



Clinician Interface Design for Effective Diabetic Data Visualization in Diabetes Care

Yoonha Park¹, Yura Kim¹, Sohee Jang¹, Jae-Seung Yun², Jae Young Yun^{3*}

¹Department of Visual Communication Design, School of Design, Student, Hongik University, Seoul, Korea

²Division of Endocrinology and Metabolism, Department of Internal Medicine, St. Vincent's Hospital, College of Medicine, Professor, The Catholic University of Korea, Seoul, Korea

³Department of Visual Communication Design, School of Design, Professor, Hongik University, Seoul, Korea

Abstract

Background Recently, the prevalence of diabetes has increased rapidly and the rate of diabetes in patients has also increased. Active blood glucose management is required for patients to improve healing rates, to shorten hospitalization periods, and to reduce medical costs. However, hospitals now offer an old-fashioned prescription method that relies on experience due to various limitations such as the limitations of the data provided in the clinical interface and ineffective insulin prescription protocols. Thus, many researchers have argued that visualizing and representing patients' specific data records in the clinical interface would be effective for medical staff. However, the problem is that the clinical interface visualizes results without considering the actual medical environment. In addition, the need to apply and integrate the clinician's workflow into the clinical interface has been raised, but related studies have been very limited. Therefore, this study identifies the needs of the clinician users through collaborative research with university hospital medical staff members, and presents a clinical interface for this.

Methods First, four nurses and two clinicians were interviewed in advance to determine the specific needs of the medical staff. Second, a participatory design workshop was conducted for eight clinicians to investigate patient data that should be comprehensively viewed during treatment and an interface that can help for effective insulin prescription. Third, the research team designed and produced a clinical interface prototype based on the workshop results and conducted a test study with three clinicians.

Results At the pre-interview, the medical staff's workflow was largely divided into four stages: blood glucose measurement, system upload, blood sugar level check, and prescription decision. Currently, there are many limitations because only limited data can be viewed in the clinician interface used in domestic hospitals. When classifying blood sugar-related data types at the workshop, 24 types of data could be categorized into 5 groups: baseline patient information, baseline medical examinations, prescriptions affecting blood glucose, and anti-hyperglycemic agents prescriptions. We classified them into three levels according to the priority and designed a clinical interface based on the workshop results. Finally we conducted four-repeated assessments on the interface with three doctors who participated in the workshop. The final interface was produced by reflecting the comments in this process.

Conclusions The clinical interface designed in this study has limitations that was not measured and analyzed for a long period in the field in terms of work efficiency and satisfaction of the medical staff. The research team plans to develop a clinical interface by continuous joint research with university hospitals. We expect this study to contribute to clinical interface research used in various medical fields.

Keywords Data Visualization, Participatory Design, Clinician Interface, Diabetes Care

*Corresponding author: Jae Young Yun (ryun@hongik.ac.kr)

Citation: Park, Y., Kim, Y., Jang, S., Yun, J. -S., & Yun, J. Y. (2020). Clinician Interface Design for Effective Diabetic Data Visualization in Diabetes Care. *Archives of Design Research*, 33(4), 95-107.

<http://dx.doi.org/10.15187/adr.2020.11.33.4.95>

Received : May. 19. 2020

Reviewed : Aug. 21.

2020 ; **Accepted :** Aug.

21. 2020

pISSN 1226-8046

eISSN 2288-2987

Copyright : 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 educational and non-commercial use, provided the original work is properly cited.

1. 연구의 배경 및 목적

최근 당뇨병의 유병률이 급격히 증가하며, 병원 내 환자의 당뇨병 비율도 증가하고 있다. 환자의 치유율 향상과 재원기간 단축, 의료비용 감소를 위해 환자에 대한 적극적인 혈당 관리가 요구되지만, 현재 병원에서는 여러 한계점(e.g., 임상 인터페이스에서 제공되는 데이터의 한계, 인슐린 처방 프로토콜의 한계 등)으로 인하여 효율성과 효과가 떨어지는 처방을 제공하고 있는 현실이다(Park et al., 2017; Kim, 2018).

이에 다수의 연구자들은 임상 인터페이스(Clinician Interface)에서 환자의 구체적인 데이터 기록을 시각화하여 보여주는 것이 의료진에게 효과적인 것이라고 주장하였으나(Schmeltz, 2011; Kim, 2018; Kim et al., 2017), 실제 의료 환경은 고려하지 않은 채 시각적 결과물을 제시한 점이 문제로 지적되고 있다(Hellman, 2004). 또한 임상 워크플로(Clinician's workflow)를 임상 인터페이스와 실제 업무 환경에 적용 및 통합하는 것에 대한 필요성이 제기되었으나(Holt et al., 2006), 관련 연구들은 아직 미진한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 대학병원 의료진과의 협업연구를 통해 사용자(의료진)의 니즈를 파악 후, 효율적인 처방을 돕는 임상 인터페이스(Clinician Interface)를 제시하는 데 연구의 목적을 둔다.

이를 위해, 4명의 간호사와 2명의 임상의를 대상으로 1)사전 인터뷰를 실시하여 의료진들의 구체적 니즈를 파악하였고, 이후 2)8명의 임상의를 대상으로 참여디자인 워크숍을 진행하여, 진료 시 종합적으로 관찰해야 하는 환자 데이터와 인슐린 처방에 도움을 줄 수 있는 인터페이스에 대해 조사하였다. 3)이를 토대로 연구팀은 임상 인터페이스 프로토타입을 디자인 및 제작하였으며, 3명의 임상의를 대상으로 검증조사를 진행하였다.

2. 관련 연구 고찰

본 장에서는 현재 국내병원에서 사용 중인 프로토콜과 임상 인터페이스의 문제점을 살펴보고 관련 선행연구를 통해 국내외 연구현황을 파악하였다. 또한 의료 분야에서의 참여디자인과 데이터시각화에 대해 고찰하고 현재까지 진행된 연구의 한계점 등을 정리하였다.

