

## &lt;원저&gt;

# 동적 양전자방출단층 영상 분석을 위한 소프트웨어 개발: DIA Tool

## - Software Development for Dynamic Positron Emission Tomography : Dynamic Image Analysis (DIA) Tool -

<sup>1)</sup>동서대학교 보건과학과 · <sup>2)</sup>방사선보건환경연구센터 · <sup>3)</sup>동남보건대학교 방사선학과 · <sup>4)</sup>동서대학교 방사선학과  
편도영<sup>1,2)</sup> · 김정수<sup>3)</sup> · 정영진<sup>1,2,4)</sup>

## — 국문초록 —

양전자방출단층영상(Positron Emission Tomography, PET)은 여러 화합물과 방사성 동위원소를 결합하여 인체 내에 주입하여 인체 내의 대사율을 정량적으로 측정할 수 있는 핵의학적 검사이다. 특히, 암 조직에서 포도당 대사가 증가되는 현상을 <sup>18</sup>F-FDG(Fluorodeoxyglucose)를 사용하여 널리 암 진단에 활용하며, 현대에서 발병 빈도가 높은 뇌질환 중 치매 및 파킨슨 진단에도 높은 유용성을 보인다는 연구가 다수 진행되었다. 이러한 현재의 정적 정보에 시간의 동적 정보를 포함하는 동적 양전자방출단층영상(dynamic PET, dPET)을 이용할 경우, 진단을 위한 추가적인 정보가 제공되므로 진단의 정확도 향상에 기여할 수 있다. 이러한 이유로 임상 연구자 및 방사선사의 큰 관심을 받고 있으나 연구를 진행하기 위해 손쉽게 사용 가능한 도구가 부족한 실정이며, 다양하고 복잡한 수학적 알고리즘(algorithm)이나 프로그래밍(programming) 기술이 부족할 경우 연구의 활성화를 방해하는 높은 진입장벽으로 존재하게 되므로, 본 연구에서는 dPET 연구의 활성화와 손쉬운 사용을 위해서 MATLAB을 이용하여 그래픽 유저(GUI) 기반으로 하여 무료 소프트웨어를 개발하였으며, 개발된 소프트웨어인 DIA-Tool(Dynamic Image analysis-Tool)은 복잡한 수학적 영상 분석 알고리즘을 누구나 손쉽게 사용할 수 있도록 설계되었다. 향후, 많은 임상 연구자들이 DIA-Tool을 이용하여 국내의 dPET 연구 발전에 큰 도움이 될 것이라 기대된다.

**중심 단어:** 동적-양전자방출단층영상 분석, 그래픽유저인터페이스, 동적-양전자방출단층 영상, 소프트웨어 개발, 시공간 분석

## I. 서 론

핵의학 검사 중 하나인 양전자방출단층촬영(Positron Emission Tomography, PET)은 여러 화합물과 방사성 동위원소를 결합시켜 인체 내에 주입(injection)하여 인체 내의 대사율을 정량적으로 측정하고 분석할 수 있는 핵의학적 검사 기법이다<sup>[1]</sup>. 특히 <sup>18</sup>F-Fluorodeoxyglucose(<sup>18</sup>F-FDG)를 인체 특정 부위에 도달하는 추적자(tracer)로 사용하는

PET 검사의 경우, 암 조직에서 포도당 대사가 증가되어 있다는 점을 이용하는 검사로 임상에서 전신 촬영이 활발하게 이루어지고 있으며, 현대 뇌 질환 중 대표적인 치매 및 파킨슨 병의 진단에도 유용하게 사용될 수 있다<sup>[2],[3]</sup>. 이처럼 PET 영상은 암의 존재 유무뿐만 아니라 암의 진행 정도 관찰도 가능하며, 암을 치료한 후에 예후 검사로도 많이 활용되어 왔다. 그러나 일반적으로 널리 사용되고 있는 정적 PET 영상은 방사능량(activity)을 공간적인 분포 영상으로

This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Cluster Project" Research Fund of 2016

Corresponding author: Young-Jin Jung, Department of Health Science, Dongseo University 47 Jurye-R, Sasang-Gu, Busan, 47011 Korea

Tel: +82-051-320-2871 / E-mail: microbme@dongseo.ac.kr

Received 19 July 2016; Revised 03 September 2016 ; Accepted 10 September 2016

표현한 정보만을 의료인에게 제공한다<sup>[4]</sup>. 이러한 PET 영상 촬영이 짧게는 수분에서 길게는 수십 분간 촬영되어지고 있으나 낮은 영상의 화질(quality)로 인하여 노이즈(noise) 성분을 줄이기 위해서 시간적 정보가 없는 영상만을 활용해왔다.

