

일상과 임상 영역에서의 환자 유래 건강데이터 시각화 활용 분석 연구

장 윤¹ · 김 성 희^{2*}¹동의대학교 인공지능융합연구소 선임연구원^{2*}동의대학교 IT 융합부품공과대학 산업ICT기술공학과 조교수

A Systematic Review on Patient-generated Health Data Visualization for Daily and Clinical Use

Yoon Chang¹ · Sung-Hee Kim^{2*}¹Senior Researcher, AI Convergence Research Center, Dong-eui University, Busan 47340, Rep. of Korea^{2*}Assistant Professor, Department of Industrial ICT Engineering, Dong-eui University, Busan 47340, Rep. of Korea

[요 약]

최근 환자 유래 건강데이터 (PGHD; patient-generated health data)의 수집과 활용이 더욱 활발해지고 있다. PGHD는 걸음 수, 수면 패턴과 같은 일상생활 영역과 실제 환자의 증상 및 질병 관리를 위한 임상 영역으로 구분된다. 이러한 PGHD를 쉽고 빠르게 이해하고 일상생활 혹은 치료에 적용하기 위해 데이터 시각화가 주요한 방법으로 활용되고 있으나, 각 영역에서 데이터 시각화의 활용 현황과 효과에 대한 연구는 부재한 상황이다. 본 연구에서는 일상 영역과 임상 영역에서 PGHD의 활용 기기, 시각화 특성 및 시각화가 어떻게 활용되고 있는가에 대해서 분석하였다. 또한, 일상 및 임상 영역으로 나누어, 영역별로 데이터 시각화의 효용성을 단계별로 분류 및 정의하였다. 이를 통해 PGHD 시각화를 위한 영역별 가이드라인과 시각화 활용 증진 방안을 제안하고자 하였다.

[Abstract]

Recently, the collection and use of patient-generated health data (PGHD) has become more active. The use of PGHD can be divided into daily life areas such as step count and sleep patterns, and clinical areas for actual patient-generated health data management and disease management. Data visualization is being used as a major method to understand PGHD easily and quickly and apply it to daily life or treatment, but there is no study on the status and effect of data visualization in each area and how they are different. In this study, we analyzed on the use of devices, characteristics of visualizations, and how visualization of PGHD is being used in everyday life and clinical areas. Additionally, we defined the usefulness of data visualization for each area with different levels of utility from perception to action and classified the past research studies. At last, we tried to propose guidelines for each area for PGHD visualization and ways to promote the use of visualization.

색인어 : 환자 유래 건강데이터, 의료 빅데이터, 소비자 건강정보학, 데이터 시각화, 시각화 효용성

Keyword : PGHD(Patient-generated health data), Medical big data, Consumer health informatics, Data visualization, Usability of data visualization

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2022.23.10.2057>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 21 September 2022; Revised 19 October 2022

Accepted 21 October 2022

*Corresponding Author; Sung-Hee Kim

Tel: +82-51-890-2366

E-mail: sh.kim@deu.ac.kr

I. 서론

최근 의료 빅데이터 중 하나인 환자 유래 건강데이터 (PGHD; patient-generated health data)의 수집이 활발하게 이루어지고 있으며, 활용 범위 또한 계속 확대될 예정이다. PGHD는 환자 본인 혹은 환자의 보호자가 생성하고 기록, 수집한 건강데이터를 의미하며 개인의 건강기록, 치료이력, 증상, 생활방식 등을 포함할 수 있다[1].

PGHD는 개인이 신체 활동과 생활습관을 기록하는 ‘일상 생활’의 영역과 전문 의료 기관에서 환자 생활관리와 치료와 같은 임상적 활용을 위해 수집을 주도하는 ‘임상’ 영역 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 특히 일상 PGHD의 경우, 웨어러블과 모바일 기기의 발달로 개인이 스스로의 건강과 관련된 데이터를 쉽게 수집하며 그 추이를 확인할 수 있다. 임상 현장에서 PGHD를 치료의 보조 수단으로 활용하는 등, 데이터를 기반으로 하는 의사결정의 움직임이 시작되고 있다. 미국에서는 임상 현장에서 PGHD의 수집과 활용에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있으며[2], [3], 제도적으로도 이를 활성화시키기 위한 연구가 진행되고 있다[4].

PGHD는 주기적으로, 긴 시간동안 수집되는 경우가 대부분이며, 이러한 의료 빅데이터를 이해하기 위해 ‘데이터 시각화’가 주요한 방법으로 활용되고 있다. 그 동안 데이터 시각화를 효과적으로 활용하기 위한 다양한 연구가 이루어져 왔다. 데이터 시각화는 데이터 유형, 지원할 task 성격, 분석 환경 등 다양한 요소에 의해 영향을 받는다. 이에 따라, 의료 빅데이터의 영역인 PGHD 역시 효과적인 데이터 시각화 방안을 위한 가이드라인이 필요하다. 이를 위해 현재 진행된 연구들에 대한 이해가 선행되어야 할 것이다.

본 연구에서는 PGHD의 일상과 임상 두 영역에서 데이터 시각화가 어떻게 활용되고 있는지 분석하고, 영역별 데이터 시각화가 가지는 효용성을 분류하여 PGHD 시각화를 위한 가이드라인을 마련하고자 한다.

II. 연구 방법

2-1 PGHD 정의 및 연구 동향

병원 밖에서 측정되는 의료데이터 PGHD는 개인의 건강관리 기록, 복약, 생활습관 패턴 등 병원 밖에서 측정, 수집되는 모든 데이터를 포함한다[5]. PGHD는 특히 신체활동으로 대표되는 걸음 수, 수면패턴과 일상 건강과 밀접한 연관에 있는 식습관, 운동, Body Mass Index (BMI) 데이터가 주로 수집되고 있었다. 임상 영역에서 PGHD는 당뇨, 암, 위장장애와 같은 환자가 앓고 있는 특정 질병에 초점을 맞춰 직접적인 건강 수치 및 해당 질병의 증상과 진행 여부에 영향을 미치는 생활, 환경 요소에 대한 데이터가 수집되는 것으로 나타났다. 또한 환자가 스스로의 상태를 직접 판단하여 보고한 데이터

인 환자 자가보고성과 (PROs; Patient-reported outcomes) 역시 PGHD 연구에서 다루고 있는 주요 데이터인 것으로 나타났다.

