

시선 추적을 통한 CAVE 기반 고위험 임부 간호 시뮬레이션의 인지적 기전 탐색: 파일럿 연구

정 현 정*

동아대학교 간호대학 조교수

Exploring the Cognitive Mechanism of Cave Automatic Virtual Environment-Based High-Risk Obstetric Nursing Simulation via Eye-Tracking: A Pilot Study

Hyun-Jung Jung*

Assistant Professor, College of Nursing, Dong-A University, Busan 49315, Korea

[요 약]

본 파일럿 연구는 CAVE 시스템에 ‘임부-자궁-태아’ 정보를 분산 제시하는 시뮬레이션을 개발하고, 시각적 탐색 패턴과 학습 성과 간의 상관관계를 탐색하고자 수행하였다. 이를 통해 분산된 정보의 신체적 탐색이 인지적 통합으로 이어지는 기전을 규명하고 교육적 실현 가능성을 파악하고자 하였다. 간호대학 3학년 학생 22명을 대상으로 단일군 사전·사후 혼합방법론 설계를 적용하였으며, 시선추적 장비로 관심 영역(AOI)별 시각적 주의를 측정하였다. 중재 전후 지식 점수와 SBAR 질적 점수, 옥시토신 주입 중단까지 소요된 핵심 중재 시간을 수집하여 상관관계를 분석하였다. 연구 결과, 중재 후 지식 총점이 유의하게 향상되었으며, AOI 3 체류 시간은 병태생리 점수와, 시선 전이 빈도는 SBAR 평가(A) 점수와 각각 유의한 정적 상관을 보였다. 또한 EFM 해석 점수와 SBAR 평가(A) 점수가 높을수록 핵심 중재 시간이 단축되는 통계적으로 유의한 음의 상관관계가 확인되었으며, 이는 인지 역량과 수행 효율성 간의 밀접한 연관성을 나타낸다. 연구는 CAVE의 분산 환경이 학습자의 능동적 탐색을 유도하여 복잡한 임상 단서를 종합하고 태아 저산소증을 추론하게 하는 잠재적 유용성이 있음을 확인하였다.

[Abstract]

This pilot study developed a Cave Automatic Virtual Environment-based simulation that physically distributed maternal, uterine, and fetal information to explore cognitive mechanisms in high-risk obstetric nursing. The study examined correlations between gaze patterns—particularly dwell time and transition frequency—and learning outcomes, including knowledge scores, SBAR qualitative performance, and critical intervention time. A mixed-methods design was applied to 22 third-year nursing students using Tobii Pro Glasses 2 to measure visual attention across areas of interest (AOIs). The results showed a significant increase in total knowledge scores post-intervention. Notably, the AOI 3 dwell time positively correlated with pathophysiology scores, while the gaze transition frequency was associated with SBAR assessment (A) scores. Furthermore, statistically significant negative correlations were observed between EFM interpretation, A scores, and critical intervention time, indicating that a higher cognitive performance was associated with an enhanced performance efficiency. In conclusion, the distributed environment of CAVE facilitated active exploration and clinical reasoning for conditions such as fetal hypoxia. This study provides exploratory evidence for the mechanisms of immersive VR education, establishing a foundation for future large-scale trials.

색인어 : 시뮬레이션 훈련, 분산 인지, 시선 추적, 고위험 임신, SBAR 커뮤니케이션

Keyword : Simulation Training, Distributed Cognition, Eye Tracking, High-Risk Pregnancy, SBAR Communication

<http://dx.doi.org/10.9728/dcs.2026.27.1.197>



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 26 November 2025; **Revised** 23 December 2025

Accepted 12 January 2026

***Corresponding Author; Hyun-Jung Jung**

Tel: +82-51-240-2745

E-mail: hjjung@dau.ac.kr

1. 서론

1-1 연구의 필요성

고위험 임부 간호에서의 평가는 임부(Pregnant woman), 자궁(Uterine), 태아(Fetus)라는 세 가지 핵심 요소를 동시에 통합적으로 모니터링해야 하는 복잡한 특성을 지닌다[1]. 이는 일반적인 환자 평가가 주로 단일 환자 개체를 중심으로 이루어지는 것과 구별되는 특성으로, 세 가지 측면 간의 상호작용을 종합적으로 해석하는 고도의 임상적 판단을 요구한다. 임상 현장에서는 이 세 가지 측면 중 하나 혹은 두 가지를 누락하여 상황을 오판한다면[2] 치명적인 의료 사고로 이어질 수 있다. 그러나 현재까지 간호 교육 분야에서 임부-자궁-태아의 다중 측면을 공간적으로 분산시켜 통합적 평가 역량을 훈련하는 연구는 제한적이다. 특히 몰입형 환경을 활용한 교육 콘텐츠 개발 사례는 찾아보기 어렵다.

복잡한 동적 시스템에서 분산된 정보를 통합하여 상황을 인지하는 훈련은 이미 고도의 신뢰성이 요구되는 타 분야에서 적극적으로 활용되고 있다. 예를 들어, 항공 시뮬레이션 훈련에서 조종사들은 전방 계기판, 오버헤드 패널, 사이드 패널 등 공간적으로 분산된 여러 정보를 지속적으로 스캔하고 통합하여 비행 상황을 판단하는 훈련을 받는다[3]. 또한 군사 지휘통제실의 작전 요원들 역시 여러 스크린에 분산된 지도, 영상, 데이터 피드를 동시에 감시하며 전장 상황을 종합적으로 파악한다[3],[4]. 이러한 타 분야의 성공적 사례는 복잡한 의료 환경에서도 분산된 정보의 통합적 처리 훈련이 필수적임을 시사한다. 특히 고위험 임부 평가는 항공 시뮬레이션의 다중 계기판 모니터링과 유사하게 여러 생리적 지표를 동시에 통합 판단해야 하는 특성을 지닌다. 그러나 ‘임부-자궁-태아’라는 세 가지 핵심 정보를 의도적으로 물리적 공간에 분산 제시하여 통합 평가 역량을 훈련시킨 연구는 아직 보고된 바 없다.

분산 인지 이론(Distributed Cognition Theory)은 인간의 인지가 개인의 머릿속에서만 일어나는 것이 아니라, 환경, 상호작용하는 도구, 그리고 신체적 행위를 통해 시스템 전체에 분산된다고 설명한다[5],[6]. CAVE(cave automatic virtual environment)는 일반적으로 3면 이상(벽 및 바닥, 때로는 천장까지)에 프로젝터를 설치해 입체적인 가상환경을 구축하는 시스템이다[7]. 사용자는 3D 안경을 착용하거나 트래킹을 통해 자신의 머리와 손동작을 반영함으로써 물리공간 안에서 가상환경을 체험할 수 있다. 이는 단순히 머리만 움직이며 바라보는 화면이 아니라, 머리·시선·몸동작·공간탐색이 포함된 체험형 학습환경을 구현한다. 따라서 CAVE는 분산 인지 이론을 실현할 수 있는 훌륭한 교육매체다.

