

VR을 이용한 ADHD 진단을 위한 디지털 치료제

□ 손하민, 이준희, 최정훈, 정태명 / (주)히포티앤씨, 성균관대학교

요약

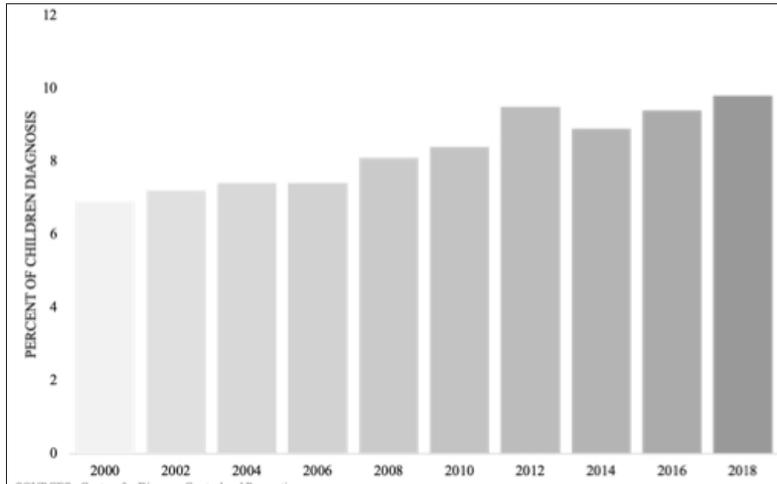
해마다 정신 질환의 발병률은 높아지지만, 이를 위한 진단과 치료의 한계는 현재까지도 해결되지 않고 있다. 디지털 치료제(DTx)는 이러한 한계를 극복할 수 있는 새로운 해결책으로 화두되고 있다. 본 연구는 객관적인 ADHD 진단을 위한 Hippo T&C의 디지털 치료 솔루션인 AttnKare-D를 제안한다. AttnKare-D는 정신 질환의 진단 및 통계 편람(DSM-5)에 따라 통제된 환경에서 데이터를 정량화함으로써 진단을 객관화한다. 또한, ADHD의 세부적 증상에 대한 상세한 보고서를 만들으로써, 넓은 분류보다는 특정한 증상들에 집중하여 치료를 개인화한다. 적절한 샘플 사이즈에 낮은 오류율을 보임으로 임상 환경에서 AttnKare-D는 긍정적인 가능성을 보여준다.

I. 서론

정신 질환의 전 세계적 유행은 현대 사회의 고질병이다. 미국 성인의 20%(2019년 5,150만 명)가 정신 질환을 앓고 있으며[1] 이 또한 빠른 속도로 증가하고 있다.

연구에 따르면 COVID-19 대유행 동안 외상 후 스트레스 장애(Posttraumatic stress disorder)의 7% 증가 외에도 어린이와 청소년에서 정신 질환이 전반적으로 증가했음을 보인다[2]. <그림 1>은 미국에서 아동 ADHD가 증가하는 추세를 보여준다.

정신 질환 환자가 늘고 있지만 치료의 한계가 표면 위로 떠오르기 시작한 것은 비교적 최근이다. 정신 질환에 대한 효과적인 진단과 치료는 내담자의 행동 변화에 크게 의존한다. 따라서 인지행동치료(CBT)는 효과적인 치료 방법으로 알려져 있다. 그러나 현재 통용되는 인지행동치료 방식은 임상의가 직접 수행해야 하며, 이마저 치료자의 참여 의지가 낮을 시 효과가 급격하게 감소한다[3]. 이러한 한계에 대한 해결책으로 디지털 치료제(DTx)가 소개되었다. DTx는 “행동 수정이 가능한 만성 질환의 예방, 관리 또는 치료를 위한 고품질 소프트웨어 프로그램에 의해 구동되는 증거 기반 치료 개입”을 의미한다[4]. DTx 제품은 보통 모바일 앱의 형태를 취하는데,



<그림 1> ADHD 건수 (2000~2018)

VR과 AI 등 최첨단 기술이 포함된 제품 또한 가능하다.

