

<원저>

비전리 방사선 (근적외선) 기반 의료영상 활용 가능성 평가: 당뇨병

- The Evaluation of Non-Ionizing Radiation (Near-Infrared Radiation) based Medical Imaging Application : Diabetes Foot -

1)동서대학교 방사선학과·2)방사선보건환경연구센터·3)한서대학교 방사선학과

정영진^{1,2)}·신철원¹⁾·안성민¹⁾·홍준용¹⁾·안운진¹⁾·임청환³⁾

— 국문초록 —

비전리 방사선의 일종인 근적외선은 비침습적이고, 비전리성을 가지며, 생체 내 높은 투과성을 가지는 전자기파로, 진단을 위한 의료영상분야에 전 세계적으로 관심이 증가하여 그 활용 가능성이 활발히 연구되어지고 있다. 그러나 현재 국내에서 근적외선 의료영상의 활용은 극히 제한되어 있으며, 큰 관심을 가지고 있지 못하여, 새롭게 형성되는 근적외선 기반 의료영상 분야의 방사선사의 대응 역량의 강화가 필요시 된다. 본 연구에서는 근적외선의 특징 및 영상화 원리를 간략히 소개하고, 이를 이용한 최신의 연구 주제 및 세계적인 연구 동향을 소개함으로써 국내 방사선사의 역량을 강화하고자 한다. 특히, 임상적 활용 가능성이 매우 높은 상처 및 당뇨병등의 연구 주제에 대해서 소개하여, 이 분야의 발전을 가속화 시키는데 기여하고자 한다.

중심 단어: 비전리 방사선, 근적외선, 기능적 의료영상, 형광영상, 근적외선 단층영상

I. 서 론

방사선이 물질과의 상호작용에서 이온화시키는 것을 전리-방사선(Ionizing Radiation)이라 하고, 가시광선, 적외선, 초음파와 라디오파 등의 긴 파장을 갖는 방사선을 비전리-방사선(Non-Ionizing Radiation)이라고 한다^{1,2)}(Fig. 1). 현재 국내에서 널리 활용되는 비전리-방사선의 영상에는 초음파 영상(Ultrasonic Image)과 자기공명영상(Magnetic Resonance Imaging, MRI)등이 있다.

근적외선은 생체 내 높은 투과성, 다양한 생체 조직에서의 파장 대에 따라 서로 다른 흡수 및 산란율을 가지고 있어 기능적 의료영상으로 활용 가능성이 높았으나, 생체 내 단층영상을 구현하고자 할 경우 복잡한 수치 해석 알고리즘

과, 긴 영상재구성 시간으로 인하여 실제 의료영상으로 활용이 제한되어 왔다.

최근 계산 기반 영상화 기법 및 형광 조영제(Fluorescence Agent)를 활용한 영상화 기법이 발달하면서 근적외선(Near-infrared radiation, NIR) 분광영상(Spectroscopy)과 단층영상(Tomography)등이 의료영상으로 활용되기 시작하였다.

이와 더불어 컴퓨터 기술의 발전으로 가시광선에 가까운 근적외선(700~900 nm) 파장 대의 의료영상 활용 가능성이 높게 평가되기 시작하였다. 그 초기는 유방암과 같이 방사선 흡수율이 높은 생체 조직의 조기 검사(screening)를 위해서 근적외선을 이용한 유방암 진단용 단층 촬영술(Clinical NIR tomography)이 하버드 대학교 David Boas 교수를 필

This work was supported by the Korea Foundation for the Advancement of Science & Creativity(KOFAC) grant funded by Ministry of Education(MOE)

Corresponding author: Young-Jin Jung, Department of Radiological Science, Dongseo University 47 Jurye-R, Sasang-Gu, Busan, 47011 Korea / Tel: +82-051-320-2871 / E-mail: microbme@outlook.kr