학습자는 CAVE 환경 속에서 머리를 돌리고 시선을 이동하는 신체적 행위를 통해 분산된 정보를 능동적으로 탐색하게 된다. 분산 인지 이론에 따르면, 이러한 신체적 행위는 단순한 정보 습득을 넘어, 분산된 단서들을 연결하고 통합하는

고차원적 인지 과정 그 자체의 일부가 될 수 있다[5],[6]. 즉, CAVE 환경이 유도하는 시선 전이와 같은 신체적 탐색은 ‘임부-자궁-태아’라는 개별 정보를 연결하여 종합적 임상 추론을 형성하는 핵심 기전으로 작용할 수 있다. 분산 인지 이론의 핵심 개념들을 고위험 임부 간호 교육에 적용하기 위해서는 이론적 구성 요소와 교육 설계 간의 명확한 대응 관계를 확립해야 한다. 첫째, ‘인공물(artifact)’은 인지 과정을 매개하는 외부 도구로서, 물리적 공간에 정보를 분산 제시하는 몰입형 환경 구축이 요구된다. 둘째, ‘체화(embodiment)’는 신체 행위가 인지 과정에 통합되는 것을 의미하므로, 학습자의 머리 회전과 시선 이동 같은 신체적 탐색 행위를 교육 설계에 필수 요소로 포함시켜야 한다. 특히 고위험 임부 간호에서는 임부 상태, 자궁 수축 패턴, 태아 심박동 변화라는 세 가지 핵심 정보를 동시에 모니터링하고 통합 판단해야 하므로, 이들을 공간적으로 분산 배치하여 학습자가 능동적으로 탐색하도록 유도하는 훈련 환경이 필요하다. 또한 이러한 신체적 탐색 과정이 실제로 인지적 통합으로 이어지는지 확인하기 위해서는 학습자의 시각적 주의 패턴을 객관적으로 측정할 수 있는 방법론이 요구된다. 시선 추적(eye-tracking) 기술은 학습자가 분산된 정보원들을 어떻게 탐색하고 통합하는지 그 과정을 실시간으로 포착할 수 있다는 점에서, 분산 인지 기전을 실증적으로 규명하는 데 유용한 도구가 될 수 있다.

최근 간호 교육 분야에서는 VR(Virtual Reality) 및 AR(Augmented Reality) 기반 시뮬레이션을 활용한 연구가 증가하고 있으나, 대부분의 연구는 지식 향상, 술기 수행 능력, 자신감 등 교육 효과 검증에 주로 초점을 맞추어 왔다. 반면, 복잡한 임상 상황에서 학습자가 분산된 정보를 어떻게 탐색하고(시각적 주의 패턴), 이러한 탐색 행위가 어떻게 인지적 통합(임상 추론) 및 신속한 중재 수행으로 연결되는지 그 작동 기전을 실증적으로 규명하려는 시도는 매우 부족한 실정이다. 특히 시선 추적 기술을 활용하여 몰입형 가상환경 내에서 학습자의 인지 과정을 객관적으로 측정할 수 있는 연구는 간호학 분야에서 거의 찾아볼 수 없다. 본 연구는 이러한 한계를 극복하고자 CAVE 환경에서 시선 추적 데이터를 수집하여 분산 인지의 작동 기전을 탐색한다는 점에서 기존 VR/AR 기반 간호 시뮬레이션 연구와 차별화된다.

따라서 본 파일럿 연구는 ‘임부-자궁-태아’ 정보를 CAVE 시스템의 3측면 공간에 의도적으로 분산 구현한 고위험 임부 간호 시뮬레이션을 개발하고, 이러한 교육 콘텐츠의 실현 가능성을 탐색하고자 한다. 또한, 시선 추적(eye-tracking) 기술을 활용하여 CAVE 환경에서 학습자의 시각적 주의(visual attention) 패턴이 임상적 판단 및 수행 신속성과 어떠한 관계를 보이는지 예비적으로 조사한다. 이를 통해 분산된 정보의 신체적 탐색이 인지적 통합으로 이어지는 분산 인지 기전의 작동 가능성을 탐색하고, 향후 본 연구를 위한 효과 크기 및 핵심 변인을 추정하는 것을 목적으로 한다. 본 연구는 교육 효과 검증을 넘어 시선 추적 데이터를 활용해 학습 기전을 규명한다는 점에서 간호 시뮬레이션 연구의 새로운 방법론적

접근을 시도하고자 하였다.

1-2 연구의 목적 및 가설

본 연구의 목적은 CAVE 시스템의 3면 공간에 구현된 병태생리적 원인의 시각화가 학습자의 주의 집중(시선 체류 시간) 및 정보 탐색(시선 전이 빈도) 등 인지적 처리 과정과의 연관성을 탐색하고, 이러한 인지적 과정이 SBAR(situation, background, assessment, recommendation) 질적 점수(통합적 판단) 및 핵심 중재 시간(옥시토신 중단)과 각각 어떤 상관관계가 있는지 그 작동 기전을 규명하는 데 있다.

가설 1 (지식 점수) “CAVE 기반 시뮬레이션 중재 후, 참가자의 고위험 임부 간호 관련 지식 총점이 중재 전보다 유의하게 높아질 것이다.”

가설 2 (AOI 3 체류 시간 - 지식 점수) “CAVE 시뮬레이션 중 AOI 3(병태생리) 체류 시간이 길수록 병태생리 점수가 높아지는 경향을 보일 것이다.”

가설 3 (시선 전이 빈도 - SBAR 점수) “CAVE 시뮬레이션 중 AOI 간 시선 전이 빈도가 높을수록 SBAR 보고의 질적 점수가 증가하는 경향을 보일 것이다.”

가설 4 (AOI 3 체류 시간 - 중재 시간) “CAVE 시뮬레이션 중 AOI 3(병태생리) 체류 시간이 길수록 핵심 중재 시간이 단축되는 경향을 보일 것이다.”

II. 본 론

2-1 연구 설계

본 연구는 CAVE 시스템을 이용한 고위험 임부 간호 시뮬레이션 교육 콘텐츠의 실현 가능성을 탐색하고, 향후 본 연구를 위한 효과 크기를 추정하기 위한 혼합방법론 설계를 적용한 파일럿 연구(mixed-methods pilot study)이다.

양적 자료는 단일군 사전-사후 실험 설계를 통해 수집되며, 중재 전후 지식 점수 변화와 중재 중 학습자의 인지 과정(시선 추적)과 학습 성과(SBAR 질적 점수, 핵심 중재 시간) 간의 상관관계를 탐색적으로 분석한다. 질적 자료는 중재 직후 반구조화된 심층 면담을 통해 수집되며, 학습자의 의사결정 과정과 CAVE 환경에서의 학습 경험을 깊이 있게 탐색한다.

2-2 연구대상

본 연구는 간호대학 3학년생을 대상으로 편의표집 하였다. 본 연구는 중재 프로토콜의 실행 가능성(Feasibility)을 파악하고, 추후 대규모 본 연구 수행에 필요한 효과 크기 및 표준편차 등의 기초 자료를 산출하기 위한 파일럿 연구(Pilot Study)로 설계되었다. 표본 크기는 파일럿 연구를 통해 본 연구의 효과 크기를 추정할 때 요구되는 통계적 정밀도(80% UCL 기준, 군당 최소 20명)를 고려하여[8], 최종 22명을 선정하였다. 이는 파일럿 연구의 목적을 달성하기에 적절한 규

모이다. 산과 실습 경험이 전혀 없거나, 실습 중 산과 관련 사례를 접하지 못하여 부인과 사례만을 경험한 학생은 실제 임상 상황과의 대조가 어려우므로 연구 대상에서 제외하였다.

2-3 연구도구

1) 시선 추적 변수(Eye-tracking Variables)

시선추적 데이터의 분석은 Tobii Pro Lab Software (version 1.196)를 사용하여 연구자 2인이 독립적으로 관심 영역(AOI, Area of Interest) 설정 및 체류시간(Dwell Time), 시선전이빈도(Transition Frequency)를 산출하였다. AOI 경계 설정 및 데이터 정제 과정에서 불일치가 발생한 경우, 두 평가자가 원본 영상을 함께 검토하여 합의에 도달하였으며, 합의가 이루어지지 않은 경우(전체 데이터의 4.5%, n=1) 시선추적 기술 전문가 1인이 최종 판정을 실시하였다. 평가자 간 신뢰도는 AOI별 Dwell Time 측정값에 대한 급내상관계수(ICC)로 산출하였으며, ICC=0.92(95% CI: 0.86-0.96)로 나타나 Koo & Li가 제시한 excellent 수준(ICC>0.90)의 일치도를 확인하였다[9]. 시뮬레이션 환경인 CAVE 시스템의 3면 디스플레이를 3개의 관심 영역(AOI, area of interest,)으로 설정하였다. 각 AOI는 AOI 1 (CAVE 1벽: 임부 비디오 및 활력징후 모니터), AOI(CAVE 2벽: 전자 태아 모니터링(EFM, Electronic Fetal Monitoring) 그래프, AOI 3(CAVE 3벽, 자궁 및 태아 병태생리 시각화 비디오)으로 구성하였다.

