creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-변경금지 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

변경금지. 귀하는 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공할 수 없습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

교육학석사 학위논문

메타인지 지원이 동영상 기반 학습에 미치는 영향: 생리심리반응을 중심으로

2021년 2월

서울대학교 대학원

교육학과 교육공학전공

함 윤 희

메타인지 지원이 동영상 기반 학습에 미치는 영향: 생리심리반응을 중심으로

지도교수 조 영 환

이 논문을 교육학석사 학위논문으로 제출함
2020년 12월

서울대학교 대학원
교육학과 교육공학전공
함 윤 희

함윤희의 석사 학위논문을 인준함
2021년 2월

위 원 장 임 철 일 (인)

부위원장 김 선 영 (인)

위 원 조 영 환 (인)

국문초록

최근 정보통신기술과 클라우드 기반 온라인 학습 시스템의 발달로 이러닝에 참여하는 학습자의 수와 관련 연구가 증가하고 있으며 최근에는 코로나19로 이러한 상황이 더욱 가속화되었다. 온라인 학습에서 일반적으로 사용되는 동영상 학습 콘텐츠는 멀티미디어를 활용해 효과적으로 학습자의 주의를 집중시키고 의미전달력이 뛰어나며 기술향상적 특징으로 인해 언제 어디서든 학습할 수 있다는 장점이 있다. 하지만 동영상 기반 학습은 교수자의 일방적인 강의 전달로 흐르기 쉽고 이는 동영상 기반 학습 환경에서 학습자가 쉽게 학습을 중단하는 행위로 이어진다. 따라서 온라인 동영상 기반 학습에서 학습자가 효과적으로 자기조절을 할 수 있도록 지원하고 그 과정을 면밀히 살펴볼 수 있는 연구가 필요하다.

이에 본 연구에서는 동영상 기반 학습에 메타인지 지원을 제공하고 그 효과성을 학습자의 생리심리반응을 통한 학습 과정과 학습결과로 확인하고자 하였다. 본 연구에서 사용한 생리심리반응은 심박변이도이며 이를 통해 학습자의 인지 과정을 깊이 있게 살펴보고자 하였다. 본 연구의 구체적인 연구문제는 다음과 같다. 첫째, 동영상 기반 학습에서의 메타인지 지원은 학습자의 인지 부하에 어떤 영향을 미치는가? 둘째, 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 학습자의 학습결과에 어떤 영향을 미치는가? 셋째, 학습자의 인지 부하는 학습결과에 어떤 영향을 미치는가? 각각의 연구문제에 대한 가설은 다음과 같다. 첫째, 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 인지 부하 감소에 긍정적인 영향을 미친다(가설1). 둘째, 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 학습결과에 긍정적

인 영향을 미친다(가설2). 셋째, 동영상 기반 학습에서 인지 부하는 학습결과에 부정적인 영향을 미친다(가설3).

이와 같은 연구문제를 해결하기 위해 실험 연구를 진행하였다. 먼저, 선행연구를 바탕으로 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원을 위한 연구도구를 개발하였다. 그리고 심장 관련 과거 병력이 없는 18세 이상의 성인 33명을 대상으로 실험을 진행하고 데이터를 수집하였다. 연구 참여자들은 사전 설문과 사전지식 검사, 동영상 기반 학습, 사후 검사의 순서대로 실험에 참여하였다. 그리고 동영상 기반 학습 과정에는 실험 집단에 메타인지 지원을 제공하였다. 동영상 기반 학습 과정에서 손목밴드를 통해 심박변이도가 측정되었다. 실험 종료 후 심박변이도 데이터를 인지 부하 수치로 변환하고 이를 사전 설문, 사전 및 사후 검사 자료와 통계분석을 진행하였다. 수집된 양적 자료들은 기술통계, t검증, 회귀분석에 따라 분석되었고 이를 통해 사전에 설정된 가설을 검증하였다.

연구 결과, 메타인지 지원은 학습 활동 중의 인지 부하 수준에 영향을 미쳤으며, 이와 반대로 동영상 기반 학습 중의 인지 부하에는 유의미한 수준으로 영향을 미치지 않아 가설1은 부분적으로 채택되었다. 메타인지 지원은 학습결과에 통계적으로 유의미한 수준의 영향을 미치지 못하여서 가설2는 기각되었다. 마지막으로 학습 활동을 제외한 동영상 기반 학습에서의 인지 부하가 낮을수록 높은 학습결과를 달성하는 것이 확인되어서 가설3은 부분적으로 채택되었다.

본 연구는 메타인지 지원이 학습결과뿐 아니라 학습 과정에 어떠한 영향을 미치는지를 생리심리반응을 통해 확인하였다. 또한, 본 연구의 결과는 동영상 기반 학습 과정 중에 메타인지 지원이 필요한 시점을 생리심리데이터를 이용하여 파악하고 맞춤형 지원이 이루어질 수 있도록 기초를 마련하였다. 본 연구는 메타인지

지원이 동영상 기반 학습에 미치는 영향에 대해서 생리심리반응이라는 새로운 분석방법을 시도하고 향후 교육 현장과 이론에 적용할 가능성을 발견했다는 점에서 의미가 있다.

주요어 : 메타인지 지원, 동영상 기반 학습, 생리심리반응, 심박변이도, 인지 부하
학 번 : 2019-29877

목 차

I. 서론 ····· 1
1. 연구의 필요성 및 목적 ····· 1
2. 연구문제 ····· 5
3. 용어의 정리 ····· 6
II. 이론적 배경 ····· 8
1. 동영상 기반 학습 ····· 8
가. 동영상 기반 학습의 개념 및 특징 ····· 8
나. 동영상 기반 학습의 제한점 ····· 9
2. 메타인지 ····· 11
가. 메타인지의 개념 및 특징 ····· 11
나. 메타인지 지원 ····· 13
다. 메타인지 지원과 인지 부하 ····· 16
3. 생리심리반응 ····· 18
가. 생리심리반응의 개념 ····· 18
나. 생리심리반응과 인지 부하 ····· 20
다. 심박변이도 ····· 22
III. 연구 가설 ····· 26
IV. 연구 방법 ····· 27

1. 실험 연구 ····· 27
2. 연구 참여자 ····· 28
3. 연구 절차 ····· 30
가. 실험 설계 ····· 30
나. 전체 연구 절차 ····· 31
4. 연구 도구 ····· 34
가. 학습 동영상 ····· 34
나. 실험 처치 ····· 35
다. 심박변이도 측정 기구 ····· 39
라. 사전 설문 ····· 40
마. 정신적 노력 검사 ····· 40
바. 사전 및 사후 검사 ····· 40
5. 자료 수집 및 분석 ····· 42
가. 자료 수집 방법 ····· 42
나. 데이터 전처리 ····· 43
다. 자료 분석 방법 ····· 44
Ⅴ. 연구 결과 ····· 46
1. 메타인지 지원이 인지 부하에 미치는 영향 ····· 46
2. 메타인지 지원이 학습결과에 미치는 영향 ····· 48
3. 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향 ····· 49

Ⅵ. 논의 및 결론 ····· 51
1. 논의 ····· 51
가. 메타인지 지원이 인지 부하에 미치는 영향 ····· 51
나. 메타인지 지원이 학습결과에 미치는 영향 ····· 52
다. 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향 ····· 53
라. 교육공학적 시사점 ····· 53
2. 결론 및 제언 ····· 54
참고문헌 ····· 59

표 목 차

<표 Ⅳ-1> 두 집단의 개인차변인 t검증 결과 ····· 29
<표 Ⅳ-2> 실험 설계 ····· 30
<표 Ⅳ-3> 연구 절차별 연구 활동 ····· 31
<표 Ⅳ-4> 메타인지 지원 프롬프트 ····· 36
<표 Ⅳ-5> 검사 문항 이원목적분류표 ····· 41
<표 Ⅳ-6> 사전 및 사후 검사 평가 결과에 대한 카파계수 ·· 44
<표 Ⅴ-1> 메타인지 지원에 따른 LF/HF 비율 t검증 결과 ·· 47
<표 Ⅴ-2> 집단별 사전/사후 검사 기술통계 결과 ····· 49
<표 Ⅴ-3> 집단별 사전/사후 검사 t검증 결과 ····· 49
<표 Ⅴ-4> 인지 부하와 학습결과의 회귀분석 결과 ····· 50

그 림 목 차

[그림 Ⅳ-1] 동영상 기반 학습 처치 ····· 33
[그림 Ⅳ-2] 학습 동영상 ····· 35
[그림 Ⅳ-3] 실험 처치 ····· 36
[그림 Ⅳ-4] Empatica E4 손목밴드 ····· 39
[그림 Ⅳ-5] 인지 부하 산출 단위 ····· 45
[그림 Ⅴ-1] 실험집단과 통제집단의 인지 부하 ····· 48

Ⅰ. 서론

1. 연구의 필요성 및 목적

정보통신기술과 클라우드 기반 온라인 학습 시스템의 발달과 함께 이러닝에 참여하는 학습자의 수도 증가하고 있다(정보통신산업진흥원, 2019). 고등 교육 현장과 같은 형식 교육(informal learning) 맥락에서는 사이버 대학을 통해 온라인 강의를 적극적으로 활용하고 있으며, 비형식 학습(informal learning) 맥락의 MOOCs, 유튜브 플랫폼 등에서는 학습자들이 자발적으로 온라인 학습에 참여한다(Kim & Kim, 2013; Sung & Kim, 2016). 이에 따라 국내외에서는 동영상 기반 학습에 대한 깊이 있는 이해와 함께 보다 개선된 교수학습 설계를 제시하기 위한 시도가 증가하고 있다(임철일, 2005; 조영환, 허선영, 최효선, 김정연, 이현경, 2015). 학습자들은 더이상 교수자가 실재하지 않는 온라인 동영상 강의를 보는 것에 이질감을 느끼지 않으며, 스스로 학습 환경을 통제하며 온라인 동영상 강의를 볼 수 있게 되었다. 또한, 콘텐츠 플랫폼이 증가함에 따라 온라인 학습 환경은 다양한 분야의 동영상 기반 학습 콘텐츠를 제공해줄 수 있게 되었고, 학습자는 공교육의 교육과정에서 벗어나 스스로 동영상 기반 학습 콘텐츠로 학습의 경로를 선택할 수도 있게 되었다.

온라인 학습에서 주로 사용되는 동영상 기반 학습 콘텐츠는 멀티미디어를 활용해 효과적으로 학습자의 주의를 집중시키며 의미 전달력이 뛰어나다. 이주현(2008)에 따르면, 동영상 기반 학습 콘텐츠는 반복하여 볼 수 있다는 점, 주의를 끌기 좋은 시청각 매체를 기반으로 하고 있다는 점, 교수자를 가까이에서 볼 수 있다는 점에서 장점이 있다. 또한, 동영상 자료는 다른 학습 자료에 비해 전통적 교실 강의 형태에서 크게 벗어나지 않기 때문에, 학습자에게 교실에서 수업을 듣는 것과 같은 실재감을 제공해주면서도 기술향상적 특징(Technology-enhanced learning:

TEL)으로 인해 언제 어디서든 학습할 수 있는 학습 환경을 지원한다.

하지만 동영상 기반 학습은 교수자의 일방적인 강의 전달로 흐르기 쉬운 강의 형태이고(이인수, 2011), 교수자나 동료학습자와의 상호작용이 부재하여 학습자의 수동적인 참여로 이어진다는 한계가 있다. 콘텐츠 유형에 따른 효과를 살펴보기 위한 이혜정과 김태현(2008)의 연구에서 동영상 기반 콘텐츠는 학업성취도, 만족도, 학생 자신이 인식하는 만족도에서 가장 비효과적인 유형으로 도출되었다. 이는 동영상 기반의 콘텐츠가 교수자 의존적인 구조를 벗어날 수 없기 때문으로 설명되었다. 위 연구결과와 같이 동영상 기반 학습 콘텐츠에서는 주로 교수자 요인을 크게 인식하고 상대적으로 학습자의 역할은 소극적으로 인식하기 때문에 학습자는 학습 내용에 대해 적극적으로 고민하고 생각을 정리하기보다 주어진 자료를 수동적으로 받아들이는 존재로 인식된다. 이는 학습자가 쉽게 학습을 중단하는 행위로 이어지고 결과적으로 온라인 동영상 기반 학습의 완수율이 낮은 것과도 관련이 있다(Davis, Jivet, Kizilcec, Chen, Hauff, & Houben, 2017).

위와 같은 이유로 동영상 기반 학습 환경에서는 학습자가 주도적으로 자신의 학습을 진행해나가는 능력이 크게 요구된다. 메타인지 지원(metacognitive support)은 학습자의 주도적인 학습능력을 향상시키기 위한 교육학적 접근법 중 하나이다(Karaoglan, Olpak, & Yilmaz, 2018; Kim & Lim, 2018). 메타인지를 통해 학습자들은 학습 목표를 설정하고 학습의 과정을 점검하며 학습을 위한 전략을 수정한다(Pintrich, 1995; Zimmerman & Risenberg, 1997). 이와 같은 조절 과정을 통해 학습자는 동영상 기반 학습 콘텐츠에 대한 인지적 참여(engagement)를 높일 수 있다. 동영상 기반 학습 콘텐츠에 적극적으로 참여한다면 학습자는 단순히 동영상을 보는 수동적인 참여(passive engagement)뿐 아니라 동영상을 멈추고 되감기하여 다시 보는 적극적인 참여(active engagement), 동영상 내의 학습 개념을 설명하고 사전지식과 비교해보는 구성적 참여(constructive engagement), 학습 내용에 관해 토론하는 상호작용적 참여(interactive engagement)를 할 수 있다(Chi & Wylie,

2014). 동영상 기반 학습 중에 학습자가 학습 목표를 미리 정하고 학습 도중 목표에 비추어 자신의 학습 상태를 점검하고 조절한다면 수동적인 학습으로 여겨지는 동영상 기반 학습에도 적극적으로 참여할 수 있을 것으로 기대된다.

메타인지 지원은 학습자의 주의를 환기하고 학습자가 현재 사용하고 있는 학습 전략이 가장 좋은 방법은 아닐 수도 있다는 성찰적 의심을 유도한다. 지원을 통해 학습자는 자신의 활동을 점검(monitoring)하고 조절(control)함으로써 단순히 동영상 강의를 수동적으로 듣는 활동에서 나아가 동영상의 속도를 조절하고, 동영상 중간중간 이해가 되지 않는 부분에서 멈추고 다시 보기를 반복하면서 동영상 강의의 내용을 적극적으로 학습할 수 있다. 하지만 메타인지 지원 도구에 대한 학습자의 인식은 때때로 부정적이다. Calvi와 De Bra(1997)는 메타인지적 지원으로 요청된 활동을 고려해야 할 때 학생들이 자신의 학습이 방해를 받는 기분이 들었다고 하였다. 학생들은 메타인지 지원에서 요청된 활동을 이행하지 않는 모습을 보이기도 하였다(Bannert, Mengelkamp, 2013). 따라서 메타인지 지원은 세심한 설계를 통해 제공될 필요가 있다.

메타인지 지원이 학습에 긍정적인 영향을 미친다는 사실은 많은 연구자들에 의해 검증되었으나(Karaoğlan Yılmaz, Olpak, & Yılmaz, 2018; López-Vargas, Ibáñez-Ibáñez, & Racines-Prada, 2017; Zheng, Zhang, & Sun, 2019) 메타인지 지원이 어떻게 학업성취에 영향을 미치는지를 학습 과정에서 수집한 객관적인 데이터로 면밀하게 살핀 연구는 아직 없다. 일반적으로 메타인지 지원의 효과성을 검증하는 연구들은 학습결과 데이터만 사용하여 메타인지 지원이 학습 과정에 일으키는 변화를 설명할 수 없거나(Karaoğlan Yılmaz et al., 2018), 학습자의 주관성에 영향을 받는 자기보고식 자료를 수집하여 현상에 대해 객관적으로 설명할 수 없다는 단점이 있다(López-Vargas et al., 2017; Zheng et al., 2019). 이와 같은 한계를 보완하고 학습에 대한 보다 면밀한 분석을 하기 위해 학습에 방해를 하지 않도록 비침습적으로 데이터를 수집할 수 있는 생리심리반응을 이용하여 학습 과정에 대한 객관적인 자료를 확보

할 필요가 있다.

