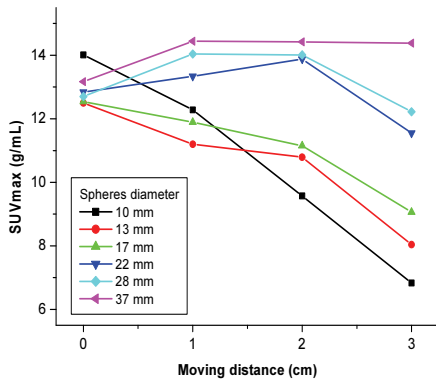
Fig. 4. Movement speed range according to the movement distance of the breath-simulating phantom.

호흡 모사 움직임 팬텀의 이동 거리를 1 cm 설정하였을 때 이동 속도범위는 -32.47 ~ 32.93 cm/min, 이동 거리를 2 cm 설정하였을 때 이동 속도범위는 -63.72 ~ 64.03 cm/min, 이동 거리를 3 cm 설정하였

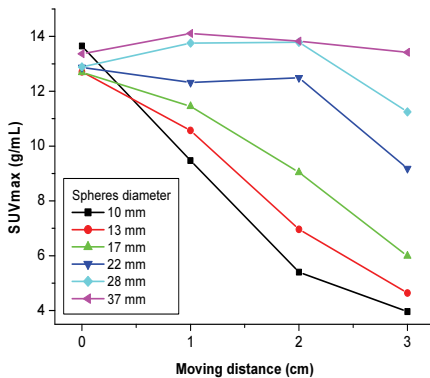
을 때 이동 속도범위는 -91.77 ~ 92.08 cm/min이었다. 1분에 15회, 이동 거리가 1 cm, 2 cm, 3 cm일 때 등속도 운동을 가정하면 이동 속도는 각각 26.67 cm/min, 53.33 cm/min, 80.00 cm/min이지만, 호흡 모사는 왕복운동으로 시작점과 끝나는 점에서 멈춤이 존재하고 중간지점의 이동 속도가 가장 빠른 영역에 해당하였다.

2. 데이터 기반 게이팅 적용 및 미적용 SUVmax

Fig. 5는 이동 거리에 따른 SUVmax의 데이터 기반 게이팅 적용 및 미적용에 대한 그래프이다. Fig. 5 - (a)는 데이터 기반 게이팅 적용 그래프이며 Fig. 5 - (b)는 데이터 기반 게이팅 미적용 그래프로, X축은 이동 거리로 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm로 설정하였고, Y축의 SUVmax는 표준섭취계수 최댓값이다. 팬텀에 들어있는 6개의 구의 지름은 각각 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, 37 mm이다.



(a) SUVmax of Data-Based Gating application



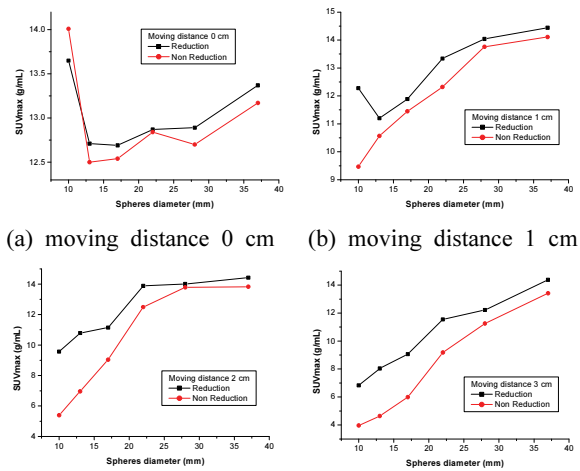
(b) SUVmax of Data-Based Gating non-application

Fig. 5. SUVmax according to moving distance for Data-Based Gating application and non-application.