- 시선 체류 시간(Dwell Time): 시선이 AOI 3 내부에 머무른 시간의 총합(초)으로 산출하였다.
- 시선 전이 빈도(Transition Frequency): FHR 그래프(AOI 2)에 비정상적 변화가 시작된 시점부터 10초 동안, 3개의 AOI 간을 이동한 총 횟수(count)로 측정하였다. 이 구간은 본 연구의 시뮬레이션 설계상 자궁 과강직 및 태아 병태생리(AOI 3) 시각화 영상과 후기 하강 그래프가 제시됨과 동시에, 산모의 통증 호소 및 변화된 태아 심음 사운드가 10초간 집중적으로 출력되도록 구성된 시기이다.

2) 지식측정도구

해당 도구는 문헌 고찰을 통해 도출된 전자 태아 모니터링(EFM, Electronic Fetal Monitoring)해석, 병태생리, 응급중재 각 영역당 5문항씩 총 15문항으로 구성되었으며, 각 문항은 정답 시 1점, 오답 시 0점으로 채점하여 총점 15점 만점으로 측정하였다. 내용 타당도 확보를 위해 산부인과 및 모성간호학 전문가 5인에게 예비 문항에 대한 적합성을 평가받아 내용 타당도 지수(CVI) 평균이 0.92 이상으로 나타났다. 문항 반응 이론(IRT, item response theory) 분석을 통해 각 문항의 변별도 및 난이도를 점검하여 모두 기준치(변별도>0.30, 난이도 0.20-0.80)를 충족하였고, 예비조사(n=30)의 Cronbach's α 는 .88이었다.

3) SBAR 보고의 질적 점수

SBAR 보고의 질적 수준 평가는 연구자가 문헌 고찰을 통해 개발한 다음과 같은 루브릭을 적용하였다. 총점은 0-8점이며, SBAR 질적 점수 평가는 고위험 임부 간호 실무 경력 5년 이상의 간호학 교수 2인이 독립적으로 실시하였다. 평가자 간 불일치가 발생한 경우(Cohen's Kappa<0.80 또는 점수 차이≥1점) 제3의 평가자(모성간호학 전공 박사학위 소지 교수 1인)가 추가 평가를 실시하여 3인의 합의를 통해 최종 점수를 결정하였다. 평가자 간 신뢰도는 Intraclass Correlation Coefficient(ICC)로 산출하였으며, ICC=0.89(95% CI: 0.81-0.94)로 우수한 수준의 일치도를 확인하였다.

- S (Situation, 0-2점): 임부 상태(AOI 1) 및 EFM 데이터(AOI 2)에 기반하여 즉각적인 문제 상황을 정확하고 간결하게 기술한 정도를 평가하였다.
- B (Background, 0-2점): 옥시토신 사용 이력 및 과거 산과력 등 환자 관련 배경 정보를 적절히 제시하여 문제 이해에 기여한 정도를 평가하였다.
- A (Assessment, 0-2점): 0점(단순 현상 기술), 1점(기초적 임상 추론 포함), 2점(병태생리적 원인(AOI 3)을 명확히 연계하여 종합적 임상 추론 제시)으로 평가하였다.
- R (Recommendation, 0-2점): Assessment 단계의 임상 추론에 근거하여 핵심 중재 및 처방 요청 사항을 구체적으로 보고한 정도를 평가하였다.

총점은 0-8점이며, 전문가 4인에게 루브릭 적합성을 평가하여 항목별 내용 타당도 지수(CVI)가 평균 0.90 이상이었으며, 평가자 간 신뢰도(Cohen's K)는 0.82였다.

4) 핵심중재시간

본 시뮬레이션의 위기 상황은 옥시토신 투여로 인한 자궁 과강직과 그로 인한 태아 저산소증이다. 이러한 상황에서 좌측위 체위 변경이나 산소 공급 등은 태아의 산소화를 돕는 중요한 보조적 중재이다. 하지만, 문제 상황을 유발한 직접적인 원인을 제거하는 옥시토신 주입 중단이 가장 우선적이고 결정적인 핵심 중재이다. 따라서 본 연구에서는 핵심 중재 시간을 참가자가 위기 상황을 인지하고 이 핵심 중재를 수행하기 까지 걸린 시간으로 조작적으로 정의하였으며, 시나리오 시작 시점부터 옥시토신 주입 중단을 수행할 때까지 걸린 시간을 초(second) 단위로 측정하였다.

2-4 연구진행절차

1) 사전조사

참가자에게 연구 목적과 절차를 설명하고 서면 동의를 받은 후, 일반적 특성 설문지와 사전 지식 측정 설문지를 작성하게 하였다.

2) CAVE 기반 고위험 임부 간호 시뮬레이션

본 연구는 학습자에게 실제 임상 상황과 부합하는 시각적 단서를 제공하여, 문제 포착 및 해결 능력을 함양할 수 있는

자기주도 학습 환경을 구축하고자 CAVE 시스템에 투사할 비디오 콘텐츠를 개발하였다. 구체적으로 Google ImageFX의 Imagen 2를 활용하여 분만실 환경과 의료 장비, 자궁 내 태아의 정적 이미지로 구축하였다. 이어 Veo 모델을 연계하여 해당 이미지에 역동성을 부여함으로써, 학습자가 실제 현장과 동일한 시공간적 맥락 안에서 문제를 판단할 수 있는 비디오 콘텐츠로 최종 변환하였다. 이는 임상적 실재감을 높여 학습자가 이론적 지식을 실무에 적용하는 학습 전이 효과를 높이기 위함이다.

- 1단계(개발 단계): 시나리오 기반의 임부·태아 상태 및 병리적 기전을 구현하기 위해 AI 모델용 프롬프트를 설계하고 시각 콘텐츠를 생성하였다(부록).
- 2단계(전문가 검증 단계): 산부인과 전문의와 시뮬레이션 교육 전문가를 통해 각 관심영역(AOI)의 내용 타당도와 시각적 실재감을 검증받았다.
- 3단계(수정 단계): 전문가 피드백을 반영하여 의료 데이터의 정확성과 장면 간 연속성을 보정하였으며, 연구 윤리 기준에 따라 최종 콘텐츠를 최적화하였다. 최종 개발된 CAVE 공간 속에서 학습자는 분산 인지 이론(Distributed Cognition Theory)에 따라 물리적으로 분산된 정보를 능동적으로 탐색한다. 학습자는 시선 이동과 신체적 행위를 통해 3면의 정보를 통합함으로써, 임부-자궁-태아 간의 상호작용을 입체적으로 이해하게 된다(그림1).