생리심리반응은 인간의 생리적 원리와 현상을 통해 관찰되는 인지적, 감정적, 그리고 행동적 반응을 지칭하는 것으로(Cacioppo & Tassinary, 1990), 최근 연구자들이 학습 자극의 효과성을 보다 객관적으로 확인하고자 연구에 사용하는 방법이다(Meusel, 2014; Mekherjee, Yadav, Yung, Zajdel, & Oken, 2011; Le, Liu, Deng, & Dai, 2018). 기존 연구에서는 교수학습적 처방의 효과성을 학습자의 자기보고식 설문과 연구자의 관찰에 의존하여 검증하고자 하였다. 하지만 그와 같은 검증방법은 학습자의 주관이 개입될 여지가 있어 신뢰성 있는 결과를 도출하기 어렵다. 이와 대조적으로 생리심리반응은 학습자가 의식적으로 제어할 수 없으므로 학습자의 재량적 판단에 의한 결과의 왜곡을 최소화할 수 있으며(이승조, 2008), 학습자들이 의식적으로 깨닫지 못하는 심리적 반응에 대한 정보를 제공할 수도 있다(안주아, 이시훈, 송인덕, 2009). 결국 생리심리반응 측정은 자극물에 노출되는 과정에서 연속적으로 측정될 수 있고, 학습자가 이 과정에 주관적으로 개입하지 않으며, 학습자의 기억을 요구하지 않는, 학습자의 자연스러운 인지 처리 과정을 방해하지 않는 지표라 할 수 있다(Ravaja, 2004). 이와 같은 생리심리반응을 통하여 학습자의 인지적 상태를 분석한다면 과거에 블랙박스(black box)로 여겨왔던 인간의 학습 과정을 보다 깊이 있게 이해할 수 있을 것이다.

이에 본 연구는 동영상 기반 학습에서 학습자가 적극적으로 동영상 기반 학습을 하도록 메타인지를 촉진하는 지원을 제공하고 그 효과성을 학습결과와 생리심리반응을 통한 학습 과정으로 밝히고자 한다.

2. 연구문제

본 연구는 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원이 학습자의 인지 부하와 학습결과에 어떤 영향을 미치는지 확인하는 것을 목적으로 한다. 인지 부하에 미치는 영향을 확인하기 위해 생리심리반응을 통한 객관적인 자료를 수집하여 활용하고자 한다. 이를 위해 본 연구에서 설정한 구체적인 연구문제는 다음과 같다.

첫째, 동영상 기반 학습에서의 메타인지 지원은 학습자의 인지 부하에 어떤 영향을 미치는가?

둘째, 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 학습자의 학습결과에 어떤 영향을 미치는가?

셋째, 학습자의 인지 부하는 학습결과에 어떤 영향을 미치는가?

3. 용어의 정리

가. 동영상 기반 학습

동영상은 영상, 문자, 그림 또는 음성 등과 같은 다양한 매체를 복합하여 표현하는 멀티미디어의 한 유형으로(Mayer, 2009), 시청각 정보의 결합을 통해 학습자의 집중과 몰입을 향상시킬 수 있는 효과적인 교수학습 매체이다(Maniar, Bennett, Hand, & Allan, 2008). 동영상을 이용한 학습을 동영상 기반 학습(video-based learning)이라고 하며 본 연구에서는 특정 내용을 포함하는 학습 목적의 영상 콘텐츠를 학습 동영상으로 정의하고 해당 학습 동영상을 학습하는 행위를 동영상 기반 학습으로 정의한다.

나. 메타인지

메타인지는 인지에 대한 인지로, 학습자가 자신의 학습을 감시하고 점검하는 과정과 학습에서의 실패를 감지하고 이를 해결하기 위해 자신의 전략에 변화를 주고 조절하는 과정을 의미한다. 인지가 정보를 이해하는 과정이라 본다면, 메타인지는 자신의 인지 과정에 대한 이해 과정으로 차이가 있다. 또한, 메타인지는 '전략에 대한 전략'으로써 인지전략(시연, 정교화, 구체화)을 왜, 언제, 어떻게 활용할 때 효과적인지에 대한 조건적 지식과 절차적 지식을 가지고 목표에 알맞은 전략을 사용하는 것을 뜻한다.

다. 생리심리데이터

생리심리반응은 인간의 생리적 원리와 현상을 통해 관찰되는 인지적, 감정적 그리고 행동적 반응을 지칭한다(Cacioppo & Tassinary, 1990). 본 연구에서 사용한 생리심리반응은 심박변이도(heart rate variability,

HRV)이며 학습자의 인지 부하를 측정하는 변인으로 사용하고자 한다.

라. 심박변이도

심박변이도란 변화하는 심장 박동 간의 변동이다. 심장의 박동은 교감신경과 부교감신경 사이의 상호작용에 따라 변화하는데 심박변이도는 이러한 심박동 파형의 정점 간 간격의 변화를 분석하여 자율 신경계의 변화를 평가한다. 심박변이도는 긴장과 스트레스, 인지 부하가 높은 상태를 생리적으로 반영한다.

바. 인지 부하

인지 부하는 학습 과정에서 요구되는 인지적 능력을 의미한다. 인지 부하 이론은 인간의 인지적 작업 공간이 제한되어 있으며 하나의 정신 활동에 참여하면 다른 정신 활동에서 사용할 인지적 능력이 제한되어 방해요소로 작용한다는 것을 전제한다(Sweller, 1994).

Ⅱ. 이론적 배경

1. 동영상 기반 학습

가. 동영상 기반 학습의 개념 및 특징

동영상은 영상, 문자, 그림 또는 음성 등과 같은 다양한 매체를 복합적으로 표현하는 멀티미디어의 한 유형으로(Mayer, 2009), 시청각 정보의 결합을 통해 학습자의 집중과 몰입을 향상시킬 수 있는 효과적인 교수학습 매체이다(Maniar, Bennett, Hand, & Allan, 2008). 동영상 기반 학습은 이러한 동영상을 학습의 주요 자극으로 사용하는 학습을 의미하며, 그 효과가 국내외 여러 연구를 통해 입증되고 있다. 동영상 기반 학습은 학습자들에게 매력적이면서도 일관된 방식으로 지식을 표현할 수 있다(Zhang, Zhou, Briggs, & Nunamaker, 2006). 이 때문에 수업에서는 녹화된 수업 동영상을 사용할 때 수업 만족도가 높으며(Soong, Chan, Cheers, & Hu, 2006), 동영상을 교과 수업에 활용할 때 학업 성취도도 증가했다고 보고된다(국민정, 2003; 황미화, 정재열, 노영욱, 2009). 이러한 연구들은 교과목 특성이나 학습자 특성을 넘어서서 동영상 강의가 면대면 강의식 수업과는 다른 교육적 효과가 있음을 보여준다.

동영상 강의의 학습 효과에 영향을 미치는 요인은 학습자 요인, 교수자 요인, 강의콘텐츠 요인으로 나눌 수 있다(배진아, 김유진, 전병호, 2008). 그 중, 동영상 기반 학습을 설계하는 관점에서 고려해야 할 교수자 요인과 강의콘텐츠 요인은 다음과 같다. 먼저 교수자 요인은 기존의 전통적인 강의식 전달방법에 사용되는 요인과 거의 동일하다고 할 수 있다. 동영상 기반 학습은 전통적인 강의식 수업과 마찬가지로 교수자가 주로 학습자에게 새로운 지식을 전달하기 때문이다. Webster와 Hackley(1997)는 기술을 매개로 한 원격교육의 성과와 관련된 연구에

서 교수자의 태도가 학습자의 원격교육에 대한 태도에 영향을 미치고, 교수자의 강의 스타일이 학습자의 몰입과 참여도, 원격교육에 대한 태도에 크게 영향을 미치는 것을 확인하였다. 또한, Koumoutsakis, Church, Alibali, Singer, & Ayman-Nolley(2016)는 동영상 기반 학습에서는 면대면 교수학습 상황과 달리 교수자의 제스처가 학습자의 주의집중을 효과적으로 이끌어내어 학습에 중요한 기여를 한다고 밝혔다.

동영상 강의의 강의콘텐츠 요인과 관련된 연구는 주로 강의콘텐츠 상에서의 화면설계(손미, 정현희, 2007), 콘텐츠 구성 방식(유일, 2003), 내용제시 유형의 효과성(강명희 외, 2007)을 검증하고자 하였다. 손미와 정현희(2007)의 연구에서는 화면설계가 학습 효과를 저해하는 중요한 요인으로 작용하였으며, 배진아 외(2008)의 연구에서는 배경 템플릿 유형, 강의보조자료의 변화가 사회적/인지적 수용성, 몰입, 흥미 등 학습과정에 대한 인식과 학성취도에 미치는 영향을 확인하였다. 강명희 외(2007)는 강의 내용을 동영상, 해설, 텍스트 형태로 제시했을 때 동영상 강의의 만족도가 가장 높다는 것을 확인하였으며, 유일(2003)은 콘텐츠의 구성 방식과 상호작용의 정도가 학습자의 몰입에 영향을 미치는 것을 확인하였다.

나. 동영상 기반 학습의 제한점

동영상 기반의 콘텐츠가 가지는 여러 장점에도 불구하고 동영상 콘텐츠는 일방적인 강의 전달로 흐르기 쉬운 강의 형태라는 단점을 가지고 있다(김세리, 정영숙, 정영란, 2007; 이인수, 2011). 그 이유는 크게 두 가지로 정리할 수 있다. 첫째, 동영상 기반 학습 환경의 특성을 고려하지 않고, 기존의 면대면 중심의 강의식 수업과 동일한 교수설계 모형을 사용하고 있다는 것이다. 실제 개인교수형 동영상 강의를 위한 교수설계 모형(임철일, 2000; 조미헌, 김민경, 김미량, 이옥화, 허희옥, 2004)을 살펴보면 전통적 교수설계 모형인 가네의 9가지 수업사태를 변형한 것

을 볼 수 있다. 이는 동영상 기반 학습이 전통적 면대면 환경과 달리 이러닝 환경의 특성을 살린 특화된 수업 설계 방식이 요구된다는 선행연구들에 부합하지 않는다. 둘째, 콘텐츠 구성 시 주로 전달전략에만 초점을 두어서 교수자-학습자 간 또는 학습자-학습자 간의 상호작용을 위한 학습 설계가 이루어지고 있지 않다. 동영상 강의콘텐츠가 일방향적으로 교수자가 학습자에게 지식을 전달하는 데 중점을 두고 있으며, 상호작용과 학습자의 적극적 참여 활동을 포함하는 세심한 학습설계가 포함되고 있지 않다(김세리 외, 2007).

콘텐츠 유형에 따른 효과를 살펴보기 위한 이혜정과 김태현(2008)의 연구에서, 동영상 기반의 콘텐츠는 학업성취도, 만족도, 학생 자신이 인식하는 만족도에서 가장 비효과적인 유형으로 도출되었다. 이는 Soong 외(2006)의 연구와는 상반되는 결과로, 동영상 기반의 콘텐츠가 면밀한 사전 교수전략과 교수 방법이 설계될 수 없을 경우 다분히 교수자에게 의존적인 구조를 벗어날 수 없기 때문으로 설명되었다. 즉, 동영상 기반의 교수 강의 위주의 콘텐츠는 교수자의 교수 역량에 따라 콘텐츠의 질이 결정되기가 쉬우며 이 때문에 양질의 교수자는 학습결과에 긍정적인 영향을 미칠 수 있겠지만, 그렇지 않은 경우라면 사전에 충분히 계획하고 분석을 한 교수 설계적인 요소들을 반영하는 것이 위험부담이 적은 것이다(이혜정, 김태현, 2008). 이는 학습 콘텐츠에 대한 만족도를 결정하는 중요한 요인이 콘텐츠 그 자체의 매개적 속성이라기보다는 교수설계 전략의 부재에서 기인한다는 것을 의미한다. 즉, 교수설계의 장점들이 멀티미디어 생산 과정에 종속되면서 결과적으로 고품질의 교육을 제공하는데 실패(나일주, 김인수, 2008)한 경우로 볼 수 있다. 이러한 설명은 학습 콘텐츠와 만족도와의 관계를 연구한 또 다른 연구(김혜영, 이희수, 2009)에서 온라인 강의 만족도에 영향을 미치는 요인 중 콘텐츠 유형과 강의 설계와 같은 기술적인 요인은 중요도와 만족도가 모두 낮게 나타났지만, 교수전략과 교수 요인 등은 중요도와 만족도가 높은 것으로 나타난 것과도 일치한다. 이에 따르면, 동영상 기반 학습에서 매체 자체의 속성보다도 어떠한 교수적 처치를 가하느냐가 중요한 문제가 된다.

이와 같은 선행연구들은 강의콘텐츠를 구성하는 기술적인 요인과 강의를 하는 교수자 요인을 모두 고려하여 동영상 기반 학습을 설계해야 함을 보여준다.

2. 메타인지

가. 메타인지의 개념 및 특징

메타인지는 1970년대 이래로 인지심리학자들에 의해 구체적으로 정의되기 시작한 개념이다. 처음 개념을 정의한 사람은 Flavell(1979)이라는 학자로, 학습자의 인지적 과정에 대한 지식과 인지를 의미하는 단어로 사용하였다. '인지에 대한 인지', '사고에 대한 사고'라고도 표현되는 메타인지는 정보에 대한 이해를 뜻하는 '인지' 위의 과정으로 학습자가 자신의 인지 과정에 대해 이해하고, 평가하고, 향상시키는 과정이라고도 할 수 있다.

메타인지는 많은 학자에 의해 연구되어 왔다. Baker와 Brown(1984)은 메타인지를 자신의 학습에 대한 의식과 조절로, Swanson(1990)은 자신의 사고와 학습 활동에 대한 지식 및 통제로 정의했으며, Schraw와 Moshman(1995)는 메타인지가 인지 과정을 능동적으로 조절하는 고차원적인 인지의 한 유형이라고 정의했다. Winn과 Snyder(1996)는 메타인지가 자신의 학습을 감시하고 점검하는 과정과 학습에서의 실패를 감지하고 이를 해결하기 위해 자신의 전략에 변화를 주고 조절하는 과정이라고 정의하였고 이러한 감시와 조절의 과정이 동시적으로 발생하며 메타인지는 학습자가 목표 설정과 시간 관리, 자기성찰을 통해 스스로의 학습에 책임을 지는 능동적이고 적극적인 과정이라고 정의하였다. Livingston(1997)은 위와 같은 정의를 종합하여 메타인지를 인지 과정에 대한 적극적이고 능동적인 통제를 수반하는 고차원적 사고로 정의했다.

학습 과정에서 메타인지는 추구하여야 할 목표가 무엇이고, 해결해야 하는 문제가 무엇인지 규명할 수 있도록 하며, 목표 달성을 위해 어떤 전략을 사용해야 하는지 이해할 수 있도록 한다는 점에서 중요하다(Gama, 2005). 이와 같은 이유로 어린 학습자는 메타인지가 발달하지 않아 목표 설정을 명확히 하기가 어렵고 따라서 학습을 잘하지 못하는 모습을 볼 수 있다(Flavell, 1979). 메타인지는 의사결정과 기억, 학습과 동기, 학습과 인지 발달 등의 다양한 영역에서 중요한 역할을 하고 있다(Metcalfe & Shimamura, 1994).

Flavell(1979)은 메타인지를 메타인지 지식, 메타인지 경험, 메타인지 전략으로 분류하였다. 메타인지 지식은 과업 수행과 전략 선택에 관한 개인의 신념과 지식의 상호작용으로, 다년간의 경험을 통해 누적된 서술적이고 절차적이며 조건적 지식을 의미한다(Flavell, 1979). 이는 선언적 지식과 절차적 지식, 조건적 지식의 세 가지 범주로 나눌 수 있다. 선언적 지식(declarative knowledge)은 과제를 해결하기 위한 자신의 인지적 한계와 능력을 아는 것이고 절차적 지식(procedural knowledge)은 과제를 해결하기 위한 계획을 세우고, 효율적 전략을 선택하는 것이다. 조건적 지식(conditional knowledge)은 과제 실행에서의 효율성과 효과성을 높이기 위해 상황에 맞도록 선언적 지식을 참조하는 지식을 의미한다. 이들은 과제를 수행하는 과정에서 의식적으로 혹은 무의식적으로 활성화될 수 있다.

메타인지 경험은 개인이 가지는 자기동기적 신념으로, 과업 전·중·후의 개인의 과업 수행과 관련된 의식적인 반응 및 스스로에 대한 평가이다. 이러한 신념과 경험은 개인의 자기효능감, 결과에 대한 기대감, 학습 목표에 대한 내적 동기와 관련되며 과업의 친숙도에 대한 자기 해석 및 자기평가, 과업의 이해, 난이도 인지, 과업을 완수하기 위해 필요한 노력, 그리고 과업을 달성하기 위한 능력에 대한 자신감 등을 통해 형성된다(Zimmerman, 2002). 메타인지 경험을 통해 새로운 정보는 장기 기억에 저장될 수 있고 이러한 측면에서 메타인지 지식과 메타인지 경험은 과업 특정적 경험이 개인의 보다 안정적인 자기 신념과 지식에 영향을

미친다는 점에서 상호작용한다.

메타인지 전략은 자신의 인지를 점검하고 통제하기 위해 과업 실행 중에 수행하는 실제적인 절차 및 전략이다. 이러한 전략에는 자기관찰, 자기평가, 자기 통제, 자기 점검, 자기 지시, 자기 질문이 포함되고 이러한 메타인지 전략은 특히 새롭거나 어려운 과업을 수행할 때 이해를 평가하고 지식을 적용하는 데 있어 유용하다(Lucangeli & Cabrele, 2006). 메타인지 지식이 개인과 과업, 전략 간의 상호작용에 관한 서술적 지식인 데 반해 메타인지 전략은 인지 활동이 일어날 때 인지 과정을 통제하고 조절하기 위해 실시간으로 작용한다. 메타인지 지식과 경험, 전략이라는 세 가지 하위요소의 상호작용을 통해 학습자는 자신이 아는 것에 대해 아는 것, 왜 자신이 과업을 수행하는지, 그리고 과업을 달성하기 위해 어떠한 노력을 해야 하는지를 이해할 수 있다.