2. 1. 당뇨병 환자에 대한 적극적 혈당관리의 필요성과 한계점

국내에서 제2형 당뇨병의 유병률은 30세 이상 성인은 14.4%, 65세 이상 노인인 30.4%로 급증하며(Diabetes Fact Sheet in Korea, 2016), 당뇨병으로 인한 국내 사망자 수는 연간 1만 명으로 우리나라 사망원인 중 6위를 차지한 것으로 보고되었다(Kwak, 2018). 혈당 수치가 높으면 면역력 기능 저하, 산화 스트레스 증가, 전해질 이상, 혈전형성 증가, 탈수 및 혈압 변화, 신경계 이상을 초래할 수 있다. 특히 병원 입원환자 중 고혈당 환자들은 감염 발생 확률이 3~4배 이상이며, 재원 기간 지연 및 사망률 증가 등 결과 지표들이 좋지 않은 것으로 조사되었다.

환자의 치유율 향상과 재원 기간 단축, 의료비용 감소를 위해 환자에 대한 적극적인 혈당 관리가 요구되지만, 현재 우리나라뿐 아니라 전세계적으로 많이 이용되는 국내외 프로토콜은 사용자 편의가 반영되지 않아 제한점이 많은 것으로 알려져 있다. 또한 환자 개별 맞춤형 처방을 하기 위해서는 환자의 다양한 데이터(나이, 성별, 체중, 기저혈당 등)를 종합적으로 고려한 상태에서 처방해야 하지만, 국내병원에서 의료진들이 사용하고 있는 인터페이스에서는 한정된 데이터(e.g., 혈당)만 볼 수 있어 혈당 조절에 직접적으로 영향을 미치는 변수들(e.g., 이전 처방 기록, 음식 섭취 정보 등)의 종합적인 정보를 파악하기 어렵다는 한계를 지니고 있다(Park et al., 2017).

2. 2. 임상 인터페이스(Clinician Interface) 관련 연구현황 및 문제점

IT기술이 발전하면서 병원에서도 의료진이 환자 진료 기록을 데이터베이스화하여, 실시간으로 검색하고 조회할 수 있는 시스템을 사용하고 있다. 그에 따른 임상 인터페이스에 관한 연구 역시 활발히 이뤄지고 있다. 그 예로 Kim et al.(2017)은 환자의 데이터를 효과적으로 보여주기 위한 임상 인터페이스를 개발하였고, 제작한 인

터페이스 제공 시 임상가와 환자 사이의 심층적인 대화를 이끌어내는 긍정적인 영향에 대해 논하였다. Teich et al.(1995)은 의사들에게 진단을 추천해주는 임상 인터페이스 시스템을 제안하였고, Alec et al.(2005)과 Marling et al.(2008)은 임상 인터페이스에서 환자의 데이터를 자동으로 분석하여 적용하는 ‘사례 기반의 추론(case based reasoning)’ 방법을 제시하였다. 이외에도 다양한 연구자들(Simon et al., 2013; Curtiss et al., 2012; Lena et al., 2010)이 임상 인터페이스에 관한 연구를 진행하였지만, 위의 연구들에서는 시스템 제작 시 사용자(의료진)와 실제 의료 환경에 대한 철저한 사용자 조사 없이 진행되었다는 한계를 지니고 있다.

2. 3. 참여디자인(Participatory Design)의 중요성과 의료 혁신사례

다수의 연구자들(Bowen et al., 2013; Kristensen et al., 2006; Li et al., 2006; Pilemalm & Timpka, 2008; Sjoberg & Timpka, 1998)은 건강과 임상 정보를 다루는 인터페이스 제작 시, 사용자의 실제 업무 환경과 조직 간의 특성 차이를 해결하기 위해 참여디자인 방법을 적극 활용해야 함을 주장하였다. 참여디자인이란 사용자 중심 디자인(User-centered design)의 일환으로, 실사용자들로부터 그들의 시각과 관점, 태도 등을 이해하고 그들이 원하는 디자인을 도출하기 위한 디자인 방법이다. 의료분야의 혁신사례로, 호주의 CSIRO 디자인 팀과 시드니 서부보건서비스(SWAHS) 산하 Blue Mountains 병원, Nepean 병원은 참여디자인을 통해 호주 지방 병원 내 응급치료를 위한 원격의료 시스템(ViCCU) 디자인 프로젝트를 진행하여, 의탁병원의 응급 의료진이 타 병원의 의료진과 원격으로 치료 과정을 원활히 공유, 진행할 수 있도록 하는 시스템을 디자인하였다(Li et al., 2006). Clemensen et al.(2007) 역시 여러 단계에 걸친 참여디자인 접근을 통해, 당뇨병성 족부병변 환자들이 집에서도 병원 의료진의 케어를 받을 수 있는 원격 시스템을 제안하였다. The UK National Health Service는 참여디자인 프로젝트를 통해 영국 Royal Hallamshire 병원의 진료예약을 위한 새로운 템플릿 제시, 외래환자 병동 인근의 도로 배치 제안, 환자 케어에 대한 스태프들의 인식 개선을 위한 교육을 개최하는 등 장년층 환자들을 대상으로 서비스 디자인 전반을 개선하였다(Bowen et al., 2013). 영국의 Kaiser Permanente 병원 디자인 팀은 간호사들이 업무시스템 변화에 순응하고 적응할 수 있도록 참여디자인 방법을 사용하여 소프트 스타트 접근법(Soft-start Approach)을 개발하였는데, 말보다는 경청하고 공유하며, 사용자들의 요구사항을 반영하는데 주력하고, 그들의 흥미를 유발하기 위해 디자인 스킬을 사용하여 진정한 참여를 늘리도록 하였다(Lin et al., 2011). 이 과정을 통해 ‘병상 업무시간을 늘리자’는 목표를 전달하는 랩비디오 제작, 스태프들이 소통하고 서로 피드백을 구할 수 있도록 ‘대화의 복도(Hallway of Dialogue)’라는 공공 공간을 마련하는 등 다양한 아이디어를 도출하였으며, 결과적으로 소프트 스타트 접근법 활용 시 간호사들의 프로젝트 참여 투입 시간이 더 길어지고 업무시스템 변화에 대한 적응력이 높아지는 것으로 나타났다.

본 연구에서 역시, 참여디자인 접근법을 적극 활용하여 의료진들이 필요로 하는 환자 데이터를 파악하고, 인술린 처방에 도움을 줄 수 있는 임상 인터페이스를 제시하고자 한다.

