

당뇨병 모바일 앱 관련 연구동향: 텍스트 네트워크 분석 및 토픽 모델링

박승미¹ · 곽은주¹ · 김영지²¹충북대학교 간호학과, ²공주대학교 간호학과

Research Trend on Diabetes Mobile Applications: Text Network Analysis and Topic Modeling

Park, Seungmi¹ · Kwak, Eunju¹ · Kim, Youngji²¹Department of Nursing Science, Chungbuk National University, Cheongju; ²Department of Nursing, Kongju National University, Gongju, Korea

Purpose: The aim of this study was to identify core keywords and topic groups in the 'Diabetes mellitus and mobile applications' field of research for better understanding research trends in the past 20 years. **Methods:** This study was a text-mining and topic modeling study including four steps such as 'collecting abstracts', 'extracting and cleaning semantic morphemes', 'building a co-occurrence matrix', and 'analyzing network features and clustering topic groups'. **Results:** A total of 789 papers published between 2002 and 2021 were found in databases (Springer). Among them, 435 words were extracted from 118 articles selected according to the conditions: 'analyzed by text network analysis and topic modeling'. The core keywords were 'self-management', 'intervention', 'health', 'support', 'technique' and 'system'. Through the topic modeling analysis, four themes were derived: 'intervention', 'blood glucose level control', 'self-management' and 'mobile health'. The main topic of this study was 'self-management'. **Conclusion:** While more recent work has investigated mobile applications, the highest feature was related to self-management in the diabetes care and prevention. Nursing interventions utilizing mobile application are expected to not only effective and powerful glycemic control and self-management tools, but can be also used for patient-driven lifestyle modification.

Key Words: Diabetes mellitus; Mobile applications; Data mining; Telemedicine; Self-management

국문주요어: 당뇨병, 모바일 앱, 데이터마이닝, 원격의료, 자가관리

서론

1. 연구의 필요성

공복 시 혈당 126 mg/dL 이상, 당화혈색소 6.5% 이상의 기준으로 진단한 국내 30세 이상 성인 중 당뇨병 유병률은 2018년도에 13.8%로 나타나 2015년 11.4%에 비하여 약 20% 증가하여 국내 성인 중 494

만 명이 당뇨를 가지고 있는 것으로 추정되고 있다[1]. 당뇨 환자들은 당뇨의 다양한 신체 증상과 혈당 관리를 위한 투약으로 일상생활의 제한을 경험할 뿐 아니라, 유병 기간이 장기화되며 뇌졸중, 심근경색 등의 심혈관 질환과 망막증과 신부전으로 대표되는 미세혈관 합병증에 걸릴 위험도 있다. 이러한 합병증으로 인해 신체기능의 저하와 삶의 질이 감소되지 않도록 당뇨 조기 진단 및 혈당 유지관

Corresponding author: Kim, Youngji

Department of Nursing, College of Nursing and Health, Kongju National University, 56 Gongjudaehak-ro, Gongju 32588, Korea

Tel: +82-41-850-8591 E-mail: superdri@hanmail.net

*이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2020R1G1A1102912).

*This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2020R1G1A1102912).

Received: June 23, 2021 Revised: August 6, 2021 Accepted: August 13, 2021

This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

리가 일차적으로 중요하지만[2], 당화혈색소의 정상범위 6.5% 미만으로 유지되어 혈당이 잘 관리되는 사례는 28.3%에 그치고 있다[1].

당뇨병은 약물치료 이외에도 환자가 스스로 음주, 흡연, 걷기 운동 등 생활 습관을 관리하고 혈당을 모니터링하는 자기관리가 질병의 예후를 좌우한다[3]. 당뇨 환자들의 효율적인 자가관리를 위해 최근의 전자기기와 통신망의 발전을 이용한 여러 방법이 시도되고 있으며, 근래에는 당뇨 관리 앱도 다양하게 개발되고 있다[4-9]. 매식전 혈당을 측정하여 수기로 작성해야 했던 기존 혈당일지를 대신하여 전자식 혈당 측정 기기에서 측정된 결과가 바로 모바일 기기로 전송되는 기기가 발명되었고[4], 스마트폰 및 태블릿 PC 등의 모바일 기기 사용이 보편화되고 터치스크린을 통한 입력 방식이 도입되면서 당뇨 관리를 위한 모바일 앱의 활용 범위가 점차 확대되고 있다[5].

당뇨 관리를 위한 모바일 앱을 통해 혈당, 약물, 체중, 식사, 운동에 대한 데이터를 기록할 수 있고 도식화된 정보로 변환하여 보여줄 뿐만 아니라, 입력된 정보를 바탕으로 환자에게 실시간 가이드를 제공해 주거나 구체적인 지시사항을 전달할 수 있다. 또한 당뇨병 관련 정보를 동영상 등을 통해 제공해 주고, 의료진과 소통의 매개체가 되는 등 다양한 역할을 기대할 수 있다[6]. 이러한 다양한 기능을 활용하여, 당뇨환자를 위한 모바일 앱 개발이 보건 의료 분야에서 지속적으로 증가하고 있으며, 모바일 앱의 당화혈색소 감소 효과도 입증된 바 있다[7]. 제1형 및 제2형 당뇨환자에게 모바일 앱을 적용한 결과, 시험 참여자들은 모바일 앱 사용에 자신감을 보였고 앱 사용에 만족한다고 하였으며, 당뇨병에 대한 자가관리 동기가 증가했음을 보여주었다[8]. 제1형 당뇨환자에게 Glucose Buddy라는 앱을 적용한 결과, 시험군에서 대조군에 비해 혈당조절이 개선되는 결과를 보였다[9].

모바일 앱 개발연구가 증가함에 따라 모바일 앱의 효과성을 확인하기 위한 체계적 문헌 고찰 연구가 제1형 당뇨와 제2형 당뇨로 나누어져 이루어지거나 모바일 앱의 활용성과 기능에 대해 분석한 체계적 문헌 고찰이 다양하게 이루어진 바 있다[10-12]. 이러한 체계적 문헌고찰 연구에서는 각 연구마다 구체적인 한정적인 주제를 설정하고 해당 주제를 직접적으로 다룬 논문만 분석하므로, 모바일 앱과 당뇨병에 대한 광범위한 연구를 파악하고 변화를 살피기 위해 텍스트 마이닝을 활용한 네트워크 분석 연구가 필요하다[13]. 텍스트 마이닝은 자연어 처리 기법(natural language processing, NLP)에 근거하여 문서, 소셜미디어, 영상 등의 비정형 텍스트에서 의미 있고 유용한 정보를 찾아내는 컴퓨터 연산적 접근이며, 이를 활용한 텍스트 네트워크분석은 텍스트 내 모든 단어들에 해체하여 개념을 추출하고 관계망의 형태로 변환하고 시각화하여 제시해준다