나. 메타인지 지원

메타인지 지원은 직·간접적 방법으로 학생의 자기조절 능력을 높이는 것을 목표로 한다(Hager & Hasselhorn, 1998; Borkowski, Schneider, & Pressley, 1989; Winne, 2005). 학습자들의 자기조절 능력을 향상시키기 위하여 Haslaman(2011)이 정의한 자기조절학습 과정은 전사고(forethought)와 수행(performance), 자기성찰(self-reflection)의 단계로 이루어진다. 메타인지는 자기조절학습의 하위요인으로 메타인지 지원은 이와 같은 자기조절학습 과정에 따라 제공될 수 있다. 먼저, 학습 활동을 시작하기 전에 이루어지는 전사고 단계에서는 학습 내용에 대한 자신의 이해를 점검하고 그에 맞는 학습 전략을 계획하도록 한다. 실제로 학습이 이루어지는 수행 단계에서는 자기 점검(self-control)과 자기조절(self-regulation)이라는 하위요소를 통해 학습자 스스로 학습한 내용을 점검하고 필요시엔 학습 전략을 수정하는 조절 과정을 거친다. 그리고 마지막으로 자기성찰 단계에서는 학습자가 자신의 학습 과정에 대해 평

가한다. 위와 같은 메타인지 활동은 다음과 같은 방법을 통하여 지원될 수 있다.

첫 번째는 성찰 프롬프트(Reflective prompts)이다. 학습 과제에서는 학습 자료를 이해하고 문제에 대한 해답을 찾는 등의 활동에서 많은 인지적인 노력이 필요하다. 학습자들은 자기조절 활동을 수행하는 데 많은 어려움을 겪으며 원하는 학습결과를 얻지 못하는 경우가 많은데, 프롬프트는 문제 해결 과정에서 학습자가 자기조절을 할 수 있도록 지원하는 데 사용될 수 있다(Bannert & Reimann, 2012). 질문 프롬프트는 학습자의 성찰을 이끌어 내고 학생들이 학습 자료에 집중할 수 있도록 도와줄 뿐만 아니라 질문에 대한 정교함을 통해 학습을 모니터링하는 효과적인 접근 방법으로 알려져 있다(Kim & Hannafin, 2011). 교수자의 질문이 학습자의 메타인지 사용에 동기를 부여하는 것과 마찬가지로(Wu & Looi, 2011) 프롬프트를 통한 자가질문도 메타인지 사용에 동기를 부여하는 것이다. 지능적 학습 환경(Intelligent Learning Environments) 설계에 질문 프롬프트를 통합하는 것의 중요성 또한 학자들에 의해 연구되었다(Van der Meij & de Jong, 2011). 특정 상황에서 절차의 적용을 감독, 규제 및 통제하는 데 도움이 되는 전략의 효과를 분석하고 생각하도록 질문 프롬프트를 통해 동기를 부여함으로써 학습자가 메타인지를 사용하도록 한다. 일반적으로, 프롬프트는 학습이 진행되는 동안이나 학습 전후에 제공된다. 학습 활동에서 학습자의 모니터링을 활성화하려는 의도라면 학습 순서 중 프롬프트를 표시하는 것이 합리적이지만 학습자가 특정 학습 활동을 평가하도록 동기를 부여하는 것이 목표인 경우, 학습 전후에 표시하는 것이 더 좋다. 또한 효과적으로 질문 프롬프트를 제공하기 위해서는 도움이 필요한 적절한 순간을 파악하는 것이 중요하며, 만약 부적절한 방식으로 또는 부적절한 시간에 프롬프트를 제공하면 인지 과부하가 발생하여 학습을 저해할 수 있다(Ifenthaler, 2012).

두 번째는 자가 질문(self-questioning)이다. 학습 과정에 대한 자가 질문은 학습자 스스로 질문하고 질문에 답하는 과정을 통해 인지 구조를 조직화하는 것에 도움을 준다(Pintrich, 1999; Zimmerman, 2002). 이

과정을 통해 학습 자료를 이해하고 목표 지향적으로 체계적인 사고에 적극적으로 참여하는 학습자가 될 수 있다. 메타인지를 연구하는 학자들은 자가질문이 숙련된 독서의 일부라고 설명한다(Williamson, 1996). 독서는 책에 있는 텍스트를 이해함으로써 이루어지는데 자가질문을 효과적으로 하지 않는 사람들은 이해에 어려움을 겪고 결과적으로 독서 과정에 적극적으로 참여하지 못하기 때문이다. 자가질문은 독서뿐만 아니라 행동 변화, 과제 완료 등을 위해 활용될 수 있는 메타인지 전략이기도 하다(Joseph, Alber-Morgan, Cullen, & Rouse, 2016). Rum과 Ismail(2014)은 컴퓨터 학습 시스템에서 학습자들이 단순히 수동적으로 자료를 보기보다 자기주도학습을 하도록 하기 위해 자가질문을 장려하기 위한 성찰 활동을 설계하였다.

세 번째는 자기평가(self-assessment)이다. 학업 성과는 학습 활동의 결과로서 학습자의 지식수준을 알 수 있으므로 목표 설정에 사용될 수 있다(Anderson et al., 2001). 선행 문헌에 따르면 학생들은 자신의 결과나 다른 사람의 결과를 평가할 수 있을 경우 더 나은 수행능력을 보인다(Anderson et al., 2001; Cassidy, 2006). 자신의 성과를 감독하고 정확하게 평가하는 학생들은 목표를 달성하기 위해 적절한 학습 전략으로 대응할 수 있으므로 스스로의 평가를 통해 자신이 알고 있는 것과 모르는 것을 명시적으로 설명할 수 있다. 따라서 학습자가 스스로의 학습에 대해 평가하도록 유도하는 메타인지 지원은 자기점검과 자기조절 과정을 더욱 활성화하며, 이후 학습을 계획하는 것의 근거가 된다.

네 번째는 그래픽 정리자(graphic organizers)이다. 그래픽은 오랫동안 학습자의 이해를 돕기 위해 사용되었다. 학습자가 텍스트 정보의 구조와 흐름을 그래픽으로 표현하는 것은 텍스트를 이해하는 데 도움이 되며, 순서도, 벤다이어그램, 개념도, 트리 다이어그램 등을 사용할 수 있다. 예컨대 개념도는 Ausubel(1960)의 학습이론에 기반한다. Ausubel은 인지적 구조 속에 포함된 기존의 지식과 새로운 정보가 연결되어 학습이 일어난다고 주장하였다. 그리고 새롭게 형성된 개념은 기존의 지식에 따라 분류되고 관련 지어 추가됨으로써 유의미학습을 촉진한다. 이러한 개

념도는 강력한 메타인지 지원 도구로써 활용될 수 있다.

메타인지 지원은 제공되는 방법에 따라 직접적 지원과 간접적 지원으로 구분할 수 있다(Friedrich & Mandl, 1992). 직접적 메타인지 지원은 학습 중에 특정 활동을 수행하도록 요구하는 형태로 제공되며 학습자가 직접적으로 메타인지를 적용하도록 자극한다. 간접적 메타인지 지원은 학습 시스템 내에서의 특징들로부터 학습자 스스로 메타인지를 사용할 방법을 발견하도록 하는 지원 방법으로 간접적으로 메타인지를 사용하도록 자극한다. 두 가지 지원 방법은 장단점이 있는데, 이들을 직접 또는 간접적으로 설계할지 결정하는 것은 지원을 받는 학습자의 메타인지 능력에 크게 좌우된다(Veenman, 2005). 학습 과제에 대한 메타인지 능력이 부족한 경우 메타인지 지식과 전략을 광범위하게 가르치기 위해 직접적인 지원이 필요하다. 그 외 이미 메타인지 능력이 있지만 자발적으로 수행하지 않을 경우에는 간접적 지원을 통해 학습 중에 자신의 기술을 적용하도록 자극하는 지원이 필요하다.

다. 메타인지 지원과 인지 부하

Sweller(1994)가 도입한 인지 부하 이론(cognitive load theory)은 인간의 인지적 작업 공간이 제한되어 있으며 하나의 정신 활동에 참여하면 다른 정신 활동에서 사용할 인지적 능력이 제한되어 방해요소로 작용한다는 것을 전제한다. 인지 부하 이론의 목표는 이러한 인지적 작업 공간을 최적으로 관리하여 과부하나 저부하로 인한 인지적 성능 저하로 이어지지 않도록 하는 것이다(Chen et al., 2016). 인지 부하 이론은 인지적 성능 향상이라는 목표를 달성하기 위해 인지 부하를 내재적 인지 부하와 외재적 인지 부하, 그리고 본유적 인지 부하로 나눈다. 내재적 인지 부하는 과제 자체의 난이도에 따른 인지 부하로 교수설계에서 학습자의 수준에 따라 적절히 관리해야 할 대상이며, 외재적 인지 부하는 학습 외적으로 불필요하게 투입된 인지 부하로 최대한 줄이는 것이 바람직하다. 그리고 본유적 인지 부하는 학습자의 현재 학습 상태로부터의 확장

을 위해 노력을 최대한 늘려야 할 인지 부하이다. 따라서 교수설계 전략은 학습자가 학습 이외의 요소에 주의를 기울이지 않도록 예방하여 불필요한 인지 부하를 줄이고자 노력해야 한다.

인지 부하와 관련된 선행 연구들은 외재적, 내재적, 본유적 인지 부하를 조절함으로써 학습에 미치는 효과를 비교, 분석하여(Leahy, Chandler, & Sweller, 2003), 외내적 및 내재적 인지 부하는 적절히 관리되거나 감소되어야 학업성취도 향상에 긍정적인 영향을 미칠 수 있다고 언급하고 있다. 예컨대, Cook(2006)은 시각적 표현의 해석이 학습자들의 사전지식과 관련이 있어 내재적 인지 부하의 수준을 변화시킬 수 있다고 밝혔으며, 사전지식을 통해 인지 스키마를 구성하는 것이 인지 부하 감소와 나아가 학업성취 향상에 도움이 된다고 하였다. 이는 스키마가 많은 양의 정보를 담고 있지만 작동 기억에서 하나의 단위로 처리되어 작동기억의 부담을 완화시켜 주기 때문이다(Kalyuga, Chandler, & Sweller, 1999). 또한, Chandler(2004)는 학습자료와의 상호작용을 위해 제공되는 장치들이 본유적 부하 향상에 도움을 주기도 하지만 때때로 외재적 인지 부하 증가라는 부작용을 낳기 때문에 그러한 장치들이 항상 유용한 것은 아니라는 사실을 밝혔다. 적절한 메타인지 능력이 없이 초보 학습자들은 효과적으로 장치 사용을 할 수 없는 것이다(Lowe, 2004).

메타인지 지원이 학습자의 인지 부하에 미치는 영향에 대해서는 두 가지 가능성이 존재한다. 하나는 메타인지 지원이 학습자에게 불필요한 자극을 주어 학습에 깊이 있게 몰입하는 것을 저해할 가능성이고, 다른 하나는 스캐폴딩을 통해 학습에 대한 인지 부하를 줄여 학습을 촉진할 가능성이다. 학습자들은 메타인지 지원이 까다로운 활동을 요구하면 주의집중을 방해한다고 느낀 한편(Bannert, Hildebrand, & Mengelkamp, 2009), Zheng 외(2019)의 연구에서 학습자들은 메타인지 지원이 온라인 학습에서의 인지 부하를 높이지 않았다고 보고하였다.

학습 전략을 세우는 등의 메타인지 활동은 외재적 인지 부하와 내재적 인지 부하를 감소시킨다(Lopez-Vargas et al., 2017). 학습 자료에

대한 메타인지 결정은 이후 새로운 자료에 대한 학습을 촉진하는 전방 효과(forward effect)를 나타내는 것과 같이(Lee & Ha, 2019) 메타인지 지원이라는 교육적 처방은 학습자의 메타인지 결정에 도움을 주어 학습에 대한 외재적 인지 부하를 감소시키고 나아가 내재적 인지 부하를 감소시키는 효과가 있을 것이다. 메타인지 지원이 학업 성취도 향상에 기여하는 것은 많은 선행연구를 통해 검증되어 왔다(Karaoglan Yılmaz et al., 2018; Lopez-Vargas et al., 2017; Zheng et al., 2019). 이와 같은 결과는 메타인지 지원이 외재적 또는 내재적 인지 부하를 최소화함으로써 뇌의 긴장을 완화하는 환경을 조성하고, 학습의 효율을 향상하였기 때문일 가능성이 있다.

3. 생리심리반응

가. 생리심리반응의 개념

생리심리반응은 인간의 생리적 원리와 현상을 통해 관찰되는 인지적, 감정적, 그리고 행동적 반응을 지칭하는 것으로(Cacioppo & Tassinary, 1990), 학습에 대한 연구에 유용한 방법론적 틀을 제공할 수 있다. 학습자가 학습 자극에 노출된 이후 학습자의 기억에 의존하여 수집하게 되는 자기보고식 설문과 달리 생리심리반응은 자극물에 노출되는 시간의 경과에 따라 심리적 반응의 변화를 지속적으로 측정할 수 있기 때문이다(이승조, 2008). 생리심리반응 관련 연구는 눈 깜빡임을 통한 시각기반 상황정보, 가속도 정보에 신체이동성 정보, 심박수, 혈압, 심전도, 뇌파 등의 생체정보를 결합하여 사용자의 상황인지에 활용하고, 사용자의 기분을 파악하여 서비스를 추천하며, 미리 행동을 예측하는 단계까지 고도화되고 있다(김균탁, 이계산, 이규진, 2015).

생리심리반응을 교육학 연구에 사용하는 기저에는 Thayer와 Lane (2000; 2009)이 도입한 신경 내장 통합 모델(neurovisceral integration

model)이 자리 잡고 있다. 신경 내장 통합 모델은 인지적, 정서적, 생리적 조절이 목표 지향적 행동의 목적을 달성하기 위해 서로 연관될 수 있다는 관점을 제공한다. 생리적 조절, 특히 심장 조절의 맥락에서 균형 잡힌 시스템은 신체적, 환경적 요구에 대응하도록 하며, 학습 과정에 필요한 주의력과 자기 조절능력은 내부 신체 상태와 밀접한 관련이 있다(Lumma, Kok & Singer, 2015). 이에 따라 생리심리반응은 학습자의 주의(attention), 인지 부하(cognitive load), 정서(emotion) 상태에 대한 정보를 줄 수 있을 것이다.

실제로 선행연구에서는 생리심리데이터를 통해 학생들의 행동을 설명하고 (Lane & D' Mello, 2019) 학생들의 행동을 모델링하고 예측하는데 어떤 생리심리데이터가 적합한지에 대한 연구가 이루어지고 있다. 많은 연구자로부터 학습자의 상태와 행동에 대해 통찰을 제공할 수 있는 생리심리데이터의 잠재력이 인정되었으며, 학습자의 상태를 측정하기 위한 기술적 접근 방식에서 다양한 생리심리데이터가 어떻게 사용되었는지 구조화하려는 노력이 증가하고 있다(Lane & D' Mello, 2019). Worsley와 Blikstein(2018)은 추론 학습에서 학습자들이 작업에 참여하는 방식을 모델링하기 위해 피부전도도를 사용하였으며, Pijeira-Diaz, Drachsler, Kirschner와 Jarvela (2018)는 학습자의 피부전도도, 온도를 사용하여 학생들의 동시적 각성 정도를 측정하였다. Spann, Schaeffer, Siemens(2017)는 심박변이도를 사용하여 학습자의 주의집중 정도와 자기조절을 측정하고자 하였으며, Larmuseau, Cornelis, Lancieri, Desmet, Depaepe(2020)는 학습자의 인지 부하 정도의 예측 변인으로 피부전도도와 피부온도, 심전도와 같은 생체데이터를 활용하였다.

생리심리반응은 다른 어떠한 지표보다 객관적인 지표이다(Ravaja, 2004). 생리심리반응은 학습자가 의식적으로 제어할 수 없으므로 학습자의 재량적 판단에 의한 결과의 왜곡을 최소화할 수 있으며(이승조, 2008), 학습자들이 의식적으로 깨닫지 못하는 심리적 반응에 대한 정보를 제공할 수 있다(안주아, 이시훈, 송인덕, 2009). 결국 생리심리반응 측정은 자극물에 노출되는 과정에서 시간의 경과와 함께 연속적으로 측

정될 수 있고, 학습자가 이 과정에 주관적으로 개입하지 않으며, 학습자의 기억을 요구하지 않기 때문에 학습자의 자연스러운 인지 처리 과정을 방해하지 않는 지표라 할 수 있다(Ravaja, 2004). 그리고 학습 자극이나 학습의 단계별로 순간부하· 최대부하· 평균부하· 누적부하 등 부하의 추세와 양식(pattern)을 효과적으로 산출하거나 시각화할 수 있다는 장점이 있다(Paas, Tuovinen, Tabbers, & van Gerven, 2003).