2. 4. 의료분야에서 데이터시각화의 중요성

데이터 시각화는 사람들의 이해증진과 의사소통의 활성화를 위하여 시각적 방법을 통해 데이터를 명확하고 효과적으로 전달하는 과정으로, 동일한 데이터도 어떻게 시각화하느냐에 따라 사용자에게 다른 영향을 미치게 된다(Marcengo & Rapp, 2014). 특히 의료분야에 제공되는 차트들은 개인의 건강과 직결된 만큼 왜곡이나 오류가 없어야 하므로 환자의 데이터를 효과적으로 전달하기 위한 연구가 필요하다. 다시 말해, 의료진의 빠르고 정확한 처방과 개별 맞춤형 혈당 조절을 위해서는 환자의 다변량(Multivariate) 데이터(나이, 성별, 체질량지수, 신장기능, 간기능, 기저혈당, 기저혈당, 기저당화혈색소, 인슐린 분비능, 저항성 지표)의 중요도를 구분하여 최대한 단순하고 효율적인 형태로 시각화하여 제공해야 한다.

하지만 현재 국내 대학병원에서 의료진에게 제공되는 임상 인터페이스에서 볼 수 있는 당뇨병 환자의 정보는 한정되어 있어, 혈당 조절과 연관된 변수들에 대한 종합적인 정보를 얻기 어렵고, 나타나 있는 정보들마저도 시각적으로 일관성이 없어 정보 간의 비교와 해석이 어렵다는 문제점이 있다(Park et al., 2017). 이를 파악하기 위해 당뇨병 분야 임상 인터페이스에서 실사용자(의료진)가 보고 싶어 하는 환자의 데이터는 무엇이고, 중요도에 따라 구분된 환자의 다변량 데이터가 어떻게 디자인 되어야 하는지에 대해 본 연구에서 살펴보고자 한다.

3. 연구 방법

본 연구에서는 의료진들의 구체적 니즈와 진료 시 종합적으로 봐야 하는 환자 데이터를 참여디자인 워크숍을 통해 파악하고, 혈당 조절을 위한 약제 처방에 도움을 줄 수 있는 임상 인터페이스를 조사하여 개선 방안을 제시하고자 한다. 임상 인터페이스 제공 시 최종처방의 책임을 갖고 있는 것은 의사이므로, 본 연구에서는 의료진들을 대상으로 사전인터뷰 및 참여디자인 워크숍을 진행하였다.

3. 1. 사전 인터뷰(Pre-Interview)

환자 혈당 관리와 진료과정에서 겪는 어려움 등을 파악하기 위해, 대학 병원 내분비내과에서 최소 5년 이상 근무한 4명의 간호사와 2명의 임상의를 대상으로 인터뷰를 실시하였다. 인터뷰 진행시에는 참여자들의 사전 동의를 얻어 전 과정을 녹음하였고, 이후 본 연구자들이 전사하여 분석하였다.

3. 2. 디자인워크숍(Design Workshop)

의사들이 진료 시 종합적으로 봐야 하는 환자 데이터와 혈당 조절을 위한 약제 처방에 도움을 줄 수 있는 인터페이스에 대해 조사하기 위해, 디자인워크숍은 세 개의 세션(Pain points 수집, 데이터 분류 & 계층화, 데이터 시각화)으로 구성되었고, 8명의 의사들이 워크숍에 참여하였다. 모든 세션은 대학병원 내 회의실에서 하루 동안 진행되었으며, 총 1시간 30분이 소요되었다.

(1) 워크플로 단계별 Pain points 수집

디자인워크숍 첫 번째 세션에서는 현 의료 환경에서 의사들이 혈당 조절을 위한 약제 처방 시 겪는 어려움과 한계점을 파악하고자 하였다. 사전 인터뷰를 통해 파악된 4단계 워크플로 다이어그램을 전지에 인쇄하여 준비하였고, 8명의 의사들을 대상으로 각 단계별로 겪고 있는 어려움과 문제점들을 포스트잇에 적어 붙여줄 것을 요청하였다(Figure 3).

(2) 데이터 분류 & 계층화(Data Categorization & Stratification)

두 번째 세션에서는 혈당과 관련된 데이터 유형을 살펴보고, 각 유형별 중요도를 파악하고자 하였다. 이를 위해 8명의 의사들에게 입원환자의 인슐린 투여량 결정 시 고려해야 할 데이터를 포스트잇에 작성해줄 것을 요청하였고, 유사한 데이터 키워드끼리 그룹핑하도록 한 후 우선순위로 정리하는 시간을 가졌다.

(3) 데이터 시각화(Data Visualization)

세 번째 세션에서는 현재 국내병원에서 사용하고 있는 임상 인터페이스가 어떻게 개선되길 원하는지 등에 대해 자유롭게 의견을 공유하고, 혈당 조절을 위한 약제 처방에 도움을 줄 수 있는 인터페이스를 함께 만들어보며 핵심 니즈를 도출하고자 하였다. 참여자들에게는 기본 차트들의 예시를 볼 수 있는 자료들을 제공하여 데이터 시각화의 예시를 충분히 이해하고 살펴 볼 수 있도록 하였다.

3. 3. 시스템 디자인과 프로토타이핑(System Design & Prototyping)

워크숍을 통해 도출된 내용을 기반으로 프로토타입 제작 후, 검증조사를 위해 디자인워크숍에 참여했던 8명의 의사 중 3명의 의사들을 대상으로 인터뷰를 실시하였고, 개선 작업을 반복하였다.

4. 사용자 조사 결과

4. 1. 사전 인터뷰 결과

의료진의 업무 환경과 니즈 등을 파악하기 위해 5년 이상 근무한 4명의 간호사와 2명의 임상의를 대상으로 사전 인터뷰를 진행하였고 1)의료진들의 워크플로, 2)임상 인터페이스와 현 의료상황에서 겪는 문제점에 대해 자유로운 의견토론이 이뤄지도록 하였다.

(1) 실제 의료 환경에서 의료진들의 워크플로

병원 내 입원환자의 혈당 관리 절차는 크게 4단계로 구분됨을 알 수 있었다(Figure 1). 먼저 간호사가 환자의 혈당값을 측정한 후(1단계), 시스템에 업로드하면(2단계), 전공의가 시스템 화면을 통해 혈당값과 기타 정보를 확인하고(3단계), 처방 인슐린 용량을 결정하게 된다(4단계).