이와 달리, 의료 영상에서 동적 양전자방출단층촬영(Dynamic Positron Emission Tomography, dPET)은 전체 촬영 영상에서 시간에 따른 방사능 분포의 변화를 영상으로 나타내어 활용할 수 있기 때문에 환자의 각 조직에 대사를 관찰할 수 있으며, 이를 활용하여 더욱 다양한 영상 진단이 가능하게 된다. 특히, 기능적 병변 진단에서 기타의 다른 영상 기법(자기공명영상, 컴퓨터단층영상, 일반 X선 영상, 초음파 영상)이 제공할 수 없는 생화학적 정보를 제공할 수 있다<sup>[5]</sup>. 예를 들어, FP-CIT tracer를 이용하여 뇌 선조체에서의 도파민 운반체의 활동 정보를 바탕으로 파킨슨병의 진단을 매우 성공적으로 할 수 있다는 것이다<sup>[2]</sup>. 이와 같은 병변은 정적 PET 영상을 관독함으로써 충분히 진단이 가능하지만, dPET 영상 분석 기법 발달로 인하여 추가적인 의료 정보를 제공함으로써 기존의 정적 PET에 비해서 시간에 따른 도파민 운반체의 활동량에 대한 정보가 손쉽게 분석이 가능하고, 진단에 유용성을 높일 수 있다면 정확한 진단에 도움이 될 것이다.

dPET 영상은 시간에 따라 방사성 동위원소에서 방출된 방사선의 양을 측정하는 것이므로, 방사성 동위원소의 투여량을 높이거나 검사 시간이 길수록 영상의 화질은 높다<sup>[6]</sup>. 그러나, 섬광 결정 내에 입사한 감마선이 광자로 전환되는 정도를 나타내는 감마선 검출 효율은 밀도와 원자번호가 높을수록 감마선 검출 효율이 높으나 검출기 소자의 제한에 따라서 물리적인 한계가 존재하며<sup>[7]</sup>, 환자의 피폭을 방지하기 위하여 주입하는 방사성 동위원소의 양을 최소화해야 한다. 이러한 이유로 dPET 영상의 화질을 높이는데 한계가 존재하므로 여러 가지 공학적 계산 혹은 수학적 알고리즘(algorithm)을 활용하여 영상의 화질을 높여야만 한다. 그러나 이를 손쉽게 사용할 수 있도록 개발된 소프트웨어(software)도 의료기기 제조사에서 제공하지 않는 실정이므로 영상의 화질을 높이기 위해서는 C언어 혹은 프로그래밍 소프트웨어(programming software)를 사용하여 직접 컴퓨터로 프로그래밍 하는 기술이 필요하다. 이는 프로그래밍 기술이 없는 의료인이 dPET 영상을 가공하여 분석하거나 연구를 진행하는데 어려움으로 존재해왔다.

따라서 본 연구에서는 선형대수학 이론 중 하나인 주성분 분석을 기반으로 하여 특이값분해(Singular Value Decomposition, SVD)를 사용하여 영상의 화질을 손쉽게

높일 수 있도록 고안된 기법을 누구나 손쉽게 사용할 수 있는 소프트웨어로 개발하고자 한다. 특이값분해는 일반적으로 신호 처리 분야에서 사용되는 방법으로 모든  $m \times n$  행렬에 대해서 대각화(diagonal)하여 행렬을 특정 구조 즉, 고유값과 고유벡터(Eigen vector)를 사용하여 영상을 분해(decomposition)하는 방법이다. 이러한 기법을 사용하여 인체 내에 주입한 방사성 의약품에서 방출되는 방사선량을 매트릭스(matrix) 구조인  $m \times n$ 으로 표현한 영상을 대각화하여 특정 구조로 분해된 영상에서 노이즈만을 제거하여 영상의 화질을 높이고자 한다<sup>[8]</sup>. 또한, 비정상 조직(abnormal tissue)과 정상 조직(normal tissue)의 정량적인 평가를 통해 진단 성적을 비교할 수 있도록 하고자 한다. 이는 특이값분해를 통해서 화질이 개선된 영상에서 관찰하고자 하는 목적 부위인 관심영역(Region Of Image, ROI)에서 시간에 따른 방사능의 잔존량을 측정하여 비교할 수 있도록 시간-방사능 곡선(Time Activity Curve, TAC)을 획득하여 정상 부위와 병변 부위를 구분할 수 있도록 하여 임상에서 병변을 진단함에 있어 정확성을 높이고자 한다<sup>[9]</sup>.

본 연구에서는 위의 언급된 바와 같이 특이값분해를 이용하여 dPET 영상의 화질을 높이고, TAC 분석을 통하여 임상에서 단순히 암의 진단과 인체 대사율을 측정하는 검사에서 벗어나 각종 신경 전달 물질에 대한 부분을 영상화로 발전시키는 연구에 기여하고자 한다. 또한, 기존에 존재하지 않는 소프트웨어를 제공함으로써 연구 진행의 한계점을 극복하고자 한다.