나. 생리심리반응과 인지 부하

생리심리반응은 학습 과정에 대한 면밀한 정보를 제공해줄 수 있기 때문에 이를 통해 학습자의 주의집중, 인지 부하, 그리고 감정의 상태를 측정하고자 하는 연구가 증가하고 있다. 그중에서도 학습자의 인지 부하를 생리심리반응을 통해 연구하고 그 결과를 보고하는 연구들은 예전부터 있었으며(Fredericks, Choi, Hart, Butt, & Mital, 2005; Ikehara, & Crosby, 2005) 인간의 인지적 기능(cognitive functioning)이 생리학적으로 반영되기 때문에(Brunken, Plass, & Leutner, 2003) 생리심리반응을 통해 인지 부하를 연구하는 것은 타당하다는 평가를 받고 있다.

인지 부하를 측정하기 위한 생리심리반응으로는 심박변이도와 피부전도도가 적극적으로 사용되고 있다(Meusel, 2014; Mekherjee et al., 2011; Le, Liu, Deng, & Dai, 2018). 학습 자극을 제공하면 자율신경계가 반응하게 되고 이에 따라 심박변이도와 피부전도도가 변하기 때문이다. 그러나 피부전도도는 손목밴드와 같은 측정기기로는 신뢰로운 데이터를 생성하기 어려우며(Milstein & Gordon, 2020) 개인차가 큰 데이터이기 때문에(Pijeira-Diaz, Drachsler, Kirschner, & Jarvela, 2018) 심박변이도가 인지 부하의 변화를 감지하는데 더 유리하다.

심박변이도를 통한 인지 부하의 측정은 2가지 차원에서 설명가능하다(Brunken et al., 2003). 하나의 차원은 측정 방법이 사람의 주관적인 판단에 의존한 것인지 아니면 객관적인 데이터 수집으로부터 기인한 것

인지를 판단하는 객관성(objectivity)이며, 다른 하나는 측정에 의해 관찰되는 현상과 관심의 대상인 인지 부하와의 관계에 기반한 인과관계(causal relation)이다. 객관성은 주관적(subjective) 방법과 객관적(objective) 방법으로 나뉘며, 인과관계는 간접적(indirect) 인과관계와 직접적(direct) 인과관계로 나뉜다. 본 연구의 관심사인 심박변이도는 학습자의 자기보고식 데이터가 아니기 때문에 객관적인 측정 방법이면서 인지 부하에 대해서는 간접적으로 설명하는 변인이라고 할 수 있다. 이는 심박변이도가 뇌를 직접적으로 측정하는 fMRI 데이터와 달리 자율신경계의 활성화 정도를 통해 뇌의 활성화 정도를 간접적으로 설명하기 때문이다. 심박변이도는 인지 부하에 대한 객관적인 지표이기 때문에 학습자에 따라 측정치가 상대적으로 추출될 염려가 없으며, fMRI와 같이 뇌의 활동을 직접적으로 측정하는 것이 아니기 때문에 간편하게 손목밴드와 같은 측정기기로 데이터를 수집할 수 있다.

하지만 생리심리반응이 인지 부하의 세 가지 종류 중 어느 것에 영향을 미치는지를 정확히 설명하기에는 어려움이 있다. 선행 연구들에서는 GSR(Galvanic Skin Response), ST(Skin Temperature), HR(Heart Rate) 및 HRV(Heart Rate Variability)와 같은 다양한 생리심리데이터를 사용하여 인지 부하에 대한 연구를 수행하였다(Cranford, Tiettmeyer, Chuprinko, Jordan, & Grove, 2014; Haapalainen, Kim, Forlizzi, & Dey, 2010; Larmuseau, Vanneste, Cornelis, Desmet, & Depaepe, 2019; Nourbakhsh, Wang, Chen, & Calvo, 2012). 하지만 인지 부하를 측정하는데 가장 적합한 생리적 특징에 대한 명확한 답은 없었으며(Larmuseau et al., 2019), 이러한 생리심리반응이 인지 부하의 어떤 측면을 나타내는지에 대해서도 논의된 바가 없다. 대다수의 연구들은 외재적 부하와 내재적 부하, 본유적 부하를 모두 합한 인지 부하만을 측정하였다.

생리심리반응을 통해 물리적으로 학습자의 객관적인 인지 부하를 측정하려는 접근 지표는 크게 결과변수(학업성취)를 활용하는 방법, 투입변수(과제의 난이도)를 활용하는 방법, 그리고 과정 상의 행동 변수(과제

수행 시간 혹은 신체적 변수)를 활용하는 방법으로 구분되어 설명된다(Plass et al., 2010). 이들 지표를 적절히 통제하여 연구에 사용한다면 각 연구에서 처치에 따라 인지 부하의 어떤 유형이 증가하고 감소하였는지에 대한 정보를 간접적으로 제공할 수 있을 것이다.

다. 심박변이도

심박변이도(heart rate variability, HRV)는 심장의 정상적인 박동을 조절하는 많은 생리적 요인을 반영하는 지표이다. 심장의 박동은 교감신경과 부교감신경 사이의 상호작용에 따라 변화하는데 이러한 심장 박동 간의 변동을 측정하는 것이 심박변이도이다. 심박수(heart rate)는 1분에 심장이 몇 번 뛰었는가를 의미하지만 심박변이도는 심박동 파형의 정점(peak) 간 간격의 변화를 분석하여 자율신경계의 변화를 평가한다. 안정 상태에서도 정상인의 심박 간 간격은 일정하지 않고 지속적으로 미세하게 변하며, 심박의 간격은 일정한 범위 내에서 조금씩 그 길이가 변하는 무작위의 진동형태이다. 이러한 변화는 생체의 항상성을 유지하려는 생리적 적응능력을 반영한다. 건강한 사람일수록 심박 간격의 불규칙성은 더욱 뚜렷하게 나타나며 이 때문에 심박변이도는 자율신경계의 기능 상태를 평가하기에 유용하다.

심박변이도 검사는 비침습적(non-invasive)이어서 학습 과정에 영향을 주지 않으며, 손목밴드를 이용해 간단하게 검사할 수 있을 뿐 아니라, 피검자의 자율신경계 기능을 객관적이면서도 이해하기 쉬운 형태의 정보로 제공한다. 또한 동일한 환경 내에서 시간 간격을 두고 재측정을 하더라도 검사결과의 재현성이 높아 신뢰할 수 있는 지표로 알려져 있다. 심박변이도는 예측할 수 없는 자극을 감지하고 빠르게 대응함으로써 변화하는 상황에 적응하는 심장의 능력을 반영한다(Acharya, Joseph, Kannathal, Lim, & Suri, 2006). 이러한 장점들로 인해 심박변이도 검사는 자율신경계 활성도 및 균형 정도를 확인하고 개인의 심리· 정서적

상태를 객관적으로 평가하는데 유용하다고 인정받고 있다(김병수, 민정아, 2015).

심박변이도의 변화는 일반적으로 시간 영역(time domain)과 주파수 영역(frequency domain)으로 분석될 수 있다(박기종, 정희정, 2014). 시간 영역 분석은 심박변이를 평가하는 방법 중 가장 간단한 방법으로, 심실의 탈분극(depolarization)을 의미하는 QRS 복합체(QRS complex) 간의 시간 간격인 NN간격(normal to normal interval; NN interval)을 산출하는 방식이다. NN간격은 심전도에서 인접한 QRS 복합체 사이에서 R과 다음 R 사이의 간격으로, NN 간격을 활용하면 평균 NN 간격, NN 간격의 표준편차, 평균심박동수, 가장 긴 NN간격과 가장 짧은 NN간격의 차이, 밤낮의 심박동수 차이 등 다양한 산출 값을 얻을 수 있다. 이들을 표현하는 단위는 ms로, NN간격을 의미한다. 심박변이도의 명칭, 측정, 해석 및 사용에서의 표준을 정한 유럽심장학회와 북미심조율전기생리학회에서는 SDNN, SDANN, RMSSD의 세 가지 시간 영역 분석 지표를 사용하도록 권고하였다(Task Force of the European Society of Cardiology, 1996). NN간격의 표준편차인 SDNN(standard deviation of the NN interval)은 일반적으로 24시간에 걸쳐 계산되며, 기록주기에서 변이를 일으키는 모든 순환요인들을 반영한다. 분산은 기록의 길이에 따라 증가하기에 인위적으로 추출한 짧은 길이의 심전도는 통계적으로 정량화하기 어렵다. 따라서 서로 비교를 위해서는 기록시간을 같이 해야 하며, 짧게 5분짜리의 기록을 비교하거나 길게 24시간짜리의 기록을 비교해야 한다. SDNN은 심박변이도가 크고 불규칙할수록 값이 증가하며 스트레스에 대한 생리적 회복탄력성을 반영하는 지표로 주로 활용된다. SDANN은 5분 정도의 짧은 시간에 계산한 NN간격 평균의 표준편차이다. 예컨대, 24시간 기록에는 288개의 값이 산출된다. SDANN은 5분 이상의 주기에서 측정되는 장기간의 HRV 측정 및 분석에 활용되며, 짧은 길이의 기록에서는 산출이 불가능하다. RMSSD(root-mean-square of successive differences)는 인접한 NN 간격의 차를 제곱하여 평균한 값에 대한 제곱근으로, 심박동수의 단기변이를 반영하고 부교감신경계의

활성도를 나타낸다(김병수, 민정아, 2015). NN간격과 심박수의 변동은 밀접한 연관성은 있지만 선형적으로 관계가 있지는 않기 때문에 엄밀하게 NN간격의 배수가 심박수로 측정한 심박변이의 배수를 의미하지는 않는다(박기종, 정희정, 2014). 시간 영역 분석 지표는 앞서 언급되었듯이 서로 다른 측정 시간에 추출된 값을 비교하는 것은 적절하지 않으며, 전반적인 심박의 양상을 파악하기에 용이하지만, 교감신경계와 부교감신경계를 구분하여 활성 정도를 파악하거나 자율신경계의 균형을 표현하기에는 적합하지 않다(김병수, 민정아, 2015).

주파수 영역 분석은 심박수 신호를 주파수로 나누고 상대적인 강도를 정량화하여 심박수 변화를 연구하는 데 사용된다(Xhyferi, Manfrini, Mazzolini, Pizzi, & Bugiardini, 2012). 특히 5분 내외의 단기 기록에서는 주파수 영역 분석방법이 시간영역 분석 방법에 비해 더 선호되며, 생리적 의미에 대한 설명력도 높다고 알려져 있다(김병수, 민정아, 2015). 주파수 영역 분석의 지표로는 초저주파수(very low frequency, VLF), 저주파수(low frequency, LF), 고주파수(high frequency, HF)가 일반적으로 산출되며(장보형 외, 2005) 이들의 임상적 의의는 다음과 같다. 먼저 초저주파수는 0~0.04 Hz 사이의 주파수 영역으로, 교감신경계와 부교감신경계 양측에서 영향을 받으며 저주파수는 0.04~0.15 Hz 사이의 주파수 영역으로 마찬가지로 교감신경계와 부교감신경계에서 영향을 받으나(박기종, 정희정, 2014), 교감신경의 활동을 주로 반영하는 것으로 알려져 있다(김병수, 민정아, 2015). 마지막으로 고주파수는 0.15~0.4 Hz 사이의 주파수 영역으로 부교감신경계의 활동에 영향을 받는다(김병수, 민정아, 2015; 박기종, 정희정, 2014). 초저수파수는 주기가 매우 길기 때문에 단기간 기록에서는 모호하며, 5분 이하의 측정에서는 무의미하다고 할 수 있다.

LF/HF 비율(LF/HF ratio)은 저주파수(LF)와 고주파수(HF) 간의 비율을 의미하는데, 이는 자율신경계의 전체적인 균형과 변화 경향을 나타내는 지표이다. 해당 수치가 높으면 교감신경계가 부교감신경계보다 상대적으로 활성화되었거나 부교감신경계의 활성화 정도가 억제되어 있음

을 의미한다. 불안, 긴장, 각성, 인지 부하 상태에서 교감신경계가 활성화되므로 LF/HF 비율 값은 커지며, 무기력, 우울, 낮은 각성 상태는 부교감신경계의 활성화로 이어지므로 낮은 교감신경과 부교감신경의 비율 값으로 이어지게 된다(김병수, 민정아, 2015; 장보형 외, 2005). 스트레스와 관련해서는 고주파(HF)의 감소가 일관된 결과로 보고되고 있다. Sloan 외(1994)는 정신적 스트레스가 LF 활동을 증가시키고 HF 활동을 감소시킨다고 보고하였으며, Hall 외(2004)는 급성 스트레스를 받은 사람들의 LF/HF 비가 높아져 있음을 확인하였다.

학자들은 공통적으로 스트레스가 많은 사람일수록 심박변이도의 고주파수(HF)는 낮아지고 저주파수(LF)와 LF/HF 비율은 높아져 스트레스 수준이 심박변이도 지표와 관련되어 있음을 보고하였다(Berntson & Cacioppo, 2004; Salahuddin et al., 2007). 교육학 연구에서는 이러한 스트레스 수준을 인지 부하의 수준이라는 단어로 연구에 사용하며, LF/HF 비율도 그러한 맥락에서 교육학 연구의 지표로 사용되고 있다(김연주, 2017). LF/HF 비율은 LF와 HF의 변화를 통해 도출된 상대적 값이라는 특성을 가지고 있어 학습자 간 비교가 용이하다는 장점이 있다. 또한, 인지 부하 측정에 있어 교감신경과 부교감신경 중 어느 한쪽에 치우치지 않고 전체적인 균형과 변화 경향을 나타내는 지표이기 때문에 다른 심박변이도 지표보다 객관적인 결과를 제공한다는 장점이 있다.

Ⅲ. 연구 가설

이론적 배경에 대한 지금까지의 검토에 따르면 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원이 어떠한 과정을 통해 학습자의 학업성취도 향상에 기여하였는지를 분석해볼 필요가 있다. 메타인지 지원은 학습결과에 긍정적인 영향을 미친다. 또한, 인지 부하에 대한 학습자의 자기보고식 자료를 분석한 선행연구에 따르면 메타인지 지원은 학습자의 외재적 및 내재적 인지 부하 감소에 긍정적인 영향을 끼친다. 따라서 메타인지 지원이 학습자의 메타인지 과정에 도움을 주어 인지 부하 감소에 긍정적인 영향을 미치며, 인지 부하의 감소는 학습결과에 긍정적인 영향을 미칠 것으로 예상해볼 수 있다. 그리고 이러한 결과는 생리심리반응이라는 객관적인 자료를 통해서도 검증이 가능할 것이다. 이에 본 연구에서 검증하고자 하는 연구가설을 정리하면 다음과 같다.

가설 1. 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 인지 부하 감소에 긍정적인 영향을 미친다.

가설 2. 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원은 학습결과에 긍정적인 영향을 미친다.

가설 3. 동영상 기반 학습에서 인지 부하는 학습결과에 부정적인 영향을 미친다.

위의 세 가지 가설은 선행연구 검토를 통하여 관련성이 확인된 메타인지 지원과 학습결과 간의 관계를 확인하고, 메타인지 지원과 인지 부하, 인지 부하와 학습결과 간의 관계 여부를 분석하기 위하여 설계되었다.

Ⅳ. 연구 방법

1. 실험 연구

본 연구는 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원의 효과성을 인지 부하와 학습결과로 검증하고자 한다. 또한, 인지 부하가 학습결과에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하고자 한다. 이와 같은 목적을 달성하기 위해 본 연구에서는 순수 실험(true experiments) 연구방법을 적용하였다.

실험 연구의 장단점은 다음과 같다. 먼저, 실험 연구는 종속변수에 대한 독립변수의 인과적 가설을 검증하는 가장 강력한 방법이라는 점에서 장점이 있다(Ross & Morrison, 2004). 이는 실험 연구가 그 과정에서 외생변수들의 영향을 통제하는 노력을 통하여 변수 간 관계에 대한 내적 타당성을 높여주기 때문이다. 하지만 반대로 이러한 통제는 실제 맥락에서의 현상을 반영할 수 없다는 제한점을 가진다. 즉, 일반화 가능성이 낮아져 외적 타당성을 확보하기 어렵다. 적용 대상이나 시점, 상황에 따라 즉, 통제에서 벗어난 상태가 되면 연구의 결과를 적용할 수 없는 것이다. 실험을 연구방법으로 채택하여 사용할 때에는 실험설계를 억지로 연구문제에 끼워 맞추기(force-fitting)보다 위와 같은 실험 연구의 장단점을 고려하여 연구에의 적합성에 따라 적용할 필요가 있다(Ross & Morrison, 2004).

본 연구에서는 메타인지 지원이 학습자의 인지 부하와 학습결과에 어떠한 영향을 미치는지, 인지 부하가 학습결과에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 인과관계를 검증하고자 하므로 높은 내적 타당도를 확보할 수 있는 순수실험연구를 사용하기에 무리가 없다. 순수실험연구 방법 중에서도 무작위 대조군 사전-사후 설계 방법을 사용하여 연구를 진행하였다. 무작위 대조군 사전-사후 설계 방법은 실험의 처치를 제공받는 실험 집단과 처치가 없는 통제 집단에 무작위로 참여자를 배정하고, 사전 및 사후 검사 결과를 통해 처치의 효과성을 검증하는 순수실험설계 방법이다. 본 연구에서는 사전 설문 자료를 이용하여 연구 참여자의 개인차 변

인을 통제한 뒤 무작위로 각 집단에 배정하였으며, 실험 처치로는 메타인지 지원을 제공하여 그 효과성을 검증하고자 하였다.

