

<원저>

개선된 뇌하수체 선종 진단을 위한 자기공명영상 노이즈 제거 기법

정영진

동서대학교 방사선학과

A Noise Reduction Technique for Enhancing Pituitary Adenoma Diagnostic on Magnetic Resonance Image

Jung, Young-Jin

Department of Radiological Science, Dongseo University

Abstract Magnetic resonance imaging is a technique specialized in soft tissue imaging with high contrast resolution without in vivo ionization and has been widely used in various clinical settings. In particular, the recent increase in social stress factors has been used in the diagnosis of pituitary adenoma, the incidence increases rapidly. Recently, due to the development of magnetic resonance imaging, it is possible to diagnose micro pituitary adenoma, but despite the use of contrast medium, there has been a difficulty in diagnosing the pituitary adenoma due to its small size and noise. In order to solve this problem, a proposed method of separating signal components image and noise components image from a measured image is applied, and the improvement of diagnostic efficiency is attempted by removing noise. As a result, it was confirmed that the image quality was improved as a whole by applying SNR for 30 subjects data. It is expected that this study will be useful as a pre-processing method for improving the image quality and developing diagnostic indicators of pituitary adenoma.

Key Words: Pituitary, Adenoma, SNR, TAC, MRI, DIA-TOOL

중심 단어: 뇌하수체, 선종, 신호 대 잡음비, 시간활동곡선, 자기공명영상, DIA-TOOL

1. 서 론

뇌는 머리뼈 내부의 기관으로 주로 신경세포와 신경섬유로 구성되어 있으며, 풍부한 혈관조직들과 3겹의 뇌막(경막, 지주막, 연막)으로 둘러싸여 있고 형태와 기능에 따라 대뇌, 소뇌, 뇌 줄기로 나누어지며, 대뇌는 뇌 들보(뇌 량), 뇌활, 시상, 시상하부, 뇌하수체 등이 있고 뇌 줄기는 중간 뇌, 다리 뇌(교 뇌), 숨 뇌(연수)로 나누어진다. 아래로는 척수와 연결되어 있으며, 뇌척수액이 뇌와 척수의 안 밖으로 순환한다. 뇌는 운동, 감각, 언어, 기억 및 고위 정신기능을 수행하며, 각성, 항상성의 유지, 신체대사의 조절 등 생존에 필요한 환경을 유지한다[1]. 2014년 통계청 조사에 따르면

우리나라 61개 암종의 모든 암의 발생자수는 217,057명이고 그 중 뇌 및 중추신경계의 발생자수는 1,725명으로 약 0.8%를 차지하였다[2].

특히, 뇌하수체(Pituitary)란 두개골 기저부의 터어키안이라는 공간에 위치하며 내분비기관으로 시상하부의 지배를 받아 호르몬을 분비하는데 전엽에서는 5개(성장 호르몬, 유즙분비 호르몬, 갑상선자극 호르몬, 부신피질자극 호르몬, 성선자극 호르몬)의 호르몬을 후엽에서는 2개(항이노 호르몬, 자궁수축 호르몬)의 호르몬을 분비한다[3].

뇌하수체 선종은 뇌하수체에 발생하는 종양으로서 대부분은 양성으로서 증식속도가 느리며, 뇌 이외의 장기에 전이하는 경우는 극히 드물고, 크기에 따라 최대직경이 10

This work was supported by Dongseo University, "Dongseo Cluster Project" Research Fund of 2019 (DSU-2019004)

Corresponding author: YoungJin Jung, Department of Radiological Science, Dongseo University, Global Village (Room 318) in DongSeo University, 47 Jurye-R, Sasang-Gu, Busan, 47011, Republic of Korea / Tel: +82-51-320-2871 / E-mail: microbme@outlook.com