[14]. 텍스트를 분석할 때 전통적으로 쓰이는 내용분석(contents analysis)이 정성적으로 텍스트를 분석하기에 연구자의 주관성이 개입되거나 재현성이 부족하다는 단점이 있었는데 텍스트 네트워크 분석은 이러한 한계점을 보완할 수 있다[15]. 텍스트 네트워크 분석을 활용하면, 특정 주제로 연구되고 있는 문헌에서 주로 다루고 있는 키워드 및 동시 출현하는 단어를 파악하여, 주요 개념 간의 관계도를 시각화하고 인지구조(cognitive structure)를 형상화할 수 있다는 장점이 있다[16]. 또한 토픽모델링은 각 문서에 잠재되어 있는 주제들을 군집하여 분석하고 시각화할 수 있어 연구동향을 분석하는데 적합하여 간호학에서 텍스트 마이닝을 활용하는 시도가 늘고 있다[17]. 다시 말해, 당뇨관리를 위한 모바일 앱을 주제로 하는 다수의 논문에 나타난 단어들 간의 네트워크 구조를 분석함으로써 연구동향을 파악할 수 있다.

당뇨관리를 위한 모바일 앱을 연구 주제로 하는 문헌이 점차적으로 증가함에 따라, 간호학 지식체의 확장을 위해 기존에 축적된 지식체의 경향을 분석함으로써 추후 간호 지식체의 발전방향을 조망해볼 필요가 있다. 모바일 앱을 통한 당뇨관리를 연구 주제로 하는 문헌들을 종합하고 텍스트 네트워크 분석을 통해 키워드를 색인하고 그 관계를 시각화하는 과정을 통해 간호학 연구의 지식 구조를 체계화하는 데 도움이 될 것이다. 이를 위해 스마트폰이 상용화되기 시작하는 2000년대를 기준으로 최근 20년간의 당뇨병 모바일 앱 관련 연구를 연구 대상으로 삼고자 하였다. 본 연구에서는 텍스트 네트워크 분석을 이용해 국내외의 당뇨관리 모바일 앱을 연구한 문헌들의 핵심 키워드를 규명하여 연구동향을 파악하고, 이를 바탕으로 당뇨관리에 유용한 모바일 앱 개발에 필요한 기초자료를 제공하고자 한다.

2. 연구 목적

본 연구의 목적은 텍스트 네트워크 분석과 토픽모델링 기법을 이용하여 당뇨병과 모바일 앱에 대한 연구동향을 이해하기 위해 핵심 키워드와 주요 토픽을 파악하고자 한다.

연구 방법

1. 연구 설계

본 연구는 '당뇨병과 모바일 앱'과 관련된 연구들의 초록을 대상으로 텍스트 네트워크 분석 및 토픽모델링 기법을 이용하여 핵심 키워드와 주요 토픽을 기술한 양적 연구이다.

2. 연구 대상

본 연구의 대상은 2002년부터 2021년 사이에 학술지에 게재된 당뇨병 및 모바일 앱과 관련된 논문(article)의 초록을 대상으로 하였다.

3. 자료수집

‘diabetes mellitus AND mobile application’이라는 주제와 관련된 문헌을 포함하면서 공인된 수준의 문헌만을 포함시키기 위해 Springer database를 이용하여 검색하였다. NetMiner version 4.4 (NetMiner, Cyram Inc., Seoul, Korea) 프로그램의 ‘extension’모듈을 이용하여 문헌을 수집하였으며, 자료수집 대상이 초록으로 제공되는 경우가 많으므로 언어 설정은 영어로 지정하였다. 외부 전문가의 도움을 받아 검색어는 ‘diabetes mellitus AND mobile application’, ‘diabetes mellitus AND mobile’, ‘diabetes AND mobile’, ‘diabetes AND application’, ‘diabetes AND app’로 정하였고, 검색일은 2021년 3월 4일이며, 총 789편의 문헌이 검색되었다. 분석프로그램에서 제공되는 ‘extension’모듈의 ‘merge’기능을 이용하여 중복되는 155편의 자료를 제외하였고, 초록이 없는 논문 113편을 분석에서 제외하였다.

당뇨병과 모바일 앱에 대한 문헌만을 자료 대상으로 선정하기 위해, 본 연구의 연구자 전원이 분석 대상 문헌의 초록을 읽고 자료의 적합성을 판단하였다. 연구자의 의견이 일치하지 않는 문헌은 협의 과정을 거쳐 선정 기준에 해당하는지 여부를 재검토하였다. 이와 같은 반복적인 검토 과정과 논의를 거친 후, 연구 주제와 부합하지 않는 자료 403편을 제외하여 총 118편의 논문을 연구 대상으로 선정하였다. 연구주제에 맞지 않는 문헌들은 주로 동물실험과 유전학적 연구, 생화학적 연구, 분자생물학적 연구에 해당하며 모바일 앱 관련 연구로 보기 어려워 연구목적과 맞지 않다고 판단되었다.

최종 선정된 논문의 초록, Digital Object Identifier (DOI), 저자, 연도, 저널명과 제목이 포함된 서지 정보를 반출하였고, 이를 엑셀 상태로 변환하였다. 소셜 네트워크 분석 프로그램인 NetMiner version 4.4를 이용하여 unstructured text로 변환하여 총 1,934개의 단어가 추출되었다.

4. 자료 분석

빈도 및 백분율의 기초 통계를 이용하여 연도별 논문의 수를 확인하고, 네트워크 분석과 토포모델링 분석을 실시하였다.

- (1) 기초통계 분석: 빈도 및 백분율의 기초 통계를 이용하여 연구 방법, 분석방법, 출판연도별로 논문 편수를 분석하였다.
- (2) 단어의 전처리: 동시 출현 행렬 개발과 텍스트 네트워크 분석을 위해 비정형 텍스트인 논문 초록에서 단어 전처리 과정을 거쳤다.

① 1차 단어 정제: 추출 단어는 명사를 기준으로 키워드에서 대문자는 모두 소문자 처리하였고, 고유명사를 제외하였다. 또한 NetMiner 분석프로그램에 유의어, 지정어, 제외어 사전을 만들어 이를 토대로 의미 형태소를 정제하였다. 유의어 사전은 동일하고 유사한 의미를 갖지만 표기를 다르게 한 단어들을 하나의 대표어로 정하는 사전이며[12], 본 연구에서는 ‘monitoring’, ‘monitor’는 ‘monitoring’으로 ‘guideline’, ‘guidance’는 ‘guideline’으로 대표어를 정하였다. 지정어 사전은 여러 단어가 하나의 의미를 이루는 단어를 지정할 수 있는 사전으로[14] 예를 들어 ‘self-management’, ‘healthcare’, ‘type I diabetes’, ‘diabetes mellitus’, ‘mobile application’ 등을 지정어 사전으로 정리하였다. 제외어 사전에 연구와 통계 관련 단어로 ‘analysis’, ‘conclusion’, ‘objective’, ‘trial’, ‘result’, ‘outcome’, ‘regression’, ‘correlation’ 등의 단어들과 약어, 부호를 등록시켰고, 선행연구를 참고하여[18] 빈도 분석 결과 출현 빈도 1회인 단어를 제외하였다.