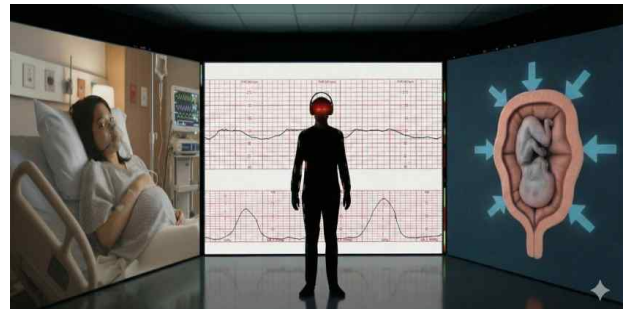


그림 1. 분산 인지 프레임워크 기반의 고위험 임부 관리 시뮬레이션을 위한 CAVE 몰입형 환경

Fig. 1. CAVE-based immersive VR environment for high-risk maternity care simulation integrating the distributed cognition framework



그림 2. Veo 비디오 생성 모델을 활용하여 개발한 자궁 과강직에 따른 태아의 병리적 진행 동적 시뮬레이션

Fig. 2. Dynamic simulation of fetal pathological progression under uterine hypertonicity, generated using Google DeepMind's Veo video generation model

3개 벽면의 세부 구성은 다음과 같다.

- 벽 1(AOI 1: 임부 상태): 옥시토신 투여 중인 임부 영상과 실시간 활력징후(BP, HR, SpO₂) 모니터를 배치하여 임부 상태에 대한 종합적 평가 환경을 제공하였다.
- 벽 2(AOI 2: 태아 및 자궁 데이터): 태아 심박수와 자궁 수축 그래프(EFM)를 제공하여 산과적 임상 판단을 위한 객관적 데이터 확보를 지원하였다.
- 벽 3(AOI 3: 병태생리학 시각화): 자궁 과자극에 따른 태아 저산소증 기전을 역동적으로 시각화하여, 학습자가 병리적 원인과 후기 하강 그래프 간의 시공간적 연관성을 파악하도록 설계하였다(그림 2).

본 연구의 중재 단계는 CAVE 시스템 오리엔테이션과 본 시뮬레이션 수행으로 구성되었다. 먼저, 참가자가 CAVE 시스템 가상현실 환경에 몰입하고 장비를 원활하게 조작할 수 있도록 약 5분간의 프리브리핑 시간을 가졌다. 이 시간에는 CAVE 환경의 특성, 시뮬레이션의 기본 목표, 그리고 조작 인터페이스 사용법에 대해 교육하였다. 교육 후 참가자는 시선 추적 장비를 착용하였으며, 데이터의 정확성을 확보하기 위해 개인별 시력에 맞추어 보정하는 작업을 수행하였다. CAVE 기반 고위험 임부 통합평가 시뮬레이션 중재는 10분간 실시하였다. 시나리오는 옥시토신 투여를 통한 유도 분만이 진행 중인 상황으로 구성되었다. 참가자는 임부의 전반적인 상태(AOI 1)와 태아 및 자궁 데이터(AOI 2)를 실시간으로 모니터링 하도록 지시받았다. 시나리오 중반부에 자궁 과강직 및 태아 청색증(AOI 3) 소견과 함께 태아 후기 하강이 발생하였다. 참가자는 이를 위기 상황으로 인식한 후 즉각적으로 옥시토신 투약을 중단하였으며, 임부의 체위를 좌측위로 변경하고 마스크 산소를 공급하는 중재를 수행하였다. 동시에, 수행한 중재 및 향후 계획을 SBAR 양식에 따라 구두로 보고하였다. 이 모든 과정은 시선 추적 데이터로 기록되었다.

3) 사후조사

10분간의 시뮬레이션 종료 후, 디브리핑을 제공하였다. 이 후 사전 조사와 동일한 사후 지식 측정 설문지를 작성과 시뮬레이션 경험, 의사결정 과정 등을 탐색하기 위한 반구조화된 인터뷰를 진행하였다.

2-5 윤리적 고려

참가자에게 연구의 목적, 절차, 수집되는 데이터의 종류 및 관리 방법을 상세히 설명하였으며, 언제든지 연구 참여를 철회할 수 있음을 고지하였다. CAVE 시뮬레이션 과정에서 수집되는 시선 추적 데이터와 SBAR 보고 자료는 연구용 식별 번호하고만 연결하여 관리하였다. 이 원본 자료들은 연구 종료 후 일괄 파기될 것임을 참가자에게 명확히 설명하였다. SBAR 질적 평가 및 시선추적 데이터 분석을 위해 2-3인의 평가자에게 자료를 공유할 때, 모든 참가자의 개인식별정보를 제거하고 참여자 고유번호만으로 코딩된 자료를 제공하였다.

2-6 자료분석

수집된 자료는 SPSS/WIN 26.0 프로그램을 이용하여 기술통계, Paired t-test 또는 Wilcoxon signed-rank test, Pearson's correlation coefficient 또는 Spearman's rank correlation를 사용해 분석하였으며, 모든 통계의 유의수준은 .05로 설정하였다. 평가자 간 신뢰도는 SBAR 질적 점수 및 시선추적 데이터 분석에 대해 급내상관계수(Intraclass Correlation Coefficient, ICC)를 사용하여 two-way random effects model, absolute agreement 방식으로 산출하였다. 질적 인터뷰 자료는 Braun과 Clarke의 주제 분석 6단계를 적용하여 분석하였다[10]. 연구자는 초기 코딩을 독립적으로 수행하였으며, 보조연구자 2인이 코딩 검토 및 신뢰도 평가에 참여하였다. 이후 하위 주제 및 주요 주제로 범주화하였다. 코딩 불일치(전체 코드의 8.3%)는 원자료를 재검토하며 합의에 도달하였으며, 추가 검토가 필요한 경우 제3의 질적 연구 전문가가 최종 코드를 확정하였다.

III. 연구결과

3-1 참가자의 일반적 특성

연구 참가자의 일반적 특성은 표 1과 같다. 연구의 참가자는 총 22명이었으며, 평균 연령은 22.8세(SD=1.2)로 22세에서 26세 사이에 분포하였다. 성별은 여성이 20명(90.9%)으로 대다수를 차지하였다.

3-2 CAVE 중재의 지식 향상 효과

CAVE 시뮬레이션 중재 후 가설 1을 검증한 결과는 표 2와 같다. 지식 총점(15점 만점)은 중재 전 평균 6.2점(SD=1.35)에서 중재 후 평균 13.2점(SD=1.37)으로 통계적으로 유의한 증가를 나타냈다($t=33.05, p<.001$). 모든 하위 영역에서도 통계적으로 유의미한 점수 증가가 관찰되었다. EFM 해석 점수(0-5점)는 1.8점(SD=0.88)에서 4.0점(SD=0.95)으로($t=19.77, p<.001$), 병태생리 점수(0-5점)는 2.1점(SD=0.73)에서 4.5점(SD=0.71)로($t=18.59, p<.001$), 응급 중재 점수(0-5점)는 2.2점(SD=0.51)에서 4.6점(SD=0.50)으로($t=23.26, p<.001$) 통계적으로 유의한 증가를 보였다.

표 1. 참가자의 일반적 특성

Table 1. General characteristics of participants (N = 22)

Variable	Category	M ± SD or n (%)	Range (Min-Max)
Age (years)	-	22.8 ± 1.2	22-26
Gender	Male	2 (9.1)	-
	Female	20 (90.9)	-
	Female	20 (90.9)	

Note. M = Mean; SD = Standard Deviation

표 2. 중재 전후 지식 점수 비교

Table 2. Comparison of knowledge scores before and after intervention (N=22)

Variable	Range	Pre M ± SD	Post M ± SD	t	p
EFM Interpretation Score	0-5	1.8±0.88	4.0±0.95	19.77	<.001
Pathophysiology Score	0-5	2.1±0.73	4.5±0.71	18.59	<.001
Emergency Intervention Score	0-5	2.2±0.51	4.6±0.50	23.26	<.001
Total Knowledge Score	0-15	6.2±1.35	13.2±1.37	33.05	<.001

Note. M = Mean; SD = Standard Deviation; EFM = Electronic Fetal Monitoring. Analyzed by paired t-test.