SUVmax는 구의 지름이 커질수록 이동 거리에 따른 영향이 적게 나타났고, 구의 지름이 작아질수록 이동 거리에 따른 영향이 크게 나타났다. 이동 거리 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 SUVmax의 평균과 표준편차는 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상에서 각각 12.96 ± 0.57 , 12.87 ± 1.28 , 12.30 ± 2.05 , 10.35 ± 2.85 이었고, 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상에서 각각 13.03 ± 0.39 , 11.95 ± 1.81 , 10.25 ± 3.64 , 8.07 ± 3.82 이었다. 움직임이 있는 경우에 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상이 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상보다 SUVmax의 평균이 높았고, 표준편차는 작아져 보정 효과가 있는 것으로 나타났다.

3. 이동 거리에 따른 보정효과

Fig. 6은 이동 거리에 따른 SUVmax의 보정효과 그래프로, X축은 팬텀 구의 지름으로 각각 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, 37 mm이고, Y축의 SUVmax는 표준섭취계수 최댓값이다. 이동 거리를 기준으로 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상이 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상보다 평균 SUVmax를 이동 거리 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 1.92, 2.48, 3.23, 3.00 향상시키는 것으로 나타났다. 또한 이동거리 3 cm에서 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상이 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상보다 SUVmax가 팬텀 구의 지름이 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, 37 mm에서 각각 2.37, 2.02, 1.44, 1.20, 0.42, 0.52 향상시키는 것으로 나타났다.



(a) moving distance 0 cm (b) moving distance 1 cm (c) moving distance 2 cm (d) moving distance 3 cm

Fig. 6. Corrected SUVmax of SUVmax according to moving distance for data-based gating application.

4. 이동거리에 따른 영상

Fig. 7은 이동 거리를 변화시킨 영상을 데이터 기반 게이팅 적용 유무에 따른 시각적으로 비교한 영상이다. 이동 거리가 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm로 커질수록 영상의 열 화소(Hot cell) 경계선이 불분명하게 변화하였다. 또한 Fig. 7-(b)는 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 것이고, Fig. 7-(a)는 데이터 기반 게이팅을 적용한 것으로, 이동 거리 1 cm, 2 cm, 3 cm 모두에서 보정 효과가 있다는 것을 정성적으로 확인할 수 있었다. 데이터 기반 게이팅의 보정 효과는 이동 거리가 커질수록 효과가 큰 것으로 나타났다.

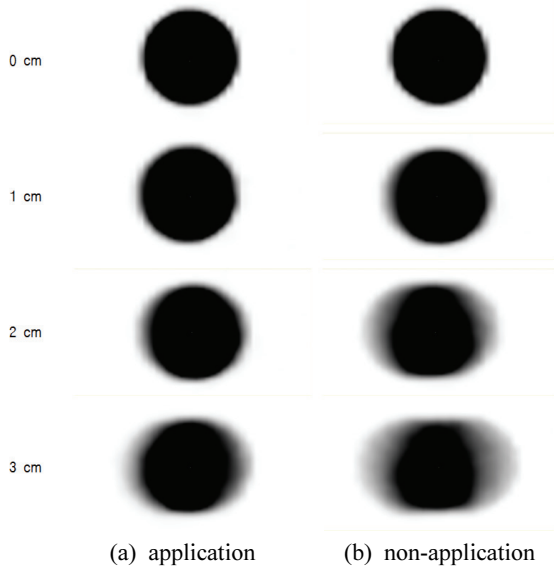


Fig. 7. Visual comparison of images with varying moving distances with and without data-based gating.

Fig. 8은 데이터 기반 게이팅을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때의 면적비로 X축은 이동 거리로, 0 cm, 1 cm, 2 cm, 3 cm이고 Y축은 면적 비율로, Y축은 면적비(area ratio)이고 Y축의 a는 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않았을 때의 열 화소(hot cell) 면적을 의미하고, Y축의 b는 데이터 기반 게이팅을 적용하였을 때의 열 화소 면적을 의미한다.

이동 거리가 0 cm인 기준 영상 대비 비교 영상의 면적비는 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않았을 때 이동 거리 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 7%, 18%, 30% 증가하였고, 데이터 기반 게이팅을 적용하였

을 때 이동 거리가 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 2%, 6%, 12% 증가하였다. 데이터 기반 게이팅을 적용하였을 때와 적용하지 않았을 때 차이는 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 5%, 12%, 18%로 나타났고, 이는 데이터 기반 게이팅을 적용하였을 때의 정량적인 보정 효과를 의미하고, 기준 영상의 열 화소 면적에 가까운 쪽으로 보정되었다.