Received 19 July 2016; Revised 13 September 2016 ; Accepted 19 September 2016

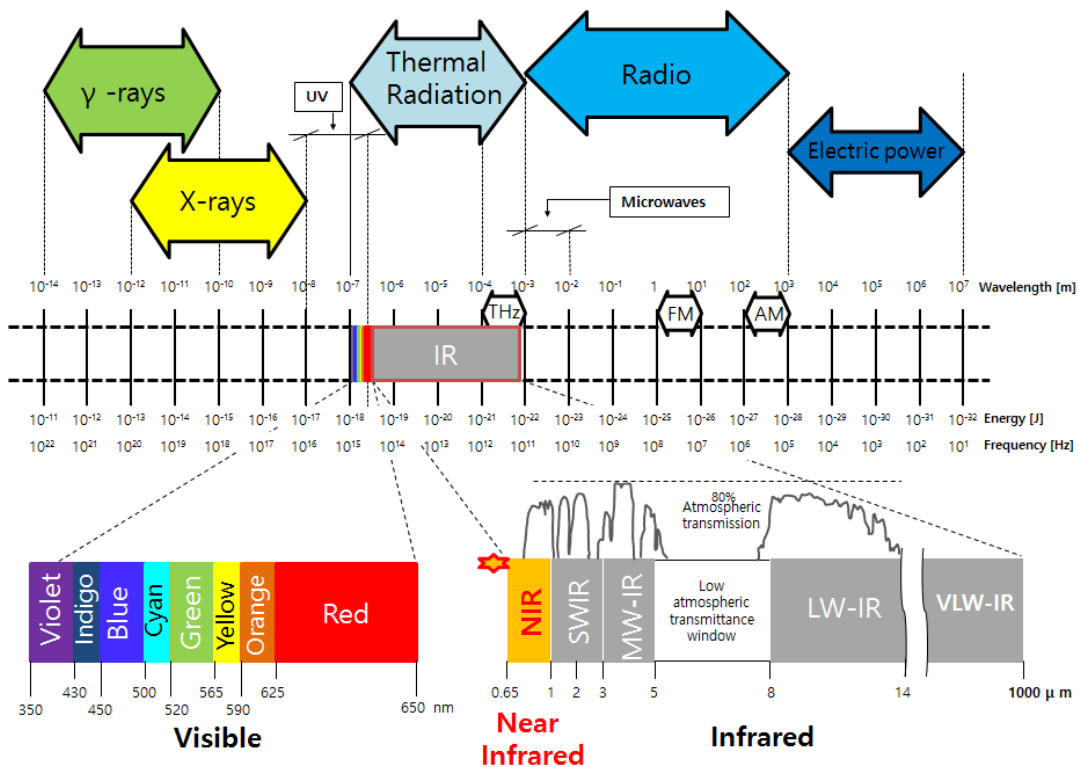


Fig. 1 Electro-Magnetic Spectrum for classifying ionizing and non-ionizing radiation (Ref: google.com)

두로 초기 연구가 이루어져 왔으며^[3], 이 기술의 지속적인 발전으로 이동형 유방암 검사 장비의 개발까지 도달하였다^[4]. 근적외선 의료영상의 다양한 활용은 혈관의 형성을 검사하는 것부터, 생체 내 산소포화도의 영상화 기법 등으로 급속히 발전해 왔다. 특히, 최근 수술 중 생체 정상 조직과 병변 조직을 구분할 수 있는 실시간 의료영상 기법인 근적외선 형광 영상(NIR fluorescence image)은 육안(가시광선 기반)으로 확인할 수 없는 정상 조직과 암세포 혹은 병변조직을 손쉽게 확인할 수 있도록 도와주어 수술을 성공적으로 이룰 수 있도록 도와준다. 그러나, 국내에서는 근적외선을 기반으로 하는 의료영상에 대한 이해 부족 등으로 활성화와 활용도가 낮은 실정이다. 이러한 문제를 해결해 나가기 위하여, 본 논문에서는 임상에서 활용가능한 근적외선 의료영상의 기본 원리를 소개하고, 이것의 새로운 응용 분야인 상처 및 당뇨와 관련된 최신의 연구동향을 소개하였다.

특히, 선진국 임상 의료분야에서의 근적외선 활용 현황과 향후 임상 의료분야에 새롭게 대두될 활용 가능성에 대해서 조사하였다. 이를 소개함으로써 근적외선 의료영상에 대한 국내 방사선사의 이해를 높이고, 근적외선 의료영상 분야로의 진출 및 이와 관련된 대응 역량을 강화하는데 기여하고자 한다.