Figure 1 Clinician workflow to prescribe insulin(Step 1,2: nurses, step 3,4: doctors)

(2) 임상 인터페이스(Clinician Interface)와 현 의료상황의 문제점

현재 병원에서 사용 중인 인터페이스에서는 혈당과 처방시간, 처방내용 정도만 볼 수 있으며, 혈당 조절과 연관된 변수들에 대한 종합적인 정보를 얻기 어렵고, 나타나 있는 정보들마저도 시각적으로 일관성이 없어 의료진들이 정보 간의 비교와 해석에 어려움을 겪고 있었다(Figure 2). 이에 의료진들은 ‘환자의 종합적인 데이터를 효과적으로 볼 수 있는 인터페이스가 필요한 상황’이라고 하였다.

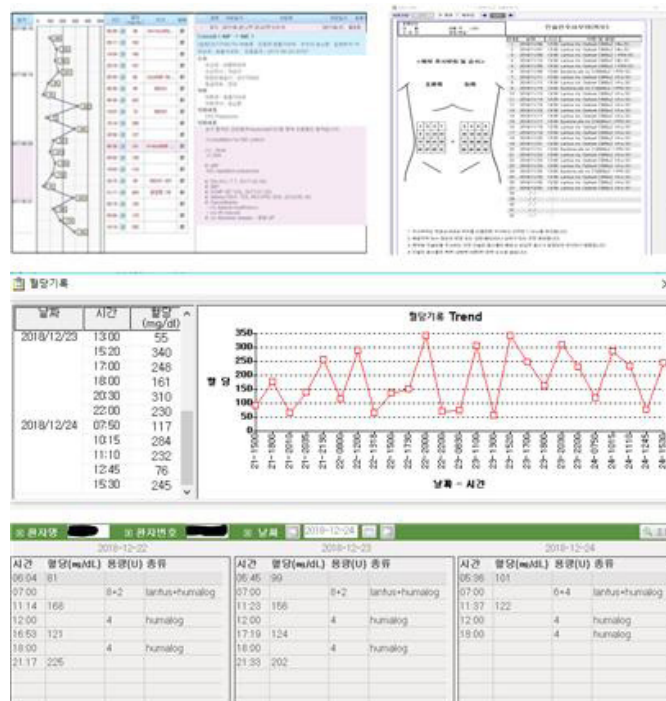


Figure 2 Clinician interface examples provided by a domestic university hospitals. From the top left, in turn (1), (2), (3), (4)

또한, 환자의 철저한 혈당 조절을 위해서는 의사가 환자 개개인의 다양한 데이터(나이, 체중, 기저혈당 등)를 고려하여 혈당 조절에 관련한 처방을 해야 하지만, 시간 제약과 기존 치료방법 적용의 한계점 등으로 인해 혈당 조절에 영향을 미치는 주요한 환자 요인을 충분히 종합적으로 반영하지 못한 제약 처방을 하게 되는 것으로 나타났다.

4. 2. 디자인워크숍 결과

(1) 워크플로 단계별 Pain points 수집 결과



Figure 3 Participatory design workshop #1: Collecting users' pain points by the workflow steps

간호사가 환자의 혈당을 측정하는 1단계에서부터 의사가 최종적으로 인슐린을 처방하는 마지막 단계까지 (Figure 1) 각 단계별 문제점을 파악하기 위해, 대학병원 내분비내과에서 최소 5년 이상 근무한 8명의 의사들을 대상으로, 각 단계별 겪고 있는 문제점들을 포스트잇에 적고, 전지 내 해당단계에 붙여줄 것을 요청하였다 (Figure 3).

워크숍 세션1 진행결과, 의사들은 실제 혈당 처방을 내릴 때 제공되는 임상 인터페이스의 불편한 시각화 방식 (e.g., 세로형의 혈당그래프, 데이터 간의 상관관계를 고려하지 않은 레이아웃 구성 등), 다수의 환자 데이터를 이해하고 정리할 때 소요되는 시간, 의사와 간호사 간의 의사소통 한계, 프로토콜 처방의 어려움 등에 대해 불만을 토로하였다.

단계별로, 혈당 측정 단계(1단계)에서는 기기로 측정한 혈당값을 간호사가 일일이 시스템에 업로드해야 하는 번거로움이 있었으며, 혈당 수치 업로드 단계(2단계)에서는 간호사의 과도한 업무량에 따라 혈당 수치 업로드가 지연되는 경우가 잦은 것으로 나타났다. 혈당 수치 확인/UI 단계(3단계)에서는 시스템 내 분산되어 표현된 환자정보와 혈당 측정 시간을 반영하지 않은 세로형(Vertical) 그래프(Figure 2-1)의 제공으로 환자 정보에 대한 빠른 해석과 비교가 이루어지지 않는 등 제한점이 많은 것으로 나타났다. 마지막으로 당뇨병 약제 처방 단계(4단계)에서는 입원 환자들을 위한 혈당 처방 프로토콜이 비효율적이고 지속적인 처방에는 적합하지 않기 때문에, 주치의가 임의로 판단 후 처방하는 경우가 많은 것으로 나타났다.

(2) 데이터 분류 & 계층화(Data Categorization & Stratification) 결과



Figure 4 Participatory design workshop #2: Data Categorization & Stratification

의료진과 함께 혈당 관련 데이터 유형을 연관성에 따라 분류한 결과(Figure 4), 25개의 데이터(환자의 키, 체중, 신장 기능, 간 기능, C-peptide, 기저 당화혈색소, 기존 처방약, 공복 혈당, 간식 종류와 양, 스테로이드 처방, 수술 날짜, 검사 여부, 식사 인슐린, 교정 인슐린, 프로토콜(RIS) 여부, 기저 인슐린, 혼합 인슐린, 혈당 수치, 기저 혈당, BMI, 체내 염증 반응, 수액 처방, 수술 날짜, 항암 처방, 식사량과 횟수)는 5개의 그룹으로 구성될 수 있었다(환자 기본 정보, 기본 검사 항목, 혈당에 영향을 주는 처방, 인슐린 처방/혈당, 추적 데이터). 의사들은 인슐린 정보와 혈당 수치가 함께 보이는 것을 특히 중요하게 생각하였고, 하나의 카테고리로 분류하였다. 데이터 그룹의 우선순위 파악을 위해, 위에 기술한 5개의 그룹을 3층 피라미드로 구성한 결과는 Table 1과 같다.