② 2차 단어 정제: 1차 단어 정제 후 추출된 단어에서 Term Frequency-Inverse Document Frequency (TF-IDF) 0.5 미만 단어를 제외하였다. 하나의 문서 안에 등장하는 단어들의 빈도는 Term frequency (TF)라고 하며, 어떠한 단어가 등장하는 문서의 개수를 나타낸 것을 Document frequency (DF)라 한다. 이러한 DF의 역수를 로그로 표현한 것이 Inverse Document frequency (IDF)이다. TF값이 높다는 것은 어떤 단어가 한 문서 내에서 등장하는 빈도가 높아 핵심 단어로 인식될 수 있으나, 다른 문서에서도 동일하게 TF값이 높을 경우는 여러 문서에서 일반적으로 사용되는 단어로 간주되어 반드시 핵심 단어라 할 수는 없다. 따라서, 단어들의 IDF값을 계산하여 핵심 단어를 추출할 때 제외해야 하며, 이를 위해 TF와 IDF를 곱한 값으로 특정 문서에서의 어떤 단어의 중요도를 나타내는 TF-IDF를 구하여 단어 추출에 이용한다. TF-IDF값은 값이 클수록 해당 문서에서의 어떤 단어의 중요도가 높음을 나타낸다[19]. 본 연구에서는 1회 단어 정제 후 TF-IDF가 0.5 미만인 단어를 제외시키고자 제외어 사전에 추가하고 단어의 길이(word length)를 2 이상으로 정하여 총 435단어를 추출하였다. 일반적으로 한국어 단어의 평균 길이가 2-3으로 파악되어 2 이상만을 포함시켜 불용어를 제거하고자 하였다.

(3) 단어의 빈도와 중심성 분석: 단어의 등장 빈도를 파악하기 위해 전체 네트워크에 출현한 단어의 단순 등장 빈도와 단어가 출현한 문서 수를 확인하였고, TF-IDF값을 분석하였다. 주요 단어들 간의 관계를 파악하기 위해 텍스트 네트워크 분석방법을 사용하여 단어 간 동시 출현 빈도를 링크로 표현하는 단

어 네트워크를 형성하였다. 논문 118편과 435개의 단어로 이루어진 이원 모드 행렬을 단어-단어 간 일원 모드 행렬로 변환하였고, 유사성 지표로 자카드 계수(Jaccard coefficient)를 이용하였다. 자카드 계수는 단어의 유사도 측정에 코사인 계수보다 적합한 것으로 알려져 있고, '0-1'의 범위를 가지며 값이 '1'에 가까울수록 동시 출현 빈도가 높음을 의미한다[20]. 이를 바탕으로 연결 중심성(degree centrality) 분석, 근접 중심성(closeness centrality) 분석, 매개 중심성(betweenness centrality) 분석을 실시하였다.

- (4) 토픽모델링: 토픽모델링은 문서나 단어 같은 관측된 변수를 통해서 문서 구조와 같이 숨겨진 변수를 추론하는 방법으로, 이 방법을 이용하여 각 단어들 이 문서에서 각각의 주제에 포함될 확률(p)을 찾을 수 있다. 본 연구에서 의미하는 토픽은 서로 연관성이 높은 단어들이 어떤 문서에 포함되어 있는 확률 분포이다. 토픽모델링 방법은 잠재적 디리클레 할당 방법(Latent Dirichlet Allocation, LDA)을 이용했으며, 이는 모든 단어가 연관되어 있다는 가정에서 출발하여 단어의 생성 조건에 따라서 사후 확률을 추론하는 것으로 문서 내에 숨겨져 있는 주제를 알고리즘을 이용해 찾아내는 방법이다. 즉, 단어와 문서의 분포를 알고리즘으로 추정하여 각 문서별 주요한 단어와 분류를 모델링하는 것으로[14,18] 입력 옵션은 learning method = MCMC, $\alpha = 8.33$, $\beta = 0.1$, iteration = 1,000의 기준 하에 토픽모델링을 시행했다. 토픽의 수를 정하는 통계학적 방법은 여러 개가 있으나 선행연구를 참고하여 K-means clustering을 이용한 실루엣 계수로 결정하였다. 실루엣계법은 클러스터링의 품질을 정량적으로 계산해 주는 기법으로 클러스터링이 최적화될수록 실루엣 계수는 1에 가까운 수치가 된다[21]. 토픽 분석의 결과를 연구 참여자 전원이 확인하고 가장 큰 실루엣 계수를 산출한 토픽 수는 4개로 판정되었다. 토픽별로 등장 단어의 빈도를 기준으로, 상위 10위에 등장하는 단어들로 단어 네트워크를 구성하였으며, 특히 이 중 1-5위까지는 동그라미의 표시를 진하게 하고 순서에 따라 동그라미의 크기에 변화를 주어 구분하였다.

연구 결과

1. 기초 통계

당뇨병과 모바일 앱에 대한 최근 20년간 논문 중 본 연구에 이용된 문헌은 총 118편으로, 발표된 문헌의 출판그룹은 Springer (72.9%), BioMed Central (24.6%), Nature (2.5%)의 순으로 나타났다. 논문의 연

Table 1. Characteristics of Researches of Diabetes Mellitus and Mobile Applications (N = 118)

Categories	n (%)
Type of research	
Survey	16 (13.6)
Qualitative study	5 (4.2)
Experimental study	29 (24.6)
Program development	7 (5.9)
Miscellaneous (concept analysis, systematic review, methodological study)	61 (51.7)
Analysis method	
Multivariate analysis	9 (7.6)
Univariate analysis	27 (22.9)
Qualitative research method	6 (5.1)
Hybrid	6 (5.1)
Others (meta-analysis, report, experiment design report)	70 (59.3)

구 방법은 체계적 리뷰나 방법론적 연구, 개념 분석 등이 51.7%로 가장 많았고, 실험연구와 조사연구가 그 뒤를 이었다. 연구의 분석방법은 메타분석 및 보고서 등이 59.3%, 단변량 분석이 22.9%였고, 다변량 분석과 질적 보고 방법, 하이브리드는 각각 10% 미만으로 나타났다(Table 1).

논문 118편과 435개의 단어로 이루어진 네트워크 내 모든 노드 간 최단 경로의 평균인 Mean distance는 2.92, 노드 간 평균 연결 정도인 Average degree는 4.63, 네트워크 내 모든 노드 간 최단 경로 중 가장 큰 값인 Diameter는 7로 나타났다.