DTx는 고전적인 치료 방법과 차별되는 여러 장점이 있다. 먼저 DTx는 치료 방법을 디지털화한다. DTx를 통해 환자는 정실 질환 치료의 고질적인 대면의 제한성에서 벗어나 시공간적으로 자유로운 치료가 가능하다 [5]. 또한 DTx는 소프트웨어 기반이다. 임상 의는 원격으로 데이터를 수집해 치료 진행 상황을 정확하게 정량화하고 표준화한다[6]. 또한 의사는 환자의 상황을 빠른 시간 내에 이해할 수 있으므로 간헐적으로 요구되는 병원 방문을 효율적으로 만든다. 마지막으로 DTx는 치료를 개인화한다. 같은 정신 질환이라도 환자마다 주가 되는 증상이 다르다. DTx는 이러한 특정 증상을 상세히 모니터링 하기 때문에 질병 중심이 아닌 환자 중심의 치료가 가능해진다. 그러나 이를 위해서는 표준화된 모니터링 및 진단 방법이 필요하다.

본 고는 ADHD 진단 및 개인 맞춤형 치료를 위한 Hippo T&C의 DTx, AttnKare를 제시한다. 그 중 진단 모델인 AttnKare-D에 초점을 맞춘다. 기존 ADHD 진단이 임상 의의 주관적 판단에 의존했다면 VR과 AI를 통해 객관적이고 표준화된 진단법을 제시한다. 통제

된 VR 환경 내의 행동들이 정량화된 데이터로 변환되는 규칙 기반 시스템을 만들기 위해 정신 질환의 진단 및 통계 편람(DSM-5)[7]을 사용한다. 정량화된 데이터는 ADHD-RS(ADHD 등급 척도) 형태의 상세 보고서를 작성하는 데 이용되며 이러한 표준화된 보고서는 개인 맞춤형 치료에 적합성을 보인다.

II. 관련 연구

많은 DTx 회사들은 정신 질환에 집중하여 전통적인 치료 방식과 함께 사용될 제품을 개발한다. 일부 DTx 제품은 조합 치료 방법으로도 사용된다 [6]. <표 1>은 최근에 개발된 다양한 정실 질환용 DTx 제품을 보여준다. 그러나 대부분의 DTx 제품은 사용자 상호 작용 데이터보다는 바이오마커 데이터와 제한된 사용자 정의 입력을 통해 정신 질환을 모니터링하기 위해 개발되었다. 게다가, 현재까지 발견한 정신 장애 DTx 중 Cognoa의 Canvas Dx만 진단을 포함한다. 그러나 Canvas Dx는 다른 출처의 보고서와 설문지에 의존하기 때문에 표준화된 방법의

<표 1> 정신 질환에 대한 최신 DTx 제품

회사명	제품명	정신 질환	진단 여부
Pear Therapeutics	reSET-O[8]	오피오이드 사용 장애(Opioid Use Disorder)	X
	Somryst[9]	만성 불면증(Chronic Insomnia)	X
Nightware	Nightware[10]	외상 후 스트레스 장애(Post-traumatic stress disorder)	X
AppliedVR	EaseVRx, RelieVRx, AnxietyVRx[11]	만성 통증, 일반화된 불안(Chronic Pain, Generalized Anxiety)	X
Cognoa	Canvas Dx[12]	자폐 스펙트럼 장애(Autism Spectrum Disorder)	O
Happify Health	Happify[13]	다발성 경화증 관련 우울증 및 불안 장애 (Multiple sclerosis-associated depression and anxiety)	X
Akili	EndeavorRx[14]	주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD)	X
Hippo T&C	AttnKare[15]	주의력 결핍 과잉행동장애(ADHD)	O

제공하지 않는다. 이는 진단의 객관성과 해석성을 방해하는 외부 요인이 많다는 한계가 있다. 따라서 이는 DTx 진단의 주요 초점 중 하나인 개인 맞춤형 치료 제공에 어려움이 있다.

현재 ADHD 진단은 임상가의 판단에 의존한다. 일반적으로 임상가가 고려하는 세 가지 측정 도구가 있다. 첫 번째 데이터는 연속 수행 검사(Continuous Performance Task, CPT)이다[16]. 이 검사는 본래 뇌손상 환자를 검사하기 위해 만들어졌으나 ADHD의 핵심 증상인 주의력 결핍과 과잉행동-충동성과 상관관계를 발견하여 전문가들이 ADHD 진단에 유효한 도구로 채택하였다. 두 번째 도구는 웨슬러 아동 지능 검사(Wechsler Intelligence Scale for Children, WISC)[17]와 같은 지능 검사이다. 이 도구는 학업적 소질과 성공을 예측하기 위해 개발되었다. ADHD 증상이 있는 아동이 이러한 검사에서 현저히 낮은 점수를 받는 것을 발견했기 때문에 ADHD 진단 도구로 통용되고 있다. 세 번째 도구는 ADHD 등급 척도(ADHD Rating Scale, ADHD-RS)이다. 이러한 척도는 보통 잠재적 ADHD 환자의 부모나 교사가 작성한다. 임상가는 다양한 환경에서 잠재적 환자의 행동과 습관에 대한 지식을 얻기 위해 이 방법을 사용한다.