Received 14 August 2019; Revised 25 August 2019; Accepted 26 August 2019

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

mm 이하인 미세선종과 10 mm 이상인 거대선종으로 나눌 수 있다[4]. 그리고 임상적인 관점에서 볼 때 기능성 선종(과 분비성 선종)과 비 기능성 선종(비 분비성 선종)으로 구분하여 진단에 활용한다. 뇌하수체 선종을 진단하는 방법으로는 혈액검사, 호르몬 검사, 영상검사 등이 있고 영상검사의 종류로는 일반 X선 촬영, 컴퓨터단층촬영(Computed Tomography; CT), 자기공명영상(Magnetic Resonance Image; MRI)이 있다. 일반 X-선 촬영과 CT는 전리방사선인 X-선을 이용하여 투과 감약계수 차이를 이용하는 검사로 방사선 피폭을 수반하며, 연부조직 영상의 해상력에 제한이 존재한다. 반면, MRI는 비전리방사선으로 인체에 해가 없는 자장과 라디오파를 이용하여 체내의 수소원자핵에 자기공명현상을 일으켜 원자핵의 밀도 및 물리화학적 특성을 영상화하여 병변을 진단하는 검사장비로 환자의 위치를 변화 시키지 않고 다양한 영상촬영이 가능하며 다양한 파라미터를 가지고 있어 연부조직의 대조도가 우수하며 방사선 피폭이 없고 조영제를 사용하여 많은 진단정보를 알아 낼 수 있다[5].

거대선종의 경우는 일반 X선 촬영과 CT로 진단이 가능하지만 미세선종의 경우 잘 보이지 않는 경우가 종종 있었으나 최근 의료기술발전으로 얇은 두께와 높은 해상력을 가진 자기공명영상을 구현 할 수 있으며 조영제를 사용하여 기능적인 검사까지 가능하여 미세 선종을 감별하는데 용이하게 되었지만 아주 작은 미세선종의 경우에는 감별하기가 쉽지 않아 진단하는데 어려움이 있다[4].

이에 본 연구에서는 뇌하수체 선종 MRI검사의 여러 시퀀스(FLAIR, T1, T2) 중 조영제를 사용한 동적(Dynamic) MRI 영상의 화질의 개선을 통한 진단 정확도를 높일 수 있는 전처리 기술에 대해서 연구를 진행하였다. 특히, 동적영상 분석 기술에 기반한 MRI 촬영 영상의 개선을 통해서 미세-뇌하수체 선종을 진단에 도움을 줄 수 있는 방안을 모색하였다.

II. 대상 및 방법

1. 피험자 및 MRI 데이터 획득

2015년 8월부터 2017년 4월까지 부산의 P 대학병원에 내원한 환자 중 뇌하수체 선종 의심 환자로서 MRI 검사를 받은 30명의 영상데이터를 이용하였다. Philips Gyroscan 1.5T를 이용하여 Table 1의 시퀀스와 파라미터로 촬영하였다. 30명 중 15명은 뇌하수체선종으로 진단받았고 15명은 정상 진단을 받았다. 성별은 남자 4명, 여자 26명으로 10대 1명, 20대 10명, 30대 7명, 40대 6명, 50대 이상이 6명이었고 평균나이는 36.3세였다.

2. 영상 분석방법

수집된 동적영상(Dynamic Image) DICOM File을 Matlab을 이용하여 동적영상분석 도구(Dynamic Image Analysis Tool; DIA Tool)를 사용하여 뇌하수체 선종으로 진단받은 영상에서는 정상조직과 병변에 관심영역(Region Of Image, ROI)을 잡고 해부학적 이상이 없는 정상 진단을 받은 경우는 정상조직만을 선택하여 ROI를 잡아 Original 영상과 Noise reduction 영상의 신호 대 잡음비(Signal Noise Ratio; SNR)와 시간활동곡선(Time Activity Curve; TAC)을 측정하여 비교 평가하였다[6].

1) SVD 분석기반 신호 영상과 노이즈영상

시공간 데이터 분석 기법 중 하나인 특이값분해(Singular Value Decomposition; SVD)는 데이터(date)의 사이즈를 감소시키기 위해서 혼합된 데이터에서 특정 정보를 추출하기 위한 연구 분야에서 사용되고 일반적으로 신호 처리 분야에서 사용되는 방법으로 모든 2차원 행렬에 대해서 대각화(diagonal)하여 행렬을 특정 구조 즉, 고유값과 고유벡터(Eigen vector)를 사용하여 영상을 분해(decomposition)하

Table 1. Sequence Parameter

Sequence	TR (ms)	TE (ms)	FOV (mm)	NEX	Matrix Size	Slice thickness /Gap(mm)
FLAIR AX	10,000	140	210	2	268 * 184	5 / 1
T1 TSE SAG	400	15	200	3	256 * 180	2 / 0.2
T2 TSE COR	3,088	120	200	4	276 * 192	2 / 0.2
T1 TSE COR	400	15	200	3	256 * 179	2 / 0.2
DYNAMIC COR	402	10	210	2	200 * 162	2 / 0.2
T1 TSE COR, GD	400	15	200	3	256 * 179	2 / 0.2
T1 TSE SAG, GD	400	15	200	3	256 * 180	2 / 0.2