II. 본 론

1. 근적외선의 특징

근적외선은 가시광선보다 파장의 길이가 긴 영역으로 보통 700~900 nm의 전자기파의 영역으로 비침습적이고, 비전리성이며, 생체 내 높은 투과성을 가지는 특징들이 있다. 특히, 700~900 nm 영역에서 각각의 파장 영역은 생체를 구성하는 산화헤모글로빈(Oxy-Hemoglobin, HbO₂)과 비산화헤모글로빈(Deoxy-Hemoglobin, Hb) 등이 각각의 근적외선 파장에 따른 흡수율이 다른 특징을 가지고 있다 (Fig. 2). 서로 다른 흡수율은 근적외선 기반 의료영상의 가장 기초적인 대조도 정보를 제공해주게 된다.

2. 헤모글로빈 농도(Hemoglobin)

근적외선의 파장에 따른 서로 다른 흡수율은 근적외선 분광 영상의 구성에 대조도로서 활용되어 생체 내 헤모글로빈 농도, HbO₂와 Hb의 양을 계산하는데 활용되었다. 우선, 각각의 헤모글로빈 농도를 계산하기 위해서는 센서에서 측정된 전자기파의 크기(Optical Density, OD)를 아래와 같

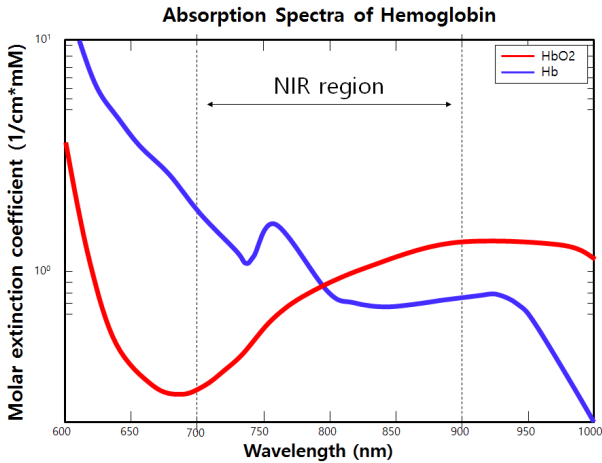


Fig. 2 Absorption spectra of hemoglobin according to near infrared radiation(NIR) region

이 계산하여야 한다. 아래의 수식은 각각의 서로 다른 파장에서의 HbO₂와 Hb를 계산하는 것이다(1).

$$OD = \log_{10}\left(\frac{I_0}{I}\right) = \epsilon \times [X] \times I \times DPF + G \quad (1)$$

여기서, I₀는 입사되는 파장의 세기이며, I는 센서에서 측정된 파장의 세기이다. ε는 소광계수(Extinction Coefficients)이며 이는 산란에 의한 파장의 손실을 의미한다. DPF는 소스(Source)와 검출기(Detector)사이의 거리를 요소(The Differential Path Length Factor)를 나타내며, G는 기하학적 확산 요소(Geometric Factor Associated with Scattering)를 나타낸다. 만약, 소광계수가 주어져 있다면, 주어진 계수를 이용하여 아래와 같이 수식을 간략화 할 수 있다.

$$\Delta [X] = \frac{\Delta OD}{(\epsilon \times d)} \quad (2)$$

여기서 d는 광자(photon)의 이동거리를 나타낸다. 이렇게 측정된 수식은 아래의 순방향 수식으로 표현될 수 있으며, 이의 역방향 풀이(inverse solution)을 통해서 생체 내 헤모글로빈의 농도를 영상화하게 된다.

$$\begin{bmatrix} \Delta OD_{\lambda 1} \\ \Delta OD_{\lambda 2} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \epsilon_{\lambda 1} d \epsilon_{\lambda 1}^{Hb} & \epsilon_{\lambda 1} d \epsilon_{\lambda 1}^{HbO_2} \\ \epsilon_{\lambda 2} d \epsilon_{\lambda 2}^{Hb} & \epsilon_{\lambda 2} d \epsilon_{\lambda 2}^{HbO_2} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \Delta [X]^{Hb} \\ \Delta [X]^{HbO_2} \end{bmatrix} \quad (3)$$

3. 근적외선 분광법(NIR spectroscopy)