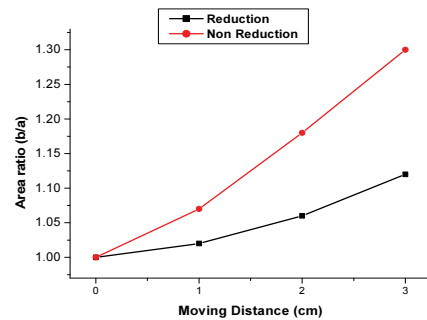


Fig. 8. Ratio of hot cell area as a function of moving distance on a 37 mm sphere.

IV. DISCUSSION

여러 병원에서 운용중인 양전자방출단층영상의 표준섭취계수를 분석하여 장비의 품질관리에 활용하기 위한 국가적인 연구가 진행된 바 있었다^[11]. 그리고 방사선 진단 및 치료 영역에 있어서 호흡과 불수의적으로 움직이는 체내 장기의 영향에 대한 기존의 연구는 다음과 같다. 세기조절방사선치료(Intensity Modulated Radiation Therapy, IMRT)에 응용하기 위한 호흡동조 팬텀을 제작하여 호흡 동조와 호흡 비동조시 치료선량 및 방사선조사야 오차가 각각 약 2%, 16% 라는 결과를 보여주고 있다^[12]. Varian사의 RPM system을 이용하여 임상환자의 양전자방출단층영상 호흡 인공물을 분석한 결과에서 CTAC Shift 보정을 하면 12~56% 개선 효과를 보여 임상 적용 가능성을 보였다^[13]. 호흡에 인한 인공물의 분석한 논문에서 열소의 크기가 2.5배로 크게 나타나고 표준섭취계수의 최대치가 50%까지 줄어드는 결과를 보였다^[14].

본 연구에서는 이동거리 3 cm에서 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상이 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상보다 SUVmax가 팬텀 구의 지름

이 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, 37 mm에서 각각 2.37, 2.02, 1.44, 1.20, 0.42, 0.52 향상시키는 것으로 나타났고, 향상률로 표시하면 각각 72.5%, 73.3%, 51.3%, 25.8%, 8.6%, 7.2%이었다. 크기가 작은 병소의 SUV_{max}의 개선효과가 크게 나타났다. 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않았을 때에 비하여 적용하였을 때에 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 5%, 12%, 18%의 영상의 면적이 감소하는 개선효과가 있었고, 그리고 움직임에 의한 인공물이 클 때 감소 효과도 커졌다. 그러나 이 실험 결과는 환자에 대한 직접적인 적용이 아닌 팬텀을 이용한 실험이라는 것과 경사를 줌으로써 전동액추에이터와 결합하여 3차원적 움직임을 만들었다 하더라도 환자의 실질적인 호흡의 움직임의 재현과는 차이가 있으므로 이 부분에 대한 오차를 고려해야 한다. 또한 전동액추에이터의 움직임의 파형이 호흡의 파형이 다를 수 있으므로 이에 따른 오차도 고려해야 한다. 그리고 PET/CT는 PET의 emission 영상을 CT를 통한 감쇠보정과 해부학적 정보를 추가하는 것으로 게이팅을 적용한 시점이 동일하지 않으므로 이에 따른 바이어스가 있을 수 있다는 의견에 대한 검증은 해결해야 할 과제이다. Q.Static scan mode에서 Phase offset과 Phase width의 조정범위를 30% 50%로 적용이 적절하다고 보고되었지만 이 또한 환자마다 움직임 정도에 따라 다르게 나타나므로 범위 조정에 대한 오차 또한 고려해야 한다. 또 Q.Static scan mode를 이용하여 Phase width의 범위를 50%로 설정하여 데이터 기반 게이팅을 적용하는 경우, 기존 검사 시간보다 검사 시간이 두 배로 늘어나는 것은 불가피한 단점으로 지적된다.