## II. 본 문

### 1. 대상 및 방법

#### 1) 시공간 특징 추출

시공간 데이터 분석 기법 중 하나인 특이값분해는 데이터(date)의 사이즈를 감소시키기 위해서 혼합된 데이터에서 특정 정보를 추출하기 위한 연구 분야에서 사용되고 있다. 최근, 의학계에서 많은 관심을 보이고 있는 시공간 영상 연구에서는 여러 가지 신호에서 노이즈 신호만을 추출하여 제거하기 위해서 사용되고 있다. 본 연구에서 소프트웨어의 기능을 점검하기 위해서 활용된 임상 데이터는 서울대학교 병원 생명윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 심의 승인(H-1603-025-747)을 받은 데이터이며, 5명의 환자는 모두 알츠하이머(alzheimer disease)와 우울증(depression)을 동반한 환자이다. 각각의 환자에게 본 연

구에서 개발된 DIA tool을 이용하여 분석을 진행하였다.

각각의 영상은 Z축(Axial or Transverse) 방향으로 70개의 영상과 각 축에 대해서 시간에 따라 획득한 148개의 영상을 시간 순서대로 나열하였다. 총 10,360개의 프레임(frame)으로 획득한 영상에 특이값분해를 위해서 form. 1의 수식을 사용하여 영상을 3차원(3 dimension matrix size) 영상에서 2차원(2 dimension matrix size) 영상으로 차원을 변환하였다.

$$X_{(m,n,t)} \rightarrow X_{(m \times n,t)} = \hat{X} \quad \text{form. 1}$$

$m \times n$ 의 영상은  $512 \times 512$ 영상이며,  $t$ 는 시간의 변화에 따른 각 픽셀(pixel)의 강도이다. 이렇게 재배열된 영상을 대각화 즉, 대각 행렬로 만들어 각각의 벡터(vectors)를 추출했다. 각각의 대각 행렬은 첫 번째로  $U = u_1, u_2, u_3, \dots, u_m$ , 두 번째로  $Z = \sigma_1, \sigma_2, \sigma_3, \dots, \sigma_n$ , 세 번째로  $V = v_1, v_2, v_3, \dots, v_m$ 이다. 각 행렬은 모두 동일한  $m \times n$ 를 가진다. 이는 form. 2에서 확인할 수 있다.

$$\hat{X} = U \Sigma V^T \quad \text{form. 2}$$

여기서  $T$  제곱은 전치 연산자를 나타내며,  $\Sigma$ 는 특이값의 순위대로 대각행렬이 구성되었다. 따라서, 각각의 단일한 벡터에 대응한 측정 데이터는 dPET의 변형 특이값 행렬을 이용하여 행렬 곱셈 연산에 의해서 분해될 수 있다. 측정된 벡터는 공간(spatial) 및 시간(temporal) 도메인(domain)의 조합으로 구성된 시공간의 특성을 가진다. 또한, 측정된 데이터로부터 연산이 계산되었다.

## 2) 동적 영상 재구성 기법

특이값분해는 선형성을 지니므로, 선형성의 중첩 원리를 적용할 수 있다. 이러한 특성을 이용하여 각각 시공간 시간 특성에 대응하는 여러 가지 동적 영상은 form. 3의 계산식에 의해 재구성될 수 있다.

$$X_i = U \Sigma_i V^T \quad \text{form. 3}$$

또한, form. 1의 식을 이용하여 2차원에서 3차원으로 변환하기 위해서  $U$ 와  $V$ 의 열을 이용하여 모든 특이값 성분 중에서  $i$ 번째에 대응하는 행렬을 재구성한다.

$$X_{i(m,n,t)} \leftarrow X_{i(m \times n,t)} = X_i \quad \text{form. 4}$$

$X_i$ 는 dPET 이미지를 분해한 영상이며, 시간적 특징은 각각의 dPET 데이터를 통해서 모든  $m \times n$  픽셀의 합을 통해 얻어진 복원 데이터이며, form. 5에서 확인할 수 있다.

$$T_{i(t)} = \sum_m \sum_n X_{i(m,n,t)} \quad \text{form. 5}$$

$T$ 는  $i$ 번째 시간 영상에서 대표적인 것을 선택하여 사용하였다. 또한, 시공간은 form. 6과 같이 시계열에 따라 dPET 영상을 합하여 추출하였다. 이러한 과정들은 MATLAB을 통해서 계산되었다.