2. 연구 참여자

본 연구에서는 메타인지 지원의 효과성을 알아보기 위하여 인문계열을 전공한 18세 이상의 성인 중 심장 기능에 과거 병력이 없는 자들을 연구참여자로 선정하였다. 연구수행에 앞서 서울대학교 연구윤리심의위원회(Institutional Review Board, IRB)의 심의결과를 거쳐 작성된 연구참여자 동의서를 배부하여 연구참여에 대한 동의를 받았다. 실험에 지원한 40명의 참여자 중 실험 당일 실험 장소에 나타나지 않거나 통제된 상황에서 실험이 이루어진 참여자는 제외하여 총 33명(실험 집단 17명, 통제 집단 16명)을 최종 연구 대상자로 선정하였다. 이들 중 남자는 7명(21.2%), 여자는 26명(78.8%)이었다. 연구참여자를 인문계열 성인 학습자로 선정한 것은 제공될 학습 자료가 고등학교 수준의 생물을 주제로 하고 있기 때문이다. 학습자가 이전까지 접하기 어려웠던 생소한 주제를 학습할 때 더욱 활발하게 메타인지를 사용하기 때문에 이와 같이 실험을 설계하였다.

선행연구에서는 분석에 필요한 충분한 데이터를 확보하기 위해 최소 30명의 연구 참여자를 모집하고 있다. 예를 들어, 적응적 자기평가 과제(adaptive self-assessment) 수행 중 학습자의 뇌전도(EEG), 시선 및 동공, 얼굴 표정, 심박수 등의 다중양식 데이터를 분석하여 학습자의 정신적 노력 수준과 수행을 예측하고자 한 Sharma 외(2019)의 연구에서는 대학생 32명을 대상으로 실험을 실시하였다. 실감형 인터페이스 기반 학습 환경에서 학습자들의 상호작용을 파악하기 위해 로그 데이터 및 학습자의 움직임 데이터를 분석한 Schneider와 Blikstein(2015)의 연구에서도 서로 다른 실험 집단마다 각각 18명, 20명씩 총 38명을 대상으로 실험을 실시하였다. 선행연구에 비추어 보았을 때 본 연구에서 설정한

목표 참여자 수는 적절하다고 볼 수 있다.

연구 참여자들은 성별과 나이, 메타인지, 사전이해, 사전흥미 수준을 고려하여 실험 및 통제 집단에 배정되었다. 먼저 성별에 따라 실험 집단은 남자 4명과 여자 13명, 통제 집단은 남자 3명과 여자 13명이 배정되었다. 그리고 나이와 메타인지, 사전이해, 사전흥미에서 집단 간 차이가 없는 수준에서 배정이 되었다. t검증 결과, 두 집단은 나이와 메타인지, 사전이해, 사전흥미에서 유의수준이 모두 .358이상이었다. 두 집단의 개인차변인에 대한 t검증 결과는 <표 Ⅳ-1>과 같다.

<표 Ⅳ-1> 두 집단의 개인차변인 t검증 결과

구분	그룹	M	SD	t	p
나이	실험	24.71	5.37	.49	.631
	통제	23.88	4.40		
메타인지	실험	3.88	.40	.93	.358
	통제	3.76	.37		
사전이해	실험	2.37	.55	.20	.845
	통제	2.33	.60		
사전흥미	실험	3.21	1.15	-.30	.766
	통제	3.31	.85		

3. 연구 절차

가. 실험 설계

본 연구는 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원의 효과성을 확인하고 그 과정에서 심박변이도라는 생리심리 데이터를 수집하여 학습의 과정을 다각적으로 분석하고자 하였다. 따라서 본 연구에서는 메타인지 활용에 따른 학습 과정 및 결과상의 차이를 규명하고자 <표 Ⅳ-2>와 같이 실험을 설계하였다.

<표 Ⅳ-2> 실험 설계

집단	사전 설문	사전지식 검사	실험 처치	사후설문/ 검사
실험 집단	O1	O2	X1	O3
통제 집단	O1	O2	X2	O3

O1: 학습자의 성별, 나이, 학력, 메타인지 수준, 사전이해 수준, 사전흥미 수준에 대한 검사
O2: 동영상 기반 학습 내용에 대한 사전지식 검사
O3: 동영상 기반 학습 내용에 대한 사후지식 검사
X1: 동영상 기반 학습 전, 중, 후에 메타인지 지원을 제공함
X2: 동영상 기반 학습과 관련된 읽기 자료(원고)를 제공함

본 연구에서 설정한 주요 독립변인은 동영상 기반 학습에 대한 메타인지 지원이며, 종속변인은 인지 부하와 사후 검사 점수이다. 동영상 기반 학습에 대해 메타인지 지원을 제공받는 집단을 실험 집단으로, 메타인지 지원 대신 동영상 기반 학습 자료의 원고를 제공받는 집단을 통제 집단으로 분류하였다. 학습자들의 메타인지 수준, 사전이해 수준, 사전흥미 수준이 사후 검사 점수와 관계가 있는지를 확인하기 위해 사전지식 검사 이전에 사전 설문을 시행하였다. 실험 집단과 통제 집단에서의 사전 검사와 사후 검사의 변화를 비교함으로써 메타인지 지원의 효과를 확인하였다. 또한, 실험 중 학습자의 심박변이도를 측정하여 메타인지

지원이 학습자의 생리심리반응을 통한 인지 부하에 영향을 미치는지 확인하고, 나아가 인지 부하가 학습자의 사후점수에 영향을 미치는지 확인하였다.

나. 전체 연구 절차

본 연구의 전반적인 절차를 요약하면 다음의 <표 Ⅳ-3>과 같다.

<표 Ⅳ-3> 연구 절차별 연구 활동

연구 절차	연구 활동
실험 전 준비	동영상 기반 학습, 메타인지, 생리심리반응, 심박변이도 관련 문헌 탐색 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원을 위한 연구도구 개발 기타 설문 및 검사지 개발
실험 및 자료 수집	사전교육 및 사전 설문: 메타인지 수준, 사전이해 수준, 사전 흥미 수준에 대한 자료 수집 사전지식 검사 동영상 기반 학습 및 학습과정 데이터 수집: 학습 중 심박변이도와 녹화 자료 수집 사후 검사: 사후 지식 수준과 정신적 노력에 대한 자료 수집
자료 분석 및 해석	설문조사 결과 분석 학습자의 심박변이도 분석 사전 및 사후 지식 검사 분석
연구 결과 도출	메타인지 지원이 인지 부하(심박변이도)에 미치는 영향 확인 메타인지 지원이 학습결과(사후점수)에 미치는 영향 확인 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향 확인

1) 실험 전 준비 단계

연구의 키워드인 동영상 기반 학습, 메타인지 지원, 생리심리반응, 심박변이도와 관련된 선행 문헌을 분석하였다. 선행 문헌을 바탕으로 메타인지 지원을 위한 실험 처치를 설계하고 실험의 전과 후에 활용 가능한 설문도구와 검사도구를 개발하였다. 또한, 동영상 기반 학습에서 사용될 동영상의 학습 내용과 학습 자료를 현직 생물교사 2인의 검토를 받아 제작하였다.

2) 실험 및 자료 수집 단계

먼저, 연구 동의 절차 수행 및 사전설문을 위한 별도의 사전교육을 실시하였다. 사전교육을 위한 오리엔테이션 모임은 연구에 대한 구두 설명, 연구 동의서 수집, 메타인지 검사 및 사전 설문 실시, 개별 실험 일정 조정의 순서로 약 30분간 진행되었다. 사전 설문은 기본적인 인구통계학적 정보인 성별, 연령을 기입하는 정보입력란과, 연구 참여자의 메타인지 수준을 묻는 9개의 문항으로 구성되어 완료하는데 약 5분의 시간이 소요되었다.

사전설문이 종료된 후, 본 실험 이전에 사전설문 결과를 고려하여 최초의 연구 참여자 40명을 각각 20명씩 통제집단과 처치집단에 무작위로 배정하였다. 무작위 배정의 경우, 메타인지 수준이 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위해 메타인지 검사결과를 바탕으로 메타인지 상위집단과 하위집단으로 15명씩 나눈 후, 각 집단에서 무작위로 절반씩 실험집단과 통제집단에 배정하였다.

또한 실험 일정을 시작하기 전, 연구 대상 조건에 부합하는 대학생 2명을 대상으로 모의실험을 진행하였고, 연구참여자가 쉽게 저지르기 쉬운 컴퓨터 조작 상의 문제와 시간 통제 문제를 실험 진행 과정 및 환경에 반영하여 개선하였다. 이들 개선점을 바탕으로 연구 참여자를 위한 유의사항을 안내하였다.

연구 참여자들은 약속된 실험 일자 전날에 카페인 섭취와 격렬한 운동을 하지 말라는 유의사항이 담긴 실험에 대한 메시지를 전달받은 후, 서울대학교 내 강의실에 개별적으로 약속된 시간에 실험에 참여하였다. 실험실에 출입하기 전에는 방역 수칙을 지키기 위해 손소독과 체온 측정을 실시하였다. 그리고 생체 데이터 측정을 위해 Empatica E4 손목밴드를 착용한 후, 사전지식 검사에 5분간 응답하였다. 그 후 연구자가 실험에 대한 설명을 제공하였고 참여자가 질문이 있을 경우, 실험에 대한 질의응답을 짧게 진행하였다. 마지막으로 실험을 시작하기 전에 연구 참여자의 생리데이터를 안정화하기 위하여 흰 화면을 5분간 편안하게 바라보도록 하였다.

그 후, 동영상 기반 학습과 학습 활동이 예정되어 있는 40분간의 통제된 실험을 [그림 Ⅳ-1]과 같이 두 개의 세트로 나누어 진행하였다. 먼저 실험집단은 동영상 기반 학습의 전, 중, 후에 메타인지 지원에 따라 메타인지 활동에 참여하였다. 즉, (1) 메타인지 지원(계획), (2) 동영상1 학습, (3) 메타인지 지원(점검/조절)을 하나의 세트로 20분간 실시하고, 이후 (3) 동영상2 학습, (4) 메타인지 지원(점검/조절/평가)을 하나의 세트로 20분간 실시하였다. 통제 집단은 (1) 동영상1 학습, (2) 원고 읽기를 하나의 세트로 20분간 실시하고, 이후 (3) 동영상2 학습, (4) 동영상 원고 읽기를 하나의 세트로 20분간 실시하였다. 통제 집단과 처치집단에 제공되는 동영상 강의는 주제와 난이도가 동일하였으며, 총 20분 분량의 동영상 강의를 10분 분량으로 나누어 두 번 제시하였다.

[그림 Ⅳ-1] 동영상 기반 학습 처치

두 집단 모두 동영상 기반 학습 중에는 연구자에게 질문을 하거나 제

공된 학습 자료 외의 자료를 참고할 수 없도록 하였다. 동영상 기반 학습 시에는 자유롭게 되감기하여 영상을 시청하거나 영상을 중단하고 다시 재생하기, 영상 속도를 조절하기의 기능을 사용하는 것이 허용되었으며, 이 때문에 한 번에 제시된 동영상은 10분 분량이었지만 이를 학습하는 시간은 학습자마다 차이가 있었다. 그리고 각 세트에서 제공된 모든 활동을 마친 뒤 시간이 남으면 자유롭게 복습할 수 있도록 하였다. 시간 통제를 위해 20분과 40분이 되기 3분 전에 '3분 전입니다'라고 안내하고 시간이 되면 '다음 단계로 넘어가주세요'라고 안내하였다.

동영상 기반 학습 중에는 E4를 통해 생체데이터가 수집되었고, 디지털 캠코더 및 화면 녹화 소프트웨어를 통해 전반적인 학습 과정이 녹화되었다. 이들 자료는 실험이 마친 후에 연구 참여자에게 부여된 고유번호에 따라 데이터 유형별로 정리되었다.

동영상 기반 학습활동이 종료된 후에는 E4 손목밴드를 제거하고 학습 과정에 대한 학습자의 인식 및 학습결과를 측정하기 위한 사후 검사를 실시하였다. 사후 검사는 각 활동의 정신적 노력을 묻는 문항 1개와 학습 내용 지식을 측정하는 10개의 문항으로 구성되었으며, 응답에 20분이 소요되었다.

4. 연구 도구

가. 학습 동영상

연구를 위한 학습 동영상으로는 고등학교 수준의 생물 강의 동영상을 사용하였다. 학습의 내용은 '인체의 삼투압 조절'로 혈장 삼투압, 항이뇨호르몬, 콩팥의 구조와 기능, 혈장 삼투압 조절 과정에 대한 내용을 포함한다. 해당 강의는 고등학교 생물 교과과정을 기반으로 제작되었으며, 고등학교 생물 교사 2명의 검토를 받아 수정되었다. 동영상 자료는 학습 내용을 담은 프레젠테이션과 함께 교수자의 모습이 나오는 형태로 제작되었으며, 유튜브(Youtube) 플랫폼을 사용하여 재생하였다. 해당 동영상의 주

제와 형태는 다음과 같은 이유로 선정되었다.

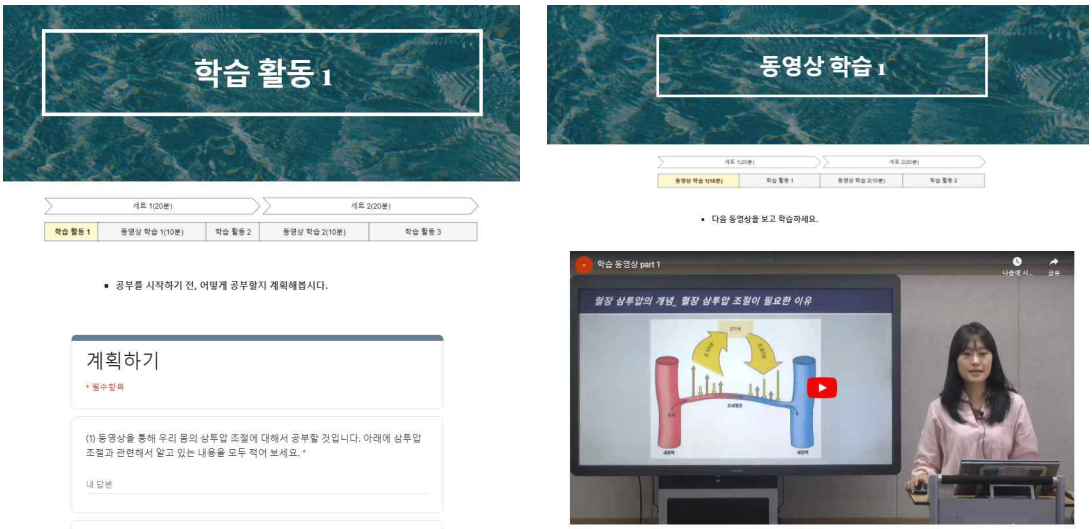
첫째, '인체의 삼투압 조절'이라는 학습 내용은 인문계열을 전공한 성인 학습자에게 생소한 내용으로 학습 내용에 대한 선수지식 수준이 연구 참여자별로 크게 다르지 않을 것으로 판단되었다. 또한, 단순히 지식을 습득하는 것에서 나아가 인체 현상의 인과관계를 포함하고 있어 기억과 이해 수준의 학습 뿐만 아니라 학습자의 추론 수준에서의 학습을 검사할 수 있다는 장점이 있다.

둘째, 프레젠테이션과 함께 교수자의 모습이 나오는 형태의 동영상 자료는 효과적으로 학습자의 주의집중을 유도할 수 있다. 비디오 기반 학습은 면대면 교수학습 상황에서보다 교수자의 제스처가 중요한 역할을 담당한다(Koumoutsakis et al., 2016). 이에 따라 학습자료의 내용 뿐만 아니라 교수자의 표정과 제스처를 통해 주의집중을 할 수 있도록 교수자의 상반신이 잘 모이는 형태로 [그림 Ⅳ-2]과 같이 학습 동영상을 제작하였다.

[그림 Ⅳ-2] 학습 동영상

나. 실험 처치

학습자의 점검과 성찰을 효과적으로 지원하도록 메타인지 지원을 포함한 실험 처치를 제작하였다. 웹 사이트 형태로 제작된 실험 처치는 동영상 학습자료와 함께 집단별로 프롬프트를 제공한다. 실험 집단의 프롬프트는 Karaoğlan Yilmaz 외(2018)의 조절행동 분류와 같이 전사고(계획), 자기관찰 및 통제(점검 및 조절), 자기성찰(평가/성찰)의 세 단계로 제공되었다. 또한, 학습자가 프롬프트에 따라 간단히 활용 가능한 입력



[그림 Ⅳ-3] 실험 처치

란을 웹 사이트상에서 제공하였다(그림 [Ⅳ-3]). 첫째, 계획 단계에서는 학습자가 학습내용에 대한 선수지식을 떠올리고 흥미를 가지도록 프롬프트를 제공하고 동영상 기반 학습을 위한 학습 전략을 세우도록 하였다. 둘째, 점검 및 조절 단계에서는 시청한 학습 동영상의 내용을 떠올려 스스로 설명하도록 함으로써 자신의 이해수준을 돌아보고 이해하지 못한 내용을 점검하여 자신이 선택한 방법으로 지식의 공백을 메우도록 하였다. 마지막으로 평가 및 성찰 단계에서는 학습자가 계획 단계에서 선택한 목표를 달성하였는지 점검하고 남은 시간 동안 동영상 원고 자료와 필기 자료 등을 통하여 자유롭게 조절행동을 하도록 하였다.