V. CONCLUSION

본 논문에서는 자체 제작한 움직임 팬텀을 이용하여 다양한 호흡모사를 하고, PET/CT 장비 내의 데이터기 기반 보정프로그램을 적용하여 영상을 획득하고, 영상의 SUV_{max} 및 병변 부피를 분석하여 호흡에 따른 장기 또는 종양의 움직임으로 인한 인공물의 감소효과를 확인하였다.

호흡 모사 팬텀의 움직임의 변화에 따라 발생한 인공물에 대해 데이터 기반 게이팅을 적용했을 때

데이터 기반 게이팅을 적용하지 않았을 때보다 보정 효과가 있다는 것을 확인하였다. 호흡을 보정하기 위해 따로 외부 장치의 설치를 필요로 하지 않기 때문에 보다 간편하게 영상의 질을 개선할 수 있었다. 또한 외부 장치 설치로 인한 시간을 줄이고 검사 시간 지연 또한 줄일 수 있으며 이로 인한 시술자의 방사선 피폭 감소를 기대할 수 있다.

이를 통해 데이터 기반 게이팅의 적용하면 검사 절차가 간소화되고, 시술자의 피폭선량 감소효과와 더불어 호흡으로 인한 인공물을 감소시켜 영상의 질을 개선할 수 있음을 확인하였다.

Acknowledgements

This study was supported by research funds from Nambu University, 2022.

Reference

- [1] K. Ichiji, N. Homma, M. Sakai, Y. Narita, Y. Takai, X. Zhang, M. Abe, N. Sugita, M. Yoshizawa, "A time-varying seasonal autoregressive model-based prediction of respiratory motion for tumor following radiotherapy", *Computational and mathematical methods in medicine*, Vol. 1, No. 1, pp. 1-9, 2013. <https://doi.org/10.1155/2013/390325>
- [2] G. F. Persson, "Uncertainties in target definition for radiotherapy of peripheral lung tumours", *Danish Medical Journal*, Vol. 58, No. 8, pp. 1-21, 2011.
- [3] S. S. Vedam, V. R. Kini, P. J. Keall, V. Ramakrishnan, H. Mostafavi, R. Mohan, "Quantifying the predictability of diaphragm motion during respiration with a noninvasive external marker", *Medical physics*, Vol. 30, No. 4, pp. 505-513, 2003. <https://doi.org/10.1118/1.1558675>
- [4] J. Zhang, L. Qin, T. Allen, R. P. Patterson, "Human CT measurements of structure/electrode position changes during respiration with electrical impedance tomography", *The Open Biomedical Engineering Journal*, Vol. 7, No. 1, pp. 109-115, 2013. <https://doi.org/10.2174%2F1874120701307010109>
- [5] J. Y. Kim, "The Correction Effect of Motion Artifacts in PET Images Using Respiratory Gating System", Nambu University, Master of Radiology,