$$R_{i(m,n)} = \sum_t X_{i(m,n,t)} \quad \text{form. 6}$$

## 3) DIA Tool 소프트웨어 제작

양전자방출단층 촬영은 다양한 추적자를 이용하여 방사성 동위원소에서 방출되는 방사선 양의 밀도를 공간 정보로 제공한다. 이러한 단일 시점 시간 의료 영상은 여러 검사에서 활용되어 왔다. 이는 정적 PET 영상 진단에 대한 증거를 제공할 수 있지만 인체에서 흡수한 추적자의 농도를 공간적인 패턴으로 서술하여 생체 생물학에 대한 자세한 정보를 제공할 수 있는 시간 정보가 없다. 이 문제를 극복하기 위해서 dPET 영상이 사용되는데, dPET 영상 촬영 시 불충분한 측정 시간에 의해 화질이 낮아지게 된다. 따라서 높은 화질을 가진 영상을 제공하는 연구가 필요한 실정이다. 이를 위해서 개발되어질 dPET 분석 소프트웨어인 DIA Tool은 기본적으로 3차원 공간 정보뿐만 아니라 시간 정보도 포함된 4차원의 데이터를 읽고, 분석할 수 있도록 설계하였다. 또한, 특정 영역의 시간에 따른 방사성 동위원소의 밀도 변화를 관찰할 수 있도록 시간-방사능 곡선을 간단한 마우스 조작으로 표시할 수 있도록 개발되었다.

# III. 결 과

## 1. DIA Tool 구성

본 연구에서 개발된 dPET 영상 분석을 위한 소프트웨어인 DIA-Tool(Dynamic Image Analysis Tool)은 MATLAB R2016a Version에서 기본적으로 제공하는 "Guide" 함수를 이용하여 디자인하였다. 다만, 시간에 따라 촬영한 영상의 경우 데이터 용량이 크므로(1명의 데이터: 8G-byte), 이렇

게 용량이 큰 데이터를 처리하기 위해 데이터를 저장하고 읽어내는 메모리 용량(Random Access Memory, RAM)이 커야한다. 본 연구에서는 제온(zeon) CPU에 32G-byte RAM을 갖춘 컴퓨터를 사용하여 영상 처리를 하였다. 또한, 개발된 DIA Tool은 Fig. 1에서 확인할 수 있는 것처럼 기본적으로 의료 영상에서 주로 관찰하는 단면 영상인 관상면(coronal), 시상면(sagittal), 수평면(transverse or axial)을 동시에 관찰할 수 있도록 되어있을 뿐만 아니라 시간에 대한 정보로 마우스의 클릭(click)과 드래그(drag)를 이용하여 손쉽게 관찰할 수 있다. Fig. 1에서와 같이 기본적으로 DIA 영상 구성은 관상면, 시상면, 수평면 영상이 표시되고, 각 그림의 아래에 있는 막대(Bar)를 이용하여 영상의 슬라이스(slice)를 이동하게 된다. 또한, 시간 조정용 막대를 이용하여 시간을 조절할 수 있다. 또한, Fig. 1에서 표시된 영상은 특이값분해를 시행한 영상이다.

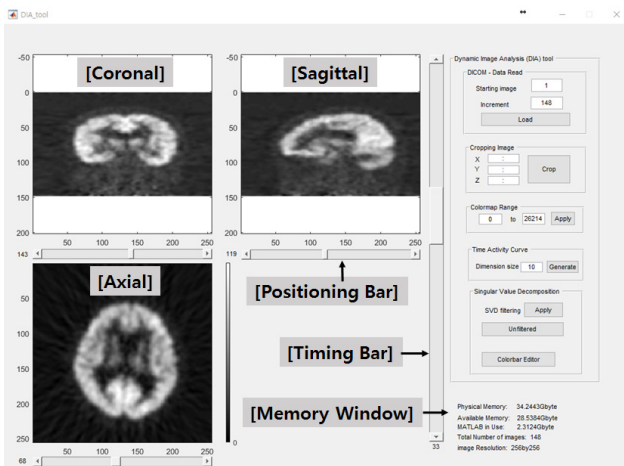


Fig. 1 dPET Image Software(DIA-Tool)

DIA-Tool은 기본적으로 미국방사선의학회 및 미국전기공학회(American College of Radiology and the National Electrical Manufacturers Association, ACR-NEMA)의 표준에 따르기 위해서 의료용 디지털 영상 및 통신 표준(Digital Imaging and COmmunications in Medicine, DICOM)을 사용한다. 따라서, 소프트웨어를 사용하기 위해서는 [Data Read box] 내에 [load function]을 이용하여 DICOM 형식의 파일을 불러온다. 단, DIA-Tool에서 사용할 수 있는 DICOM 영상은 동적 영상(dynamic image)이다. 즉, 첫 영상(starting image)과 일정한 간격에 따라 증가된 슬라이스의 마지막 영상(increment)이 하나의 볼륨(volume)을 이루고, 이러한 작업이 반복되면서 다양한 시간의 3차원 볼륨 정보를 함께 포함한다. 따라서, 영상을 불러

오기 전에 반드시 시작하는 영상과 다음 영상의 간격을 입력하여야 한다.