Table 1 The results of 3-layer pyramid based on the correlation of blood glucose-related data types

Importance	Group Classification	Blood Glucose-related Data
1단계 (가장 중요)	인슐린 처방/혈당, 추적 데이터	식사 인슐린, 교정 인슐린, 프로토콜(RIS) 여부, 기저 인슐린, 혼합 인슐린, 혈당 수치, 기저 혈당, 간식 종류와 양
2단계 (중요)	기본 검사 항목, 혈당에 영향을 주는 처방	신장 기능, 간 기능, C-peptide, CRP(체내 염증 반응), 기저 당화혈색소, 공복 혈당, 수술날짜, 검사 여부, 수액 처방, 스테로이드 처방
3단계	환자 기본 정보	환자의 키, 체중, 기존 처방약, 식사량과 횟수, BMI, 항암 처방

(3) 데이터 시각화(Data Visualization) 결과



Figure 5 Participatory design workshop #3: Data visualization to improve clinician interface

워크숍 진행 결과, 8명의 참여자 모두 ‘혈당 변화 추이’를 기존의 세로형(수직형) 그래프에서 가로형의 라인 차트로(X축: 혈당 측정 날짜, Y축: 혈당 수치) 표현하였다(Figure 5). 처방약의 종류 및 용량, 식이 정보는 혈당 그래프와 밀접한 위치에 놓거나 교차하도록 하여 데이터 간의 상관관계를 보고 싶어 함을 역시 알 수 있었다. 그리고 환자의 기본 정보들 중에는 ‘체중’, ‘BMI’, ‘키’, ‘기존 처방약’, ‘식사량과 횟수’를, 기본 검사 항목들 중에서는 ‘신장기능(eGFR)’, ‘간기능(ALT)’, ‘CRP’, ‘C-peptide’를, 혈당에 영향을 주는 처방 데이터 중에는 ‘수액 처방’과 ‘검사 여부’를 혈당 조절을 위한 약제 처방과 혈당 데이터 다음으로 중요하게 생각하는 것으로 나타났다. 이 과정에서 참여자 A는 대시보드 형식을 활용하여 데이터 유형을 우선순위에 따라 크기별로 배치하였고, 참여자 B는 혈당 그래프를 3가지(공복 + 식후, 공복혈당, 식후혈당)로 구분해서 볼 수 있도록 표현하였다. 세션

3 도중 연구팀이 '혈당값 외에도 그래프로 시각화할 경우 더 효과적인 데이터가 있는지' 질문했을 때, '입원환자의 경우 급성기, 중증상태의 경우 항목들에 변동이 크지만 급성기를 넘긴 안정적인 환자들은 항목들에 변동이 크지 않은 경우가 있어 모든 데이터를 그래프로 시각화할 필요가 크지 않다. 따라서 그래프를 통한 시각화는 의사의 추적을 요구하는 데이터에만 적용하는 것이 적합하다.'고 답하였다.

본 단계에서는 혈당 외 데이터를 새로운 그래프로 시각화하기보다는 기존 혈당 그래프의 단점을 보완하는 정도에 그쳤으나, 참여자들은 혈당 데이터를 제외한 나머지 데이터를 중요도에 따라 그래프와 가깝거나 멀게, 혹은 크고 작은 그리드에 배치하거나 인터랙션을 적용하는 등 데이터의 중요도에 따른 혈당 처방 화면 구성에 집중하는 모습을 보였다.

5. 반복평가를 통한 최종 임상 인터페이스 제작

워크숍을 통해 도출된 결과를 토대로 임상 인터페이스를 디자인하였다. 인터페이스 제작 시, 워크숍에 참여했던 2명의 의사와 총 4번의 반복평가를 통해 디자인을 개선해나갔으며, 이 과정에서 들은 여러 가지 수정의견(e.g., 특정 데이터 그룹의 박스 재배치 및 크기 조정, 불필요한 단어 제거, 인술린 유형 및 용량 표시 등 변경)을 반영하여 최종 인터페이스를 아래와 같이 제작하였다(Figure 6).



Figure 6 Clinician interface design through repeated evaluations with medical staff

5. 1. 정보과부하 문제 해결을 위한 데이터 우선순위에 따른 레이아웃 구성

디자인워크숍 세션 1, 2단계에서 의료진들이 공통적으로 언급하였던 기존 임상 인터페이스의 문제점 중 하나는 원하는 데이터를 얻기 위해 "너무 많은 클릭"이 필요하다는 것이었다. 의료진들이 느끼는 정보과부하 문제는 효율적인 데이터 레이아웃의 제공으로 해결이 가능하므로(Yang et al., 2016), 디자인워크숍 세션2(데이터 분류 및 시각화) 단계에서 도출된 정보의 우선순위를 토대로 의료진들이 판단하는 중요한 정보는 우선적으로 전면 배치하고 덜 중요한 정보는 한 단계 접거나 하단에 보여주는 레이아웃으로 구성하였다.

입원 환자의 혈당 추세와 식이 정보, 인슐린 처방에 대한 종합 차트를 인터페이스에서 가장 크게 볼 수 있도록 구성하였고(Figure 6, 좌측상단 메인차트), 그 다음으로 예정된 검진 또는 수술에 관한 정보에 우선순위를 부여하였으며(Figure 6, 우측상단박스), 처방 박스에서는 의사가 직접 인슐린의 처방값을 선택해 입력하거나, 시스템이 제안하는(인공지능) 추천처방을 보여주어, 의료진의 처방 결정을 보조할 수 있도록 하였다(Figure 6, 우측중앙박스). 하단 패널에는 비교적 덜 중요한 데이터를 우선순위에 따라 왼쪽에서 오른쪽으로 배치하였다(Figure 6, 하단).

5. 2. 신속하고 종합적인 모니터링을 위한 임상 인터페이스

데이터의 특성을 고려하여 시각화 전략을 세우는 것은 중요하다. 위에서 논의한 바와 같이, 혈당처럼 추적이 필요한 데이터는 의사들의 빈번한 모니터링을 필요로 한다. 특히 병원에서는 개인의 질병이나 인슐린 민감성 등에 따라 혈당이 급격히 상승하거나 하락하는 상황이 자주 발생하므로, 입원환자의 혈당 추세를 차트로 시각화하여 빠른 시간 안에 정확한 해석이 가능하도록 해야 한다.