<표 Ⅳ-4> 메타인지 지원 프롬프트

세트	메타인지 지원	프롬프트
세트 1	계획하기	(1) 동영상을 통해 우리 몸의 삼투압 조절에 대해서 공부할 것입니다. 아래에 삼투압 조절과 관련해서 알고 있는 내용을 모두 적어보세요. (2) 어떤 내용을 더 공부하고 싶은지 적어보세요. 다음은 학습 전략의 예시입니다.

세트	메타인지 지원	프롬프트
		✓ 이해되지 않는 부분은 되돌아가 동영상을 시청한다. ✓ 이해를 위해 동영상의 속도를 조절한다. ✓ 학습 내용을 메모한다. ✓ 중요한 내용에 하이라이트를 하거나 밑줄을 긋는다. ✓ 암기해야 할 내용을 체크리스트로 만들어 활용한다. ✓ 중요한 내용을 기록한다. ✓ 학습 내용을 구조도로 그려본다. ✓ 스스로에게 학습 내용과 관련된 질문을 하며 학습한다. (3) 위 학습 전략을 참고하여 삼투압 조절과 관련된 동영상 학습에서 어떤 전략을 사용할지 구체적으로 적어보세요. 위에서 세운 학습 전략을 사용하여 앞으로 제시될 동영상을 학습하세요.
	점검/조절하기	(1) 동영상에서 혈장심투압과 항이뇨 호르몬에 대해서 배웠습니다. 주어진 학습자료를 참고해 중요한 학습내용을 자신의 말로 소리내어 설명해보세요. (2) 자신의 말로 설명하는 과정에서 이해하기 어려운 부분이 있다면 질문을 만들고 아래 적어보세요. (3) 동영상에서 이해하기 어렵거나 중요하다고 생각되는 부분을 찾아서 다시 보세요. (4) 계획 시 세운 학습 전략을 동영상을 학습할 때 효과적으로 적용했나요? 네 ( ) 아니요 ( ) ((4)에서 '아니오'라고 응답한 경우) 다음 동영상을 학습할 때 어떤 전략을 사용할지 아래에 적어보세요(예시: 계획과 달리 구조도를 그려서 개념 간의 관계를 살펴보고자 함).
세트	점검	(1) 동영상에서 콩팥의 기능과 삼투압 조절과정에 대해서 배웠

세트	메타인지 지원	프롬프트
2	/ 조절 / 평가하기	습니다. 주어진 학습자료를 참고해 중요한 학습내용을 자신의 말로 소리 내 설명해보세요. (2) 자신의 말로 설명하는 과정에서 이해하기 어려운 부분이 있다면 질문을 만들고 아래 적어보세요. (3) 동영상에서 이해하기 어렵거나 중요하다고 생각되는 부분을 찾아서 다시 보세요. (4) 각각의 학습 목표를 얼마나 성취했는지 평가해보세요 (동영상에서 제시된 정보의 수준에서 평가해주세요). - 혈장 삼투압 조절이 무엇인지 설명할 수 있다(1~5점). - 항이뇨 호르몬이 삼투압 조절에 어떤 영향을 미치는지 설명할 수 있다(1~5점). - 콩팥(신장)의 구조와 기능에 대하여 설명할 수 있다(1~5점). - 혈장 삼투압 조절 과정을 순서대로 설명할 수 있다(1~5점).

실험 집단이 메타인지가 포함된 동영상 기반 학습을 하는 동안 통제 집단은 메타인지 지원 대신 학습 동영상의 원고 자료를 2번 읽는 학습 활동을 하였다. 시간을 통제하기 위해 제공된 학습 활동을 완료한 후에는 남은 시간을 자유롭게 복습하는 데 사용하도록 하였다. 또한 실험과 통제 집단 사이에 학습 동영상 원고로 인한 차이가 발생하지 않도록 실험 집단에도 원고가 제공되었다.

다. 심박변이도 측정 기구

학습자의 인지 부하를 측정하기 위해 연구 목적으로 개발된 Empatica 4 손목밴드([그림 Ⅳ-4], https://www.empatica.com/E4-wristband)를 사용하였다(Pijeira-Díaz et al., 2018). Empatica 4는 혈류량을 측정하는 PPG(photoplethysmography) 센서, 피부의 전기 전도도를 측정하는 EDA 센서, 피부의 온도를 측정하는 적외선 온도 감지 센서, 방향성을 가진 운동량을 측정하는 3축 가속도 센서를 포함하고 있다. 이 중 피부 표면에서 데이터를 수집하는 PPG 센서를 연구에 활용하였다. 손목밴드의 분석 지표를 계산하기 위해 40분간의 실험이 시작되기 전 손목밴드에 마킹을 함으로써 시간 지표를 수집하였고 학습자의 학습 과정을 동영상으로 기록하였다. 학습 과정이 잘 드러나도록 학습자의 모습과 함께 동영상 기반 학습 과정이 나타나는 컴퓨터 화면을 동영상에 기록하였고, 이후 학습자가 각 세트 내에 언제 다음 단계로 넘어갔는지를 시간 지표로 계산하였다. E4 손목밴드는 손목에 착용하는 간단한 방식을 통해 다양한 종류의 생체데이터를 비교적 정확하게 측정할 수 있다는 점에서 역시 실제 학습 상황에서의 생체데이터 수집에 적합하다고 판단하였다.

[그림 Ⅳ-4] Empatica E4 손목밴드

라. 사전 설문

학습자가 기존에 가지고 있던 개인차 변인이 실험 결과에 미치는 영향을 최소화하기 위해 사전 설문을 통해 메타인지 검사와 사전이해 및 사전흥미 검사를 시행하였다. 해당 설문에는 연구 참여자들의 인구통계학적 정보인 성별, 전공 및 학력, 나이를 기입하는 정보 입력란과 함께 제시되었다. 메타인지 수준을 측정하기 위해 기존에 만들어진 학습동기 및 학습전략 진단도구를(Duncan & McKeachie, 2005; Pintrich et al., 1991) Tock와 Moxley(2017)이 수정하여 9개의 문항으로 만든 메타인지 자기조절 측정(metacognitive self-regulation scale) 도구를 사용하였다. 사전이해와 사전흥미 검사는 동영상 기반 학습 내용의 4개 학습목표에 따라 4개 항목을 만들어 5점 리커트 척도로 사용하였다. 사전이해 문항은 '다음 주제에 대해서 귀하가 얼마나 잘 알고 있는지 V로 표시하세요', 사전흥미 문항은 '다음 주제가 귀하에게 얼마나 흥미로운지 V로 표시하세요'라는 질문으로 구성되었으며, 해당 설문은 [부록 1]에 수록되어 있다.

마. 정신적 노력 검사

동영상 기반 학습이 종료된 이후, 참여자의 인지 부하를 측정하기 위해 정신적 노력에 대한 설문을 자기보고식으로 진행하였다. 과제난이도 지각 및 정신적 노력의 투입을 측정하기 위하여 DeLeeuw와 Mayer(2008)의 문항을 적용하였다. 인지 부하를 측정하기 위한 문항은 "이 과제를 해결하기 위하여 많은 정신적 노력을 투입하였다"의 형식으로 9점 리커트 척도로 구성되며 사후 검사지에 통합되어 제시되었다. 해당 설문은 [부록 3] 사후 검사지 내에 수록되어 있다.

바. 사전 및 사후 검사

연구 참여자들의 학습 성과를 측정하기 위해 사전 및 사후 검사를 실

시하였다. 사전지식 검사는 연구 참여자의 동영상 기반 학습 주제에 대한 사전지식을 묻는 2개의 문항(기억/이해 1문항, 추론 1문항)으로 구성되었으며 5분간 응답하도록 하였다([부록 2] 참고). 이들 문항은 학습자가 사전 지식을 활성화하여 자유롭게 반응할 수 있도록 서술형으로 제시되었다. 사후 검사는 동영상 기반 학습 활동이 종료된 직후에 20분간 실시하였다. 사후 검사는 정신적 노력에 대해 묻는 1번 문항 이후 2번부터 11번 문항에 해당한다([부록 3] 참고). 이들은 총 10개 문항으로, 기억 및 이해의 낮은 수준을 묻는 문항 6개와 높은 수준의 추론 능력을 묻는 문항 4개로 구성되었다. 검사지의 이원목적분류표는 <표 Ⅳ-5>과 같다. 이들 검사지는 생명교육 전공 현직 교사 2명과 생물학 박사 과정 1명, 그리고 교육학 박사 2명에 의해 검토를 받았다.

<표 Ⅳ-5> 검사 문항 이원목적분류표

구분	번호	내용	기억	이해	추론
사전	1	체내 삼투압 조절 현상		○	
	2	체내 수분량(삼투압) 조절에 관여하는 기관			○
사후	2	뇌하수체 후엽에서 분비되는 항이뇨 호르몬	○		
	3	콩팥의 기능	○		
	4	혈장 삼투압을 결정하는 요소	○		
	5	체내 수분량과 삼투압 조절의 관계		○	
	6	항이뇨 호르몬과 땀의 배출량의 관계		○	
	7	삼투압 변화와 콩팥의 재흡수량의 관계		○	
	8	체내 수분량 변화에 따른 콩팥의 기능			○
	9	체내 삼투압 조절에 관여하는 기관			○
	10	혈압에 따른 항이뇨 호르몬 작용			○
	11	체내 삼투압 조절			○

그리고 평가 루브릭을 활용하여 학습자의 사전 및 사후 검사를 평가하였다. 사전 및 사후 검사에서 문항의 수준에 따라 기억과 이해 관련

문항은 1점, 인과 추론 문항은 2점이 배정되었다. 각 문항들의 평가 루브릭은 학생들의 답안을 나열하고 각각의 답안을 평가 요소로 코딩한 후, 내용의 적합성을 기준으로 문항별로 1~2개의 기준을 만들었다. 모든 기준을 만족하면 최고 점수를 주었고, 일부 기준만 충족한 경우에는 부분 점수를 부여하였다. 따라서 기억과 이해 문항은 0점, 0.5점(부분 점수), 1점으로 점수를 부여하고 인과추론 문항은 0점, 1점(부분 점수), 2점으로 점수를 부여하였다. 문항에 따라서는 부분 점수가 없는 경우도 있었다. 평가 루브릭은 생명교육 전공 현직 교사 2명에 의해 검토를 받아 사용되었다.

이후 평가 과정에서는 평가의 신뢰성을 위하여 연구자와 교사 1인이 함께 연구 참여자의 답안지를 평가하였다. 평가자 간 일치도는 코헨 카파(Cohen's Kappa) 계수로 확인하였으며 <표 Ⅳ-6>과 같다.

5. 자료 수집 및 분석

가. 자료 수집 방법

본 연구는 학습자의 인지 부하와 학습결과에 대한 메타인지 지원의 특성을 확인하고, 메타인지 지원의 질을 높이기 위한 방안 중 하나로 메타인지 지원의 효과를 검증하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해 양적 자료를 수집하고자 한다.

학습자의 메타인지 수준과 사전이해 및 사전흥미 수준, 그리고 학습 내용 이해 수준에 대한 사전 및 사후 검사 평가자료, 실험 중 심박변이도를 양적 자료로 수집하였다. 메타인지 수준과 사전이해 및 사전흥미 수준은 학습자가 자기 보고식으로 응답한 자료를 사용하였다. 사전 및 사후 검사 자료는 연구자 2명이 평가한 점수를 반영하여 사용하였다. 평가에 활용한 채점 기준표는 각 영역별 점수의 총합이 1점에서 2점 사이의 값이 나오도록 설정하였다. 낮은 수준의 기억 및 이해 문항을 풀면 1점, 높은 수준의 추론 문항을 풀면 2점을 부여하였다. 그리고 점수는

2~3단계로 루브릭을 만들어 활용하였다.

연구 참여자는 손목밴드 형태의 생체데이터 측정 장비(E4)를 착용하고 동영상 기반 학습을 수행하였다. E4 손목밴드는 Empatica 사에 의해 개발된 생체데이터 측정 장비로, 착용자의 맥박(blood volume pressure), 피부온도(skin temperature), 피부전기활동(electrodermal activity, EDA) 등 학습자의 인지적·감정적 상태와 연관된 데이터를 장비에 포함된 광학 센서 및 적외선 센서, 전극을 통해 실시간으로 측정한다. 그리고 E4에서 수집되는 심박변이도 데이터의 분석이 시작될 지점과 끝나는 지점을 기록하기 위해 학습자들의 모습을 디지털 캠코더를 통해 녹화하였고, 추후 데이터 전처리에 사용하였다.

나. 데이터 전처리

연구에 활용한 심박변이도 데이터는 E4 손목밴드로 수집되었으며, 해당 손목밴드는 BVP(blood volume pulse)를 PPG 센서를 통해 수집한다. PPG 센서를 통해 수집된 BVP 데이터를 다음과 같이 전처리하여 분석에 필요한 변수로 산출하였다. BVP 데이터는 Kubios Premium 분석 프로그램을 통해 전처리 과정을 거쳤다. 먼저, 심박변이도 산출에 필요한 QRS 복합체 그래프를 심박 감지(Beat detection) 알고리즘으로 계산한다. 그 후, 심박변이도 분석에 왜곡을 가져올 수 있는 인위 구조를 제거하고 누락된 데이터를 설명하기 위해 자동 아티팩트 수정(automatic artefact correction) 알고리즘을 사용하였다. 해당 알고리즘은 연속적인 RR간격 간의 차이로 구성된 시계열 데이터로부터 인위 구조를 감지하고 수정한다. 마지막으로 실험 시간에 포함되지 않는 데이터를 제거하여 분석에 사용하였다. 동영상 학습자의 인지 부하 차이를 확인하기 위한 변수는 각 학습 단계의 학습 시간에서 산출된 시간영역 변수 RR 간격의 평균, SDNN과 주파수 영역 변수인 VLF, LF, HF, LF/HF 비율을 포함하였다. 그리고 인지 부하를 위한 최종 변수로 LF/HF 비율을 선택하여 분석에 사용하였다. LF/HF 비율은 LF와 HF의 변화를 통해 도출된 상

대적 값이므로 데이터 전처리 시 대상자의 기저반응을 적용하지 않는다.

다. 자료 분석 방법

(1) 학습결과

동영상 기반 학습 후 학습자의 사후 지식 수준을 측정하기 위해 사후 검사를 활용한 이후 채점기준표를 만들어 내용전문가들에게 검토를 받았다. 그 후 두 명의 채점자가 채점 기준표에 따라 채점을 한 뒤 측정 범주 값에 대한 일치도(agreement)를 측정하기 위해 코헨 카파 계수(Cohen's Kappa)를 구하였다. 각 점수를 범주로 둔 후에 카파계수를 구한 결과는 다음 <표 Ⅳ-6 >과 같다. 문항 당 카파계수는 .89에서 1사이에 분포한다. 모두 .80 이상이기 때문에 Landis & Koch(1977)에 따라 완벽한 일치도(Almost Perfect)를 보였다.