DIA-Tool에서는 [Apply] 버튼 클릭 한번만으로 특이값분해를 실행 가능하도록 설정해 놓았다. 또한, 특이값분해 시행 전후의 화질을 정성적으로 비교할 수 있도록 [unfiltered] 버튼을 누르면 특이값분해가 시행되기 전으로 되돌아갈 수 있다. 이러한 기능을 통해 dPET 영상의 화질을 손쉽게 높일 수 있을 뿐만 아니라 개선된 정도를 비교하는데 있어 불편함을 감소시켰다. 특이값분해 기법이 적용된 것과 적용되지 않은 것의 비교 영상은 Fig. 3에서 확인할 수 있다.

[Cropping Image] 내에서는 영상에서 인체에 대한 정보가 없는 불필요한 배경(background)을 제거하여 사용자가 영상을 더욱 손쉽게 관독할 수 있도록 하기 위한 기능을 추가하였다. 즉, [Cropping image]을 이용하여 X축, Y축 그리고 Z축을 기반으로 하여 원하는 사이즈(size)로 조절할 수 있다.

[Colormap Range] 내에서는 dPET 영상의 방사성 동위원소의 밀도를 관찰하고자 하는 바에 따라 정밀하게 관찰하기 위해서 영상에서 밀도를 표현하는 [Colormap Range]을 조절함으로써 영상의 크기 표현을 위한 동적 영역(dynamic range)을 조절하여 사용자가 관찰하고자 하는 목적에 맞게 해상력을 높일 수 있다. 영상을 불러오거나, 특이값분해를 조절할 경우 자동적으로 [Colormap Range]의 기본값을 제공하고 있으나, 이는 참고사항일 뿐 사용자가 관찰하고자 하는 목적에 맞게끔 조절할 수 있다. Fig. 2에서는 같은 슬라이스 위치에서 동일한 시간대를 설정한 후 [Colormap Range] 조건만 다르게 조절한 영상이다.

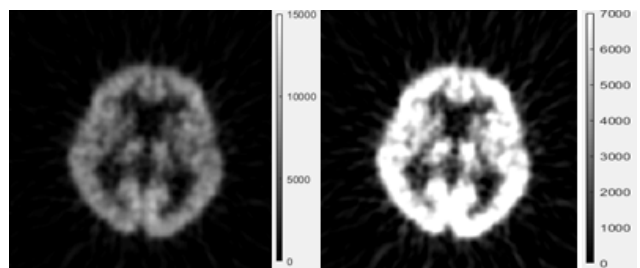


Fig. 2 Colormap range adjust of DIA-Tool (left) narrow range (right) wide range

[Time Activity Curve, TAC box] 내에서는 관찰하고자 하는 부위의 TAC를 그릴 수 있다. 관찰 영역을 선택하기 위해서 [Dimension Size](Unit : Voxel)를 조절할 수 있으며, 기본값(default value)은 10으로 설정되어있다. 따라