Figure 7 The blood glucose(horizontal line chart), meal and snack intake(vertical bar chart), and insulin/oral hypoglycemic drugs(horizontal bar charts)

본 인터페이스에서는 총 5일(기존 4일, 예측 1일) 간의 혈당 추세 확인이 가능하며, 환자별 위험정보 파악을 위해 혈당수치가 상당히 높은 수준의 범위에 속할 경우 혈당값을 빨간색으로 표시하여 제공한다. 또 입원환자의 목표 혈당 범위(140~180 mg/dL)는 파란색의 면적으로 구분하여, 의사들이 데이터 값의 범위를 보다 빠르게 파악하고 분석하는 데 도움을 주고자 하였다.

혈당 변화에 직접적으로 영향을 미치는 다른 요인들(e.g., 음식 섭취 정보, 이전 처방 기록)의 경우 혈당 차트 바로 아래 동일한 시간축에 배치하여 구성함으로써, 의료진들이 한눈에 종합적인 정보를 파악할 수 있도록 하였다. ‘경구식이’는 입원환자의 음식 섭취 정보를 차트로 표현한 것이며, 당뇨식단을 섭취한 경우엔 ‘초록색’의 바 차트로 표시된다. 환자가 간식을 섭취한 후 혈당수치가 너무 높아졌을 경우엔 바 차트의 컬러가 ‘빨간색(위험)’으로 바뀌며, 차트 바로 위에서 간식 종류와 양을 텍스트로 확인할 수 있다. 당일 투약되는 경구혈당강하제의 종류와 용량은 회색 수평의 바 차트에, 인슐린은 종류(기저/속효)에 따라 색상(푸른색/빨간색)이 다른 수평 막대를 사용하여 표현하였다(Figure 7).

5. 3. 불명확한 혈당값 구분을 위한 인터랙티브 차트



Figure 8 Fasting blood glucose trends(top), post-meal blood glucose trends(bottom)

데이터시각화 단계에서 의사들은 ‘현재 사용 중인 인터페이스의 경우, 식후와 공복 혈당값이 시각적으로 명확히 구분되어 있지 않다.’며 차트 해석에 어려움을 겪고 있다고 하였다. 이에 오른쪽 상단에 위치한 버튼 클릭 시 세 가지 모드(식후만, 공복만, 식후 + 공복) 중 선택 가능하도록 구성하였으며(Figure 8), 식후 혈당값은 파란색의 원형 포인트로, 공복 혈당값은 외곽선만 파란색인 흰색의 원형 포인트로 구분하여 제작하였다.

5. 4. 시스템의 환자별 맞춤형 인슐린 제안값 및 혈당예측값의 시각화

의료 결정을 지원하는 최근 임상 인터페이스들은 환자 빅데이터를 이용하여 의사의 처방 결정에 도움을 준다 (Yang et al., 2016). 예를 들어, 환자가 병원에서 뇌 CT 촬영을 할 경우, 시스템(A.I.)이 기존의 임상 데이터를 활용하여 두개골 내 유사 출혈 사례를 분석하여, 의사에게 분석결과를 알려주는 방식이다. 본 워크숍에 참여했던 의사들은 시스템이 추천하는 결과값의 신뢰성에 대해 우려를 표하였지만, 정확도가 높아질 경우, 의료진이 시스템 제안 결과를 참고하고 처방 결정을 내릴 수 있도록 화면이 설계되어야 함을 강조하였다.

본 인터페이스는 장기간 수집된 당뇨병 환자의 혈당 기록, 투약된 인슐린 종류, 식사 섭취량 등의 데이터를 활용하여 개인 맞춤형 인슐린 요구량 처방이 가능하다는 전제하에 제작하였다. 목표혈당 달성을 위해 당일 투약되어야 하는 인슐린 종류와 용량을 시스템이 제안함으로써 의료진들의 처방에 도움을 주고자 하였으며(Figure 9, 좌), 인슐린 처방 시 예측되는 혈당값의 변화는 메인 혈당차트에서 확인 가능하도록 빨간색 점선으로 표현하였다(Figure 9, 우). 인공지능이 제안하는 처방값에 동의할 경우 "처방하기" 버튼을 클릭하면 되고, 그렇지 않을 경우 다른 인슐린 종류와 용량을 선택하며 예측혈당값(빨간 점선)의 움직임을 확인한 후 최종처방이 가능하다. 만일 인슐린 처방량이 적정량에서 지나치게 벗어나, 환자가 고혈당이나 저혈당 가능성이 있을 경우에는 ‘경고’ 알림을 제공한다(Figure 9, 좌).



Figure 9 Insulin type and dose suggestion and hyperglycemia/hypoglycemia alert(left); blood glucose prediction according to the prescription(right)

5. 5. 최종 인터페이스에 대한 검증조사 결과

제작한 임상 인터페이스 프로토타입에 대해 3명의 임상의를 대상으로 검증조사를 하였다. 의사 A는 “기존과 너무 다른 시스템을 사용하는 것에 대해 부담을 느끼는데, 본 인터페이스는 의료진과의 실제 논의를 통해 도출된 결과를 토대로 디자인되어, 기존에 사용하던 시스템에 쉽게 통합 가능한 점이 좋은 것 같다.”고 하였고, 의사 B는 “이전과 달리 한눈에 환자의 종합적인 정보를 파악할 수 있는 것과 환자의 기본검사 항목에서 연필 모양의 아이콘 클릭 시 커스터마이징 가능한 점이 좋다.”, “의료진들의 시간과 노력이 절감될 수 있을 것 같다.”며 인터페이스 사용에 대한 기대감을 드러냈다.