현재 PGHD 연구는 환자가 생성, 수집된 데이터의 이점 및 잠재력과 더불어 한계, 개인정보보호, 보안 문제, PGHD와 관련된 기기 혹은 안전성에 대한 주제[6]와 임상 연구 및 치료의 혁신에 대한 주제[7]를 다루고 있다. 더불어 개인이 생성한 건강데이터의 품질 문제, 데이터 처리 과정의 불투명성 또한 PGHD의 주요 연구 주제인 것으로 나타났다[8]. PGHD의 활용은 이제 걸음마 단계인 것이다. 또한 기존 연구들은 대부분 PGHD 사용자의 ‘데이터에 대한 이해 수준’과 환자의 건강을 실질적으로 개선하기 위한 ‘데이터 활용 수준’에 큰 영향을 미치는 PGHD 시각화 방식에 대한 고려가 부족하였다. 높은 질의 PGHD가 안정적으로, 장기간 수집되더라도 데이터에 대한 낮은 이해도나 잘못된 해석은 개인의 건강에 대한 잘못된 의사결정을 내릴 가능성이 높기 때문에 무엇보다 PGHD에 대한 효과적인 데이터 시각화 방식에 대한 고민이 필요하다.

2-2 데이터 시각화·인포그래픽스 정의 및 분류 기준

데이터 시각화란, 정보를 쉽게 이해할 수 있도록 시각적 기호, 문자, 숫자들을 조직화하여 그래프의 형태로 데이터를 표현하는 과정을 의미하며, 보통 컴퓨터를 통해 자동으로 변환된다[9]. 사용자는 데이터 시각화를 통해 방대하고 복잡한 데이터를 한 눈에 직관적으로 파악할 수 있고 객관적인 데이터를 근거로 정보 파악 및 의사결정을 내릴 수 있다. 본 연구에서는 시각화를 데이터를 자동으로 변환해주는 데이터 시각화와 인포그래픽스로 구분한다. 인포그래픽스는 데이터를 시각적 장식 요소와 함께 그래프, 다이어그램을 텍스트로 보완하여 표현하는 논문[10]과 아이콘, 메타포를 사용하는 경우를 의미한다. 또한, 저자가 해당 연구의 시각화 표현 방식을 인포그래픽스로 정의하는 경우에도 해당 범주로 분류하였다[11], [12]. 또한, 임상 영역에서 주로 활용되고 있는 대시보드 형태의 시각화는 한 화면에 다수의 데이터 시각화가 통합적, 복합적으로 표시되는 경우를 의미한다.

III. 연구 범위와 대상

3-1 PGHD 시각화 연구 분류 기준

본 연구에서는 PGHD 시각화 연구를 크게 일상 영역과 임상 영역으로 구분하였다. 먼저 걸음 수, 심박 수, 수면 패턴, 식습관과 같은 일상의 생활습관 데이터를 대상으로 한 연구는 ‘일상’ 영역으로, 암, 당뇨병과 같은 특정 질환 관련 데이터나 환자 자가보고성과, 일반 스마트폰이나 웨어러블이 아닌 전문 의료 기기를 통해 측정, 수집되는 데이터를 대상으로 한 연구는 ‘임상’ 영역으로 분류하였다. 또한, Zhu와 3인과 같이

임상 진료 현장에서 환자가 의료진에게 본인이 생성, 수집한 질환 및 생활 관련 데이터를 직접 공유, 배포하는 사례 역시 임상 영역으로 분류하였다[13].

3-2 연구 대상 선정 절차 및 분석 방향성

본 연구에서는 분석 대상 연구 선정을 위해 Google 스칼라에서 pghd, self-generated health data, data visualization, graph, daily activity, physical activity, clinic, clinical, medical 등의 키워드를 조합, 사용하여 검색된 결과를 분류하였다. 검색 결과로 노출된 총 1,650건 중 그림 1과 같이 일상 13건, 임상 12건, 총 25건의 연구를 PGHD 시각화 연구 분석 대상으로 선정하였다. 검색 결과 중 데이터 시각화를 다루지 않는 연구 1,626건을 제외하고, 임상 영역 중 정신 건강 관련 연구 2건을 제외하였다. 본 연구에서는 위와 같은 절차로 선정된 일상과 임상 영역별 활용된 시각화 특성을 분석하고 영역 간 차이점을 비교하고 시각화 효용성을 분류, 비교하고자 한다.