연구 시기를 5개년 단위로 나누어 봤을 때, 2002년에서 2006년까지 4편(연평균 0.8편), 2007년에서 2011년까지 8편(연평균 1.6편), 2012년에서 2016년까지 30편(연평균 6편), 2017년에서 2021년까지 76편(연평균 15.2편)으로 최근 5년 사이에 연구가 더욱 활발히 이루어지고 있다. 연구가 활발히 이루어진 2012년에서 2021년 사이의 토픽별 발표 현황을 살펴보면 2012년부터 2016년까지 토픽은 모바일 헬스, 자가관리, 혈당조절, 중재의 순서로 이루어졌으며, 최근 5개년에는 자가관리, 혈당조절, 중재, 모바일 헬스의 순으로 발표되었다. 전체 출판 논문 수로 나눈 토픽별 논문 수의 비율로 보았을 때, 자가관리, 혈당조절, 중재는 증가하였으나 모바일 헬스는 오히려 감소세를 보였다. 2002년에서 2021년까지 최근 20년 동안 토픽별 논문 편수는 모두 증가세를 보이고 있으며, 특히 자가관리에 대한 논문 수가 가장 많이 증가하고 있다(Figure 1).

2. 빈도분석 및 중심성 분석

단순 출현 빈도가 높은 단어의 순서는 '자가관리(self-management)', '중재(intervention)', '건강(health)', '돌봄(care)', '포도당(glucose)'으로 나타났다. 본 연구에서 단어 네트워크의 연결중심성, 근접 중

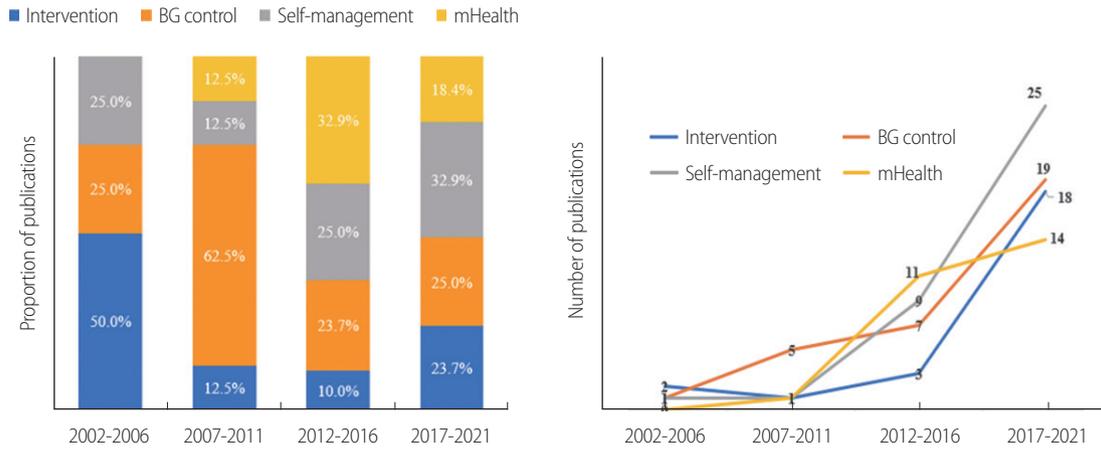


Figure 1. Topic trend by period. BG = blood glucose.

Table 2. Core Keywords by Frequency, Degree Centrality, Closeness Centrality, and Betweenness Centrality

	Frequency	Degree centrality	Closeness centrality	Betweenness centrality
Mean distance		0.04	0.13	0.02
Centralization (%)		16.6	15.9	17.1
1	Self-management	Self-management	Health	Self-management
2	Intervention	Health	Self-management	Health
3	Health	Intervention	Support	System
4	Care	Monitoring	Disease	Monitoring
5	Glucose	Support	Behavior	Disease
6	Support	mHealth	Technique	Support
7	Risk	Technique	Intervention	Intervention
8	Technique	System	System	Health care
9	Effect	Health care	mHealth	Technique
10	System	Effect	Health care	Utility

Keywords in bold indicate that the term belongs to all of the top 30 keywords as measured by frequency, number of documents, and degree centrality.

심성, 매개 중심성의 평균은 각각 0.04, 0.13, 0.02였고, 집중도는 각각 16.6%, 16%, 17%였다. 연결 중심성은 ‘자가관리(self-management)’, ‘건강(health)’, ‘중재(intervention)’, ‘모니터링(monitring)’, ‘지지(support)’의 순서였으며, 근접 중심성은 ‘건강(health)’, ‘자가관리(self-management)’, ‘지지(support)’, ‘질병(disease)’, ‘행동(behavior)’의 순서로 구성되어 있었고, 매개 중심성은 ‘자가관리(self-management)’, ‘건강(health)’, ‘체계(system)’, ‘모니터링(monitring)’, ‘질병(disease)’의 순서로 구성되어 있었다. 등장 빈도와 세 개의 중심성 분석에서 모두 상위 10위 안에 포함되는 단어들은 ‘자가관리(self-management)’, ‘중재(intervention)’, ‘건강(health)’, ‘지지(support)’, ‘기술(technique)’, ‘체계(system)’로 총 6개 단어였다(Table 2).

3. 토픽모델링

LDA 기법으로 토픽모델링 분석을 실시했으며, 토픽별로 주요어 로 나타난 단어들을 중심으로 연구자 3인이 해당 문헌의 초록을 읽

고, 합의를 거쳐 대표하는 주제를 찾고자 하였는데, 분석 결과 토픽 1은 ‘중재’, 토픽 2는 ‘혈당조절’, 토픽 3은 ‘자가관리’, 토픽4는 ‘모바일 헬스’라는 4개 주제가 도출되었으며 주제별 상위 10위 등장 단어와 단어의 등장 확률(p)은 Table 3와 같다. 또한, 토픽에 포함된 문헌 수 로 평가한 주요 토픽은 자가 관리(36편, 30.5%)인 것으로 나타났다 (Table 3).