표 3. 주요 연구 변수의 기술통계

Table 3. Descriptive statistics of major study variables (N = 22)

Variable	Range	M ± SD
Eye tracking variables		
AOI 3 (Pathophysiology) dwell time (sec)	10-117	81.10 ± 29.04
Gaze transition frequency between AOIs (count)	12-31	21.00 ± 6.47
Outcome variables		
SBAR S score	0-2	1.01 ± 0.51
SBAR B score	0-2	1.05 ± 0.58
SBAR A score	0-2	0.76 ± 0.53
SBAR R score	0-2	0.98 ± 0.64
SBAR Total score	0-8	3.80 ± 1.08
Critical intervention time (sec)	5-45	22.50 ± 10.30

Note. M = Mean; SD = Standard Deviation; AOI = Area of Interest; SBAR = Situation, Background, Assessment, Recommendation

3-3 주요 변수의 기술통계

가설 2, 3, 4 검증에 사용된 주요 변수의 기술통계 분석 결과는 표 3과 같다. AOI 3 (병태생리) 시선 체류 시간은 평균 81.10초(SD=29.04), AOI 간 시선 전이 빈도는 평균 21.00회(SD=6.47)로 나타났다. 성과 변수인 SBAR 질적 점수 총점(최대 8점)은 평균 3.80점(SD=1.08)이었으며, 하위 영역 중 A (Assessment) 점수가 평균 0.76점(SD=0.53)으로 가장 낮게 나타났다. 핵심 중재 시간은 평균 22.5초(SD=10.3)로 측정되었다.

3-4 시선 추적 변수와 학습 성과 간의 상관관계

주요 변수 간의 상관관계 분석 결과는 다음과 같다(표 4). 첫째, 가설 2인 AOI 3 시선 체류 시간과 병태생리 점수 간에는 통계적으로 유의한 정적 상관관계($r=.51, p<.05$)가 나타났다. 이는 큰 수준의 효과 크기에 해당하였다. 둘째, 가설 3의 경우, 시선 전이 빈도와 SBAR 총점 간에는 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되지 않았으나($r=.05$), 하위 영역인 SBAR(A) 점수와는 유의한 정적 상관관계($r=.45, p<.05$)를 보였다. 이는 중간에서 큰 수준의 효과 크기로 확인되었다. 셋

째, 가설 4인 AOI 3 시선체류시간과 핵심중재시간 간에는 통계적으로 유의한 상관관계가 관찰되지 않았으나($r=-.31, p>.05$), 중간 수준의 효과 크기를 나타냈다. 마지막으로, 핵심중재 시간은 EFM 해석 점수($r=-.55, p<.01$) 및 SBAR(A) 점수($r=-.49, p<.05$)와 통계적으로 유의한 부적 상관관계를 나타냈으며, 이는 모두 큰 수준의 효과 크기에 해당하였다.

표 4. 주요 변수 간의 상관관계

Table 4. Correlations among major study variables (N = 22)

Variable	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1. Gaze transition frequency	—								
2. AOI 3 dwell time	.15	—							
3. EFM Interpretation score	.28	.10	—						
4. Pathophysiology score	.12	.51*	.33	—					
5. SBAR S score	.35	.09	.48*	.21	—				
6. SBAR B score	.05	.02	.11	.08	.30	—			
7. SBAR A score	.45*	.39	.30	.36	.40	.13	—		
8. SBAR Total score	.05	.18	.35	.28	.65**	.52*	.70**	—	
9. Critical intervention time	-.29	-.31	-.55**	-.33	-.42	-.10	-.49*	-.38	—

Note. Correlation coefficients are Pearson's r. AOI = Area of Interest; EFM = Electronic Fetal Monitoring; SBAR = Situation, Background, Assessment, Recommendation.

* $p < .05$, ** $p < .01$.

3-5 질적 분석 결과

CAVE 시뮬레이션 종료 직후 실시한 반구조화된 심층 면담 자료를 주제 분석을 통해 분석한 결과, 3개의 주요 주제와 7개의 하위 주제가 도출되었다. 질적 자료 분석은 연구자 2인이 독립적으로 코딩을 실시하였으며, 불일치 사항은 논의를 통해 합의에 도달하였다. 분석 결과는 표 5와 같다.

• 주요 주제 1: 병태생리 시각화의 인지적 명료성

참여자들은 CAVE 환경이 제공한 병태생리적 기전의 시각화가 복잡한 임상 상황을 이해하는 데 결정적인 도움이 되었다고 보고하였다. 특히, 자궁 내부의 과강직 상태와 태아의 저산소증을 3D 애니메이션으로 시각화한 AOI 3(병태생리 벽면)은 학습자들이 “눈에 보이지 않는 원인”을 명확히 인지하는 데 기여하였다. 한 참여자(P03)는 “평소에는 교과서로만 배웠던 자궁 과강직을 실제로 볼 수 있어서 왜 태아가 위험한지 확실히 알게 되었다”고 진술하였다. 또한, 태아심박동 그래프가 대형 벽면에 투사되어 변화 패턴을 실시간으로 추적하기 용이했다고 응답한 참여자는 18명(81.8%)이었다. 이러한 시각적 명료성은 양적 결과에서 나타난 AOI 3 체류 시간

과 병태생리 점수 간의 유의한 정적 상관관계($r=.51, p<.05$)를 질적으로 뒷받침한다.

• 주요 주제 2: 분산 정보 통합의 인지적 부담

CAVE 환경의 3면 분산 구조는 학습자들에게 통합적 사고를 요구하였으나, 동시에 인지적 부담을 유발하기도 하였다. 특히 12명(54.5%)은 태아심박동과 자궁수축 그래프를 동시에 해석하는 과정에서 어려움을 호소하였다. 한 참여자(P12)는 “EFM 그래프 자체가 익숙하지 않은데, 자궁 그래프까지 동시에 보니까 정신이 없었다”고 표현하였다. 또한, 분산된 정보를 SBAR 형식으로 종합하여 보고하는 과정에서 “원인은 알겠는데 말로 표현하기 어려웠다”고 한 참여자는 11명(50.0%)이었다. 이는 양적 결과에서 SBAR Assessment 점수가 평균 0.76/2.00으로 가장 낮게 나타난 것과 일치하며, 학습자들이 정보 인식과 이해 단계는 성공적으로 수행하였으나, 이를 통합적 임상 추론으로 연결하는 데 제한이 있었음을 시사한다.

• 주요 주제 3: CAVE 환경의 기술적 개선 요구

참여자들은 CAVE 환경의 몰입감과 교육적 효과를 긍정적

으로 평가하면서도 기술적 개선이 필요한 부분을 구체적으로 지적하였다. 화면 크기와 시야각 조절의 필요성을 언급한 참여자는 13명(59.1%)이었다. 한 참여자(P16)는 “벽면이 너무 넓어서 처음에는 어디를 봐야 할지 몰랐고, 뒤로 물러서야 전체가 보였다”고 보고하였다. 또한 영상 해상도가 낮아 세밀한 그래프 눈금이나 수치를 판독하는 데 어려움이 있었다고 언급한 참여자는 8명(36.4%)이었다. 이러한 기술적 피드백은 향후 CAVE 콘텐츠 개발 시 최적의 화면 크기, 관찰 거리, 그리고 투사 해상도를 고려한 설계가 필요함을 시사한다.