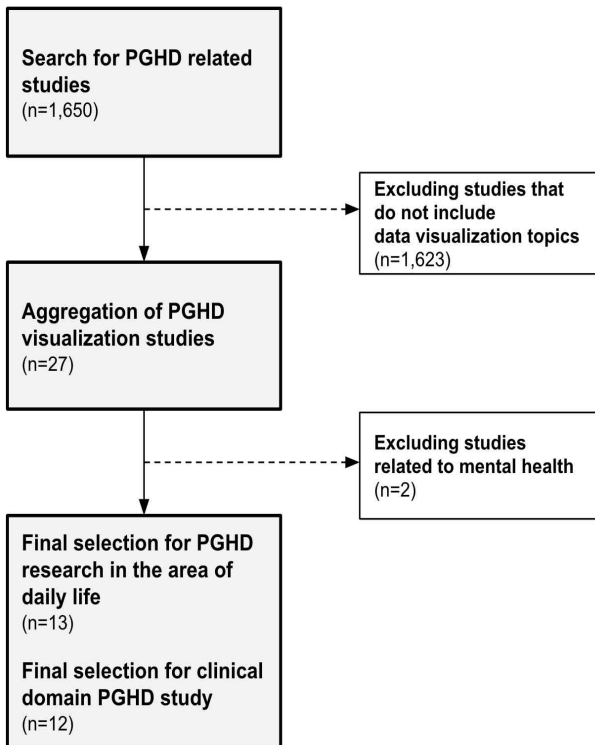


그림 1. PGHD 시각화 연구 선정 절차
Fig. 1. PGHD visualization study selection process

IV. 연구결과

4-1 영역별 PGHD 시각화 특성 분석

1) 일상 영역에서의 PGHD 시각화 활용

일상의 활동 데이터 기록과 같은 일상 영역에서 활용되고 있는 PGHD 시각화는 주로 일반 사용자의 생활습관을 기록하고 모니터링하기 위한 목적을 가지고 있다. 그림 2와 같이 걸음 수, 수면 등 단일의 활동 또는 건강데이터를 막대 그래프와 선 그래프, 버블 차트(bubble chart)와 같은 일반 사용자에게 익숙한 형태로 표현하는 경우가 대부분이며, 다양한 시각화 문해력을 지닌 사용자의 직관적 이해를 돕기 위해 인포그래픽스의 형태로도 제공되고 있다. 일상 영역에서 데이터 시각화는 주로 스마트폰 애플리케이션 형태로 제공되고 있는 것으로 나타났다. 또한, 일상 영역에서의 PGHD 시각화는 총 13개 연구 중 11개 연구에서 정적 시각화를 제공하는 것으로 나타났다. Meyer의 2인은 스마트폰에서 건강데이터의 시각화 표시에 대한 요구사항을 조사하였으며, 걸음 수와 같은 신체 활동 데이터를 막대 그래프 등 다양한 형태의 시각화로 제안하였다[14]. 또한, 건강데이터에 대한 일반 사용자의 관심을 유도하고 직관적인 방식으로 관련 데이터를 이해할 수 있도록 인포그래픽스의 활용이 두드러지는 것으로 나타났다. Arcia의 2인은 건강데이터를 이해하기 쉬우면서도 사용자의 행동 변화를 유도할 수 있는 맞춤형 인포그래픽스를 제안하였다[10]. 예를 들면, 사용자의 현재 BMI (Body Mass Index)를 수직선 상에 표시하고 BMI 범위별 체형 이미지와 관련 설명을 함께 표시하는 방식이다.

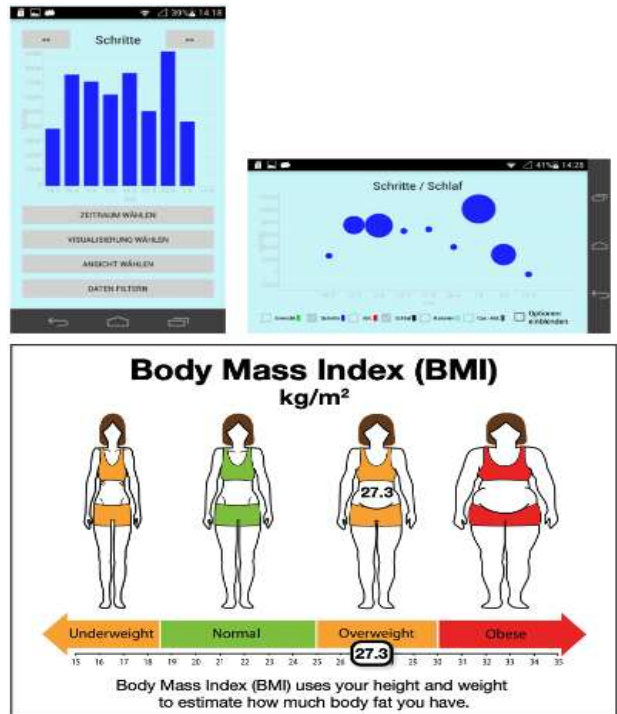


그림 2. 일상(생활습관) 영역에서 활용된 PGHD 시각화 예시 (위: 논문[14]; 아래: 논문[10])

Fig. 2. Examples of PGHD visualization used in everyday life (Top: Study[14]; Bottom: Study[10])

2) 임상 영역에서의 PGHD 시각화 활용

임상 영역에서 활용되고 있는 PGHD 시각화는 그림 3과 같이 특정 질병 관련 작간접적인 건강 및 환경 데이터를 복합적으로 표시하는 경우가 많으며, 임상 영역 대비 질병 모니터링에 있어 이상 수치에 대한 해석과 시각화 요소 내 색상 구분과 같은 알림이 강조되고 있는 것으로 나타났다. 데이터 시각화를 표시하는 대시보드에는 선 그래프, 점 그래프, 막대 그래프, 면적 그래프 등이 다양하게 적용되고 있었다. Wong의 6인은 당뇨병 환자의 건강데이터를 사용자 친화적인 방식으로 통합, 표시하기 위한 시각화 솔루션을 제안하였으며, 해당 시각화에서는 환자의 연속혈당측정 수치를 점 그래프로 나타내고, 고 혈당값은 보라색으로, 저 혈당값은 붉은색으로 표시하였다[15]. 더불어 인슐린 펌프로부터 전달된 인슐린 주입량은 파란색 막대로, 인슐린 펌프에 입력된 탄수화물 양(g)은 노란색 원으로 표현되었다. 또한, Denis의 1인은 폐암 환자의 PROs 중 식욕부진, 피로, 통증, 기침 및 호흡곤란 데이터를 주 기반 환자 증상 진행 형태로 시각화하였다. 특히 증상이 심각한 상태를 붉은 색으로 표시하여 한 눈에 환자의 컨디션과 질병 진척 현황을 파악할 수 있도록 하였다[16].