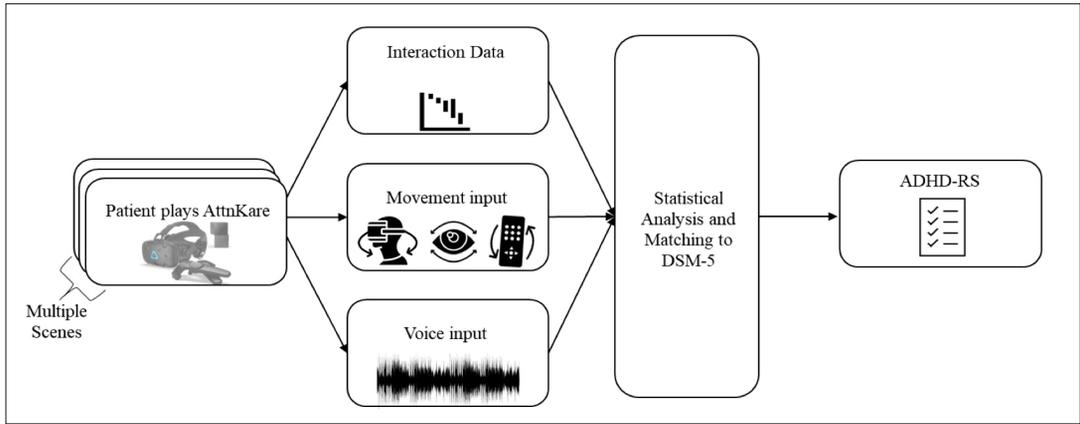
처음 두 가지 검사들은 ADHD 진단을 위해 만들어진 것이 아니다. 물론 두 검사의 결과가 ADHD의 좋은 예

측 변수임이 확증되었지만, 더 낮은 수준의 증상이 발현되었을 때 심층적인 분석의 제공 여부는 미지수이다. 또한 움직임과 음성 데이터를 수집할 수 없다는 제한이 있으며, 다양한 환경에 노출된 환자의 직접적인 행동을 관찰할 수 없다. 또한 ADHD 등급 척도는 잠재적 환자의 행동에 관한 중요한 정보를 제공하지만, 신뢰성에 대한 우려가 있다. 환자 본인이 아닌 제3자로서 개인마다 다른 기준으로 점수를 매기기 때문에 주관성이 필연적이다. 따라서 AttnKare-D는 ADHD에 특화된 객관적인 진단 검사의 필요성에 초점을 맞추고 있다.

III. AttnKare-D

정신 질환의 효과적인 치료의 핵심은 개인화이다[3]. ADHD와 같은 이종 질환의 경우 특히 그러하다. 그러나 개인화된 치료를 위해서는 핵심 증상의 현저성을 규정하는 기준이 있어야 한다. AttnKare-D를 이러한 문제의 해결책으로 제시한다.

(그림 2)는 AttnKare-D의 개요를 보여준다. 사용자가 AttnKare-D의 여러 VR 미션을 수행하면 상호작용 데이터, 움직임 데이터, 음성 데이터 등 3개의 통합 데이터가 기록된다. 이 데이터는 유사한 연령대 및 성별 대비 백



<그림 2> AttnKare-D 개요

분위 수를 만들어 통계분석을 통해 분석된다. 이 백분위 수를 DSM-5의 범주와 일치시키고 궁극적으로 ADHD의 핵심 증상을 중증도와 함께 나열하는 ADHD-RS와 일치시킨다.

1. VR 미션

AttnKare의 미션은 통제되고 고립된 환경을 설계하기 위해 가상현실(VR)로 만들어졌다. 또한 VR을 사용함으로써 객관적 진단을 위한 필수 조건이라 판단한 여러 가지 다양한 환경에서 잠재적 환자의 행동을 관찰할 수 있다. 이러한 임무를 통해, 상호작용 데이터, 움직임

데이터, 음성 데이터를 [15]에서 제시된 바와 같이 수집한다. AttnKare-D의 6가지 VR 미션에 대해 다음 섹션에서 자세히 설명한다.