근적외선 분광기법은 다양한 의료용 목적으로 활용되고 있다. 특히, 비침습적으로 뇌 영역의 헤모글로빈의 농도를 영상으로 나타냄으로써, 뇌 영역의 한 곳에 혈액이 집중되어 있는 영상과 같은 현상을 관찰할 수 있다^[5]. 또한, HbO₂와 Hb의 농도를 계산함으로써 뇌 인지 관련 의료영상 기반 진단 검사에 그 유용성이 알려져 왔다. 이는 마치 혈중 산소 농도 레벨(Blood Oxidation Level Dependent, BOLD)을 기반으로 하는 기능적 자기공명영상(functional MRI, fMRI)과 유사한 기전을 가지고 있으나, fMRI와는 달리 소형이며, 이동 가능하고, 무선 및 휴대용으로 손쉽게 이용할 수 있는 장점이 존재한다^[6-8]. 물론 근적외선 분광법 기반 뇌 영상은 뇌 표면만을 촬영할 수 있기 때문에 완벽하게 MRI를 대신할 수 없다. 그 외 근적외선 분광법의 경우 피부의 혈액 공급 상태를 파악하는데 활용될 수 있으며, 경우에 따라서 형광조영제(IndoCygn Green, ICG)를 이용한 수술 중 암 조직의 영역을 실시간 영상으로 제공하는데 활용되기도 한다(Fig. 3).

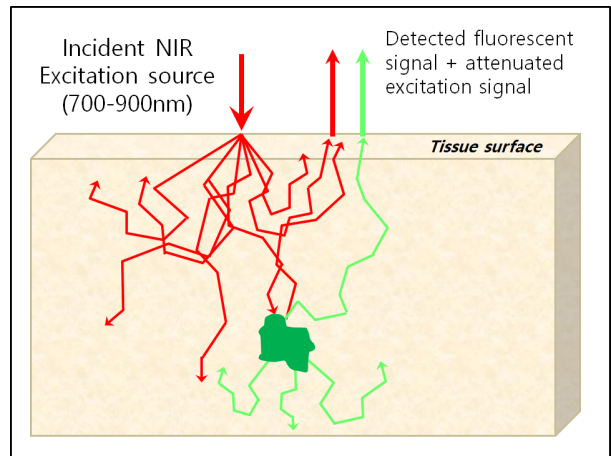


Fig. 3 Principle of NIR fluorescence image.

4. 근적외선 단층영상

근적외선 단층영상의 임상적 활용은 2000년대 초반 유방암의 검사를 위해서 소개되기 시작되었다. 근적외선 단층영상을 구성하는 방법은 유한요소모델(Finite Element Model, FEM)과 같은 복잡한 수학적 알고리즘이 적용된다^[9]. 이러한 수학적 알고리즘의 이해를 생략하고 “NIR FAST SOFTWARE PACKAGE”와 같은 공개 툴박스를 활용하여 근적외선 단층영상을 재구성할 수 있다. (앞서와 같은 REFERENCE) 간략히 소개하면, 생체표면과 같은 굴곡

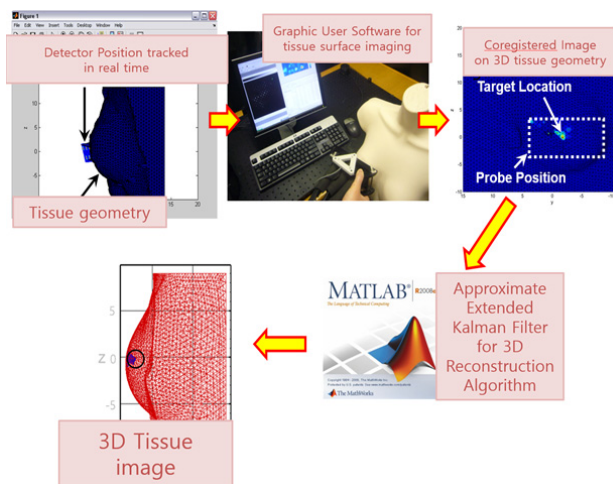


Fig. 4 Procedures diagnostic of breast cancer using 3D NIR tomography

진 표면의 기하학정보(geometry information), 근적외선 발생원의 위치, 그리고 검출기의 위치정보 등의 공간정보와 각각의 발생원과 검출기에서 근적외선 파장의 세기를 근적외선 확산 지배방정식(governing equation)을 기반으로 수학적 모델을 적용하여 계산하는 방법이다(Fig. 4). 이러한 계산 방법은 X-ray의 영상 재구성에서 사용하지 않는 확산 계수(scattering coefficient)를 반영하기 위한 것으로 영상의 분해능을 높게 설정하게 될 경우, 그 연산량이 기하급수적으로 많아지게 되는 단점이 존재한다.