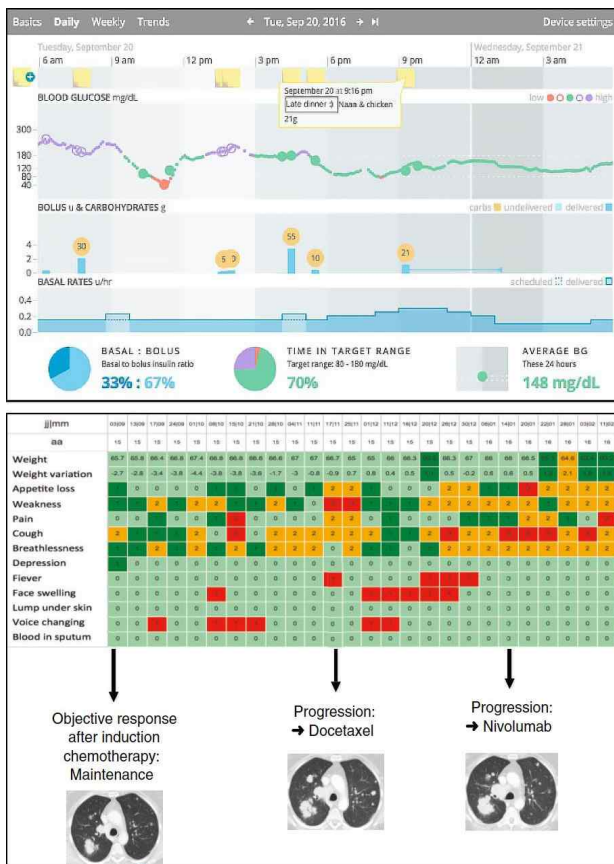


그림 3. 임상 영역에서 활용된 PGHD 시각화 예시 (위: 논문[15]; 아래: 논문[16])

Fig. 3. Examples of visualization of PGHD utilized in the clinical domain (Top: Study[15]; Bottom: Study[16])

3) 일상과 임상 영역 PGHD 시각화 특성 비교

일상과 임상 영역에서 활용된 PGHD 시각화의 두드러진 차이점 중 하나는 시각화 표시 기기인 것으로 나타났다. 일상 영역에서는 스마트폰이, 임상 영역에서는 컴퓨터가 가장 많이 활용되고 있었다. 이러한 표시 기기의 차이는 한 화면에 표시되는 시각화 정보의 양과 표시 방식에도 영향을 미쳤다. 일상 영역에서는 일상 사용자가 이해하기 쉬운 단순한 형태의 시각화가 표시되고 있었으며, 임상 영역에서는 보다 풍부하고 복잡한 환자의 정보를 한 화면 내에 대시보드 형태로 표시하였다. 특히, 의료 전문가가 환자의 건강데이터에 대한 통찰(insight)을 빠르고 직관적으로 방식으로 얻기 위해 히트맵(heat map)과 같은 형태의 시각화가 활용되었다. 또한, 일상 영역과는 달리 임상 영역에서는 인포그래픽스의 활용이 부재하였다.

일상 영역과 마찬가지로, 임상 영역에서의 PGHD 시각화 역시 색상, 참조선, 그리고 친숙한 시각적 표현(달력, 선 그래프 등)이 데이터 해석에 도움이 된다는 측면에서 공통점을 갖는 것으로 나타났다[17].

4-2 영역별 PGHD 시각화 단계별 효용성 분류 및 비교

본 연구에서는 표 1과 같이 일상 영역에서의 PGHD 시각화 효용성을 크게 인식적(perception) 효과와 실제로 물리적(Action)인 효과로 구분하였다. 인식적 효과는 시각화 사용자의 정서적, 지식적 변화와 성장을 의미하며, 물리적 효과는 실제 사용자의 행동 변화와 공동체에 대한 실질적인 영향을 의미한다.

1) 일상 영역 PGHD 시각화 효용성 수준

일상 영역에서 활용된 시각화의 효용성은 총 5단계로, 인식적 효과는 개인의 건강데이터에 대한 단순 흥미 유발과 재미, 관심을 유발하는 역할에서 시작하여 건강에 대한 자기 효능감과 동기 부여를 얻는 것까지를 포함한다. 더불어, 실질적이고 물리적인 효과는 개인의 단일 행동 변화에서 효과적인 자기 관리, 나아가 지역사회의 건강을 촉진하는 단계까지 포함한다. 일상 영역의 PGHD 시각화 효용성 중 가장 많이 언급된 항목은 '건강 상태에 대한 이해도 향상' (총 10건)인 것으로 나타났다. 차순위로 언급된 항목은 '개인 행동 변화'와 '자기 효능감, 동기부여'(각 5건)인 것으로 분석되었다.

다음에서는 일상 영역에서 개별 효용성 수준에 대한 정의를 소개하고 이해를 돕기 위해 관련 연구에서의 문구를 예시로 인용하였다.

‘관심 유도, 흥미 유발(arouse interest)’은 가시화된 건강 데이터가 사용자에게 흥미와 재미를 일으켜 본인의 상태에 관심을 갖도록 유도하는 것을 의미한다.

– “Aesthetic View and Entertainment” [18]

‘건강 상태에 대한 이해도 향상(better understanding of health conditions)’은 사용자가 본인의 건강 상태를 이해하고 관련 지식을 습득할 수 있도록 정보를 제공하는 것을 의미한다.

– “Data Comprehension and Gain Knowledge” [18]

- “Yes, I was positively surprised over that I had taken so many steps. I hadn’t walked that much (laugh). I was positively surprised.” [19]

‘자기 효능감, 동기 부여(motivation for healthcare)’는 사용자가 본인의 건강 상태에 대한 가시화된 정보를 근거로 적절한 행동을 하도록 유도하는 것을 의미한다.

- “I feel motivated to drink more water after looking at the visualization.” [20]

- “Having capacity to visualize sleep data in clear and informative graphs could further help users easily understand their sleep patterns and facilitate meaningful interpretations of the data.” [21]

‘개인 행동 변화(personal behavioral change)’는 개인의 건강 데이터를 정량적으로 가시화하여 사용자가 활동을 늘리거나 유지하도록 유도함을 의미한다.