1) 미션 1: 현관문 열기

첫 번째 미션에서 아동은 미션 시작 시 음성과 텍스트로 지시되는 비밀번호를 기억해야 한다. 필요한 경우 어린이가 음성을 다시 듣거나 잘못 입력한 암호를 지울 수 있다.

2) 미션 2: 계획표 만들기

계획표 만들기 미션은 아동의 다음 날을 위한 계획을



<그림 3> 현관문 열기 미션



<그림 4> 계획표 만들기 미션



<그림 5> 방 청소하기 미션

세워야 한다. 앞 편에 있는 칠판 왼편에는 활동 상자가, 오른편에는 시간 슬롯이 나타난다. 아동은 각 활동 박스에 적힌 일과를 시간대를 세심히 고려하며 시간 슬롯 위에 위치 시킨다. 시간 슬롯이 다 채워졌다면 완성된 계획표를 다시 짜거나 이러한 미션을 종료할 수 있다.

3) 미션 3: 방 청소하기

방 청소하기 미션에서 <그림 5>와 같이 많은 물건들이 방에 무작위로 흩어져 있다. 아동은 먼저 정리할 모든 물건을 찾은 후 표시된 위치에 물건을 올바르게 배치해야 한다. 필요한 경우, 어린이는 청소할 물건의 목록이 적힌 메모를 확인할 수 있다.

4) 미션 4: 페달 돌리기



<그림 6> 페달 돌리기 미션

페달 돌리기 미션에서 아동은 케이블카를 목적지까지 이동시키기 위해 친구(<그림 6>)의 곰 캐릭터의 속도에 맞춰 페달을 돌려야 한다. 각 단계마다 바퀴의 속도가 다르며 특정 단계에서는 페달의 속도가 상당히 느려진다. 따라서, 아이들의 행동을 통제하는 능력을 측정한다.

5) 미션 5: 책가방 싸기

책가방 싸기 미션에서는 아동은 학업에 필요한 준비물(연필, 교과서 등)이 적힌 알림장을 확인하며 책가방을 챙겨야 한다. 이 미션은 두 단계로 나누어져 있으며 단계마다 알림장의 내용이 바뀐다. 첫 번째 단계는 문구류의 개수에 유의하며 문구류를 필통에 넣어야 한다. 두 번째 단계는 교과서와 이전 단계에서 준비한 필통을 포함하여 다른 학용품들을 챙겨야 한다. 장난감이나 알림장에 적



<그림 7> 책가방 싸기 미션



<그림 8> 공 옮기기 미션

혀있지 않은 학용품과 같은 많은 방해물들이 존재한다.

6) 미션 6: 공 옮기기

공 옮기기 미션에서 아동은 삽을 사용하여 공을 색깔과 상응하는 튜브 안으로 옮겨야 한다. 옮겨야 하는 공은 움직임에 민감하기 때문에 떨어트리기 쉽기 때문에 아동은 움직임을 주의 깊게 조절해야 한다. 이 미션은 세 단계로 나뉘며 아동의 연령대 마다 각 단계에 요구되는 공의 개수가 상이하다. 바닥에 부딪히면 공이 사라지기 때문에 제한시간은 물론 제한된 공의 개수에도 신경을 써야 한다.

2. 분석 알고리즘

이러한 미션을 통해 수집된 데이터는 통계적으로 분석을 한다. 각 데이터 지점은 먼저 유사한 연령과 성별 그룹의 데이터와 비교한 다음 [15]에서 자세히 설명한 대로 ADHD의 각 핵심 증상과 일치시킨다. 더 형식적으로, 원시 데이터, $RDt(.,.)$ 가 주어졌을 때, 다음과 같이 n 개의 데이터 포인트, $VR-Z(.)$ 의 z -점수를 계산한다.

$$VR-Z(n,n) = \frac{RDt(n,n) - \mu_{n,n}}{\sigma_{n,n}}$$

여기서 $\mu_{(n,n)}$ 은 $RDt(n,n)$ 의 표본 평균이고, $\sigma_{(n,n)}$ 은 $RDt(n,n)$ 의 표본 표준 편차이다. 다음으로 $VR-Z$ 를 기반으로 DSM-5 증상인 DSM-Z의 분포를 찾는다. VR 데이터의 X 지점과 Y DSM 증상 사이에는 다음과 같은 N-M 일치가 있다.