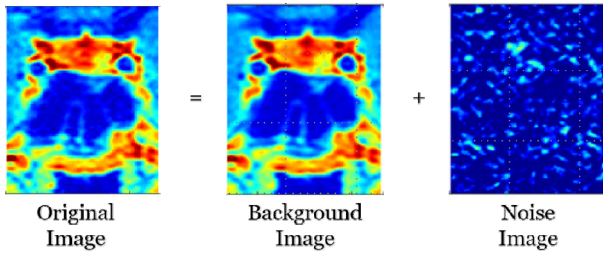


Fig. 1. Original Image

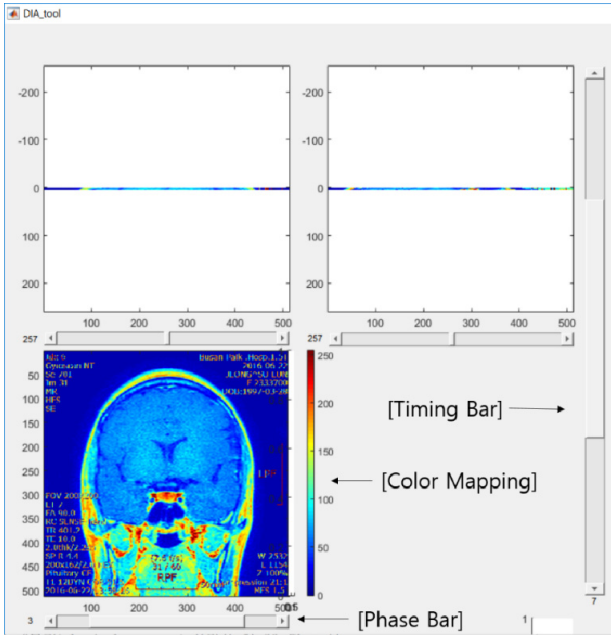


Fig. 2. DIA TOOL

는 방법이다[7]. 이러한 기법을 조영제를 사용하여 시간의 흐름에 따라 영상을 획득하는 동적영상에서 노이즈성분을 제거 하여 화질을 개선하고자 한다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 원본 영상(Original Image)은 SVD 기술에 의해서 화질 개선영상(Background Image)과 노이즈 영상(Noise Image)으로 분리될 수 있으며, 이러한 분리 기술은 촬영된 MRI 영상에서 노이즈만을 제거하여 영상의 화질을 개선하는데 활용 된다. 여기서 노이즈영상은 반드시 불확실성이 나타나야 하며, 어떠한 시스템적 특징이 나타난다면 이는 노이즈가 아닌 신호로 보고 다시 분석을 진행해야 한다.

Fig. 2는 본 연구 진행을 위해 사용된 “DIA TOOL”로서 아래쪽에 위치한 스크롤바를 이용하여 영상의 해부학적 위치를 선정할 수 있다. 또한 조영강도에 따라 서로 다른 색으로 강조할 수 있도록 설정하였다.

Fig. 3은 DIA TOOL의 기능으로 DICOM-Data Read, Cropping image, Colormap Range, Component Analysis, Time Activity Curve (TAC)로 구성되어 있다. DICOM-Data