- “I get pushed if I have been too lazy.” [19]

- “Provides instructions to the user (eg, app user guides, instructions to interpret sleep charts)” [21]

‘효과적 자기관리 및 지역사회 건강 촉진(promote effective self-care and community health)’은 개인의 단일 행동 변화에서 효과적인 자기 관리를 유도하고, 나아가 지역사회 전체의 건강을 촉진함을 의미한다.

- “The tailored infographics are intended to promote community health and effective self-management by supporting community members& comprehension of their personal health information.” [10]

표 1. 일상 영역에서의 PGHD 시각화 효용성 수준

Table 1. PGHD visualization utility level in the area of daily life

Category		Classification of Utility	Studies
Action	High-level	Promote effective self-care and community health	[10]
		Personal behavior change	[12], [21], [19], [23]
Perception	Low-level	Motivation for healthcare	[18], [19], [20], [24]
		Better understanding of health conditions	[10], [11], [12], [14], [18], [19], [21], [23], [25], [26]
		Arouse interest	[12], [18], [20]

2) 임상 영역 PGHD 시각화 효용성 수준

본 연구에서는 표 2와 같이 임상 영역에서 언급된 PGHD 시각화 효용성을 총 6단계로 분류하였다. 인식적 효과는 환자의 건강데이터의 시각화가 환자와 의료진 간 의사소통의 매개체 역할을 하는 것부터 의료 전문가가 환자의 건강 데이터의 확인을 통해 그의 건강 데이터의 패턴을 발견하기까지를 포함한다. 실질적이고 물리적인 효과는 시각화가 의료적인 의사결정에 반영되는 것에서부터 이를 통해 환자에게 개인화된 치료를 제공하는 단계까지 언급되고 있다. 임상 영역에서 가장 많이 언급된 시각화 효용성은 ‘환자 생활관리 및 건강 상태 모니터링’ (총 4건)인 것으로 나타났다.

임상 영역에서 개별 효용성 수준에 대한 의미는 다음과 같다.

‘환자-의료진 간 의사소통 수단(communication tools for patient-clinician)’은 환자와 의료진이 PGHD 시각화를 환자의 증상을 포함한 상태와 복약 여부, 생활관리에 대한 이력을 함께 효과적으로 공유하고, 관리 및 치료 계획에 대한 합의의 근거로 활용함을 의미한다.

- “Information visualizations were thought to be good tools for quickly sharing data to uncover significant insights, especially for those who had the skillset to create visualizations.” [13]

‘환자 건강정보의 신속한 확인(quickly check patient health information)’은 PGHD 시각화를 통해 의료진이 환자의 상태를 빠르고 직관적으로 검토할 수 있음을 의미한다.

- “Likewise, data visualization was noted to have aided efficient data sharing. “I think the visualization is great (...) So we know there are high levels of innumeracy in patients so figuring out ways to present the data, not just for the patients, but me so I can get a quick overview.” [13]

‘환자 생활관리 및 건강 상태 모니터링(patient health monitoring)’은 의료진이 PGHD 시각화를 통해 일정 기간 동안 환자의 생활관리 및 상태를 추적, 관찰하고 필요시 원격으로도 확인하는 경우를 의미한다.

- “Providers need tools to routinely and remotely monitor patient-reported toxicities that might occur between clinic visits and to integrate patient-reported toxicities and symptoms into clinical care for prompt intervention.” [23]

단, ‘환자 건강정보의 신속한 확인’과 ‘환자 생활관리 및 건강 상태 모니터링’은 외래 환자의 정보를 단편적, 일시적으로 확인하는 경우에는 전자로, 중장기적으로 환자의 생활과 상태를 추적 관찰, 원격으로도 확인하는 경우에는 후자로 구분하였다.

‘건강데이터 패턴 발견(discover health data patterns)’은 환자 건강 상태에 대한 Insight를 얻고 질병 재발의 조기 발견을 의미한다.

- “Moreover, the web application allows for monitoring the supportive care efficacy by

visualization of the symptom evolution through a novel graphic. This may explain the statistically significantly higher quality of life of patients in the experimental arm at six months.” [16]

‘의료적인 의사결정에 반영(used for medical decision-making)’은 건강 데이터의 시각화가 환자 치료 계획에 영향을 미침을 의미한다. 아래 연구에서 연구 참여자들은 제안된 데이터 시각화 솔루션으로부터 실행 가능한 패턴을 찾기 힘들어, 건강데이터의 추세를 식별하는 데 도움을 제공할 수 있는 시각화 도구를 요구하고 있다.

– “Participants in this study reported difficulty knowing how to find actionable patterns in their data, and many expressed the desire for tools that would help them identify trends.” [15]

‘개인화된 치료 제공(providing personalized treatment methods)’은 PGHD 시각화로 파악된 환자의 특성과 생활패턴에 맞춰 의료진이 환자에게 최적화된 치료 방법을 적용함을 의미한다.

– “Overall, participants found the visualizations useful and with the potential to provide personalized care.” [17]

표 2. 임상 영역에서의 PGHD 시각화 효용성 수준
Table 2. PGHD visualization utility level in clinical area

Category		Classification of Utility	Studies
Action	High-level	Providing personalized treatment methods	[17]
		Used for medical decision-making	[15], [27]
Perception	Low-level	Discover health data patterns	[15], [16], [28]
		Patient health monitoring	[15], [17], [22], [29]
		Quickly check patient health information	[13], [27], [30]
		Communication tools for patient-clinician	[13], [29], [30]

3) 일상과 임상 영역 시각화 효용성 수준 비교

임상 및 일상 영역에서 활용된 PGHD 시각화는 환자의 건강데이터에 대한 빠른 이해를 돕고 나아가 개인 혹은 의료 전문가의 실질적인 행동 및 의사결정에 영향을 미친다는 점에서 공통점을 갖는다. 또한, 데이터 시각화는 주기적으로 긴 시간동안 수집된 건강데이터에 대한 통찰을 비교적 효율적으로 얻을 수 있도록 지원한다.