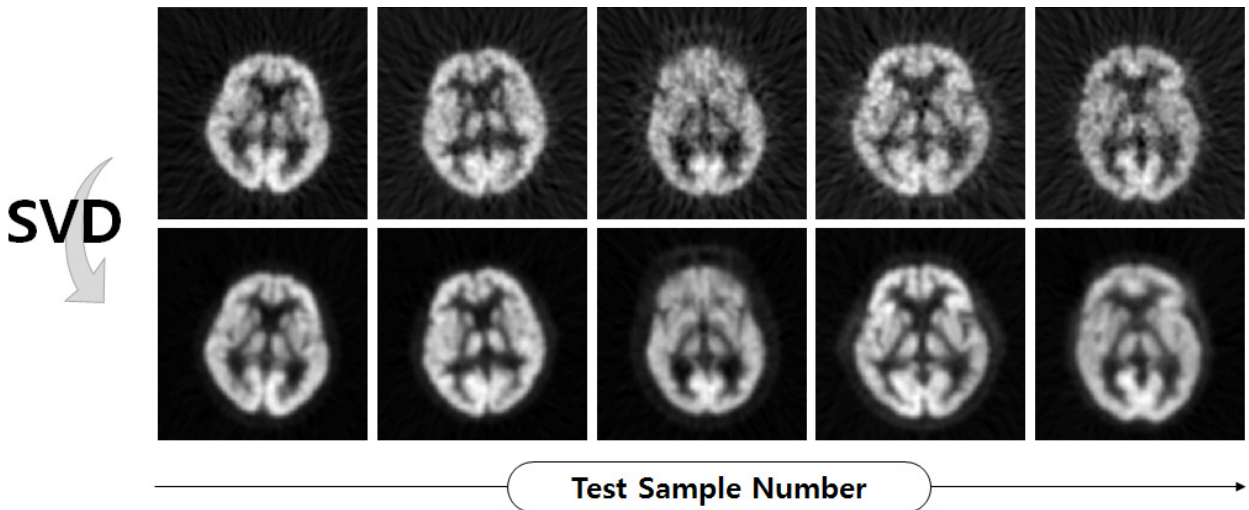


Fig. 3 Comparison for SVD performance (upper) before SVD (lower) after SVD

서, 좁은 부위에서 세밀한 활동 정보를 확인할 경우에는 [demension size]를 줄여서 TAC를 획득할 수 있으며, 넓은 부위의 활동 정보를 확인할 때는 [demension size]를 넓혀 TAC를 획득하여 관찰할 수 있다. 또한, Fig. 5에서는 [Colormap Range]는 동일하게 설정한 후, 특이값분해 실행 전의 TAC 곡선과 특이값분해 실행 후의 TAC 곡선을 획득하여 비교하였다. TAC 곡선은 특정 위치에서 전체 영상의 방사성 동위원소 밀도를 보여주고 있으며, 비교를 위하여 두 곡선 모두 동일한 위치를 선택하였다. 두 경우 초반에 방사성 동위원소가 주입되어 급격히 증가하는 부분을 공통적으로 확인할 수 있으며, 시간이 지날수록 감소하는 패턴을 관찰할 수 있지만, 특이값분해 실행 전의 TAC 곡선의 경우 다소 노이즈와 같은 진동 패턴을 관찰할 수 있다. 또한, 특이값분해 실행 후의 TAC 곡선의 경우 울퉁불퉁하지 않고 매끄러운 곡선을 관찰할 수 있다. 이를 통해서 특이값분해를 실행하면 노이즈가 제거 된다는 것을 확인할 수 있으며 TAC를 임상에서 활용하여 병변을 진단하는데 있어 유용성을 확보할 수 있을 것이라 생각된다. TAC 곡선의 X축(가로축)은 시간 즉, [Data Read]에서 불러온 영상의 개수이며, Y축(세로축)은 진폭 즉, 사용자가 선택한 픽셀 위치에서 시간에 따른 방사성 동위원소의 밀도의 변화를 나타낸다. 이를 통해 방사성 동위원소가 주입되어 밀도가 증가했다가 시간이 지남에 따라 변화하는 것을 관찰할 수 있다. 또한 앞서 언급된 모든 기능은 Fig. 6에서 확인할 수 있다.

제작된 DIA-Tool은 대용량(약 7 Gbyte~9 Gbyte)의 dPET 데이터를 단순한 조작만으로 분석할 수 있도록 편의성을 극대화하였다. 이러한 대용량의 데이터는 프로그램을 사용함에 있어 갑작스러운 프로그램 에러(error)가 발생할

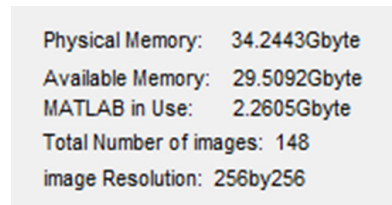


Fig. 4 Physical information box of DIA-tool

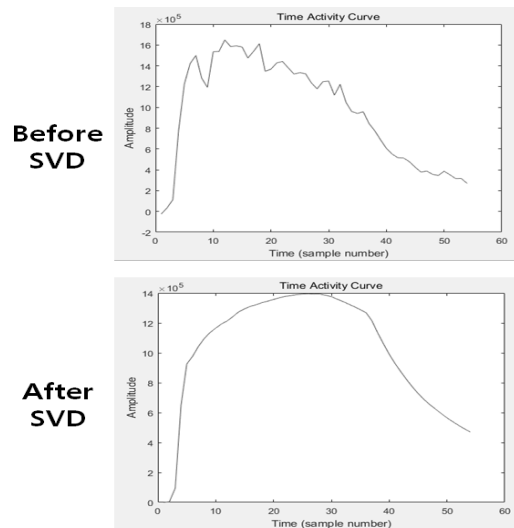


Fig. 5 To compare TACs that obtained DIA-Tool, (up) TAC of before SVD (down) TAC of after SVD

수 있으므로, Fig. 4와 같이 컴퓨터 메모리 상태를 표시하여, 실시간으로 메모리 상황을 체크(check)할 수 있도록 하였다. DIA-Tool의 점검을 위해 사용된 dPET 영상 데이터는 총 52개의 슬라이스(Z축)를 가지며, 각각의 슬라이스 간