$$\{VRD(A,A), \dots, VRD(M, M)\} \in DSM-Relation(i).$$

따라서, 다음 방정식을 통해 $DSM-Z(.)$ 를 계산할 수 있다.

$$DSM-Z(x) = \sum_{i=A}^B \frac{VRD(i)*w(i)}{|DSM-Relation(i)|}$$

여기서 $w(.)$ 는 $VR-Z(n,n)$ 와 일부 DSM 범주 사이의 중요성을 나타내는 가중치 매개 변수다. 다음으로 성별, 나이 및 백분위수를 기반으로 임상 기반 통계[18], C-BS에서 총 무관심 점수, IA-V 및 총 과잉행동-충동성 점수 HI-V를 계산한다. 여기서 DSM-Z의 부분집합은 Inattention과 관련이 있고 나머지는 과잉행동-충동성과 관련이 있다.

$$\begin{aligned} &\{DSM-Z(A,A), \dots, DSM-Z(M, M)\} \in HI-Relation, \\ &\{DSM-Z(N,N), \dots, DSM-Z(Z, Z)\} \in IA-Relation, \text{ and} \\ &HI-Relation \cup IA-Relation = \\ &\{DSM-Z(A,A), \dots, DSM-Z(Z,Z)\}. \end{aligned}$$

따라서 Inattention의 백분위수 IA-Pcnt는 모든 관련 DSMD(.)와 일부 가중치 파라미터 $w(.)$ 의 평균으로 다음과 같다.

$$IA-Pcnt = \sum_{i=N}^Z \frac{VRD(i)*w(i)}{|IA-Relation|}$$

과잉행동-충동성의 백분위수는

$$HI-Pcnt = \sum_{i=A}^M \frac{VRD(i)*w(i)}{|HI-Relation|}$$

다음과 같이 C-BS를 쿼리하여 IA-V와 HI-V를 찾는다.

$$\begin{aligned} IA-V &= C-BS(Gender, Age, IA-Pcnt, IA), \text{ and} \\ HI-V &= C-BS(Gender, Age, HI-Pcnt, HI). \end{aligned}$$

마지막 단계는 총점, IA-V, HI-V, DSM-Z를 기준으로 ADHD-RS에 나열된 증상별 개별 점수를 찾는 것이다. ADHD-RS의 18개 분류를 고려할 때, 다음과 같다.

$$\{1, \dots, 18\} \in \text{ARS-Class}$$

ADHD-RS의 이상한 항목은 Inattention과 관련이 있으며, 심지어 과잉행동-충동성과도 관련이 있다.

$$\{\text{ARS-Class1}, \dots, \text{ARS-Class17}\} \in \text{IA-Relation},$$

$$\{\text{ARS-Class2}, \dots, \text{ARS-Class18}\} \in \text{HI-Relation},$$

Y DSM 증상과 ARS 18개 클래스 사이에는 N 대 1 매핑이 있다.

$$\{\text{DSM-Z(A)}, \dots, \text{DSM-Z(D)}\} \in \text{ARS-Class}_1$$

$$\vdots$$

$$\{\text{DSM-Z(Y)}, \dots, \text{DSM-Z(Z)}\} \in \text{ARS-Class}_{18}$$

평균 DSMD를 기반으로 Inattention, IA-V 및 Hyperactivity-impulsivity, HI-V의 총 점수를 분배한다.

$$\text{ARS-Score}(1) = \frac{\text{IA-V}}{|\text{IA-Relation}|} * \sum_{i=1}^D \frac{\text{DSM-Z}(i)}{|\text{ARS-Class1}|}$$

$$\vdots$$

$$\text{ARS-Score}(18) = \frac{\text{HI-V}}{|\text{HI-Relation}|} * \sum_{i=Y}^{71} \frac{\text{DSM-Z}(i)}{|\text{ARS-Class18}|}$$

이러한 방식으로 VR 미션을 통해 얻은 데이터를 통해 각 ADHD 핵심 증상의 심각도를 계산한다.

IV. 실험 및 고찰

윈도우 OS의 최신 장기 지원 버전 Unity 2020.3.26f1을 사용하여 Oculus Quest 2와 호환되는 VR 미션을 개발하였다. VR 미션에서 검색된 데이터를 처리하고 분석하기 위해 Intel Zeon Gold 5515 프로세서가 장착된 서

버에서 RestAPI 백엔드를 개발했다.