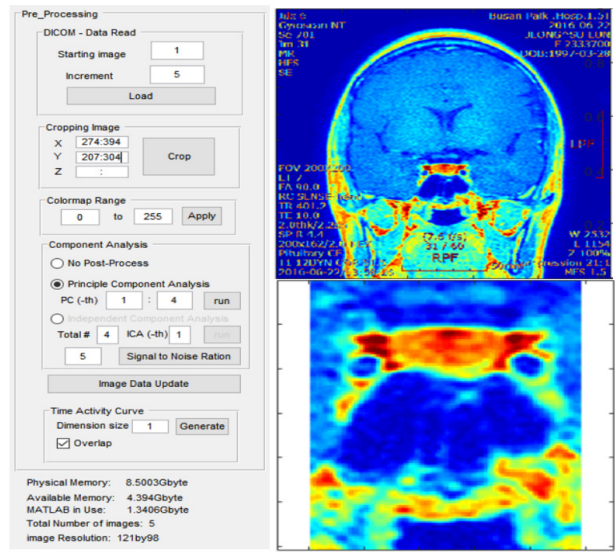


Fig. 3. DIA TOOL Function

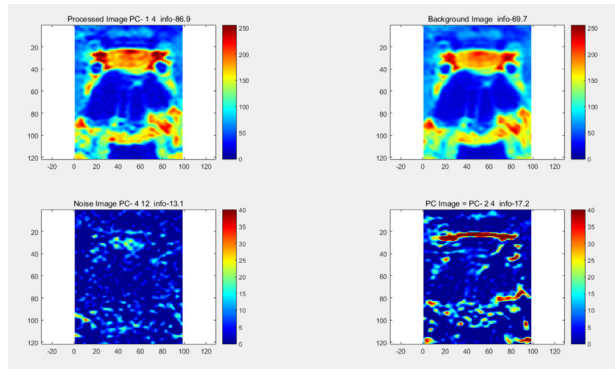


Fig. 4. Principle Component Analysis

Read는 Load할 영상의 폴더를 선택하여 불러 올 수 있다. Cropping image 는 X, Y, Z 좌표를 설정하고 Crop을 클릭 하면 보고자 하는 관심 영역만 남기게 된다. Color-map Range는 임의로 설정을 하여 적용할 수 있다. Component Analysis에서는 Principle Component Analysis (PCA)를 클릭하여 run을 클릭하면 Fig. 4와 같이 영상이 분석된다. Time Activity Curve는 dimension size를 설정하고 overlap 을 클릭한 상태에서 generate를 클릭하면 Fig. 7과 같이 TAC영상을 분석한 그래프가 나오게 된다.

III. 결 과

1. DYNAMIC IMAGE

병변이 위치한 Phase를 선택한 후 12장 중 왼쪽부터 시간의 흐름에 따른 2, 4, 6, 8, 10, 12의 영상을 Original

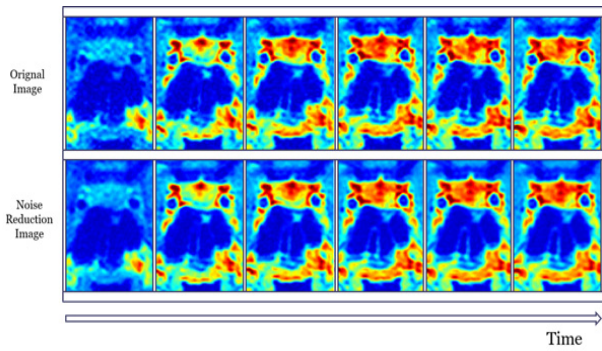


Fig. 5. Original Image, Noise Reduction Image

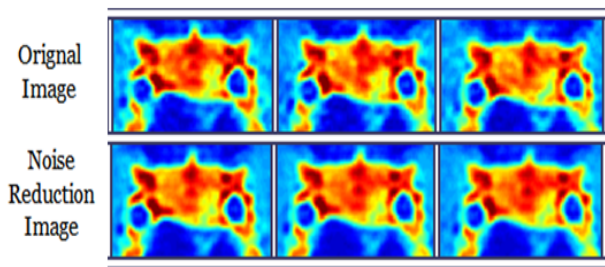


Fig. 6. Original Image, Noise Reduction Image 확대

Image와 Noise Reduction Image로 나타냈고 영상을 비교 평가하였다. Fig. 5의 결과를 바탕으로 볼 때, 시간의 흐름에 따른 뇌하수체 선종 진단에 영상에 대한 화질 개선은 미세하게나마 개선된 것을 확인할 수 있다.

Fig. 6에서는 뇌하수체 선종이 주로 발생하는 영역에 대한 부분을 확대한 영상으로 원본 영상과 노이즈 제거 영상 사이에 큰 차이는 발견되지 않지만 미세하게나마 영상의 노이즈성분이 제거되었음을 확인할 수 있다.

2. TAC, SNR 분석

뇌하수체 선종 자기공명영상의 SNR을 측정한 결과, Abnormal에서 가장 높은 증가는 6.72였고, 가장 낮은 증가는 0.03이었다. Normal에서는 2.76이 가장 높았고, 0.1이 가장 낮았다. 평균은 Abnormal에서 1.18, Normal에서 0.71 SNR이 증가한 결과를 Table 2를 통해 확인할 수 있다.