환자별 맞춤 인슐린 제안값과 혈당예측값 시각화에 대해서 의사 C는 “인공지능이 방대한 양의 데이터를 기반으로 예측 처방한다면, 의사 혼자서 내리는 처방보다 나은 추천값을 제안할 수도 있고, 의사의 최종 처방에 영향을 미칠 만한 참고용 데이터로 활용될 수 있을 것 같다.”고 하였고, 의사 A는 “의료진들이 바쁜 상황에서 특히 도움이 될 것 같다. 최종판단을 인공지능이 아닌 의료진들이 한다는 점이 좋은 것 같다.”고 하였다. 의사 B도 “의료진들의 처방을 돕는 방향에서 도움이 될 것 같다.”라며 시스템 제안값을 그대로 적용하는 것이 아닌 시스템과 의료진의 협업이 필수적인 디자인에 대해 긍정적인 반응을 보였다.

6. 결론

본 연구에서는 의료진과의 협업 연구를 통해 진료 시 종합적으로 봐야 하는 환자 데이터와 인슐린 처방에 도움을 줄 수 있는 임상 인터페이스에 대해 조사하였다. 이를 위해 사전 인터뷰와 3단계의 참여디자인 워크숍(워크숍 플로우 painpoint 수집, 데이터 분류와 계층화, 데이터시각화)을 진행하였고, 총 14명의 의료진(의사 10명, 간호사 4명)이 참여하였다. 연구팀은 워크숍 과정에서 도출된 결과를 기반으로 임상 인터페이스 프로토타입을 디자인 및 제작하였으며, 워크숍에 참여했던 8명의 의사 중 3명의 임상의를 대상으로 검증조사를 진행하였다.

본 연구는 기존 의료분야에서 임상 인터페이스 디자인 연구의 한계(e.g., 실제 의료 환경과 사용자 미고려, 실제 업무 환경에 적용 및 통합의 어려움 등)을 극복하기 위해, 참여디자인 워크숍을 진행하여 의료진들의 실제 의료 환경을 이해하고 그들의 숨겨진 니즈를 도출하였으며, 현재 제공되는 임상 인터페이스를 개선할 수 있는 디자인을 도출할 수 있었다.

본 연구를 통해 예비 사용자(의료진)의 니즈와 그들의 업무 환경이 반영된 임상 인터페이스 디자인을 통해, 의료진의 업무의 효율성을 높일 수 있을 것으로 예상하며, 당뇨병 뿐 아니라 다변량 데이터의 이해가 요구되는 의료 진단 및 처방 시스템 디자인에도 간접적인 도움을 줄 수 있을 것으로 기대한다. 검증을 위한 인터뷰에서 의료진들은 ‘실제 논의를 통해 도출된 결과를 토대로 임상 인터페이스가 디자인되었다는 점’과 ‘임상 인터페이스의 통합 가능성’에 대해 특히 긍정적으로 평가하였다. 이는 임상 인터페이스 제작 시, 실제 의료 환경에 대한 철저한 사용자 조사가 중요함을 시사한다.

본 연구팀은 워크숍 진행과정에서 의사들 간의 활발한 인터랙션을 유발하고자 노력하였지만, 의료 환경에서 새로운 시스템과 툴을 디자인하기 위한 목적으로 그들의 적극적인 참여를 요구하기에는 의료진들의 동기와 시간 부족 등의 문제도 있음을 확인하였다. 그리고 인터뷰 과정에서 간호사들은 인슐린 처방 시 의사에 따라 다른 인슐린 처방으로 오는 혼란이나 의사 호출/소통의 어려움 등의 문제를 겪는 것으로 나타나, 향후 이에 대한 추가 조사가 이뤄진다면 보다 심도 있는 결과를 이끌어 낼 수 있을 것이라 판단한다. 또한 본 연구에서 제안하는 임상 인터페이스는 병원에서 장기간 사용될 때의 의료진의 업무효율성, 만족도 등에 대해 장기적으로 측정하고 분석하지 못한 한계 역시 지니고 있다. 위와 같은 한계점들을 보완하기 위해 본 연구팀은 지속적으로 대학병원 측과 임상 인터페이스에 대해 공동연구하여 발전시켜 나갈 계획이다. 본 연구가 다양한 의료분야에서 사용되는 임상 인터페이스 연구에 기여할 수 있기를 기대한다.

References

1. Holt, A., Bichindaritz, I., Schmidt, R., & Perner, P. (2005). Medical applications in case-based reasoning. *The Knowledge Engineering Review*, 20(3), 289–292.
2. Birkett, K. R., Carnes, T. C., Coons III, S. W., & Drummond, W. H. (2006). *U.S. Patent No. 7,062,251*. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
3. Marling, C., Shubrook, J., & Schwartz, F. (2008). Case-based decision support for patients with type diabetes on insulin pump therapy. In *European Conference on Case-Based Reasoning*, 325–339. Springer, Berlin, Heidelberg.
4. Clemensen, J., Larsen, S. B., Kyng, M., & Kirkevold, M. (2007). Participatory design in health sciences: using cooperative experimental methods in developing health services and computer technology. *Qualitative health research*, 17(1), 122–130.
5. Curtiss B. Cook, M.D., Kay E. Wellik, M.L.S., Gail L. Kongable, M.S.N., F.N.P., and Jianfen Shu. (2012). Assessing inpatient glycemic control: what are the next steps?. *Journal of diabetes science and technology*, 6(2), 421–427.
6. Li, J., Wilson, L., Stapleton, S., & Cregan, P. (2006). Design of an advanced telemedicine system for emergency care. In *Proceedings of the 18th Australia conference on Computer-Human Interaction: Design: Activities, Artefacts and Environments*, 413–416.
7. Teich, J. M. (1995). Enhancement of Clinician Workflow With Computer Order Entry Jonathan M. Teich, MD, PhD, Cynthia D. Spurr, RN, MBA, Jennifer L. Schmiz, MS, Eileen M. O'Connell, RN, BSN, and Debra Thomas, RN, BSN Department of Information Systems, Brigham and Women's Hospital, Boston, Massachusetts. *Toward Cost-effective Clinical Computing*, 459.
8. Kim, Y., Heo, E., Lee, H., Ji, S., Choi, J., Kim, J., Lee, J., & Yoo, S. (2017). Prescribing 10,000 Steps Like Aspirin: Designing a Novel Interface for Data-Driven Medical Consultations. In *Proceedings of the 2017 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 5787–5799, ACM.
9. Kim, Y. (2018). *Designing a clinician interface for insulin-dosing decision support : data visualization for improved management of inpatient blood glucose* (Master's thesis). Hongik University, Seoul, Korea.
10. Korean Diabetes Association. (2016). Diabetes fact sheet in Korea 2016. Seoul: *Korean Diabetes Association*, 2–8.
11. Lin, M. C., Hughes, B. L., Katica, M. K., Dining-Zuber, C., & Plsek, P. E. (2011). Service design and change of systems: Human-centered approaches to implementing and spreading service design. *International Journal of Design*, 5(2).
12. Schmeltz, L. R. (2011). Management of inpatient hyperglycemia. *Laboratory Medicine*, 42(7), 427–434.
13. Marcengo, A., & Rapp, A. (2014). Visualization of human behavior data: the quantified self. In *Innovative approaches of data visualization and visual analytics*, 236–265.
14. Kristensen, M., Kyng, M., & Palen, L. (2006). Participatory design in emergency medical service: designing for future practice. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in computing systems*, 161–170.
15. Park, Y., Kim, Y., Jang, S., Yun, J., & Yun, J. (2017). Visualizing Multivariate Blood Glucose-related Data through Participatory Design. *Korean Society of Design Science*, 2–3.
16. Richard Hellman. (2004). A systems approach to reducing errors in insulin therapy in the inpatient setting. *Endocrine Practice*, 10 (Supplement 2), 100–108.
17. Simon Bowen, Kerry McSeveny, Eleanor Lockley, Daniel Wolstenholme, Mark Cobb and Andy Dearden. (2013). How was it for you?. *Experiences of participatory design in the UK health service. CoDesign*, 9(4), 230–246.
18. Sjöberg, C., & Timpka, T. (1998). Participatory design of information systems in health care. *Journal of the American Medical Informatics Association*, 5(2), 177–183.
19. Sofie Pilemalm and Toomas Timpka. 2008. Third generation participatory design in health informatics—making user participation applicable to large-scale information system projects. *Journal of biomedical informatics*, 41(2), 327–339.
20. Kwak, S. (2018). diabetes prevention method. *kaim*, 2018(2), 319–320.