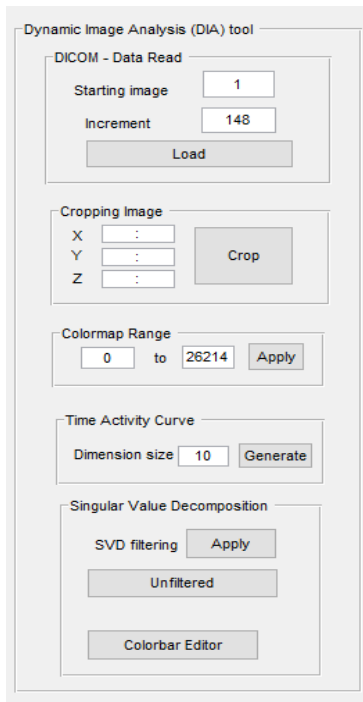


Fig. 6 Function box of DIA-Tool

격은 148개 슬라이스(T축) 간격을 가진다. 해당 dPET의 물리적인 메모리(physical memory) 용량은 약 32 Gbyte이며, 실제 사용가능한 메모리(available memory)는 약 29 Gbyte이다. DIA-Tool에서 대용량의 dPET의 영상을 분석하기 위해서는 사용자 컴퓨터의 메모리 용량이 최소 8 Gbyte를 권장한다.

전체적인 Tool box의 구성은 Fig. 6에서 확인할 수 있다.

### III. 고찰

본 연구에서는 의학계에서 큰 관심을 보이기 시작하는 dPET 연구의 활성화를 위해서 임상 연구자들이 프로그래밍 지식 기반 없이도 손쉽게 사용할 수 있는 무료 소프트웨어인 DIA-Tool을 제작하였다. 개발된 무료 소프트웨어 툴(free software tool)은 MATLAB R2016a Version (Graphic User Interface, GUI)를 기반으로 사용자가 손쉽게 사용할 수 있도록 디자인 되었다. 개발된 소프트웨어의 명칭은 DIA-Tool (Dynamic Image Analysis, DIA)로 지정하였으며, 동서대학교 CORE lab(Computational Radiological Engineering Laboratory)의 메인 홈페이지(<https://sites.google.com/site/dsucore/>)에서 다운로드 받아서 손쉽게 사용할 수 있도록 공개되었다.

여러 번의 임상데이터를 활용한 테스트 과정에서 제작된 Tool은 각각의 조직 생체 대사율(방사성 동위원소의 시간에 따른 변화 정보)을 성공적으로 나타내었다. 특히, TAC을 이용하여 서로 다른 조직의 패턴이 다양하게 나타나는 것을 간략히 확인하였다. 또한, 영상에서 육안으로 확인하였을 때 특이값분해를 시행하기 전보다 시행한 후에 노이즈 성향의 진동(oscillation)이 상당히 줄어들어 판독을 위한 자료로서 가치가 높아진 것을 확인할 수 있다. 이것을 통해 TAC 그래프에서 노이즈가 제거된 것을 확인함으로써, 영상에서도 노이즈가 제거되었음을 유추할 수 있다. 특히, DIA-Tool은 시계열 정보를 이용할 경우 공간 정보만을 이용하는 경우보다 훨씬 더 유용하게 노이즈를 제거할 수 있는 알고리즘인 특이값분해 (noise reduction algorithm based on principle component analysis)를 적용할 수 있다<sup>[10]</sup>.

비록 DIA-Tool에서 기본적인 TAC 및 시간에 따른 생체 대사율의 정보를 손쉽게 나타내어주며, 노이즈를 제거하는 기법의 적용이 가능하지만 다양한 연구를 진행하기 위한 수학적 알고리즘 혹은 계산 기능들은 아직 완벽하게 갖추어져 있지 않다. 추후 추가적인 학술적 연구를 통해 다양한 수학적 알고리즘과 계산 기능들을 추가할 예정이다. 본 연구에서는 여러 의료 장비 및 소프트웨어 관련 업체에서 제공하지 않는 dPET 영상의 분석 및 연구 프로그램을 제공하고자 하였으며, 다양한 기법 연구에 앞서 기본이 되는 GUI Tool을 제공함으로써 임상 연구자들이 손쉽게 연구에 접근하게 하도록 함과 동시에 다양한 dPET 연구 활성화에 기여하게 될 것이다.

### IV. 결론

본 연구에서는 동적-양전자방출영상 분석을 매우 손쉽게 이용할 수 있는 MATLAB toolbox의 개발하였다. 또한, 분석 기법의 원리와 각각의 기능의 설명, 그리고 이것을 활용해서 얻을 수 있는 결과(Fig. 3)를 제시함으로써, 여러 방사선 의료영상 연구자들의 손쉬운 개념적 이해와, 접근방법을 제공하고자 하였다. 이를 통해서 동적방사선영상 분석 분야에 진입 장벽을 낮추어 연구의 활성화에 기여할 수 있는 발판을 마련해 줄 것이라 기대된다.