Fig. 7은 MRI 시계열 영상 촬영 전 및 후의 TAC curve를 작성한 것으로 TAC curve의 불연속성 특징을 기준으로 볼 때, Processed TAC곡선이 더욱 개선된 결과를 나타내는 것

Table 2. Pituitary adenoma Original & Noise Reduction Image SNR

Subject:	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Target															
Original Image	8.37	5.17	4.25	45.77	37.38	14.75	19.07	15.67	7.06	6.85	7.56	3.74	8.67	8.92	4.69
Noise Reduction Image	8.60	5.25	4.59	47.35	44.10	15.08	20.96	16.33	7.42	7.31	9.99	4.94	9.36	9.52	4.72
+/-	+0.23	+0.08	+0.34	+1.58	+6.72	+0.33	+1.89	+0.66	+0.36	+0.46	+2.43	+1.2	+0.69	+0.65	+0.03
Normal															
Original	6.97	6.14	10.19	38.48	21.41	16.14	19.23	17.63	8.61	12.15	9.04	7.13	10.85	8.83	13.03
Noise Reduction Image	7.07	6.26	10.36	40.58	22.21	16.90	20.00	18.00	8.77	12.76	11.80	7.32	10.97	8.95	14.65
+/-	+0.1	+0.12	+0.17	+2.1	+0.8	+0.76	+0.77	+0.37	+0.16	+0.61	+2.76	+0.19	+0.12	+0.12	+1.62

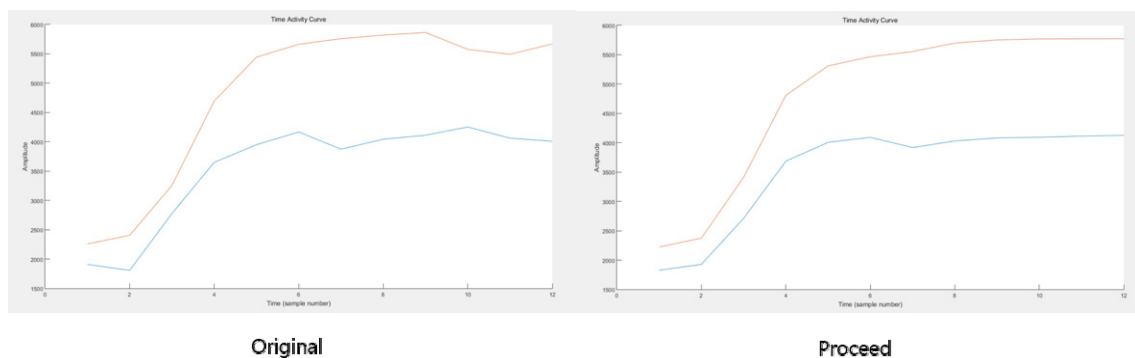


Fig. 7. Original Image, Proceed Image TAC

을 확인할 수 있다. 이는 혈액의 흐름에 따른 조영제의 확산이 연속성을 가지고 이루어진다는 전제로 바탕으로 가공처리된 결과가 더욱 우수하다는 것을 확인할 수 있다.

IV. 고 찰

본 연구에서는 뇌하수체 선종을 진단하기 위한 동적 MRI 영상데이터를 기반으로 시공간 특징에 기반한 노이즈를 제거하는 연구를 선보였다. 본 연구에서는 노이즈를 제거하기 위한 동적 특징 추출 기법으로 SVD를 적용하였으며, 이와 관련된 기존의 유사한 방법이 PET 및 CT등에 적용되어 유의미한 영상 화질의 향상을 나타내는 것을 확인할 수 있었다[8-10]. 본 연구에서는 기존의 동적 PET 및 CT와는 영상 신호의 발생 및 측정 기전이 완전히 다른 동적 MRI에 SVD 기법을 적용하여 그 활용가능성을 측정해 보고자 하였으며, 이를 확인하기 위해서 SNR과 TAC 특성 곡선에 대한 결과를 확인하였다.

연구결과, 동적 PET 및 CT 영상에서 나오는 결과에 비하여 우수한 노이즈 감소 현상이 발견되지 않았지만, 총 30명의 피험자를 대상으로 실험한 결과에서는 전체적으로 SNR이 상승하는 결과를 얻을 수 있었다. 그러나 그 수치가 상당히 미미한 것이 동적 MRI영상의 특징으로 파악될 수 있다. PET 및 CT와는 다른 영상의 측정 기전에 인한 것으로 판단되며, 또한 PET 및 CT와는 다르게 MRI 영상 획득과정에서 다양하고 복잡한 절차에 의해서 영상이 재구성되는 것을 감안하면 다양한 해석학(analytic) 또는 통계적 영상처리 과정을 거친 결과를 다시 SVD를 통해서 처리하는 것에 따른 효과의 반감이 나타난 것으로 유추할 수 있다. 반면 몇몇 경우에는 높은 노이즈 감소 현상을 나타내기도 한 점을 바탕으로 볼 때, 제안한 방법이 유의미하게 노이즈를 제거해 주는 것을 확인할 수 있다.