토픽별로 등장 단어의 빈도를 기준으로, 토픽별 상위 10위 등장 단어들의 단어 네트워크를 Figure 2에 나타냈다. 토픽별 주제는 토픽 그룹별로 해당 문헌에 등장하는 단어의 문서 내에서의 활용을 확인하고 분류하였다. Topic 1에서는 ‘중재(intervention)’, ‘돌봄(care)’, ‘교육(education)’, ‘효과(effect)’, ‘당화혈색소(HbA1c)’가 등장하는데 모바일 앱을 통해 당뇨관리를 교육하여 중재 효과를 확인하고자 하여 ‘중재’라 명명하였다. Topic 2에서는 ‘체계(system)’, ‘포도당(glucose)’, ‘건강(health)’, ‘혈액(blood)’, ‘건강관리(health care)’의 단어가 등장하여 당뇨병 환자의 건강관리를 위한 모바일 앱의 혈당관리와 관

Table 3. Topic Groups and Highly Occurred Keywords by Topic Modeling

(N = 118)

Topic group	Self-management		BG control		mHealth		Intervention	
	Keyword	P	Keyword	P	Keyword	P	Keyword	P
No of articles (%)	36 (30.5)		32 (27.1)		26 (22.0)		24 (20.3)	
1st	Self-management	.12	System	.05	Risk	.05	Intervention	.06
2nd	Support	.06	Glucose	.05	Intervention	.05	Care	.06
3rd	Utility	.04	Health	.04	Health	.05	Education	.03
4th	Feature	.06	Blood	.03	Technique	.04	Effect	.03
5th	Adulthood	.03	Health care	.03	Life	.04	HbA1C	.03
6th	Test	.02	Development	.03	Factor	.04	Baseline	.03
7th	Medication	.02	Monitoring	.03	mHealth	.04	Year	.03
8th	Phone	.02	Person	.03	Disease	.03	Program	.02
9th	Information	.02	Insulin	.02	Exercise	.03	Complication	.02
10th	Health care	.02	Treatment	.02	Measure	.02	Time	.02

P = probability; BG = blood glucose; HbA1c = Hemoglobin A1c; mHealth = mobile health.

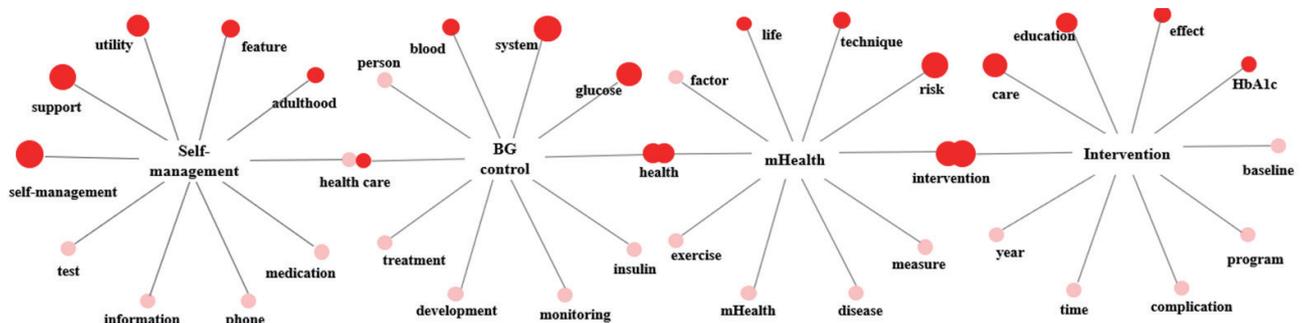


Figure 2. Topic-keyword map by two-mode analysis.

련된 연구들이 주를 이루어 ‘혈당조절’로 명명하였다. Topic 3에서는 ‘자가관리(self-management)’, ‘지지(support)’, ‘유용(utility)’, ‘특징(feature)’, ‘성인(adulthood)’이 등장했다. 이는 유용한 당뇨병 모바일 앱을 사용하여 증재에 영향을 미치는 것들과 특징을 확인하여 자가관리를 향상시키기 위한 연구들로 이루어져 ‘자가관리’로 명명하였다. Topic 4에서는 ‘위험(risk)’, ‘증재(intervention)’, ‘건강(health)’, ‘기술(technique)’, ‘생활(life)’가 등장하며 당뇨병 환자의 건강한 생활을 위한 증재로 모바일 앱을 이용하고 이러한 기술의 적용 결과 해결해야 할 문제와 인터넷 기반 지원의 장기적 효과 평가를 위한 초석이 되는 연구들이 주를 이루어 ‘모바일 헬스’라 명명하였다.

논 의

본 연구에서는 텍스트 네트워크 분석과 토픽모델링 방법을 이용하여 2002년부터 2021년 사이에 출판된 당뇨병과 모바일 앱에 대한 논문들의 초록에 포함된 단어를 분석하였다. 빈도 및 중심성 분석을 통해 핵심 키워드를 도출하고 토픽모델링 기법을 통해 주요 연

구동향을 파악하였으며, 이를 바탕으로 당뇨병 환자에서 모바일 앱을 활용한 간호증재 증진 방안을 수립하는데 기초가 될 수 있는 추후 연구방향을 제시하고자 한다.

최종 선정된 논문은 118편이며, 이 중 76편이 2017년에서 2021년에 출판되어 모바일 헬스 기술이 당뇨 관리에 활용되고 있음을 보여주고 있다. 일원모드 단어 네트워크에서 평균 거리(mean distance)는 2.92로, 이는 한 단어에서 다른 단어까지 도달하는데 평균 3단어 이내로 이루어짐을 알 수 있고, 평균 연결 정도(average degree)는 4.63으로 단어별로 연결되는 다른 단어는 4-5단어 사이임을 알 수 있다.

단순 출현 빈도와 연결 중심성, 근접 중심성, 매개 중심성 분석에서 모두 상위 10위 안에 포함된 핵심 키워드는 ‘자가관리’, ‘증재’, ‘건강’, ‘지지’, ‘기술’, ‘체계’의 6개였다. 당뇨병 관리의 핵심 목표는 안정적인 혈당 관리를 통해 합병증의 발현을 예방하거나 최대한 늦추는 것이며, 모바일 앱을 활용하여 당뇨환자들의 식이 조절, 혈당 체크 및 신체활동 유지 등의 ‘자가 관리’를 지속하려는 시도가 많이 이루어지고 있음을 알 수 있다[2]. 다양한 모바일 헬스 기술의 발전으로 웨어러블 기기, 모바일 앱, 스마트폰이 당뇨병과 같은 만성질환의

예방과 관리에 폭넓게 사용되고 있으며[23], 이중 모바일 앱은 스마트폰의 발달과 보급으로 개인이 일상생활에서 활용 가능하여 자가 관리 및 긍정적 생활습관을 형성하기 위한 간호 중재로 적합하다고 여겨진다[24]. 다만, 선정 논문 중 24.6%만이 실험 연구였던 것과 관련하여 추후 당뇨 관리를 위한 다양한 환자 맞춤 모바일 앱의 개발과 그 효과를 검증하는 연구들이 요구된다.