## REFERENCES

1. Kitagawa, Y, Nishizawa, S, and Sano, K, "Prospective Comparison of 18 F-FDG PET with Conventional Imaging Modalities (MRI, CT, and 67 Ga Scintigraphy) in Assessment of Combined Intraarterial Chemotherapy and Radiotherapy for Head and Neck Carcinoma," vol. 44, no. 2, pp. 198-207, 2003
2. Piert, M, Koeppe, Ra, Giordani, B, Minoshima, B, and Kuhl, D. E, "Determination of regional rate constants from dynamic FDG-PET studies in Parkinson's disease.," *J. Nucl. Med.*, vol. 37, no. 7, pp. 1115-1122, 1996
3. Tomasi, G, Turkheimer, F, and Aboagye, E, "Importance of quantification for the analysis of PET data in oncology: Review of current methods and trends for the future," *Mol. Imaging Biol.*, vol. 14, no. 2, pp. 131-136, 2012
4. Wernick, M. N, Infusino, E. J, and Milosević, M, "Fast spatio-temporal image reconstruction for dynamic PET.," *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 18, no. 3, pp. 185-195, 1999
5. Kumar, R. P, Senthil, T, "3D Reconstruction Of Facial Structures From 2D Images For Cosmetic Surgery," *IEEE-International Conf. Recent Trends Inf. Technol.*, vol. 67, pp. 1049-1054, 2011
6. Li, H. H and Votaw, J. R, "Optimization of PET activation studies based on the SNR measured in the 3-D Hoffman brain phantom.," *IEEE Trans. Med. Imaging*, vol. 17, no. 4, pp. 596-605, 1998
7. Paschalis, S, Lee, I. Y, MacChiavelli, A. O, Campbell, C. M, Cromaz, M, Gros, S, Pavan, J, Qian, J, Clark, R. M, Crawford, H. L, Doering, D, Fallon, P, Lionberger, C, Loew, T, Petri, M, Stezelberger, T, Zimmermann, S, Radford, D. C, Lagergren, K, Weisshaar, D, Winkler, R, Glasmacher, T, Anderson, J. T, and Beausang, C. W, "The performance of the Gamma-Ray Energy Tracking In-beam Nuclear Array GRETINA," *Nucl. Instruments Methods Phys. Res. Sect. A Accel. Spectrometers, Detect. Assoc. Equip.*, vol. 709, pp. 44-55, 2013
8. Jagust, W. J, Seab, J. P, Huesman, R. H, Valk, P. E, Mathis, C. a, Reed, B. R, Coxson, P. G, and Budinger, T. F, "Diminished glucose transport in Alzheimer's disease: dynamic PET studies.," *J. Cereb. Blood Flow Metab.*, vol. 11, no. 2, pp. 323-30, 1991
9. Pérez-Medina, C, Tang, J, Abdel-Atti, D, Hogstad, B, Merad, M, Fisher, E. a, Fayad, Z. a, Lewis, J. S, Mulder, W. J. M, and Reiner, T, "PET Imaging of Tumor-Associated Macrophages with 89Zr-Labeled High-Density Lipoprotein Nanoparticles.," *J. Nucl. Med.*, vol. 56, no. 8, pp. 1272-7, 2015
10. Do-Yeong, P, Jung-Su, K, Cheol-Ha, B, Young-Jin, J, "Singular Value Decomposition based Noise Reduction Technique for Dynamic PET Image : Preliminary Study" *J. ksrs*. vol. 39, no. 2, pp. 227-236, 2016.

•Abstract

## Software Development for Dynamic Positron Emission Tomography : Dynamic Image Analysis (DIA) Tool

Do-Yeong Pyeon<sup>1,2)</sup>·Jung-Su Kim<sup>3)</sup>·Young-Jin Jung<sup>1,2,4)</sup>

<sup>1)</sup>*Department of Health Science, Dongseo University*

<sup>2)</sup>*Center of Eadiological Environment & Health Science*

<sup>3)</sup>*Department of Radiological Science, Dongnam Health University*

<sup>4)</sup>*Department of Radiological Science, Dongseo University*

Positron Emission Tomography(PET) is nuclear medical tests which is a combination of several compounds with a radioactive isotope that can be injected into body to quantitatively measure the metabolic rate (in the body). Especially, Phenomena that increase (sing) glucose metabolism in cancer tissue using the <sup>18</sup>F-FDG (Fluorodeoxyglucose) is utilized widely in cancer diagnosis. And then, Numerous studies have been reported that incidence seems high availability even in the modern diagnosis of dementia and Parkinson's (disease) in brain disease. When using a dynamic PET iamge including the time information in the static information that is provided for the diagnosis many can increase the accuracy of diagnosis. For this reason, clinical researchers getting great attention but, it is the lack of tools to conduct research. And, it interfered complex mathematical algorithm and programming skills for activation of research. In this study, in order to easy to use and enable research dPET, we developed the software based graphic user interface(GUI). In the future, by many clinical researcher using DIA-Tool is expected to be of great help to dPET research.

---

**Key Words :** Dynamic Positron Emission Tomography(dPET), Singular Value Decomposition(SVD), software development, Spatiotemporal analysis, Graphic User Interface(GUI),