부천 웅진 플레이시티에 설치한 HippoTnC bus에서 304개의 데이터 샘플을 수집하였으며 모든 부모에게 자녀의 데이터가 연구 목적으로 사용됨을 명시하고 개인정보 이용 동의서를 작성하였다. 아동이 VR 미션을 완수하는 중, 부모들이 직접 ADHD-RS를 작성한다. ADHD의 두 가지 큰 범주는 부주의와 과잉행동-충동성이다. 우리는 효능을 검증하기 위해 이 점수들을 비교한다.

<표 2>는 각 그룹의 표본 수를 보여준다. 저학년 표본은 5~8세 사이의 아동을 나타내며, 고학년 표본은 9~12세 사이의 아동을 나타낸다. 진단은 낮은 연령층에 초점을 맞추고 있는데, ADHD는 어린 나이에 발병할 가능성이 더 높고 조기 치료가 효과적이기 때문이다. 또한 이 두 그룹 사이에 상당한 차이가 있다는 여러 연구들에 기반해 성별로 분류하였다[18].

<표 2> 샘플 수

샘플 그룹	샘플 수(N)
저학년 남자	92
저학년 여자	104
고학년 남자	59
고학년 여자	49

<표 3>은 AttnKare의 ADHD-RS와 부모의 ADHD-RS의 평균과 표준 편차를 보여준다. 부주의와 과잉행동-충동성 모두 최소 0점, 최대 27점으로 점수가 높을수록 증상이 심각하다는 것을 나타낸다. 연구를 통해 AttnKare의 평균과 표준 편차와 부모의 등급 점수의 유사성을 발견했다. 이는 AttnKare의 진단 결과의 정확성을 제시한다. 중요한 점은 AttnKare을 활용한 분석 및 보고서 작성은 학부모의 ADHD-RS와 독립적이다. 즉, 이용 가능한 통계 ADHD-RS[18]에만 의존했음에도 부모의 ADHD-RS 결과와 유사함을 강조한다. 추가적으

로 과잉행동-충동성 점수가 일반적으로 부주의 점수보다 낮은 경향을 보인다.

<표 3> 부주의 및 과잉행동-충동성 평균(표준편차)

샘플 그룹 (n=304)	평균 (표준편차)
AttnKare-D 부주의 점수	6.62 (3.33)
부모님 설문 부주의 점수	6.49 (4.13)
AttnKare-D 과잉행동-충동성 점수	5.27 (2.99)
부모님 설문 과잉행동-충동성 점수	5.59 (4.14)

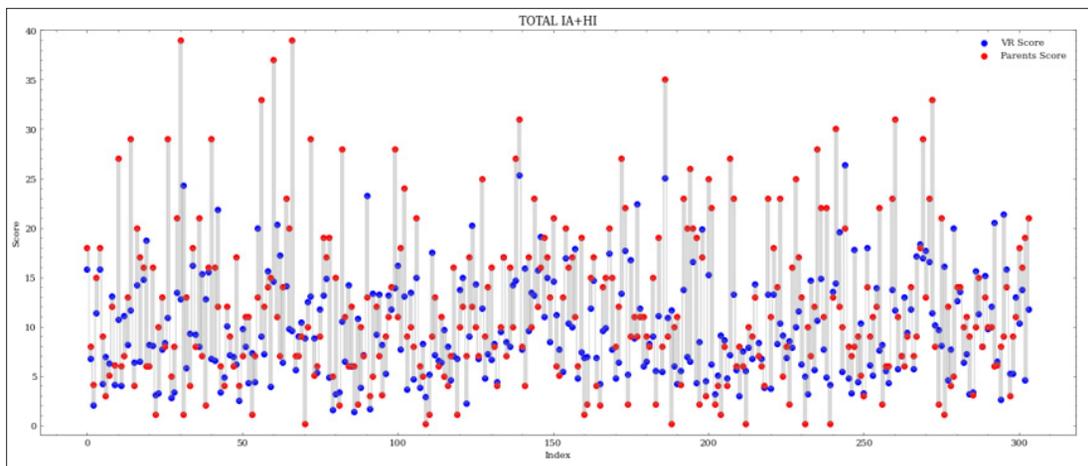
평균과 표준 편차가 모델의 전체 성능을 나타내지 않기 때문에 AttnKare와 상위 등급 사이의 평균 오차율도 고려한다. 평균 오차율은 각각 부주의와 과잉행동-충동성에 대해 2.98과 3.48(또는 오차율 11.0%와 12.9%)이다. 각 샘플의 오차는 <그림 9>와 같다. 여기서 x축은 AttnKare와 부모(파란색 점은 AttnKare의 점수, 빨간색 점은 부모의 점수)의 등급 점수를 나타낸다. y축은 주의력 부족 및 과잉행동-충동성 점수를 합친 합계를 나타낸다.