당뇨병과 모바일 앱에 관련된 연구들의 동향을 파악하기 위해 토픽모델링을 실시한 결과, '자가관리', '혈당조절', '모바일 헬스', '중재'의 4개의 토픽이 추출되었으며, 등장 확률 순으로 보면 '자가관리'가 36편으로 가장 많았고, '혈당조절', '모바일 헬스', '중재' 순으로 나타났다. 토픽 '자가 관리'에는 '자가 관리', '지지', '유용', '특징', '성인'이 등장하였다. '성인' 키워드는 지금까지의 연구들이 성인에서의 당뇨 관리에 대한 내용이 많았음을 보여주고 있다[22,25]. 그러나 아동과 청소년에게서 제1형 당뇨병과 제2형 당뇨병의 유병률이 증가하고 있고 특히 성인에서 발생하는 제2형 당뇨병의 유병률이 급격하게 증가하는 것은 미래에 장애와 경제적 부담을 초래하기에 관심 있게 다루어져야 하는 건강 문제이다[26]. 모바일 앱의 개발과 활용에서 유용성 평가는 필수적인 부분이다. 사용자와 모바일 앱의 상호작용, 즉 자신의 혈당을 모바일 앱에 입력하고, 모바일 앱의 처방이나 정보제공을 확인하는 과정 등은 모바일 앱을 활용한 중재에서 매우 중요하며 이를 위해 사용자 유용성 점수(user utility score) 평가 등이 모바일 앱 연구에서 수행되고 있으며, 사용자 유용성 점수가 높은 그룹에서 당화혈색소가 유의하게 감소하였음을 확인하였다[27]. 또한, 당뇨병 유병률이 노인인구 집단에서 급격히 증가하는 것을 고려할 때 개발된 모바일 앱의 주된 활용 대상자의 특징을 고려하여 유용성을 증진시키기 위한 모바일 앱의 기획, 평가가 지속되어야 할 것이다.

토픽 '혈당조절'에는 '체계', '포도당', '건강', '혈액', '건강관리'과 포함되었다. 당뇨환자들 중 인슐린 투약을 하는 경우 혈액을 통한 포도당 검사, 즉, 혈당검사의 자가 모니터링이 필수적이다. 매일의 혈당 수치를 검사하여 모바일 앱에 입력하고 의료진의 피드백을 받도록 하는 앱의 개발과 적용을 통해, 의료진과 양방향 의사소통을 가능하게 하고 환자의 건강관리를 개선시킬 수 있다[28]. 인슐린 투약을 하지 않은 경우에도 모바일 앱을 통한 정기적인 혈당 검사의 모니터링이 질병에 대한 자기인식(self-awareness)을 높이고, 신체활동, 체중 조절, 식이 관리를 촉구하는 계기가 될 수 있다[29].

토픽 '모바일 헬스'에 포함되는 키워드는 '위험', '중재', '건강', '기술', '생활'이었다. 당뇨병의 위험요인에는 행동적 요인, 환경적, 직업적 요인, 대사성 요인 등 다양한 요인이 포함되는데, 이중 당뇨병의 진행에 분명한 상관관계가 있는 것으로 규명된 행동적 위험요인은 흡

연, 과도한 음주, 낮은 질의 식사, 부족한 신체활동이다[30]. WHO는 국가의 경제적 상태와 상관없이 당뇨, 고혈압과 같은 비전염성질환이 전 세계적으로 증가하고 있는 문제를 관리하기 위하여 Global Action Plan 2013-2020을 발표하였고, 이러한 만성질환의 예방과 초기 진단검사의 중요성을 강조하였다. 또한 인터넷과 모바일 기술을 활용하여 보건의료체계를 강화할 수 있는 디지털 중재를 권장하였다[31]. 당뇨관리에 사용된 모바일 헬스 프로그램은 그 목적과 설계에 따라 다양하다. 가장 단순한 형태는 문자메시지 기반 프로그램으로 문자메시지를 통해 식이, 운동과 혈당 모니터링 모듈과 환자별 추가된 자가관리 활동에 대한 안내를 전달하는 것이다[32]. 문자메시지 기반 프로그램은 고기능의 스마트폰을 구매하기 어렵거나 사용하기 어려운 노인이나 저소득 대상자에게 유용하지만 일방향이어서 한계를 지닌다. 모바일 앱은 환자의 자가측정 결과에 기반하여 맞춤형이며 양방향적 의사소통을 포함하며, 영양, 활동, 혈당모니터링, 인슐린 조절, 인슐린 전달 앱이 포함된다[33]. 당뇨병 모바일 앱의 효과는 당화혈색소를 포함한 혈당조절과 체중으로 측정되었는데, 자가관리를 통한 행동수정에 대한 효과 검증은 부족한 상황이므로[12], 흡연, 음주, 식이, 신체활동과 같은 주요한 행동적 위험요인의 수정에도 모바일 앱의 효과성을 평가하는 연구가 필요할 것으로 사료된다.

토픽모델링의 마지막 토픽인 '중재'에 등장하는 주요 키워드는 '중재', '돌봄', '교육', '효과', '당화혈색소'였다. 혈당 모니터링기능은 모바일 앱의 가장 일반적인 구성요소로서, 침습적 및 비침습적 혈당모니터링과 연속 모니터링 기능은 주요한 모바일 중재로 이미 사용되고 있고[23], 코로나로 인한 언택트 상황에서 모바일 앱을 통한 자료 수집은 매우 효과적인 돌봄 중재 자원이 될 수 있다. 당뇨환자교육은 당뇨환자의 통합적 치료 계획에서 가장 기초가 되는 요소이며 궁극적으로 환자 결과에 긍정적인 영향을 끼치는 중요한 중재이다. 그러나, 당뇨병 관리를 위한 모바일 앱 35개의 내용분석을 한 연구[34]에 따르면 당뇨병 모바일 앱 중 통합된 교육도구를 가지고 있는 앱은 매우 적었으며, 개별화된 교육이나 치료적 지지를 제공하기보다, 자신의 혈당을 확인하여 보고하고, 투약시간, 다음 혈당 확인 시간 등을 알려주는 알람 기능을 주로 제공하고 있다고 하였다. 앞으로는 당뇨병 환자의 요구, 질병관리의 용이성, 생활 스타일의 변경 등을 통합하여 개선할 수 있는 당뇨병 모바일 앱의 설계가 필요하다. 중재 토픽의 키워드인 당화혈색소는 모바일 앱의 효과를 측정하는 연구에서 주요 결과 변수로 사용되었고[35], 당화혈색소는 지난 3개월의 혈당수치를 반영하기 때문에 향후 모바일 앱의 효과를 평가하는 연구를 설계할 때 중재 기간은 최소 3개월 이상일 필요성이 있겠다.