두 영역의 효용성 항목 간 차이점은, 먼저 일상 영역에서는 PGHD의 시각화가 사용자의 지속적인 관심과 흥미를 이끌어 내고 건강 증진에 대한 동기를 부여하는 역할을 가지고 있었다. 임상 영역에서의 시각화는 이러한 흥미 유발과 동기 부여의 역할은 부재한 반면, 환자 혹은 환자의 보호자와 의료 전문가 간 효과적인 의사소통 수단으로서의 역할이 강조되고 있다. 임상 경우에는, 진료 및 치료 현상이라는 차이점에서 기인하는 것으로 보인다.

V. 결 론

본 연구는 PGHD를 일상과 임상 영역으로 구분하고 이들 영역에서 주로 활용되고 있는 시각화 특성을 분석 및 정의하였다. 또한 영역별 시각화 방식에 대한 분석뿐만 아니라 시각화 효용성을 분석하고 인식적인 수준에서부터 실질적인 수준에 이르기까지 그 수준을 분류 및 재 정의하였다. 더 나아가 본 연구에서는 PGHD의 효과적인 시각화 활용을 위한 영역별 가이드라인과 증진 방안을 모색하였다.

본 연구에서는 PGHD의 시각화 활용을 위한 방향성과 활용 증진 방안을 아래와 같이 제안하고자 한다.

5-1 영역별 PGHD 시각화 적용 가이드라인

1) 일상 영역에서의 가이드라인

본 연구에서는 PGHD 시각화가 개인 일상의 건강 현황을 파악하고 더 나은 상태로 나아가도록 지원하기 위한 몇 가지 가이드라인을 도출하였다.

먼저, 일상 영역에서의 시각화는 대부분 정적 시각화의 형태로 제공되고 있으며, 사용자의 의도 반영과 데이터에 대한 이해를 돕기 위한 동적 시각화 제공이 필요하다. 예를 들면, 고정된 시간축에 기반한 단기간 생활습관의 점검에서 더 나아가 장기적 관점의 insight를 제공하기 위해 시각화 결과물의 시간 축을 설정할 수 있는 기능이 적용될 수 있다.

또한, 개인의 목표를 효과적으로 수립하기 위한 시뮬레이션 제공이 요구된다. 일상 건강의 현황과 목표치는 개인이 지닌 신체적, 환경적 조건에 따라 달라질 수 있다. 사용자별 적정 목표를 쉽게 수립하고 현실적인 행동지침을 세우기 위해 시뮬레이션과 같은 기능이 필요할 것으로 보인다.

다양한 디지털 문해력, 건강 문해력, 시각화 문해력을 가진 사용자에 대한 고려가 필요하다. 논문[11]이 다양한 건강 문해력을 지닌 사용자층을 고려하여 데이터 시각화 개발 솔루션을 제안한 것과 같이, 누구나 PGHD를 쉽게 이해하고 지속적인 동기 부여와 행동변화를 가져갈 수 있는 데이터 시각화가 필요하다. 더 나아가, 다양한 시각화 문해력을 가진 사용자를 위해 시각화 결과물에 대한 ‘해석’ 및 ‘구체적인 행동 가이드’ 제공이 함께 제공되어야 한다. 이는 시각화 결과물에 사용자 유사 그룹과의 비교 또는 절대적인 건강 기준 가이드 제공

을 포함하고 있다.

마지막으로, 일상 영역에서의 시각화 결과물은 사용자의 높은 이해도를 위한 익숙한 시각화 타입을 사용하되, 색, 형태, 그래픽 요소 등 일반 사용자의 시각적 흥미를 끌 수 있는 장치가 필요하다. 해당 서비스의 지속적인 사용은 개인의 건강에 대한 장기적 관점의 insight를 도출하게끔 한다. 사용하기 쉽고 사용자의 현재 건강 상태와 생활습관을 계속 점검할 수 있도록 데이터 시각화의 역할이 요구된다.

2) 임상 영역에서의 가이드라인

임상 영역에서의 PGHD 시각화는 무엇보다 직관성, 가시성을 확보하여 의료 전문가의 빠른 의사 결정을 지원할 수 있어야 한다. 일상 영역에서의 시각화가 사용자의 이해를 돕고 흥미 유발과 동기 부여를 일으키는 역할을 한다면, 임상 영역에서의 시각화는 의료적인 의사결정의 근거가 되므로, 무엇보다 사용자의 혼동을 최소화하고 정확한 데이터 이해에 초점을 맞춰 설계되어야 한다.

또한, 대시보드 형태의 복합 시각화 표시 환경에서 데이터별 우선순위가 정의되어야 하며, 시각화 방식과 시각화간 레이아웃 최적화가 요구된다. 임상 영역에서는 질병과 관련한 직접적인 데이터 뿐만 아니라 해당 질병의 진행과 증상에 영향을 미치는 간접적인 생활 및 환경 데이터를 함께 표시하는 경우가 많으므로, 우선순위가 높은 직접 데이터를 중심으로 데이터 시각화가 개발되어야 할 것이다.

더불어, 이상 수치(범위)에 대한 실시간 알림, 강조가 필수적이다. 임상 영역은 일상 영역과는 달리 환자의 증상과 질병의 진행상태에 따라 의료진의 신속한 개입이 필요하다. 만약 환자가 심각한 증상을 느끼거나 질병의 진행이 급속도로 진행되는 상황이라면 이에 대한 알림이 실시간으로 의료진에게 전달되거나 데이터 시각화에 해당 내용이 강조되는 형태로 표시되어야 할 것이다.

마지막으로, 임상 영역에서 PGHD 시각화는 환자와 의료 전문가 간 의사소통 수단의 역할을 가지고 있으므로, 전문 의료진 뿐만 아니라 비전문가인 일반 사용자도 이해할 수 있는 용어, 형식, 시각화 방식이 채택되어야 한다.