부모의 점수의 이질성은 이를 근거 진실로 활용하는데 가장 큰 장애물이다. 모든 부모는 그들의 자녀를 보는 기준이 다르다. 부모 판단 점수를 근거 자료로 사용하

는 것은 특정 부정확성을 가질 수 있다. 이는 <그림 9>의 빨간 점들에 볼 수 있는 극도로 높은 점수에서 명백하게 확인된다. 다른 표본과 비교했을 때 특이치로 보이지만, 실제로 아동에 대한 정확한 점수일 수도 있다. 이 문제는 진단에 입한 전체 아동의 데이터를 비교하는 통계적 접근법을 사용하는데 어려움이 된다. 즉, ADHD 환자의 데이터가 부족하여 데이터는 대부분 정상 아동에게 치우쳐 있다. 두 문제 모두 충분한 데이터로 해결할 수 있으므로 지속적인 데이터 수집에 따라 오차율이 훨씬 낮아질 것으로 예상된다.

DTx와 관련하여 총괄적인 두 가지 중요한 문제가 있다. 첫 번째는 보안이다. 의료기기의 보안은 끊임없는 관심 요소지만 많은 DTx 제품은 실시간 데이터 모니터링을 사용한다. 이는 인터넷을 통한 데이터 이동이 많아짐에 따라 공격 표면이 확장된다[6]. 이를 보완하기 위해 본 연구는 Hippo T&C 자체 플랫폼 개발 과정에 있다. 독립 플랫폼을 사용해 모든 데이터가 암호화되고 안전하게 저장된다.

두 번째 현안은 DTx 제품에 사용되는 기술에 대한 정보의 결여 및 사용자의 미숙성이다[6]. 이는 특히 스마트폰 사용이 어려운 기성세대에게 이러한 문제점은



<그림 9>

크게 다가온다. AttnKare 사용 시 고려될 중요한 문제점은 아니지만, 진단 대상이 8~12세 아동이기 때문에 VR을 사용하는 데 어려움이 있을 수도 있다. 따라서 AttnKare-D는 멀미를 최소화하였으며 어린이들이 새로운 환경에 익숙해질 수 있는 느린 속도의 튜토리얼을 개발했다. 나아가 VR 사용 장기화로 시력 저하가 우려됨에 따라 지속적인 사용이 필요한 AttnKare-T는 태블릿 게임으로 개발 중이다. DTx는 새로이 제시된 개념인 만큼 관련 제품이 늘어날수록 이슈는 더 커질 것으로 예상된다. 따라서 의료계 DTx의 고수를 위해 기준이 필요하며 개발자들은 항상 잠재적으로 발생 가능한 문제를 경계하는 태도를 가져야 한다.

V. 결론

본 고를 통해 AttnKare-D가 ADHD 증상에 대한 측

정을 표준화하기 위한 DTx로 사용될 가능성을 보여준다. VR을 이용해 환자를 다양한 환경에서 노출해 행동을 관찰하며, 이러한 관찰 결과는 신뢰할 수 있는 DSM-5를 통해 표준화된다. VR을 통해 얻은 데이터를 이용하여 통계 분석을 통해 ADHD의 저수준 증상에 대한 보고서를 작성한다. 보고서의 정확성이 충분한 만큼 개인 맞춤형 치료가 성공적으로 구현될 수 있다.

앞으로 보다 정확한 분석모델을 만들기 위해 데이터 수집을 계속할 계획이다. 충분한 표본이 확보되면, 현재로서는 간과된 복잡한 데이터들 간의 관계성까지 파악할 수 있는 딥러닝 모델을 채용할 수 있을 것이다. 또한 ADHD를 위한 맞춤형 치료 DTx 제품인 AttnKare-T를 개발 중에 있다. AttnKare-T는 AttnKare-D에서 작성된 보고서를 활용하여 환자별 심각한 증상을 중심으로 개인화된 치료 계획을 수립한다. 상세한 진단에서 개인화된 치료까지의 파이프라인이 ADHD뿐만 아니라 다른 정신 질환의 새로운 패러다임을 제시하였으면 한다.