시기별 토픽의 변화를 볼 때, 자가관리, 혈당조절, 모바일 헬스, 중재로 이루어진 4개의 토픽별 논문 수는 2000년대 이후 증가 추세를 보이고 있으며 특히 자가관리 토픽에서의 연구 증가가 두드러졌다. 2000년대 초기 모바일 앱 연구가 혈당조절 분야에서 활발했다면 최근 5년간은 자가관리 관련 앱 개발이 증가된 것으로 볼 수 있다. 향후 당뇨병 모바일 앱은 혈당 관리용 앱 개발에 머무르지 않고 환자 주도자가관리 기능을 탑재하는 등 모바일 앱 개발의 확장이 필요하다고 본다. 이에 반해 모바일 헬스의 증가세는 저하되는 경향을 보이고 있었다. 모바일 헬스의 한 분야인 모바일 앱을 적극 활용한 연구가 필요할 것이며 향후 모바일 헬스와 연계한 연구도 증가되어야 할 필요가 있다고 사료된다. 토픽별 단어구름을 보면 신체활동이나 운동에 비해 간호 대상자가 당뇨병을 관리하는데 필요한 동기 부여, 식이와 같은 자가관리 영역에서 중요한 주제는 두드러지게 보이지 않아 향후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

이상 모바일 앱과 관련하여 최근의 연구동향에 대해 살펴보았다. 만성질환자들에게 지속적인 질병 관리의 중요성이 커지는 만큼 모바일 앱을 활용한 간호 중재는 효과적이고 강력한 혈당조절 도구이자 자가관리기술을 제공할 것으로 기대된다. 모바일 앱을 활용하여 대상자 주도 당뇨 관리가 이루어지기 위해서는 무엇보다 건강정보 이해능력(health literacy)과 더불어 디지털 리터러시(digital literacy)에 대한 향상이 요구된다. 특히, 노인이나 저소득층과 같은 취약계층에서는 당뇨병의 이환율도 높지만 관리가 잘 이루어지지 않아 악화되며, 건강정보와 디지털 기술에 대한 이해도 낮고 접근도 제한되어 지속적인 질병 악화의 악순환에 놓이게 된다. 아동과 청소년은 디지털 기기 사용에 있어서는 성인보다 뛰어나지만, 질병을 책임감 있게 관리하기에는 취약하다. 따라서, 발달적 특성을 고려하여 모바일 앱이 구성되어야 하며, 모바일 앱의 사용상의 편리함과 함께 모바일 앱 활용을 돕는 적절한 지지체계를 구축하여 성공적인 자가관리로의 이행을 도와야 할 것이다.

텍스트 네트워크 분석은 대규모의 자료로부터 정보를 추출하여 문헌에 내재되어 있는 주제를 파악하는 장점을 가지지만, 자료수집 및 문헌 선정 과정에 따라 선정되는 키워드가 달라질 수 있다. 특히 이번 연구에서는 단일 데이터베이스만을 사용하여 당뇨병과 모바일 앱이라는 주제에 적합하지만 선정되지 않았을 문헌들이 있을 가능성이 높다고 판단되어, 반복 연구가 필요하다고 본다. 이에 데이터베이스의 종류와 양을 확장시켜 추후 연구가 필요할 것으로 사료된다.

결론

본 연구는 토픽모델링을 활용하여 최근 20년간 시행된 당뇨병과 모바일 앱 관련 연구의 동향을 제시하여 향후 진행되어야 할 연구의 방향과 당뇨병 환자의 자가관리 증진을 위한 모바일 앱 활용에 대한 전략 수립에 기초자료를 제공했다는 데 의의가 있다. 상위 10위 안에 포함된 핵심 키워드는 '자가 관리', '중재', '건강', '지지', '기술', '체계'의 6개였다. 당뇨병과 모바일 앱에 관련된 연구들의 동향을 파악하기 위해 토픽모델링을 실시한 결과, '자가 관리', '혈당조절', '모바일 헬스', '중재'의 4개의 토픽이 추출되었다. 모바일 앱은 당뇨환자들의 자가 관리와 혈당조절에 활용되고 있었고, 모바일 헬스 기술의 발달로 모바일 앱 관련 연구가 증가하고 있으며, 모바일 앱을 이용한 중재 연구가 활발히 이루어짐을 알 수 있었다. 만성질환자들에게 지속적인 질병 관리의 중요성이 커지는 만큼 모바일 앱을 활용할 뿐 아니라 당뇨병과 같은 만성질환 상황에서 환자 주도 자가관리도구로 활용될 수 있을 것이다.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declared no conflict of interest.

AUTHORSHIP

PSM, KEJ and KYJ contributed to the conception and design of this study; KYJ and KEJ collected data; KYJ and KEJ performed the statistical analysis and interpretation; PSM, KEJ and KYJ drafted the manuscript; PSM, KEJ and KYJ critically revised the manuscript; PSM and KYJ supervised the whole study process. All authors read and approved the final manuscript.

REFERENCES

1. Jung CH, Son JW, Kang S, Kim WJ, Kim HS, Kim HS, et al. Diabetes fact sheets in Korea, 2020: an appraisal of current status. *Diabetes & Metabolism Journal*. 2021;45(1):1-10. <https://doi.org/10.4093/dmj.2020.0254>
2. Park JW. Fundamental principles for diabetes mellitus management. *Weekly Health and Illness*. 2019;12(36):1359-1363.
3. Korean Diabetes association. Treatment guidelines for diabetes. 6th edition. Seoul: Korean Diabetes Association; 2019: 25-49.
4. Lee BK. The key to opening the smart healthcare market, mobile medical de-