IV. 논 의

본 연구는 CAVE 시스템의 3면 공간에 임부, 자궁, 태아 정보를 분산 제시하는 고위험 임부 간호 시뮬레이션의 교육적 효과와 그 기전을 탐색하기 위해 수행된 혼합연구방법론 기반의 파일럿 연구이다. 분석 결과, CAVE 기반 중재는 학습자의 지식 향상에 있어 긍정적인 효과 가능성을 시사하였으며, 시선 추적 데이터를 통해 파악된 학습자의 인지 과정이 임상적 판단 및 중재 시간과 유의미한 상관관계가 있음을 확인함으로써 향후 확증적 연구를 위한 탐색적 근거를 제공하였다.

첫째, 본 CAVE 기반 시뮬레이션 중재는 학습자의 고위험 임부 간호 관련 지식을 향상시켰다. 중재 후 지식 총점은 15 점 만점에 평균 6.2점에서 13.2점으로 2배 이상 증가하였으며, $t=33.05, p<.001$ 로 모든 하위 영역에서 통계적으로 유의미한 향상을 보여 가설 1을 지지하였다. 이러한 지식 향상은 CAVE 환경이 제공하는 독특한 시각화 경험에 기인한 것으로 해석된다. 심층 인터뷰에서 학습자들이 병태생리 기전이 투시되는 이미지나 벽면에 크게 투시된 태아심음(EFM) 그래프를 통해 정보를 정확하게 인지했다고 보고한 점은 이를 뒷받침한다.

둘째, 본 연구는 시각적 주의가 지식의 내재화 및 이해도에 미치는 긍정적 영향을 확인하였다. 시선 추적 연구에서 특정 영역에 대한 장시간의 체류 시간은 상반된 두 가지 인지 과정을 반영할 수 있어 해석에 주의가 요구된다. Caloca-Amber 등[11]이 언급한 바와 같이, 임상 경험이 부족한 초보자의 경우 긴 고정 시간은 정보 처리의 깊이보다는 과제 수행의 불안감이나 대안을 탐색하는 과정에서 겪는 인지적 어려움을 반영할 수 있다. 이와 관련하여 Sugimoto 등[12]의 연구에서도 간호 숙련도에 따라 시선 움직임의 패턴이 달라짐이 확인되었다. 해당 연구에서 미숙련 간호사는 특정 영역에 시선을 빈번하게 집중시킨 반면, 숙련 간호사는 더 넓은 범위로 시선을 이동시키며 전체적인 상황을 포괄적으로 이해하려는 경향을 보였다. 반면 전문가의 경우 필요한 정보에 정확히 주의를 기울여 의사결정을 최적화하는 과정에서 시선이 집중되기도 한다. 본 연구에서는 AOI 3에 대한 시선 체류 시간이 길수록 병태생리 점수가 높을 것이라는 가설 2가 $r=.51, p<.05$ 로 유

표 5. 질적 분석 결과: 주요 주제 및 하위 주제
Table 5. Qualitative analysis results: Major themes and subthemes (N = 22)

Major Theme	Subtheme	Participant Quotes	Frequency (n)
1. Cognitive Clarity via Pathophysiological Visualization	Enhanced understanding through visualized pathophysiology	“I could see the pathophysiological processes... it helped me understand more accurately.”	15
	Improved data accessibility on large-scale screens	“Projecting the EFM graph on the wall made it easy to interpret.”	18
2. Cognitive Load in Integrating Distributed Information	Challenges in simultaneous multi-stream data processing	“Interpreting both fetal heart rate and uterine contraction graphs at the same time was challenging.”	12
	Complexity of three-sided integrated assessment	“It was confusing to decide which of the uterus, mother, or fetus to focus on first.”	10
	Difficulty in synthesizing observations into SBAR reporting	“I understood the causes, but it was hard to organize them into SBAR format.”	11
3. Technical Requirements for CAVE Environment Optimization	Optimization of screen dimensions and viewing angles	“The walls were so large I had to stand back to see everything at once.”	13
	Demand for enhanced visual resolution	“I wish the projection resolution had been clearer.”	8

Note. N = 22 participants; Frequency refers to the number of participants mentioning each subtheme. EFM = Electronic Fetal Monitoring; SBAR = Situation, Background, Assessment, Recommendation; CAVE=Cave Automatic Virtual Environment

의하게 나타나 지지되었다. 이는 앞서 언급된 인지적 어려움으로 인한 체류[11]와 달리, AOI 3 체류 시간이 병태생리 점수와 정적 상관($r=.51$)을 보이고 질적 분석에서 인지적 명료성이 확인된 점을 고려할 때, 본 연구에서의 긴 체류 시간은 학습자가 자궁 과강직으로 인한 태아 청색 영상에 주의를 집중함으로써 태아 저산소증을 성공적으로 학습하고 이해했음을 의미한다. 비록 Sugimoto 등[12]의 연구에 따르면 숙련된 간호사는 시선을 넓게 분산시키는 경향이 있으나, 본 연구의 AOI 3는 단순 감시 영역이 아닌 해석이 필요한 정보 영역이었다는 점에서 해당 집중은 정보를 의미 있게 처리하기 위한 필수적 인지 과정으로 해석함이 타당하다. 이러한 해석은 시선 추적 분석이 상황 인식을 객관적으로 측정하는 지표임을 강조한 Caloca-Amber 등[11]의 이론적 배경과 일치하며, 학습자가 시각 단계를 넘어 이해 수준으로 나아가기 위해 효율적인 인지적 집중을 발휘했음을 시사한다. 다만 낮은 SBAR 성과와 관련하여, 향후 연구에서는 생각말하기 등을 병행하여 체류 시간의 정확한 인지적 의미를 규명할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 분산된 정보 탐색 행위와 종합적 임상 추론 간의 관련성을 탐색적으로 분석하였다. 분석 결과 시선 전이 빈도가 높을수록 SBAR 총점이 증가할 것이라는 가설 3은 상관관계수 .05로 통계적 유의성을 확보하지 못해 기각되었다. 그러나 SBAR의 핵심 하위 영역인 평가(Assessment) 점수와는 $r=.45$, $p<.05$ 로 유의한 정적 상관관계를 나타냈다. 이러한 결과는 SBAR-A가 갖는 인지적 특수성과 시선 전이 행위 간의 긴밀한 연결성을 보여준다. SBAR의 평가 영역은 단순 보고나 배경 설명을 넘어, 병태생리적 원인(자궁 과강직으로 인한 태아 청색)을 EFM 그래프와 연계하여 종합적 태아 저산소증을 추론한 결과를 보고하는 것이다. 본 연구에서 측정된 시선 전이 빈도는 태아 심음 그래프와 임부 상태, 태아 모형이라는 세 가지 영역을 학습자가 얼마나 유기적으로 확인했는지를 보여주는 지표다. 따라서 두 변인 간의 유의한 상관관계는 학습자가 물리적으로 분산된 정보를 능동적으로 대조하고 연결하는 인지적 통합 과정을 거쳐, 자궁 과강직에 따른 태아 저산소증과 같은 복합적인 임상 상황을 종합적으로 추론했음을 시사한다. 이는 숙련 간호사와 초보자 간의 정보 탐색 패턴 차이가 상황 인식의 차이로 이어진다는 Sugimoto 등[13]의 질적 분석 결과를 본 연구가 정량적으로 뒷받침한 것으로 해석할 수 있다. 특히 SBAR-A 점수가 평균 0.76점으로 가장 취약하게 나타난 점은 학습자들이 고차원적 추론 능력을 개발하기 위해 구조화된 디브리핑 등의 추가적인 교육적 지원이 필요함을 시사한다. 결과적으로 학습자가 시선 이동과 신체적 행위를 매개로 정보를 통합하는 과정은 고위험 임부 간호에 필요한 입체적 사고를 촉진하는 동인이 될 수 있으며, 본 연구는 고몰입형 가상현실 환경이 이를 유도할 수 있다는 탐색적 근거를 제공한다.