5. 당뇨병 및 상처 진단영상 가능성

노인인구의 급속한 증가로 인하여, 노인성 질병 중 대표적인 질환인 당뇨병환자가 급증하고 있다^[10-13]. 당뇨병은 높은 혈당 수치를 오랜 시간 유지하는 대사 질환으로, 다양한 합병증을 유발하는 특징이 있다^[14]. 높은 혈당 수치로 인하여 혈액의 점성(viscosity) 증가를 유발하여 말초혈관의 혈액 흐름에 장애가 생기게 되는 경우, 사소한 상처(wound)에도 말초조직의 괴사가 일어나는 경우가 발생할 수 있다^[15,16]. 특히, 발에 이러한 현상이 빈번히 발생하여 이것을 흔히 당뇨병발(diabetic foot)이라고 한다. 당뇨병의 치료를 위해서는 약제, 드레싱 제제, 여러 기구 등이 활용되나, 당뇨병의 환자는 발 조직의 감각을 잃은 경우가 많아 조기치료가 제대로 이루어지기 어렵기 때문에 족부괴사가 진행되는 경우도 발생한다. 또한 치료의 예후는 대부분 2~4 주후에 발의 상태를 관찰하는 방법을 사용하는 경우가 많아, 조기의 치료 예후를 예측할 수 있는 진단 장비의 필요성이 존재한다.

당뇨발의 괴사는 기본적으로 점성이 높은 혈액으로 인하여 말초혈관 대사 장애가 발생하고, 말초조직에 혈액 공급이 부족함으로 인한 상처치유 능력 상실에서 시작된다. 이러한 특징을 바탕으로 볼 때, 근적외선 진단 영상의 경우 피부 및 피부 속의 조직 중 산소포화도(StO_2) 혹은 말초혈관 속 헤모글로빈의 농도 변화를 관찰할 수 있으므로 당뇨병과 같은 질병의 진단에 가능성과 연관성이 존재한다. 따라서, 이와 관련된 임상 관련 연구 논문을 사전 조사함으로써 그 밀접한 관계를 확인하였다.

6. 임상 연구 동향

근적외선을 이용한 생체의료영상 응용 분야는 크게 5가지 영역으로 분류하였다. 1) 뇌 기능적 영상(Functional Brain Imaging), 2) 유방암 진단 영상(Breast Cancer Imaging for Screening), 3) 피부영상(Skin Imaging), 4) 혈관영상(Vessel Imaging), 5) 당뇨병환자의 진단 영상(Imaging in Diabetes) 분야의 최근 25년간 연구 수행 현황을 Google Scholar (scholar.google.co.kr)를 활용하여 검색하였다. 이때 각각의 연구동향에의 파악을 위해서 사용한 키워드는 “Near-infrared radiation”을 공통으로 적용하고 “Brain”, “Breast Cancer”, “Skin”, “Vessel”, “Diabetes” 등의 키워드(Keyword)로 각각의 해당 연도를 적용하여 검색하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 상처 모니터링 기반 선행 연구(장비기준)

근적외선 영상의 임상적 활용과 관련된 연구는 진단영상 기법 및 장비를 기준으로 분류될 수 있다(Table 1). 2010년 Weber가 연구한 “ImpediMap”의 경우, 분광기법(Spectroscopy) 기반의 장비로, 온전한 피부와 손상된 피부의 임피던스 차이를 이용하여 상처 치유의 진행을 관찰할 수 있고, 지속적 관찰을 통해 궤양이 형성되는 것을 예방하도록 도와준다^[17]. 소형화를 통해 환자 본인이 상처를 스스로 모니터링하고 주치의에게 정보를 전송하여 진단 받음으로써 의료서비스 편의성 향상을 도모하는 연구이다.