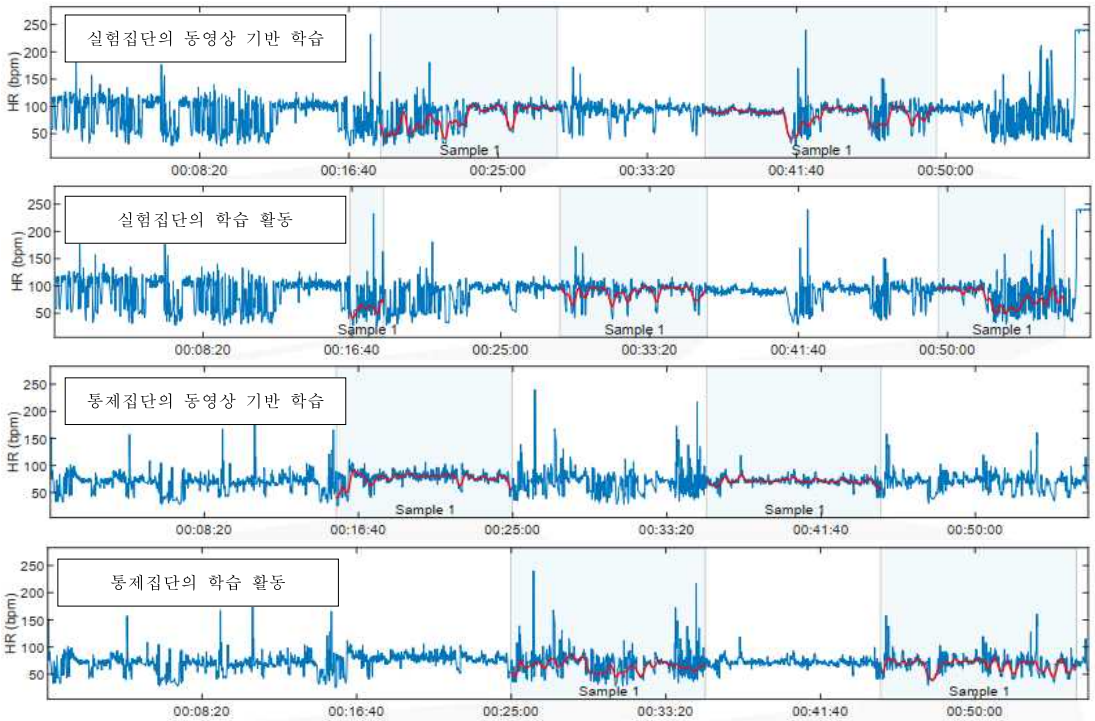
<표 Ⅳ-6> 사전 및 사후 검사 평가 결과에 대한 카파계수

문항	Kc(카파계수)	문항	Kc(카파계수)
사전1	1	사후6	1
사전2	1	사후7	1
사후2	1	사후8	.952
사후3	1	사후9	.902
사후4	.933	사후10	.944
사후5	.89	사후11	.954

(2) 학습 과정에서의 인지 부하

학습 과정에서의 인지 부하는 전처리된 심박변이도 변수인 LF/HF 비율을 대리 변수(proxy variable)로 사용하였다. 대리 변수로 사용한 것은, 심박변이도가 사람의 인지 부하를 직접적으로 측정하는 뇌파 데이터와는 달리 인지 부하 변수를 대신하여 사용되기 때문이다. 인지 부하 변수는 동영상 기반 학습을 할 때와 학습 활동을 할 때로 나누어서 변수가 산출되었다. 학습 활동은 [그림 Ⅳ-1]에서 실험 집단의 계획하기, 점검

하기, 조절하기, 평가하기 활동과 통제 집단의 원고 읽기 활동을 의미한다. 두 집단 모두 2번의 동영상 기반 학습 데이터를 합쳐서 동영상 기반 학습에서의 인지 부하를 산출하였으며, 학습 활동의 인지 부하는 [그림 Ⅳ-5]와 같이 실험 집단과 통제 집단 각각의 학습 활동을 합쳐서 산출되었다.



[그림 Ⅳ-5] 인지 부하 산출 단위

인지 부하에 대한 전반적인 경향성을 관찰하기 위해 기술통계를 실시하였고, 정리된 양적 자료는 SPSS 프로그램을 활용하여 분석하였다. 학습결과와 인지 부하에 대한 메타인지 지원의 효과성을 검증하기 위하여 t검증을 사용하였고, 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향을 확인하기 위하여 회귀분석을 실시하였다.

Ⅴ. 연구 결과

본 연구의 목적은 동영상 기반 학습에서 메타인지 지원이 학습자의 인지 부하와 학습결과에 미치는 영향과 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향을 알아보는 것이다. 학습결과는 기억과 이해의 얕은 수준의 학습과 추론의 깊은 수준으로 두 가지 측면으로 확인하였다. 각 점수는 두 명의 연구자가 측정한 평가 결과를 사용하였다.

메타인지 지원의 효과성을 확인하기 위하여 학습자들의 사전 및 사후 검사 자료와 심박변이도를 통한 인지 부하 자료를 바탕으로 t검증을 실시하였으며, 기술통계를 통해 그 양상을 확인하였다. 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향을 확인하기 위해서는 심박변이도와 사후 검사 결과를 바탕으로 회귀분석을 실시하였다.

학습자의 인지 부하를 측정하기 위하여 심박변이도의 LF/HF 비율을 사용하였다. LF/HF 비율은 교감신경계와 부교감신경계를 나타내는 LF와 HF값의 비율로, 교감신경계가 부교감신경계보다 상대적으로 활성화될수록 높아진다. 즉, 긴장과 각성, 인지 부하 상태에서 높아지기 때문에 (Berntson & Cacioppo, 2004) 인지 부하의 측정변인으로 적합하다고 판단하였다.

1. 메타인지 지원이 인지 부하에 미치는 영향

본 연구의 연구 문제 1은 메타인지 지원이 동영상 기반 학습 중 학습자의 인지 부하에 어떠한 영향을 미치는지 알아보는 것이다. <표 Ⅴ-1>와 같이 실험집단과 통제집단의 인지 부하는 학습 활동에서 실험집단의 평균 LF/HF 비율이 1.68, 통제집단의 평균 LF/HF 비율이 2.46으로 실험집단이 .78 더 낮게 나왔으며, 실험집단과 통제집단의 차이를 검증하기 위하여 실시된 t검증 결과 $t=-2.62$이고, $p=.014$이므로 $p<.05$수준에서 유의미한 차이가 있는 것으로 나타났다. 따라서 메타인지 지원을 받은 실험집단은 통제집단보다 인지 부하가 더 낮게 나타나는 효과가 있었

음을 알 수 있다.

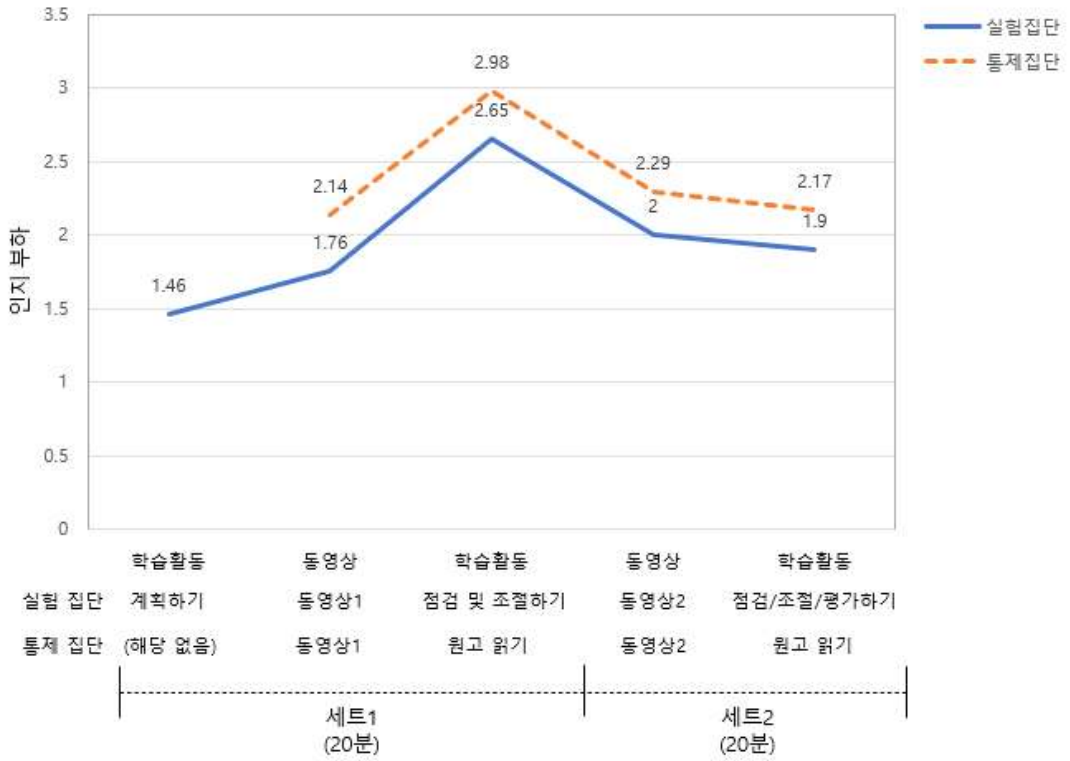
반면 동영상 기반 학습에서 실험집단과 통제집단의 차이를 검증하기 위하여 실시된 t검증 결과 t=.08이고, p=.940 으로 두 집단 간 통계적으로 유의미한 차이가 없는 것으로 나타났다. 이는 메타인지 지원이 동영상 기반 학습에서의 인지 부하에 유의미한 영향을 미치지 않는 것을 의미한다.

<표 Ⅴ-1> 메타인지 지원에 따른 LF/HF 비율 t검증 결과

구분	그룹	M	SD	t	p
동영상 학습	실험	2.14	.73	.076	.940
	통제	2.11	1.11		
학습 활동	실험	1.68	.82	-2.619	.014
	통제	2.46	.9		

기술통계 결과, 인지 부하는 전반적으로 실험 집단에서 낮은 양상을 보였다. LF/HF 비율을 통해 두 집단의 인지 부하 추이를 살펴보면 두 집단 모두 학습 활동1에서 인지 부하가 최대이며, 두 번째 동영상과 학습활동을 진행함에 따라 인지 부하가 감소하는 경향을 확인할 수 있다. 실험 중 두 집단의 인지 부하의 추이는 다음 [그림 Ⅴ-1]과 같다.

위와 같은 결과에 따라 메타인지 지원은 학습자의 인지 부하에 영향을 미치는 것이 부분적으로 확인되었다. 메타인지 지원을 받은 실험 집단은 학습 활동에서 통제 집단보다 통계적으로 유의한 수준에서 인지 부하를 적게 받았다. 그리고 기술통계 결과를 통해 학습 활동에서뿐만 아니라 전반적으로 실험집단의 인지 부하의 수준이 메타인지 지원을 받지 않는 통제 집단보다 낮았다. 이에 따라 가설1은 부분적으로 채택한다.



[그림 Ⅴ-1] 실험집단과 통제집단의 인지 부하

2. 메타인지 지원이 학습결과에 미치는 영향

메타인지 지원이 학습결과에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위해 채점기준표를 만들어 사후 지식 수준을 측정하고자 하였다. 먼저, 실험 집단과 통제집단의 사전 검사와 사후 검사에 대한 기술통계치는 <표 Ⅴ-2 >와 같다. 기술 통계에 따르면 사전 검사에서는 통제 집단이 실험 집단보다 평균적으로 .16점 더 높은 점수를 받았다. 사후 검사에서는 실험 집단이 통제 집단에 비해 평균적으로 1.13점 더 높은 점수를 받았다. 이러한 두 집단 간의 차이는 추론 문항에서 두드러졌다. 추론 문항에서 실험 집단은 통제 집단보다 1.08점 더 높은 점수를 받았다.

<표 Ⅴ-2> 집단별 사전/사후 검사 기술통계 결과

		사전 검사(총 3점)		사후 검사(총 14점)	
		M	SD	M	SD
실험집단	기억/이해	.06	.17	4.68	.81
	추론	.12	.33	4.77	1.75
	전체	.18	.35	9.44	2.11
통제집단	기억/이해	.22	.31	4.63	.98
	추론	.13	.34	3.69	2.18
	전체	.34	.47	8.31	2.82

한 편, t검증 결과 실험집단과 통제집단은 사전과 사후 검사에서 통계적으로 유의미한 차이가 없었다(사전: t=-1.16, p=.256, 사후: t=1.31, p=.200). 메타인지 지원에 따라 학습결과에의 차이가 없으므로 가설2는 기각한다.

<표 Ⅴ-3> 집단별 사전/사후 검사 t검증 결과

검사	구분	그룹	M	SD	t	p
사전 검사	전체	실험	.18	.35	-1.16	.256
		통제	.34	.47		
사후 검사	기억/이해	실험	4.68	.81	.17	.870
		통제	4.63	.98		
	추론	실험	4.77	1.75	1.57	.127
		통제	3.69	2.18		
	전체	실험	9.44	2.11	1.31	.200
		통제	8.31	2.82		

3. 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향

동영상 기반 학습과 학습활동을 할 때의 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향을 규명하기 위해 사후 검사 점수를 종속변인으로 설정하고 회귀

분석을 실시하였다.

동영상 기반 학습과 학습활동 시의 인지 부하를 독립변인으로 설정한 회귀모형은 F 통계값이 p=.003에서 7.01의 수치를 보이며, 회귀식에 대한 R제곱은 .32로, 32%(수정계수에 의하면 27%)의 설명력을 보이고 있다. Durbin-Watson은 2.02로 잔차들 간에 상관관계가 없어 회귀모형이 적합한 것으로 나타나고 있다. 인지 부하와 사후 검사 결과와의 영향관계를 분석한 결과 동영상 기반 학습 시의 인지 부하(t=-3.30, p=.003)는 학습결과에 유의미한 영향을 미치는 반면, 학습 활동 시의 인지 부하(t=.76, p=.453)는 학습결과에 유의미한 영향을 미치지 못하는 것으로 나타났다. 따라서 동영상 기반 학습 시의 낮은 인지 부하는 학습결과의 향상에 영향을 주지만, 학습 활동 시의 인지 부하는 학습결과에 의미 있는 영향을 주지 못한다고 볼 수 있다. 이에 따라 가설 3은 부분적으로 채택한다.

<표 V-4> 인지 부하와 학습결과의 회귀분석 결과

종속 변수	독립 변수	비표준화 계수		표준화 계수	t	p	공선성 통계량
		B	표준오차	베타			VIF
학습 결과	동영상 기반 학습 시 인지 부하	-1.77	.54	-.65	-3.30	.003	1.70
	학습활동 시 인지 부하	.40	.53	.15	.76	.453	1.70

Ⅵ. 논의 및 결론

1. 논의

가. 메타인지 지원이 인지 부하에 미치는 영향

메타인지 지원을 제공받은 실험집단과 메타인지 지원을 제공받지 않은 통제집단의 사전 검사와 사후 검사를 비교해보았을 때, 두 집단은 학습 활동 시에만 인지 부하에 통계적으로 유의미한 차이가 나타났다. 이는 메타인지 지원이 프롬프트를 통해 동영상 기반 학습을 하는 중에 제공되는 것이 아니라 동영상을 학습한 이후 학습활동에서 제공되기 때문이라고 볼 수 있다. 메타인지 지원이 제공된 학습활동에서 두 집단 간 차이가 나타난 것은 당연한 결과이다. 이와 같은 결과는 선행문헌에서와 같이 메타인지 지원이 학습자의 메타인지적 결정에 도움을 줌으로써 학습 활동에서의 불필요한 외재적 인지 부하를 낮추어 주었기 때문일 가능성이 있다(López-Vargas et al., 2017).

기술통계 결과를 미루어 보면 메타인지 지원을 받은 실험 집단에서 전반적으로 인지 부하의 정도가 낮은 것을 관찰할 수 있다. 이와 같은 결과는 연구의 검정력을 높였을 때 메타인지 지원이 동영상 기반 학습에서의 인지 부하 감소에도 효과가 있을 가능성을 암시한다. 학습자의 메타인지 결정이 향후 학습에 영향을 미친다는 점을 미루어 보아(Lee & Ha, 2019) 메타인지 지원이 학습자의 메타인지적 결정에 도움을 주어 학습에 대한 외재적 인지 부하를 감소시켰을 가능성이 있다.

그러나 메타인지 지원은 이후 동영상 기반 학습에서의 인지 부하까지 통계적으로 유의미한 영향을 주지는 못하였다. 이는 메타인지 지원이 제공되는 시간의 한계를 넘어설 수 없었음을 의미한다. 또한 본 연구의 메타인지 지원은 학습자가 학습을 계획하고 학습 내용에 대한 자신의 이해를 점검하고 조절하며, 학습의 결과를 평가하고 성찰하도록 하여 효과가 나타나도록 설계되었다. 즉, 메타인지는 지식 습득이나 학습 활동을 하기 전과 후에 사용하는 개념이며, 본 연구의 메타인지 지원도 이와 같은

맥락에서 제공되었다. 따라서 새로운 지식을 습득하는 중인 동영상 기반 학습 단계에서는 메타인지가 사용되기 어려웠을 가능성이 있다.

나. 메타인지 지원이 학습결과에 미치는 영향

메타인지 지원은 학습결과에 통계적으로 유의미한 영향을 미치지 않았다. 그리고 기술통계 분석 결과에서 메타인지 지원을 받은 실험 집단 학습자들은 통제 집단 학습자들보다 낮은 사전 점수를 받았지만 사후 검사에서는 통제 집단 학습자들보다 높은 점수를 획득하였다. 이는 전이에 대해서만 메타인지 지원의 효과를 얻은 선행 연구(Bannert & Mengelkamp, 2013) 결과와 일치한다. 메타인지 지원은 학습 전략의 활성화를 자극하고 주로 전이와 관련된 깊은 정보처리를 향상시킨다. 개념이 이해되었는지 스스로 질문하는 등 보다 구체적으로, 자신의 학습 과정을 성찰하는 것은 깊은 이해와 관련된 전략을 주로 유도한다. 이러한 결과는 메타인지 지원의 효과성이 장기적으로 지속되는 효과를 측정하였을 때 더욱 잘 나타나기 때문일 가능성이 있다(Bannert, Sonnenberg, Mengelkamp, & Pieger, 2015).