5-2 PGHD 시각화 활용 증진 방안

본 연구에서는 의료 빅데이터의 영역인 PGHD의 시각화 활용 증진을 위한 방안을 아래와 같이 제안하고자 한다.

먼저, 효용성 목적에 맞는 시각화 선택이 필요하다. PGHD 시각화는 다양한 사용자의 상이한 목적과 목표를 가질 수 있다. 사용자의 상황과 목표에 적합한 시각화 방식이 채택된다면 보다 많은 데이터 시각화 솔루션이 활용될 것으로 사료된다. 또한, 색상, 라벨, 인터랙션 등 효과적인 시각화 표현이 요구된다. 마지막으로 데이터 및 데이터 시각화 문해력에 대한 이해와 교육이 필요하다.

감사의 글

본 연구는 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 지역기능화혁신인재양성(GrandICT연구센터)사업(IITP-2022-2020-0-01791) 및 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2022R1F1A1066060116).

참고문헌

- [1] Office of the National Coordinator for Health Information Technology (ONC). What are patient-generated health data? [Internet]. Available: <https://www.healthit.gov/topic/otherhot-topics/what-are-patient-generated-health-data>
- [2] E. Austin, J. R. Lee, D. Amtmann, R. Bloch, S. O. Lawrence, D. McCall, S. Munson and D. C. Lavalley, "Use of patient-generated health data across healthcare settings: implications for health systems", *JAMIA Open*, Vol. 3, Issue 1, pp. 70-76, April 2020. <https://doi.org/10.1093/jamiaopen/ooz065>
- [3] A. Omoloja and S. Vundavalli, "Patient generated health data: Benefits and challenges", *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, Vol. 51, Issue 11, pp. 101-103, November 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2021.101103>.
- [4] J. S. Winter and E. Davidson, "Harmonizing regulatory regimes for the governance of patient-generated health data", *Telecommunications Policy*, Vol. 46, Issue 5, pp. 102-285, June 2022. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2021.102285>
- [5] J. S. Lee, H. S. Kim, and J. E. Kim, "Out-of-Hospital Data: Patient Generated Health Data", *The Journal of Korean Diabetes*, Vol. 21, No. 3, pp. 149-155, September 2020. <https://doi.org/10.4093/jkd.2020.21.3.149>
- [6] A. Omoloja, S. Vundavalli, "Patient generated health data: Benefits and challenges", *Current Problems in Pediatric and Adolescent Health Care*, Vol. 51, No. 11, November 2021. <https://doi.org/10.1016/j.cppeds.2021.101103>
- [7] H. S. L. Jim, A. I. Hoogland, N. C. Brownstein, A. Barata, A. P. Dicker, H. Knoop, B. D. Gonzalez, R. Perkins, D. Rollison, S. M. Gilbert, R. Nanda, A. Berglund, R. Mitchell, and P. A. S. Johnstone, "Innovations in research and clinical care using patient-generated health data", *A Cancer Journal for Clinicians*, Vol. 70, No. 3, pp. 182-199, April 2020. <https://doi.org/10.3322/caac.21608>