- vices. *The Optical Journal*. 2015;156:41-51.
5. Hunt CW. Technology and diabetes self-management: an integrative review. *World Journal of Diabetes*. 2015;6(2):225-233. <https://doi.org/10.4239%2Fwjdv6.i2.225>
 6. Shan R, Sarkar S, Martin SS. Digital health technology and mobile devices for the management of diabetes mellitus: state of the art. *Diabetologia*. 2019;62(6):877-887. <https://doi.org/10.1007/s00125-019-4864-7>
 7. Kim HU, Kim EJ, Kim KE. The effects of diabetes management programs using mobile app: a systematic review and a meta-analysis. *Journal of the Korea Contents Association*. 2015;15(1):300-307. <https://doi.org/10.5392/JKCA.2015.15.01.300>
 8. Adu MD, Malabu UH, Malau-Aduli AE, Malau-Aduli BS. The development of my care hub mobile-phone app to support self-management in australians with type 1 or type 2 diabetes. *Scientific reports*. 2020;10(1), 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-56411-0>
 9. Kirwan M, Vandelanotte C, Fenning A, Duncan M. Diabetes self-management smartphone application for adults with type 1 diabetes: randomized controlled trial. *Journal Medical Internet Reserch*. 2013;15(11):e235. <https://doi.org/10.2196/jmir.2588>
 10. Fijacko N, Brzan PP, Stiglic G. Mobile applications for type 2 diabetes risk estimation: a systematic review. *Journal of Medical Systems*. 2015;39(10):124. <http://doi.org/10.1007/s10916-015-0319-y>
 11. Ye Q, Boren SA, Khan U, Kim MS. Evaluation of functionality and usability on diabetes mobile applications: a systematic literature review. In: Vincent G. Duffy, editor. *Applications in health, safety, ergonomics, and risk management: health and safety. Digital human modeling*. 8th. Vancouver, BC, Canada: Lecture Notes in Computer Science; 2017. p.108-116. https://doi.org/10.1007/978-3-319-58466-9_11
 12. Wang X, Shu W, Du J, Du M, Wang P, Xue M, et al. Mobile health in the management of type 1 diabetes: a systematic review and meta-analysis. *BMC Endocrine Disorders*. 2019;19(1):21. <https://doi.org/10.1186/s12902-019-0347-6>
 13. Park CS. Using text network analysis for analyzing academic papers in nursing. *Perspectives in Nursing Science*. 2019;16(1):12-24. <https://doi.org/10.16952/pns.2019.16.1.12>
 14. Lee SS. A content analysis of journal articles using the language network analysis methods. *Journal of the Korean Society for Information Management*. 2014;31(4):49-68. <http://doi.org/10.3743/KOSIM.2014.31.4.049>
 15. Lee SK, Jeong S, Kim HG, Yom YH. A social network analysis of research topics in Korean nursing science. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2011;41(5):623-632. <https://doi.org/10.4040/jkan.2011.41.5.623>
 16. Aggarwal CC. An introduction to social network data analytics. In: Aggarwal CC, editor. *Social network data analytics*. Boston, MA: Springer; 2011. p. 1-15. https://doi.org/10.1007/978-1-4419-8462-3_1
 17. Lee J, Kim Y, Kwak E, Park S. A study on research trends for gestational diabetes mellitus and breastfeeding: focusing on text network analysis and topic modeling. *The Journal of Korean Academic Society of Nursing Education*. 2021;27(2):175-185. <https://doi.org/10.5977/jkasne.2021.27.2.175>
 18. Park EJ, Kim YJ, Park CS. A comparison of hospice care research topics between Korea and other countries using text network analysis. *Journal of Korean Academy of Nursing*. 2017;47(5):600-612. <https://doi.org/10.4040/jkan.2017.47.5.600>
 19. Griffiths TL, Steyvers M. Finding scientific topics. *Proceedings of the National Academy of Science*. 2004;101(Suppl 1):5228-5235. <https://doi.org/10.1073/pnas.0307752101>
 20. Niwattanakul S, Singthongchai J, Naenudorn E, Wanapu S. Using of Jaccard coefficient for keywords similarity. In *Proceedings of the international multiconference of engineers and computer scientists*. 2013;6(1):380-384.
 21. Seo Y, Kim K, Kim JS. Trends of nursing research on accidental falls: a topic modeling analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2021;18(8):3963. <https://doi.org/10.3390/ijerph18083963>
 22. Jeddi FR, Nabovati E, Hamidi R, Sharif R. Mobile phone usage in patients with type II diabetes and their intention to use it for self-management: a cross-sectional study in Iran. *BMC Medical Informatics and Decision Making*. 2020; 20(1):1-8. <https://doi.org/10.21203/rs.2.13951/v3>
 23. Hartz J, Yingling L, Powell-Wiley TM. Use of mobile health technology in the prevention and management of diabetes mellitus. *Current Cardiology Reports*. 2016;18(12):1-11. <https://doi.org/10.1007/s11886-016-0796-8>
 24. Chopoghlo SB, Hosseinkhani A, Khedmat L, Zaki-Nejad M, Puryaghoob M. The self-efficacy improvement in adolescent girls with type 1 diabetes mellitus with self-care education through mobile-based social networking. *International Journal of Diabetes in Developing Countries*. 2021;1-7. <https://doi.org/10.1007/s13410-021-00929-5>
 25. Priscilla S, Nanditha A, Simon M, Satheesh K, Kumar S, Shetty AS, et al. A pragmatic and scalable strategy using mobile technology to promote sustained lifestyle changes to prevent type 2 diabetes in India—Outcome of screening. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2015;110(3):335-340. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2015.09.004>
 26. Dabelea D, Mayer-Davis EJ, Saydah S, Imperatore G, Linder B, Divers J, et al. Prevalence of type 1 and type 2 diabetes among children and adolescents from 2001 to 2009. *Journal of American Medical Association*. 2014;311(17):1778-1786. <https://doi.org/10.1001/jama.2014.3201>
 27. Lee MK, Lee DY, Ahn HY, Park CY. A novel user utility score for diabetes management using tailored mobile coaching: secondary analysis of a randomized controlled trial. *Journal of Medical Internet Research Mhealth Uhealth*. 2021;9(2):e17573. <https://preprints.jmir.org/preprint/17573>
 28. Fu H, McMahon SK, Gross CR, Adam TJ, Wyman JE. Usability and clinical efficacy of diabetes mobile applications for adults with type 2 diabetes: a systematic review. *Diabetes Research and Clinical Practice*. 2017;131:70-81. <https://doi.org/10.1016/j.diabres.2017.06.016>
 29. Goyal S, Morita P, Lewis GF, Yu C, Seto E, Cafazzo JA. The systematic design of a behavioural mobile health application for the self-management of type 2 diabetes. *Canadian Journal of Diabetes*. 2016;40(1):95-104. <https://doi.org/10.1016/j.cjcd.2015.06.007>
 30. GBD 2017 Risk factor collaborators. Global, regional, and national comparative risk assessment of 84 behavioural, environmental and occupational, and metabolic risks or clusters of risks for 195 countries and territories, 1990-2017: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2017. *Lancet*. 2018;392(10159):1923-1994. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)32225-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)32225-6)
 31. World Health Organization. Global action plan for the prevention and control of noncommunicable diseases 2013-2020. World Health Organization; 2013. [cited 2021 June 16]. Available from: https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/94384/9789241506236_eng.pdf?sessionid=75D5722BE3A73FAE254F414C58825563?sequence=1
 32. Nundy S, Dick JJ, Chou CH, Nocon RS, Chin MH, Peek ME. Mobile phone diabetes project led to improved glycemic control and net savings for Chicago plan participants. *Health Affairs*. 2014;33(2):265-272. <https://doi.org/10.1377>

- hlthaff.2013.0589
33. Fleming GA, Petrie JR, Bergenstal RM, Holl RW, Peters AL, Heinemann L. Diabetes digital app technology: benefits, challenges, and recommendations. A consensus report by the European Association for the Study of Diabetes (EASD) and the American Diabetes Association (ADA) Diabetes Technology Working Group. *American Diabetes Association Diabetes Care*. 2020;43(1): 250-260. <https://doi.org/10.2337/dci19-0062>
34. Hou C, Xu Q, Diao S, Hewitt J, Li J, Carter B. Mobile phone applications and self-management of diabetes: A systematic review with meta-analysis, meta-regression of 21 randomized trials and GRADE. *Diabetes, Obesity and Metabolism*. 2018;20(8):2009-2013. <https://doi.org/10.1111/dom.13307>
35. Goodarzi M, Ebrahimzadeh I, Rabi A, Saedipoor B, Jafarabadi MA. Impact of distance education via mobile phone text messaging on knowledge, attitude, practice and self efficacy of patients with type 2 diabetes mellitus in Iran. *Journal of Diabetes & Metabolic Disorders*. 2012;11(1):10. <https://doi.org/10.1186/2251-6581-11-10>