반면, PET 또는 CT와는 달리 확률론적인 노이즈가 적은 MRI에서는 제안한 방법이 노이즈제거에 큰 효과를 보지 못하지만 유의미한 노이즈 감소효과를 확인할 수 있었으며, 이는 향후 연구 되어질 질환 및 병변 등에 대해서 인공지능 기술에 의한 진단에 활용될 경우 유의미한 진단 성공률 향상에 도움이 될 수 있을 것이라 예상된다.

또한 본 연구에서 나타난 다양한 결과 수치들은 환경적 요인 또는 피험자의 선택 등에 있어서 따로 세부 기준을 두지 않았다. 향후 진행될 지속적인 연구에서는, 피험자 선택에 있어서 뇌하수체 선종의 크기, 남녀 성별, 체중, 나이 등 다양한 요인을 반영하여 실험을 진행하여 전문의사 및 전문

방사선사의 진단 성공률에 어떠한 영향을 끼쳤는지에 대해서 평가 연구가 진행될 예정이다.

V. 결 론

본 연구에서는 DIA TOOL을 이용하여 30명의 임상 영상을 SVD기법을 통하여 SNR과 TAC를 분석하였으며, 정상뇌하수체를 진단받은 영상과 뇌하수체 선종을 진단받은 영상에서 화질 정도의 차이는 있었지만 SNR의 향상과 TAC의 개선으로 인하여 노이즈가 감소하는 것을 알 수 있었다. 이러한 연구결과는 기존 선행연구와 비슷한 양상을 나타내며, SVD를 기반으로 영상의 화질을 개선할 수 있는 분야로 MRI 영역에 활용가능성을 확인할 수 있었다. 향후 연구방향은 동적영상에서 특이성을 갖는 성분을 추출하여 뇌하수체 선종의 크기를 자동으로 계산하는 연구가 진행된다면, 뇌하수체 선종 진단 역량 강화에 도움이 될 것이라 기대한다.

감사의 글

본 논문에 MRI자료를 제공해 주신 정희철 선생님께 감사의 마음을 표합니다.

REFERENCES

- [1] Mtui E, Gruener G, Dockery P. Fitzgerald's Clinical Neuroanatomy and Neuroscience. Elsevier; 2015.
- [2] Report of Statistics Korea 2014 (<http://kostat.go.kr/portal/korea/index.action>)
- [3] Cleveland Clinic. Pituitary Adenomas (<https://my.clevelandclinic.org/health/diseases/15328-pituitary-adenomas->)
- [4] Wikipedia. Pituitary Adenomas (https://en.wikipedia.org/wiki/Pituitary_adenoma)
- [5] Hashemi RH, et al, MRI : The Basics. Wolters Kluwer; 2017.
- [6] Pyeon DY, Kim JS, Jung YJ. Software Development for Dynamic Positron Emission Tomography: Dynamic Image Analysis(DIA) Tool. Journal of Radiological Science and Technology. 2016;39(3): 369-76.

- [7] Jung YJ, Gonzalez J, Godavarty A. Functional near-infrared imaging reconstruction based on spatiotemporal features: Venous occlusion studies. *Appl.* 2015;54:D82-90.
- [8] Pyeon DY, Kim JS, Baek CH, Jung YJ. Singular Value Decomposition based Noise Reduction Technique for Dynamic PET Image : Preliminary study. *Journal of Radiological Science and Technology.* 2016;39(2): 227-36.
- [9] Park HY, Pyeon D, Kim DH, Jung Y. Dynamic Computed Tomography based on Spatio-temporal Analysis in Acute Stroke : Preliminary Study. *Journal of Radiological Science and Technology.* 2016;39(4):543-7.
- [10] Kim DH, Jung Y. Simulation Study for Feature Identification of Dynamic Medical Image Reconstruction Technique Based on Singular Value Decomposition. *Journal of Radiological Science and Technology.* 2019;42(2):119-30.