- [8] J. Codella, C. Partovian, H. Y. Chang, and C. H. Chen, "Data quality challenges for person-generated health and wellness data" *IBM Journal of Research and Development*, Vol. 62, Issue 1, pp. 3:1-3:8, January/February 2018. <https://doi.org/10.1147/JRD.2017.2762218>
- [9] S. Matthew, S. Adebawale, M. Sarhan, A. Cajetan, and P. Roy, "DATA VISUALIZATION", *International Journal of Engineering Research and Advanced Technology (IJERAT)*, Vol. 2, Issue 12, pp. 2454-6135, December 2016. <https://doi.org/10.31695/IJERAT>
- [10] A. Arcia, M. Velez, and S. Bakken, "Style Guide: An Interdisciplinary Communication Tool to Support the Process of Generating Tailored Infographics From Electronic Health Data Using EnTICE3", *EGEMS (Wash DC)*, Vol. 3, Issue 1, pp. 11-20, January 2015. <https://doi.org/10.13063%2F2327-9214.1120>
- [11] A. Arcia, M. E. Bales, W. Brown, M. C. Co, M. Gilmore, Y. J. Lee, C. S. Park, J. Prey, M. Velez, J. Woollen, S. Yoon, R. Kukafka, J. A. Merrill, and S. Bakken, "Method for the development of data visualizations for community members with varying levels of health literacy", *AMIA Annual Symposium Proceedings*, Vol. 2013, pp. 51-60, November 2013.
- [12] A. Arcia, N. S. Tejada, M. Bales, J. A. Merrill, S. Yoon, J. Woollen, and S. Bakken, "Sometimes more is more: iterative participatory design of infographics for engagement of community members with varying levels of health literacy", *Journal of the American Medical Informatics Association : JAMIA*, Vol. 23, Issue 1, pp. 174-183, January 2016. <https://doi:10.1093/jamia/ocv079>
- [13] H. Zhu, J. Colgan, M. Reddy, and E. K. Choe, "Sharing Patient-Generated Data in Clinical Practices: An Interview Study", *AMIA Annual Symposium proceedings*, Vol. 2016, pp. 1303-1312, February 2017.
- [14] J. Meyer, A. Kazakova, and B. Susanne, "Visualization of Complex Health Data on Mobile Devices", *Association for Computing Machinery*, New York: NY, pp. 31-34, October 2016. <https://doi.org/10.1145/2985766.2985774>
- [15] J. Wong, A. B. Neinstein, H. Look, B. Arbiter, N. Chokr, C. Ross, and S. Adi, "Pilot Study of a Novel Application for Data Visualization in Type 1 Diabetes", *Journal of Diabetes Science and Technology*, Vol. 11, Issue 4, pp. 800-807, February 2017. <https://doi:10.1177/1932296817691305>
- [16] F. Denis and J. Bennouna, "Randomized Trial Comparing a Web-Mediated Follow-up With Routine Surveillance in Lung Cancer Patients", *Journal of the National Cancer Institute*, Vol. 109, Issue 9, September 2017. <https://doi.org/10.1093/jnci/djx029>
- [17] U. Backonja, S. Haynes, and K. K. Kim, "Data Visualizations to Support Health Practitioners' Provision of Personalized Care for Patients With Cancer and Multiple Chronic Conditions: User-Centered Design Study", *JMIR Human Factors*, Vol. 5, Issue 4, pp e11826, October 2018. <https://doi.org/10.2196/11826>
- [18] M. Alrehiely, P. Eslambolchilar, and R. Borgo, "Evaluating different visualization designs for personal health data", *In Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference (HCI '18)*. BCS Learning & Development Ltd., Swindon, GBR, Article 205, 1-6. *Proceedings of the 32nd International BCS Human Computer Interaction Conference*, Belfast, United Kingdom, pp. 1-6, July 2018. <https://doi.org/10.14236/ewic/HCI2018.205>
- [19] M. Ehn, L. C. Eriksson, N. Åkerberg, and A. Johansson, "Activity Monitors as Support for Older Persons' Physical Activity in Daily Life: Qualitative Study of the Users' Experiences", *JMIR Mhealth Uhealth*, Vol. 6, Issue 2, pp. 34, February 2018. <https://doi:10.2196/mhealth.8345>
- [20] H. Schneider, K. Schauer, C. Stachl, and A. Butz, "Your Data, Your Vis: Personalizing Personal Data Visualizations", *Human-Computer Interaction - INTERACT 2017*, Vol. 10515, pp. 374-392, September 2017. https://doi.org/10.1007/978-3-319-67687-6_25
- [21] Y. K. Choi, G. Demiris, S. Y. Lin, S. J. Iribarren, C. A. Landis, H. J. Thompson, S. M. McCurry, M. M. Heiktmper, and T. M. Ward, "Smartphone Applications to Support Sleep Self-Management: Review and Evaluation", *Journal of clinical sleep medicine : JCSM*, Vol. 14, Issue 10, pp. 1783-1790, October 2018. <https://doi:10.5664/jcsm.7396>
- [22] B. Yanez, L. C. Bouchard, D. Cella, J. A. Sosman, S. M. Kircher, N. A. Mohindra, M. Cristofanilli, and F. J. Penedo, "Patient-Centered Engagement and Symptom/Toxicity Monitoring in the New Era of Tumor Next-Generation Sequencing and Immunotherapy: The OncoTool and OncoPRO Platforms", *Cancer*, Vol. 125, No. 14, pp. 2338-2344, July 2019. <https://doi.org/10.1002/cncr.32030>
- [23] L. Maškanceva, Developing understandable and actionable sleep data visualizations, Essay Bachelor, University of Twente, August 2020.
- [24] E. Eikey and M. Reddy, Madhu, "Information Presentation in Health Apps and Devices: The Effect of Color, Distance to Goal, Weight Perception, and Interest on Users' Self-Efficacy for Accomplishing Goals", *iConference 2015 Proceedings*, Newport Beach, CA, March 2015.

[25] N. T. Brewer, M. B. Gilkey, S. E. Lillie, B. W. Hesse, and S. L. Sheridan, "Tables or bar graphs? Presenting test results in electronic medical records", *Medical decision making : an international journal of the Society for Medical Decision Making*, Vol. 32, Issue 4, pp. 545-553, July-August 2012. <https://doi.org/10.1177/0272989X12441395>

[26] P. M. Frackleton, Comparing and Improving the Design of Physical Activity Data Visualizations, Masters Theses, University of Massachusetts Amherst, MA, September 2021.

[27] V. L. Tiase, S. E. Wawrzynski, K. A. Sward, G. D. Fiol, C. Staes, C. Weir, and M. R. Cummins, "Provider Preferences for Patient-Generated Health Data Displays in Pediatric Asthma: A Participatory Design Approach", *Applied clinical informatics*, Vol. 12, Issue 3, pp. 664-674, May 2021. <https://doi.org/10.1055/s-0041-1732424>

[28] S. McIntyre, J. Mikael, and C. Collins, "Using Visual Analytics of Heart Rate Variation to Aid in Diagnostics", *Proceedings of the Workshop on Valuable Visualization of Healthcare Information*, Bari, Italy, Vol. 1658, pp. 20-27, June 2016. <https://dblp.org/rec/conf/avi/McIntyreEC16.bib>

[29] R. D. Croon, B. Cardoso, and K. Verbert, "MyHealthToday: Helping Patients with their Healthschedule Using a 24-Hour Clock Visualization", *2017 IEEE International Conference on Healthcare Informatics (ICHI)*, Park City, Utah, USA, pp. 415-420, August 2017. <https://doi.org/10.1109/ICHI.2017.32>

[30] F. Rajabiyazdi, C. Perin, L. Oehlberg, and S. Carpendale, "Personal Patient-Generated Data Visualizations for Diabetes Patients", *IEEE VIS 2018 Electronic Conference*, Berlin:Germany, October 2018. <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01910365>



장윤(Yoon Chang)

2008년 : 한동대학교 산업정보디자인 학부 (공학학사, 미술학사)
2011년 : 포항공과대학교 산업경영공 학과 대학원 (공학석사-산업 경영공학)

2011년~2019년: LG전자
2020년~현 재: 동의대학교 인공지능융합연구소 선임연구원
※관심분야 : 인공지능, 인간공학, 산업 디자인, 데이터 시각화



김성희 (Sung-Hee Kim)

2008년 : 이화여자대학교 컴퓨터공학과 대학원 (공학석사)
2014년 : 퍼듀대학교 산업공학과 대학원 (공학박사)

2015년~2017년: 삼성전자
2017년~현 재: 동의대학교 산업ICT기술공학 조교수
※관심분야 : 데이터 시각화, 인간-컴퓨터 상호작용, 인공지능