의료진의 효율적인 인슐린 처방을 돕기 위한 임상 인터페이스 디자인

박윤하¹, 김유라¹, 장소희¹, 윤재승², 윤재영^{2*}

¹홍익대학교 디자인학부 시각디자인 전공, 학생, 서울, 대한민국

²가톨릭대학교 의과대학 성빈센트병원 내분비내과, 교수, 서울, 대한민국

²홍익대학교 디자인학부 시각디자인 전공, 교수, 서울, 대한민국

초록

연구배경 최근 당뇨병의 유병률이 급격히 증가하며, 병원 내 환자의 당뇨병 비율도 증가하고 있다. 치유율 향상과 재원 기간 단축, 의료비용 감소를 위해 환자에 대한 적극적인 혈당 관리가 요구되지만, 현재 병원에서는 여러 한계점(e.g., 임상 인터페이스에서 제공되는 데이터의 한계, 인슐린 처방 프로토콜의 한계 등)으로 인하여 효율성과 효과가 떨어지는 처방을 제공하고 있는 현실이다. 이에 다수의 연구자들은 임상 인터페이스(Clinician Interface)에서 환자의 구체적인 데이터 기록을 시각화하여 보여주는 것이 의료진에게 효과적일 것이라고 주장하였으나, 실제 의료 환경은 고려하지 않은 채 시각적 결과물을 제시한 점이 문제로 지적되고 있다. 또한 임상 워크플로(Clinician's workflow)를 임상 인터페이스와 실제 업무 환경에 적용 및 통합하는 것에 대한 필요성이 제기되었으나, 관련 연구들은 매우 미진한 실정이다. 이에, 본 연구에서는 대학병원 의료진과의 협업연구를 통해 사용자(의료진)의 니즈를 파악 후, 이를 위한 임상 인터페이스(Clinician Interface)를 제시하는 데 연구의 목적을 둔다.

연구방법 4명의 간호사와 2명의 임상의를 대상으로 1)사전 인터뷰를 실시하여 의료진들의 구체적 니즈를 파악하였고, 이후 2)8명의 임상의를 대상으로 참여디자인 워크숍을 진행하여, 진료시 종합적으로 봐야 하는 환자 데이터와 인슐린 처방에 도움을 줄 수 있는 인터페이스에 대해 조사하였다. 연구팀은 3)이에 기반한 임상 인터페이스 프로토타입을 디자인 및 제작하였으며, 3명의 임상의를 대상으로 검증조사를 하였다.

연구결과 사전인터뷰를 통해 의료진들의 워크플로는 크게 4단계(혈당값 측정 - 시스템 업로드 - 혈당값 확인 - 처방 결정)로 구분됨을 알 수 있었고, 현재 국내병원에서 의료진들이 사용하고 있는 인터페이스에서는 한정된 데이터(e.g., 혈당)만 볼 수 있는 등 한계점이 많은 것으로 나타났다. 참여디자인 워크숍을 통해, 의료진과 함께 혈당 관련 데이터 유형을 연관성에 따라 분류한 결과, 24개의 데이터는 5개의 그룹으로 구성될 수 있었다(환자 기본 정보, 기본 검사 항목, 혈당에 영향을 주는 처방, 인슐린 처방과 혈당, 추적 검사). 이 데이터를 중요도에 따라 3단계로 분류하였고, 이를 토대로 임상 인터페이스를 디자인 하였다. 워크숍에 참여하였던 3명의 의사와 총 4번의 반복 평가를 거쳐 디자인을 개선하여 최종 임상 인터페이스 디자인을 도출하였다.

결론 본 연구에서 제안하는 임상 인터페이스가 병원에서 사용될 때 의료진의 업무효율성, 만족도 등에 대해 장기간으로 측정하고 분석하지 못한 한계를 지닌다. 이를 보완하기 위해 본 연구팀은 지속적으로 대학병원 측과 임상 인터페이스에 대해 공동연구하여 발전시켜 나갈 계획이다. 본 연구가 다양한 의료분야에서 사용되는 임상 인터페이스 연구에 기여할 수 있기를 기대한다.

주제어 데이터 시각화, 참여디자인, 임상 인터페이스, 입원환자 당뇨병 관리

*교신저자 : 윤재영 (ryun@hongik.ac.kr)