Dargaville가 연구한 “Sensors for Detection of pH Changes”는 피부의 산성도 차를 이용(일반적인 피부는 pH 4~6 정도의 산성을 띠는 반면, 손상된 피부는 pH 7.4 정도의 산성을 띠)하여 상처의 진단에 활용한다^[18]. 셀룰로오스

Table 1 Recent NIR research and its features

Imaging Techniques	Invasive	Remote Sensing	Modality	Imaging Dimension	
ImpediMap	Yes	No	Resistance	No	No
Sensors for Detection of pH Changes	No	No	PH	No	No
Portable Optical Wound Scanner	Yes	Yes	Reflected Light	No	No
Laser Speckle Contrast Analysis Technique	Yes	Yes	Blood flow	Yes	No
Diffuse Optics	Yes	Yes	Hemoglobin Concentration	Yes	Yes

Table 2 Related Researches

(Unit : cases)

Year	Topic	Year				
		1990-1995	1995-2000	2000-2005	2005-2010	2010-2015
	Braing Imaging ("NIR", "Brain")	72	116	265	448	779
	Breast Cancer ("NIR", "Breast Cancer")	18	29	109	236	502
	Skin imaging ("NIR", "skin")	160	909	524	931	1570
	Vessel imaging ("NIR", "Vessel")	72	132	293	450	697
	Imaging in Diabetes ("NIR", "Diabetes")	28	64	142	210	317

필름을 사용하여 pH 지시약을 경첩 모양의 드레싱 사이에 고정 시킨 후, 하이드로젤을 이용하여 pH 지시약의 민감도를 설정하고 이것들을 다시 필름으로 고정하여 드레싱을 완성하는 기법이다. 이는 드레싱을 상처에 직접 접촉시킨 후, 얻어지는 pH 지시약 색상 변화의 패턴을 통해 상처의 진행도와 범위를 알 수 있다. 특히, 이 기법은 드레싱 형태로서 사용이 간편하며 병원 등에서 상처의 상태를 관찰할 때 사용할 수 있으며 환자가 자신의 상처에 대한 정보를 쉽게 알 수 있다.

Czarnek에 의해 2009년에 개발된 Portable Optical Wound Scanner의 경우, 상처에 직접적으로 light beam 조사하고 상처에 충돌한 후 튕겨나오는 빔을 스캔하여 계산한 후 상처의 길이, 폭, 깊이, 부피 등을 표시창(display)에 나타낸다^[19]. 이 기술은 광기반(Optical) 기술이기 때문에 상처를 검사하는 동안에 사용자가 피폭될 위험이 없으며, 상처와 물리적 접촉이 없기 때문에 진단 중 상처에 부담을 주지 않는 장점이 있다. 또한 가볍고 소형이기 때문에 사용자가 손의 피로를 느끼지 않으며 휴대하기 용이하다.

Laser Speckle Contrast Analysis (LASCA) 기술의 경우 목표물에 레이저가 조사되면 후방 산란된 빛이 음영으로 이루어진 무작위 패턴을 형성한다(이 패턴을 반점패턴(speckle pattern)이라고 함). 신체 조직 속의 적혈구와 같이 움직이는 목표물에서는 speckle 패턴도 움직이고 시간이 지나며 변화하는 현상을 이용하여 영상화 하는 기법으로, 영상화된 영역(imaged area)의 움직임 정도에 따라 흐려짐의 정도(blurring)가 달라지는 특징이 있다^[20]. 따라서, 움

직임이 많은 패턴일수록 흐려짐의 정도가 많은 영상(image)을 만들며, 흐려짐의 정도는 레이저 반점(laser speckle) 대조도에 의해 수치화 되어 영상으로 표현된다. 레이저 반점 대조도는 혈액 순환과 연관이 있으며 밀집도(intensity)의 표준편차와 평균의 비율로 결정되어진다. 움직임이 많은 패턴에서는 흐려짐의 정도가 증가하고 밀집도의 표준편차는 감소함에 따라 레이저 반점 대조도가 낮아지게 된다. 반면, 움직임이 없는 패턴에서 레이저 반점 대조도는 증가하고 흐려짐의 정도는 감소하며 그에 따라 표준편차는 증가하여, 평균 밀집도가 변하지 않는다. 이러한 특징을 이용하여 적혈구의 흐름을 영상으로 측정 및 표현하게 된다.