참고 문헌

- [1] National Institute of Mental Health (NIH), Mental Illness, <https://www.nimh.nih.gov/health/statistics/mental-illness>, 2019
- [2] K., Manasi, and P. Kumar, "Impact of pandemic on mental health in lower-and middle-income countries (LMICs).", *Global Mental Health* 7, 2020
- [3] Cho, Chul-Hyun, and Heon-Jeong Lee, "Could digital therapeutics be a game changer in psychiatry?.", *Psychiatry investigation* 16,2, (2019): 97.
- [4] Digital Therapeutics Alliance, <https://dtxalliance.org/>
- [5] Sverdlov, Oleksandr, et al. "Digital therapeutics: an integral component of digital innovation in drug development." *Clinical Pharmacology & Therapeutics* 104,1 (2018): 72-80.
- [6] Patel, Nisarg A., and Atul J. Butte. "Characteristics and challenges of the clinical pipeline of digital therapeutics.", *NPJ digital medicine* 3,1 (2020): 1-5.
- [7] APA (2013), "Diagnostic and statistical manual of mental disorders, fifth edition, DSM-5", Arlington: American Psychiatric Association, APA
- [8] Fulton F. Velez, et al. Real-world changes in US health system hospital-based services following treatment with a prescription digital therapeutic for opioid use disorder, Vol. 49 No. 5, pp. 341-347.
- [9] Frances P. Thorndike, et al. Protocol for Digital Real-world Evidence trial for Adults with insomnia treated via Mobile (DREAM): an open-label trial of a prescription digital therapeutic for treating patients with chronic insomnia, Vol. 10 No. 7, pp. 569-581.
- [10] NightWare, "NightWare Improves Sleep in Patients with Nightmare Disorder." NightWare, 1 July 2021, nightware.com.

- [11] Garcia LM, Birkhead BJ, Krishnamurthy P, et al. An 8-Week Self-Administered At-Home Behavioral Skills-Based Virtual Reality Program for Chronic Low Back Pain: Double-Blind, Randomized, Placebo-Controlled Trial Conducted During COVID-19. *J Med Internet Res*. 2021;23(2):e26292.
- [12] Cognoa, "Canvas Dx," CanvasDx, canvasdx.com. Accessed 17 Jan, 2022.
- [13] Boucher E, McNaughton E, Harake N, Stafford J, Parks A, The Impact of a Digital Intervention (Happify) on Loneliness During COVID-19: Qualitative Focus Group. *JMIR Ment Health* 2021;8(2):e26617
- [14] Scott H, Kollins, et al. A novel digital intervention for actively reducing severity of paediatric ADHD (STARS-ADHD): a randomised controlled trial, Vol. 2 No. 4, pp. 168-178
- [15] Son, H.M., et al. A novel approach to diagnose ADHD using virtual reality. *International Journal of Web Information Systems*, Vol. 17 No. 5, pp. 516-536.
- [16] Rosvold, H.E., et al. (1956), "A continuous performance test of brain damage", *Journal of Consulting Psychology*, Vol. 20 No. 5, pp. 343-350.
- [17] Wechsler, David, and Habuku Kodama. Wechsler intelligence scale for children. New York: Psychological corporation, 1949.
- [18] DuPaul, G., J, et al. (1998), *ADHD Rating Scale-IV: Checklists, Norms, and Clinical Interpretation*, New York, NY, The Guilford Press.

필자 소개



손하민

- 2020년 : 성균관대학교 소프트웨어학과 학사 졸업
- 2020년 ~ 현재 : (주)히포티앤씨 연구원



이준희

- 2020년 : 성균관대학교 심리학과, 컴퓨터공학과 학사 졸업
- 2020년 ~ 현재 : (주)히포티앤씨 연구원



최정훈

- 2019년 : 성균관대학교 소프트웨어학과 입학
- 2020년 ~ 현재 : (주)히포티앤씨 인턴

필자 소개



정태명

- 1995년 : Purdue 컴퓨터공학 박사 졸업
- 2000년 ~ 현재 : 성균관대학교 교수
- 2020년 ~ 현재 : 쉐히포티앤씨 창립