넷째, 본 연구는 신속한 임상 중재 수행에 영향을 미치는 핵심 요인을 규명하였다. 가설 4인 “AOI 3 체류 시간이 길수록

중재 시간이 단축될 것이다”는 $r=-.31$ 로 유의미한 관계가 나타나지 않아 기각되었다. 이는 병태생리적 원인이 되는 시각적 단서(AOI 3)에 장시간 주의를 기울이는 것만으로는 핵심 중재인 옥시토신 중단 신속성을 담보할 수 없음을 의미한다. 반면 중재의 신속성과 가장 강력한 상관관계를 보인 변수는 EFM 해석 정확도($r=-.55$, $p<.01$)와 SBAR (A) 점수($r=-.49$, $p<.05$)로 나타났다. 이는 신속한 임상 행동이 단순히 시각적 정보를 응시하는 행위가 아니라, EFM 데이터(AOI 2)에 대한 정확한 해석 지식과 정보를 통합적으로 사정하는 인지적 역량에 의해 결정됨을 시사한다. 결과적으로 가설 4의 기각은 시각적 주의의 양적 증가가 반드시 수행의 효율성으로 직결되지 않음을 뒷받침하며, 이는 긴 응시 시간이 수행자가 겪는 인지적 불확실성을 반영할 수 있다는 Caloca-Amber 등[11]의 논의와 맥락을 같이한다. 또한 Sugimoto 등[12]의 연구에서도 숙련도에 따라 특정 AOI 체류 시간 자체에는 유의미한 차이가 없었다는 보고는 체류 시간만으로는 효율적인 상황 인식을 판단하기 어려움을 뒷받침한다.

본 연구는 고위험 임부 간호 교육 분야에서 기존에 부채했던 임부-자궁-태아의 3측면 통합평가 훈련 콘텐츠를 CAVE 환경에 구현하였다는 점에서 방법론적 의의를 갖는다. CAVE 환경의 3면 스크린 구조를 활용하여 ‘임부’, ‘태아’, ‘자궁’ 정보를 의도적으로 분리하고, 학습자가 머리를 돌리고 시선을 이동하는 신체적 행위를 통해 분산된 정보를 능동적으로 탐색하고 통합하도록 설계한 것은, 인지적 작업이 머릿속에서만 수행되는 것이 아니라 물리적 환경 및 인공물과의 상호작용을 통해 끊임없이 형성되고 분산된다는 분산인지이론에 근거하였다[6],[14]. 특히, Werner 등도 CAVE와 같은 가상 환경이 인지적 작업이 물리적-공간적 맥락에 의해 형성되는 방식을 연구하는 데 효과적인 방법론적 도구가 될 수 있음을 확인하였다[6]. 이러한 분산된 정보를 통합하는 과정은 상황 인식을 유지하는 데 필수적인 시각적 주의의 선행 조건이다[12]. 본 연구는 이러한 시각적 스캐닝이 인지적 통합으로 연결되는 작동 기전을 탐색하였다. 즉, CAVE 환경의 3면 스크린 구조를 활용한 고위험-고몰입 시뮬레이션의 효과를 검증하고 그 인지적 기전을 분산 인지 이론으로 설명했다는 점에서 선행연구들과 차별화된 것이다. 특히, 시선 추적 기술로 상황인식을 객관적으로 측정하는 지표를 제공하였다는 점과 숙련된 간호사가 전체적인 상황을 이해하기 위해 시선을 넓게 이동하는 방식을 시각화한다는 Sugimoto 등의 선행 연구 결과와 같이[12],[13], 본 연구는 임부-자궁-태아 정보가 분산된 환경에서 시선 전이와 같은 신체적 주의 행위가 SBAR 평가(Assessment) 점수 및 임상 중재 시간과 유의한 상관관계가 있음을 확인하였다. 이는 분산된 단서들을 통합하여 태아 저산소증을 추론하는 인지적 기전을 시선 추적 지표를 통해 객관적으로 제시하였다는 점에서 학문적 의미가 있다.

이상의 결과는 고몰입형 가상현실 교육이 간호대학생의 인지적 탐색과 임상 판단 역량 향상에 기여할 수 있음을 보여준다. 본 파일럿 연구의 시사점은 다음과 같다. 첫째, 교육적 시

사점이다. 3면 CAVE 시스템의 다감각 자극은 실제와 유사한 고위험 상황을 구현하여 학습자의 능동적인 단서 탐색을 촉진한다. 이는 환자 상태를 판단하는 SBAR 역량을 강화하는 도구로 활용될 수 있으며, 대면 실습이 어려운 고위험 사례 교육의 보완 및 대체 전략으로서 가치가 있다. 둘째, 연구적 시사점이다. 시선 추적 기술을 도입하여 학습자의 인지적 기전을 객관적 지표로 분석했다는 학술적 의의가 있다. 또한 본 연구에서 산출된 효과 크기와 상관 구조는 향후 대규모 확증 연구를 위한 표본 수 산정과 변수 선정의 기초 자료가 될 수 있다.

본 연구는 고위험 임부 간호 교육에 분산 인지 이론을 적용한 선도적 시도임에도 불구하고 다음과 같은 몇 가지 제한점을 갖는다. 첫째, 표본 수 22명의 편의표집된 단일군 사전-사후 설계로 수행된 파일럿 연구로서 내적 타당도 확보에 제한이 있다. 관찰된 지식 점수의 향상이 CAVE 시뮬레이션의 순수한 중재 효과인지, 아니면 반복 평가에 의한 학습 효과, 평가 도구 노출에 따른 검사 효과, 또는 시간 경과에 따른 성숙 효과 등 외생 변수에 의한 것인지 명확히 분리하기 어렵기 때문이다. 따라서 본 연구 결과는 가설 생성 및 효과 크기 추정을 위한 예비적 근거로 해석되어야 하며, 향후 충분한 표본 크기와 대조군(예: 전통적 모니터 기반 시뮬레이션)을 포함한 무작위 대조 실험을 통한 검증이 필요하다. 둘째, 시선 추적 변수 정의 및 해석 범위의 모호성이다. 본 연구에서 AOI 3(병태생리)의 체류 시간 증가가 지식 점수와 정적 상관을 보였으나, 이것이 정보에 대한 심층적 인지 처리의 산물인지, 혹은 초보 학습자가 정보 해석의 난이도로 인해 겪는 인지적 지체나 불확실성을 반영하는지 명확히 구분하기 어렵다는 한계가 존재한다. 셋째, 연구 결과의 일반화 가능성 문제이다. 연구 대상이 일개 간호대학 학생이며 여성이 대다수를 차지하고 있어 다양한 집단으로의 확대 해석이 제한적이다. 또한 옥시토신 투여로 인한 자궁 과강직 시나리오 하나만을 적용하였으므로, 전치태반 출혈이나 자간전증 등 다양한 산과적 위기 상황에서도 동일한 분산 인지 기전이 작동하는지 확인하지 못하였다. 마지막으로, CAVE 시스템의 기술적 특성이 유발하는 외생적 인지 부하를 객관적으로 평가하지 못한 제한점이 있다. 심층 인터뷰를 통해 확인된 넓은 시야각으로 인한 탐색의 어려움이나 해상도 저하 등의 기술적 제약은 학습자가 시뮬레이션 본연의 과업에 집중하는 것을 방해하고 불필요한 인지적 자원 소모를 야기했을 가능성이 있다. 이는 향후 중재 프로토콜 개발 시 기술적 최적화가 선행되어야 함을 시사한다.