당뇨 환자의 상처 등의 진단을 위해 확산 단층 영상 기법을 연구하는 Elisabeth S. Papazoglo (Drexel University)는 1개의 근적외선 점 소스원(point source)과 4개의 근적외선 센서를 이용하여 1차원적인 확산-단층 영상장비를 개발하여 임상 시험 및 시제품을 개발하였다^[21,22]. 또한, Anuradaha Godvarty (Florida International University)는 근적외선을 이용한 유방암 진단 장비 등을 개발해 왔다. 최근, 2차원 당뇨병 환자의 상처 모니터링 기술 개발을 연구하였다. 현재, 2차원 스펙트로스코피(spectroscopy) 기술을 적용하여 족부 당뇨병 환자에 임상시험을 진행 중이며, 향후에 근적외선 레이저 스캐너를 이용한 시간에 따른 3차원 확산-단층 영상장비의 개발을 진행할 계획에 있다^[23]. 이를 위해 스트레오 스코픽(stereoscopic imaging) 기술과, 영상 센서의 노이즈(noise) 감소기술 등의 개발이 완료되어, 근적외선을 이용한 당뇨병 환자의 표피 정보뿐만 아니라 생체

내 눈에 보이지 않는 영역의 3차원 단층영상의 연구로 발전 될 것이다. 앞서 언급한 영상 기술의 특징기반 분류와는 별개로 근적외선을 사용한 임상 연구동향에 대해서 구글 학술(Google Scholar) 검색을 기반으로 표를 작성하였다 (Table 2).

2. 근적외선 의료영상의 임상연구동향

1990년대에 근적외선을 활용한 영상 연구는 총 350편으로 최근 2010~2015년까지 3,865편으로 11배 이상 급격히 증가하였다. 근적외선에 기반한 피부 모니터링에 대한 연구는 1995~2000년 사이 급격히 증가하였으며, 약 20년이 지난 현재 성형외과 혹은 피부과에서 이와 관련된 장비가 사용되기 시작하였다. 이와 별개로 뇌 영상, 유방암 영상 그리고 혈관영상, 당뇨영상 등은 단순한 분광 기법으로 영상화가 이루어지지 않는 복잡한 계산이 반영되기 때문에, 2005~2010년 이후 그 연구 건수가 급격히 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 컴퓨터 기술의 급격한 발전으로 인하여 2005년 이후, 일반적인 개인용 컴퓨터(Personal Computer, PC)를 이용하여 유한요소 해석과 같은 복잡하고 연산량이 많은 방정식을 풀어나갈 수 있게 된 것이 관련 연구의 증가를 유도한 것으로 판단된다. 이를 기준으로 볼 때, 향후 2025년 이후 현재와 같은 지속적인 임상 연구가 증가하여, 근적외선 기반 의료영상 장비가 임상에 손쉽게, 널리 활용될 수 있을 가능성을 확인할 수 있다. 특히 비전리-방사선기반 영상화 기법인 근적외선 영상의 경우, 장시간 반복적으로 생체 내/외를 관찰(monitring)해야 할 경우, 다른 전리-방사선영상의 단점을 보완할 수 있는 대안이 될 수 있다.

IV. 결 론

본 연구에서는 국내 비전리-방사선 영역에서는 다소 소소한 근적외선 기반의 의료영상에 대해 간략한 소개하였으며, 또한 근적외선의 특징, 분광영상의 기본원리, 근적외선 단층영상에 대해서 방사선사의 이해를 높이기 위해 간략히 설명하였다. 또한, 이러한 분야의 최근 연구동향을 파악 및 분석하고 지속적인 발전이 이루어질 것임을 확인하였다. 이러한 결과로 미루어 볼 때, 국내의 비전리-방사선 의료영상 분야에서 근적외선 영상 진단분야가 그 영역을 새롭게 넓혀가기 시작할 것이고, 향후 방사선사의 역할을 펼칠 수 있는 또 하나의 주요 분야로 떠오를 것으로 예상되므로 이를 대

비하여야 하는 것과 이 분야에 대한 지속적인 관심과 연구가 필요함을 확인하였다.