- pp.1-55, 2022.
- [6] R. Wagman, E. Yorke, E. Ford, P. Giraud, G. Mageras, B. Minsky, K. Rosenzweig, "Respiratory gating for liver tumors: use in dose escalation", *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 55, No. 3, pp. 659-668, 2003. [https://doi.org/10.1016/s0360-3016\(02\)03941-x](https://doi.org/10.1016/s0360-3016(02)03941-x)
- [7] E. Rietzel, G. T. Chen, N. C. Choi, C. G. Willet, "Four-dimensional image-based treatment planning: Target volume segmentation and dose calculation in the presence of respiratory motion", *International Journal of Radiation Oncology Biology Physics*, Vol. 61, No. 5, pp. 1535-1550, 2005. <https://doi.org/10.1016/j.ijrobp.2004.11.037>
- [8] M. D. Walker, A. J. Morgan, K. M. Bradley, D. R. McGowan, "Evaluation of data-driven respiratory gating waveforms for clinical PET imaging", *EJNMMI Research*, Vol. 9, No. 1, pp. 1-10, 2019. <https://doi.org/10.1186%2Fs13550-018-0470-9>
- [9] O. Bertolli, S. Arridge, S. D. Wollenweber, C. W. Stearns, B. F. Hutton, K. Thielemans, "Sign determination methods for the respiratory signal in data-driven PET gating", *Physics in Medicine & Biology*, Vol. 62, No. 8, pp. 3204-3220, 2017. <https://doi.org/10.1088/1361-6560/aa6052>
- [10] G. H. Jin, "Defining the Tumour and Gross Tumor Volume using PET/CT: Simulation using Moving Phantom", *Journal of the Korean Society of Radiology*, Vol. 15, No. 7, pp. 935-942, 2021. <https://doi.org/10.7742/jksr.2021.15.7.935>
- [11] H. H. Park, D. S. Park, D. C. Kweon, S. B. Lee, K. B. Oh, J. D. Lee, G. H. Jin, "Inter-comparison of 18F-FDG PET/CT standardized uptake values in Korea", *Applied Radiation and Isotopes*, Vol. 69, No. 1, pp. 241-246, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.apradiso.2010.09.011>
- [12] Y. H. Lee, J. H. Lee, S. H. Yoo, "Production and Assessing Usefulness of the Moving Phantom for Respiration Gated Radiotherapy", *The Journal of Korean Society for Radiation Therapy*, Vol. 22, No. 2, pp. 135-144, 2010.
- [13] J. Y. Kim, S. J. Lee, M. S. Park, C. G. Kang, H. S. Im, J. S. Kim, "The Research of Comparison Evaluation on the Decline in Artifact Using Respiratory Gating System in PET-CT", *The Korean Journal of Nuclear Medicine Technology*, Vol. 19, No. 2, pp. 63-67, 2015.
- [14] B. C. Cho, S. H. Park, H. C. Park, H. S. Bae, H. S. Hwang, H. S. Shin, "Analysis of respiratory motion artifacts in PET imaging using respiratory gated PET combined with 4D-CT", *The Korean Journal of Nuclear Medicine*, Vol. 39, No. 3, pp. 174-181, 2005.

데이터 기반 게이팅을 이용한 PET 영상의 움직임 인공물의 정량적 비교

김진영¹, 진계환^{2,*}

¹충북대학교병원 핵의학과

²남부대학교 방사선학과

요약

본 논문에서는 자체 제작한 움직임 팬텀을 이용하여 다양한 호흡모사를 하고, PET/CT 장비 내의 데이터 기반 보정프로그램을 적용하여 영상을 획득하고, 영상의 SUVmax 및 병변 부피를 분석하여 호흡에 따른 장기 또는 종양의 움직임으로 인한 인공물의 감소효과를 확인하였다. 이동거리 3 cm에서 데이터 기반 게이팅을 적용한 영상이 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않은 영상보다 SUVmax가 팬텀 구의 지름이 10 mm, 13 mm, 17 mm, 22 mm, 28 mm, 37 mm에서 각각 2.37, 2.02, 1.44, 1.20, 0.42, 0.52 향상시키는 것으로 나타났고, 향상률로 표시하면 각각 72.5%, 73.3%, 51.3%, 25.8%, 8.6%, 7.2%이었다. 크기가 작은 병소의 SUVmax의 개선효과가 크게 나타났다. 데이터 기반 게이팅을 적용하지 않았을 때에 비하여 적용하였을 때에 1 cm, 2 cm, 3 cm에서 각각 5%, 12%, 18%의 영상의 면적이 감소하는 개선효과가 있었고, 그리고 움직임에 의한 인공물이 클 때 감소 효과도 커졌다. 데이터 기반 게이팅을 적용하면 검사절차가 간소화되고, 사술자의 피폭선량 감소효과와 더불어 호흡으로 인한 인공물을 감소시켜 영상의 질을 개선할 수 있음을 확인하였다.

중심단어: 양전자방출단층촬영, 움직임인공물, 표준섭취계수 최대값, 데이터 기반 게이팅

연구자 정보 이력

	성명	소속	직위
(제1저자)	김진영	충북대학교병원 핵의학과	방사선사
(교신저자)	진계환	남부대학교 방사선학과	부교수