V. 결 론

본 연구는 3면 CAVE 시스템을 활용한 고위험 임부 간호 시뮬레이션 중재가 학습자의 지식 점수 향상에 긍정적으로 기여할 수 있는 잠재적 가능성을 확인하였다. 분석 결과

SBAR 총점과의 상관관계는 유의하지 않았으나, 하위 영역인 평가(Assessment) 점수와 시선 전이 빈도 간에는 유의한 정적 상관관계($r=.45, p<.05$)가 나타났다. 이러한 결과는 학습자가 CAVE 공간에서 빈번한 시선 전이를 통해 분산된 3벽면의 임상 단서들을 종합하여 임상 판단을 도출해내는 능동적 탐색 행위를 수행했음을 의미한다. 즉, 학습자는 자궁 과강직으로 인한 태아의 생리적 변화를 EFM 그래프와 유기적으로 연계하여 태아 저산소증을 추론하고 이를 보고한 것이다. 또한 지식(EFM 해석) 및 종합 평가(SBAR-A) 역량이 임상 중재 수행의 신속성과 밀접한 연관성($r=-.55, r=-.49$)을 보인 결과는, 정보 통합 능력이 실제 수행 효율성을 예측하는 예비적 지표가 될 수 있음을 시사한다. 종합적으로 본 연구는 고몰입형 가상현실 교육의 기전을 파악하기 위한 기초 자료를 제공하며, 향후 대규모 확증 연구를 통해 교육적 효과를 일반화하기 위한 토대를 마련하였다.

본 파일럿 연구의 결과를 바탕으로 다음과 같은 후속 연구를 제안한다. 첫째, 본 연구에서 확인된 중재 효과를 바탕으로 적정 표본 규모를 산출하고 대조군을 포함한 무작위 대조 실험을 수행하여, 중재의 실제적 효과성과 일반화 가능성을 검증할 필요가 있다. 둘째, 상대적으로 취약하게 나타난 SBAR 평가 역량을 강화하기 위해, 시선 전이 패턴 분석을 반영한 인지적 피드백이나 구조화된 디브리핑 등 보완적인 교육 전략을 수립하고 그 실행 가능성을 재확인하는 후속 연구가 요구된다.

부 록

표 6. 비디오 생성에 사용되는 프롬프트 및 매개변수 상세
Table 6. Configuration of prompts and parameters used for video generation

Category	Details & Specifications
Model	Google DeepMind Veo
Anatomical Subject	Fetus inside the uterus (Anatomical cross-sectional view)
Visual Logic & Motion	Thickening of the uterine wall, inward pressure indicators (arrows), and gradual decrease in fetal motility.
Pathophysiological Visualization	Fetal Hypoxia Simulation: Dynamic skin tone transition from healthy pink to blueish-purple (Cyanosis).
Stylistic Parameters	3D medical animation, high-fidelity rendering, and educational diagrammatic style.
Structured Prompt	"A cross-sectional 3D animation of a fetus in a womb. The uterine walls contract and thicken significantly. Blue arrows appear pointing inward to represent pressure. The fetus initially moves normally but gradually stops moving and turns blueish-purple to simulate hypoxia."
Post-Processing	Contrast optimization and graphical enhancement of pressure indicators for improved clinical clarity.

참고문헌

- [1] R. D. Wilson, "Every Mother and Every Fetus Matters: A Positive Pregnancy Test = Multiple Offerings of Reproductive Risk Screening for Personal, Family, and Specific Obstetrical-Fetal Conditions," *International Journal of Gynecology & Obstetrics*, Vol. 159, No. 1, pp. 65-78, 2022. <https://doi.org/10.1002/ijgo.14074>
- [2] R. G. De Vries, L. K. Low, M. Chuey, S. Abdelnabi, and M. Lewallen, "When Evidence Fails to Change Practice: Examining the Persistence of Continuous Fetal Monitoring," *Qualitative Health Research*, 2025. <https://doi.org/10.1177/10497323251347137>
- [3] M. R. Endsley, "Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems," *Human Factors: The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society*, Vol. 37, No. 1, pp. 32-64, 1995. <https://doi.org/10.1518/001872095779049543>
- [4] N. A. Stanton, R. Stewart, D. Harris, R. J. Houghton, C. Baber, R. McMaster, ... and D. Green, "Distributed Situation Awareness in Dynamic Systems: Theoretical Development and Application of an Ergonomics Methodology," *Ergonomics*, Vol. 49, No. 12-13, pp. 1288-1311, 2006. <https://doi.org/10.1080/00140130600612762>
- [5] J. Hollan, E. Hutchins, and D. Kirsh, "Distributed Cognition: Toward a New Foundation for Human-Computer Interaction Research," *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, Vol. 7, No. 2, pp. 174-196, 2000. <https://doi.org/10.1145/353485.353487>
- [6] N. E. Werner, A. F. Jolliff, G. Casper, T. Martell, and K. Ponto, "Home Is Where the Head Is: A Distributed Cognition Account of Personal Health Information Management in the Home among Those with Chronic Illness," *Ergonomics*, Vol. 61, No. 8, pp. 1065-1078, 2018. <https://doi.org/10.1080/00140139.2018.1435910>
- [7] F. Beji, W. de Paula Ferreira, I. Pivotto Dabat, and V. Matias, "CAVE Automatic Virtual Environment Technology: A Patent Analysis," *Engineering Proceedings*, Vol. 89, No. 1, pp. 9, 2025. <https://doi.org/10.3390/engproc2025089009>
- [8] A. L. Whitehead, S. A. Julious, C. L. Cooper, and M. J. Campbell, "Estimating the Sample Size for a Pilot Randomised Trial to Minimise the Overall Trial Sample Size for the External Pilot and Main Trial for a Continuous Outcome Variable," *Statistical Methods in Medical Research*, Vol. 25, No. 3, pp. 1057-1073, 2016. <https://doi.org/10.1177/0962280215588241>
- [9] T. K. Koo and M. Y. Li, "A Guideline of Selecting and Reporting Intraclass Correlation Coefficients for Reliability Research," *Journal of Chiropractic Medicine*, Vol. 15, No. 2, pp. 155-163, 2016.
- [10] V. Braun and V. Clarke, "Using Thematic Analysis in Psychology," *Qualitative Research in Psychology*, Vol. 3, No. 2, pp. 77-101, 2006.
- [11] S. Caloca-Amber, E. Mauriz, and A. M. Vazquez-Casares, "Exploring Eye-Tracking Data as an Indicator of Situational Awareness in Nursing Students During a Cardiorespiratory Arrest Simulation," *Nurse Education in Practice*, Vol. 76, 103911, 2024. <https://doi.org/10.1016/j.nep.2024.103911>
- [12] M. Sugimoto, M. Oyamada, A. Tomita, C. Inada, and M. Sato, "Assessing the Link between Nurses' Proficiency and Situational Awareness in Neonatal Care Practice Using an EYE TRACKer: An Observational Study Using a Simulator," *Healthcare*, Vol. 12, No. 2, 157, 2024. <https://doi.org/10.3390/healthcare12020157>
- [13] M. Sugimoto, A. Tomita, M. Oyamada, and M. Sato, "Eye-Tracking-Based Analysis of Situational Awareness of Nurses," *Healthcare*, Vol. 10, No. 11, 2131, 2022. <https://doi.org/10.3390/healthcare10112131>
- [14] M. L. Gomez, M. Schieble, J. S. Curwood, and D. Hassett, "Technology, Learning and Instruction: Distributed Cognition in the Secondary English Classroom," *Literacy*, Vol. 44, No. 1, pp. 20-27, 2010. <https://doi.org/10.1111/j.1741-4369.2010.00541.x>



정현정 (Hyun-Jung Jung)

1999년 : 경북대학교 일반대학원
(간호학석사)

2012년 : 경북대학교 일반대학원
(간호학박사)

2014년~현재 : 동아대학교 간호대학 조교수

※관심분야 : 시뮬레이션, 인공지능