REFERENCES

1. Wakeford, Richard : The cancer epidemiology of radiation, *Oncogene* 23,38, 6404-6428, 2004
2. "ionizing and non-ionising radiation", http://www.arpana.gov.au/radiationprotection/basics/ion_nonion.cfm
3. Colak, S. B, van der Mark, M. B, et al : Clinical optical tomography and NIR spectroscopy for breast cancer detection, *IEEE Journal of selected topics in quantum electronics* 5,4, 1143-1158, 1999
4. Gonzalez, Jean, Roman, Manuela, et al : Gen-2 hand-held optical imager towards cancer imaging: reflectance and transillumination phantom studies, *Sensors*, 12(2), 1885-97, 2012
5. Zeller, Jason S : EM Innovations: New Technologies You Haven't Heard of Yet, Medscape, 2015
6. Jannet Mehagnoul-Schipper, D, Bas F.W, van der Kallen et al. : Simultaneous measurements of cerebral oxygenation changes during brain activation by near-infrared spectroscopy and functional magnetic resonance imaging in healthy young and elderly subjects, *Hum Brain Mapping*, 16(1), 14-23, 2002
7. Thomas Muehlemann, Daniel Haensse, Martin Wolf : Wireless miniaturized in-vivo near infrared imaging, *Optics Express*, 16(14), 10323-30, 2008
8. Babak Shadga, W. Darlene Reid, et al : Wireless near-infrared spectroscopy of skeletal muscle oxygenation and hemodynamics during exercise and ischemia, *Spectroscopy* 23(5-6), 233-241, 2009
9. Hamid Dehghani, Matthew E. Eames, et al : Near infrared optical tomography using NIRFAST: Algorithm for numerical model and image reconstruction, *Communications in numerical methods in engineering*, 25(6), 711-732, 2008
10. Social index of republic of korea, Statistics korea, 2015
11. The number of diabetes & diabetic complications according to age, National health insurance service il-

- san hospital, Research report, 2014
12. Diabetes prevalence according to age, National nutrition survey, Ministry of health and welfare
 13. Population of diabetes & its character based on report (2014-20-009) written from national health insurance corp. during recent decade, National health insurance service ilsan hospital, Research report, 2014
 14. "diabetes mellitus", <http://terms.naver.com>
 15. "Viscosity of diabetic blood", <http://www.diabetes.or.kr/general/class/medical.php?mode=view&number=7&idx=5>
 16. "Diabetes Foot", <http://terms.naver.com>
 17. Sonja A. Weber, Niall Watermann, et al : Remote Wound Monitoring of Chronic Ulcers, IEEE, vol.14, NO.2, 2010
 18. Tim R. Dargaville, Brooke L. Farrugia, et al : Sensors and imaging for wound healing, Biosensors and Bioelectronics Vol. 41, 30-42, 2013
 19. Robert Czarnek, Brian Stroup, et al : Portable optical wound scanner, US7495208 B2, 2009
 20. "laser speckle contrast imaging", http://www.perimed-instruments.com/upl/images/384758_732_345_2_0_thumb/laser-speckle-contrast-imaging.jpg
 21. Elisabeth S. Papazoglou, Michael S. Weingarten, et al : Assessment of diabetic foot ulcers with diffuse near infrared methodology, IEEE International Conference on BioInformatics and BioEngineering, 1-5, 2008
 22. Elisabeth S. Papazoglou, Michael Neidrauer, et al : Noninvasive assessment of diabetic foot ulcers with diffuse photon density wave methodology: pilot human study. Journal of Biomedical Optics, 14(6), 2009
 23. Anuradha Godavarty, Suset Rodriguez, et al : Optical imaging for breast cancer prescreening. Breast Cancer: Targets and Therapy, 193-209, 2015

•Abstract

The Evaluation of Non-Ionizing Radiation (Near-Infrared Radiation) based Medical Imaging Application : Diabetes Foot

Young-Jin Jung^{1,2)}·Cheol-Won Shin¹⁾·Sung-Min Ahn¹⁾·Jun-Yong Hong¹⁾·Yun-Jin Ahn¹⁾
Cheong-Hwan Lim³⁾

¹⁾*Department of Radiological Science, Dongseo University*

²⁾*Center of Eadiological Environment & Health Science*

³⁾*Department of Radiological Science, Hanseo University*

Near-infrared radiation (NIR) is non-ionizing, non-invasive, and deep tissue penetration in biological material, thereby increasing research interests as a medical imaging technique in the world. However, the use of current near-infrared medical image is extremely limited in Korea (ROK) since it is not well known among radiologic technologists and radiological researchers. Therefore to strengthen the knowledge for NIR medical imaging is necessary so as to prepare a qualified radiological professionals to serve medical images in high-quality on the clinical sites. In this study, an overview of the features and principles of NIR imaging was demonstrated. The latest research topics and worldwide research trends were introduced for radiologic technologist to reinforce their technical skills. In particular, wound care and diabetic foot which have high feasibility for clinical translation were introduced in order to contribute to accelerating NIR research for developing the field of radiological science.

Key Words : Non-ionizing radiation, near-infrared radiation (NIR), functional medical imaging, NIR tomography