실제로 실험집단의 학습자들은 기억과 이해라는 낮은 수준의 문항에서는 통제 집단과 비슷한 점수를 받은 반면, 깊은 수준의 학습을 측정하는 추론 문항에서는 통제 집단에 비해 1.08점을 더 받았다. 이는 메타인지 지원의 효과가 깊은 수준의 문항에서 더욱 두드러지게 나타났음을 의미한다. 이와 같은 결과는 메타인지의 효과가 지식과 회상 검사에서보다 주로 전이 검사(transfer test)와 같이 깊은 수준의 이해를 요구하는 과제에서 두드러진 선행 연구 결과와 일치한다(Bannert, 2006). 즉, 메타인지 지원을 받아 자신의 지식과 이해의 정도를 지속적으로 검토한 실험 집단은 그렇지 않은 통제 집단보다 전이 검사에서의 성취도가 높을 가능성이 있다.

다. 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향

메타인지 지원이 학습 활동 시 인지 부하에 주된 영향을 미친 것과는 대조적으로 학습자의 인지 부하는 주로 동영상 학습 시 학습결과에 영향을 미쳤다. 즉, 동영상 기반 학습에서의 인지 부하가 낮아야 높은 학습결과를 얻을 수 있었으며, 학습 활동 시의 인지 부하는 학습결과에 유의미한 영향을 미치지 않았다. 인지 부하를 자기보고식으로 측정한 López-Vargas 외(2017)의 연구에서는 메타인지 지원이 외재적 및 내재적 인지 부하를 감소시켜 높은 학업성취를 견인하였다고 보고하였다. 그와 동일하게 본 연구에서 인지 부하의 대리 변인으로 수집한 심박변이도의 LF/HF 비율은 그 수치가 감소할수록 학습결과 향상에 긍정적인 영향을 미쳤다. 이는 LF/HF 비율이 본래 측정하고자 하였던 인지 부하를 잘 나타냈음을 의미한다.

학습 활동에서 인지 부하에 따른 학습결과에 차이가 없는 것은 사람마다 사용하는 학습 전략이 다르기 때문일 수 있다. 예컨대 사람들은 학습 활동에서 필기하기, 밑줄긋기, 내용 구조화하기, 스스로 말하면서 설명하기 등 다양한 전략을 사용하여 앞선 동영상 기반 학습 내용을 복습하였다. 이와 같이 학습 활동에서 사용한 학습 전략에 개인차가 있어 명확하게 활동별로 구분이 어려우며 그에 따라 인지 부하의 정도가 달라졌을 가능성이 있다.

라. 교육공학적 시사점

본 연구의 결과를 통해 메타인지 지원과 동영상 강의 제작과 관련된 교육공학적 시사점을 도출할 수 있다. 먼저, 메타인지 지원과 관련된 시사점은 다음과 같다. 첫째, 메타인지 지원은 동영상 기반 학습 중에 제공될 때 더욱 효과적일 것이다. 연구에 따르면 메타인지 지원은 학습 활동 중의 인지 부하에만 영향을 미쳤으며 동영상을 보는 중에는 유의한 영향을 미치지 못하였다. 하지만 학습결과에 더 큰 영향을 미치는 것은 동영상 기반 학습 중의 인지 부하 상태였다. 따라서 동영상을 보는 중에

프롬프트의 형태로 메타인지 지원을 제공하여 학습자가 동영상 기반 학습 중에도 적절한 지원을 받을 수 있도록 방안이 마련될 필요가 있다.

둘째, 생리심리반응을 이용하면 메타인지 지원을 적응적으로 제공할 수 있을 것이다. 예컨대, 학습자가 인지적으로 많은 부하를 받는 것이 심박변이도를 통해 실시간으로 감지되면 이를 낮추기 위한 프롬프트를 제공해줄 수 있을 것이다. 메타인지가 적응적으로 지원되는 것은 중요한데, 이는 메타인지 지원이 필요하지 않은 상황에서 제공되는 것은 주의집중을 저해할 가능성이 있기 때문이다(Bannert et al., 2009). 따라서 생리심리반응을 활용하여 적시에 메타인지 지원을 제공하는 것은 교육공학적인 시사점을 가진다.

동영상 강의 제작과 관련된 시사점은 다음과 같다. 심박변이도라는 생리심리반응을 이용하여 동영상 강의 설계의 효과성 및 타당성을 검증할 수 있을 것이다. 본 연구는 심박변이도를 이용하여 학습자의 인지 부하를 측정하고 이러한 인지 부하가 학습결과에 부정적인 영향을 미치는 것을 확인하였다. 따라서 학습자에게 동영상 강의를 시청하도록 한 후, 심박변이도를 통해 과도한 인지 부하를 일으키는 것이 확인되면 해당 동영상 강의의 난이도를 수정하여 제공할 수 있을 것이다. 생리심리반응을 이용한 감성 측정 테크놀로지가 적응적 학습 환경에 필요한 자료를 제공하는 것처럼(이창윤, 조영환, 홍훈기, 2010), 심박변이도 또한 적응적 동영상 강의 제작에 양질의 데이터를 제공해줄 수 있을 것이다.

2. 결론 및 제언

본 연구의 목적은 메타인지 지원이 동영상 기반 학습에 미치는 영향과 동영상 기반 학습 중의 인지 부하가 학습결과에 미치는 영향을 확인하는 것이다. 연구 결과, 메타인지 지원은 학습 활동 중의 인지 부하 수준에 영향을 미쳤으며, 이와 반대로 동영상 기반 학습 중의 인지 부하에는 유의미한 수준으로 영향을 미치지 않았다. 또한, 메타인지 지원은 학

습결과에 유의미한 영향을 미치지 못하였다. 하지만 기술통계 결과에 따르면 메타인지 지원을 받은 실험 집단에서 인지 부하가 감소하였으며, 학습결과도 높은 것으로 나타났다. 메타인지 지원이 주로 학습 활동 중의 인지 부하에 영향을 미친 것과는 반대로 동영상 기반 학습에서의 인지 부하가 낮을수록 높은 학습결과를 달성하는 것이 확인되었다.

본 연구의 실천적, 학문적 의의는 다음과 같다. 첫째, 본 연구는 동영상 기반 학습의 효과를 높이기 위한 방안으로 메타인지 지원을 제시하였으며, 메타인지 지원이 학습 과정과 결과에 긍정적인 영향을 미칠 가능성이 있음을 확인하였다. 본 연구에서 메타인지 지원은 인지 부하의 감소와 추론 능력과 같이 더욱 깊은 수준의 학습과 관련이 있었다. 향후 연구참여자의 수를 증가시키고 검정력을 높인다면 메타인지 지원과 인지 부하 감소와의 관계, 메타인지 지원과 추론 능력과의 관계를 보다 분명하게 확인할 수 있을 것이다.

둘째, 본 연구는 메타인지 지원이 학습결과뿐 아니라 학습 과정에 어떠한 영향을 미치는지를 확인했다는 점에서 의의를 가진다. 본 연구는 동영상 기반 학습 과정을 동영상을 보는 단계와 동영상을 본 후 스스로 학습하는 학습 활동의 단계로 나누어 학습자의 인지적 상태를 관찰할 수 있었다. 학습 과정에 대한 데이터를 수집하였지만 심박변이도 측정은 비침습적으로 이루어졌으므로 학습에 방해가 될 우려가 없었다. 과정 중심 학습에 대한 요구가 높아지고 또 그 과정을 어떻게 평가할 것인가에 대한 관심이 증가하는 요즘, 이와 같은 연구는 학계와 학교 교육 현장 모두에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

셋째, 본 연구는 동영상 기반 학습 과정 중에 메타인지 지원이 필요한 시점을 생리심리데이터를 이용하여 파악하고 맞춤형 지원이 이루어질 수 있는 방안을 마련하는 토대가 될 수 있을 것으로 기대된다. 학습자가 이미 체화한 메타인지 지원은 지속적으로 제공될 경우, 학습에 오히려 방해가 될 수 있으므로(Bannert et al., 2009), 생리심리반응을 통해 메타인지 지원이 필요한 학습 지점을 찾을 수 있을 것이다. 나아가 생리심리반응과 온라인 학습 시스템을 연동하여 학습자별로 다른 작업 기억 능

력 수준에 맞게 개인화된 온라인 학습 환경을 개발할 수도 있을 것이다.

넷째, 본 연구에서 사용한 심박변이도라는 생리심리데이터가 비침습적인 특성으로 인해 교육현장에 적용되기 용이하다는 사실을 확인하였다. 교육 현장에서는 맥락 특수적인 이유로 학습자들로부터 데이터를 수집하는 것에 한계가 있다. 예컨대 일반적으로 자주 사용되는 설문 자료는 학습자가 설문에 의도적으로 응답을 해야 하기 때문에 데이터를 여러 번 수집하기 어렵다는 단점이 있다. 그 외에 동공반응이나 뇌전도와 같은 생리심리데이터는 제한된 공간에서만 수집이 가능하거나 기기착용으로 인해 학습자에게 불편감을 유발할 가능성이 있다. 반면 본 연구에서처럼 손목밴드를 이용해서 학습자의 데이터를 수집하는 방법은 학습 과정 중에 지속적으로 데이터를 수집하면서 학습자에게 불편감을 유발하지 않는다. 이와 같은 이유에서 본 연구에서 사용한 데이터 수집 방법은 추후 교육현장에서 활용되기 적합하다고 할 수 있다.

마지막으로 본 연구는 심박변이도의 LF/HF 비율이 학업 성취도의 예측변인으로 사용될 수 있음을 확인하였다. 이는 다른 심박변이도 지표보다 LF/HF 비율이 학습결과에 대해 더 많은 정보를 제공했기 때문이다. LF/HF 비율의 값이 작을수록 높은 학습결과를 얻는다는 본 연구의 결과는 LF/HF 비율의 분모인 HF값이 클수록 주의집중과 정적 상관이 있다는 선행연구와도 일치한다(Spann, Schaeffer & Siemens, 2017). 따라서 LF/HF 비율은 추후 동영상 기반 학습의 적응적 지원에 기초가 되는 예측 분석 모델의 특징(feature)으로 사용될 수 있을 것이다.

본 연구에서 드러난 제한점과 추후 연구를 위한 제언은 다음과 같다. 첫째, 심박변이도의 어떤 측정 변인이 인지 부하의 세 가지 하위 요소들을 의미하는지는 알 수 없었다. 또한, 어느 정도의 인지 부하가 학습에 효과적인 본유적 부하를 의미하는지도 명확하지 않았다. 생리심리데이터는 그 측정 결과에 대한 객관적인 근거가 없다는 단점이 있다(D' Mello, Dieterle, & Duckworth, 2017). 이 때문에 생리심리데이터를 활용한 연구들은 일반적으로 맥락과 상황에 대한 정보를 고려하여 해석되었다. Di Mitri, Schneider, Specht, Drachsler (2018)는 연구에서 학습 라벨링의

근거를 제시하고자 하였으나 사용된 접근 방식 중 어느 것도 객관적으로 측정 가능한 근거를 제공하지 않는다는 결론을 내렸다. 따라서 향후 연구에서는 자기보고식 설문과 같은 학습자의 의식적 정보를 생리심리데이터라는 무의식적 정보화 결합하여 해석할 필요가 있으며(Larmuseau et al., 2020), 수집하는 생리심리 데이터와 실험 조건의 수를 다각화하여 인지 부하를 정확하게 측정하기 위한 노력이 필요하다. 이와 같이 "제한된 맥락 정보"는 관련 문헌에서 얻은 이론적 지식을 통해 설명하는 것이 교육 연구의 일반적인 관행이며, 이와 같은 과정을 통해 점진적으로 생리심리데이터가 의미하는 가설공간(hypothesis space)을 세분화하여 명확히하는 작업이 이루어져야 할 것이다.

둘째, 실험 참여 시간에 따라 생리심리반응에 차이가 있을 가능성이 있다. 학습자들이 실험에 참여한 시간은 오전 9시부터 오후 7시까지 다양했다. 그리고 참여 시간대에 따라 실험에 온전히 집중하지 못하는 모습을 보이기도 하였다. 예컨대, 오후 7시에 실험을 진행한 학습자들은 실험의 통제조건을 지키지 못해 분석에서 제외된 경우가 많았다. 즉, 사람의 인체 활동이 활발한 시간에 따라 학습자의 학습 능력이나 심박변이도에 영향을 미칠 우려가 있었다. 선행문헌에서도 낮과 밤 시간에 따라 심박변이도에 차이가 생길 수 있음을 보고하고 있기 때문에(Ramaekers, Ector, Aubert, Rubens, & Van, 1998) 추후 심박변이도를 이용하여 연구를 진행할 때에는 데이터 수집이 이루어지는 시간대를 최소화할 필요가 있다.

셋째, 본 연구는 순수실험설계방법을 채택하여 통제되지 않은 실제 현장에 적용되기 어려울 수 있다는 제한점을 가진다. 이에 추후에는 연구의 외적 타당성을 높이기 위하여 실험 연구와 더불어 실제 맥락에서의 사례 연구가 함께 이루어지는 설계기반연구(design based research)를 사용할 수 있을 것이다. 설계기반연구는 반복적인 분석과 개발, 적용을 통해 교육의 실제를 개선하기 위한 체계적인 연구방법론이다(Wang & Hannafin, 2005). 설계기반연구방법을 적용함으로써 교육현장에서 메타인지 지원의 효과성을 검증하고, 맥락에 따라 발견 가능한 다양한 문제

를 해결하여 현장에 지속적으로 적용 가능한 방법을 찾을 수 있을 것으로 기대된다.

마지막으로 추후에는 연구문제에 대한 더욱 풍부한 분석을 위해 수집 가능한 다양한 양식(modality)의 데이터를 모아 학습에 대해 다각적으로 분석하는 다중양식 학습분석 방법을 활용할 필요가 있다. 본 연구는 학습자의 심박변이도를 이용해 인간의 인지적인 측면만을 분석에 고려하였다. 그러나 학습이란 인간의 인지적, 정의적, 행동적, 사회적 측면에서 분석 가능한 복잡한 현상이며, 상황과 맥락에 따라 그 양상이 달라지기도 한다. 이에 따라 여러 층위에서, 여러 장소에서, 그리고 시간의 흐름에 따라 학습 데이터가 수집되고 분석될 필요가 있다(Reimann, 2016). 다중양식 학습분석은 보다 전체적인 방식으로 동영상 기반 학습의 본질을 이해할 기회를 제공할 것이다(Blikstein & Worsley, 2016; Sharma et al., 2019).

생리심리반응은 과거에 블랙박스로 여겨져 왔던 동영상 기반 학습에 대해 보다 깊이 이해할 수 있는 틀을 제공해주었다. 생리심리반응에 인지 부하라는 학습 라벨(label)을 다는 어노테이션(annotation)은 여전히 사람에 의해, 객관적인 근거 없이 이루어졌지만(Di Mitri et al., 2018; D' Mello, Dieterle, & Duckworth, 2017), 다양한 데이터 양식을 활용하는 다중양식 학습분석(multimodal analytics)은 어노테이션 과정의 한계를 상쇄해나갈 수 있을 것이다. 생리심리반응을 활용한 새로운 교육적 가능성에 주목함과 동시에 이를 교육의 현장과 이론에 적용하기 위한 연구가 지속적으로 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

강명희, 강인애, 송상호, 임철일, 조일현, 최수진, 허희옥. (2007). **미래를 생각하는 e-러닝 콘텐츠 설계.** 서울: 서현사.

국민정. (2003). 지리 교과에서 동영상 자료의 활용과 그 효과에 관한 연구. **한국지리환경교육학회지 (구 지리환경교육), 11**(3), 119-132.

김균탁, 이계산, 이규진. (2015). 웨어러블 디바이스 기반의 IoT 플랫폼 기술 동향. **한국콘텐츠학회지, 13**(1), 25-30.

김병수, 민정아. (2015). **스트레스 클리닉에서 HRV의 활용과 해석**. 서울: 범문에듀케이션.

김세리, 정영숙, 정영란. (2007). 외국대학 이러닝 수업 운영에 관한 사례 연구. **교육정보미디어연구, 13**(2), 161-194.

김연주. (2017). **동영상 학습 구간별 회상된 인지부하와 학습자 생리심리반응의 관계 분석.** 석사학위논문, 이화여자대학교, 서울.

김혜영, 이희수. (2009). 이러닝 콘텐츠 유형에 따른 학습자 만족도. **e 비즈니스연구, 10.** 299-316.

나일주, 김인수. (2008). 지식 테크놀로지 확장 맥락에서의 교수설계 연구 방향 모색. **평생학습사회, 4**(1), 3-22.

박기종, 정희정. (2014). 심박변이에 대한 평가방법. **대한임상신경생리학회지, 16**(2), 49-54.

배진아, 김유진, 전병호. (2008). 가상스튜디오를 활용한 강의의 정보전달 효과: 배경 템플릿과 강의보조자료의 변화를 중심으로. **사이버커뮤니케이션학보, 25**(3), 41-84.

손미, 정현희. (2007). 블랜디드 러닝 환경에서 학습효과 저해 요인 분석 -초등학교를 중심으로. **교육정보미디어연구, 13**(2), 251-276.

안주아, 이시훈, 송인덕. (2009). 심리생리학적 측정방법 (psychophysiological measures) 을 활용한 광고연구 현황 분석: 한국과 미국을 중심으로. **사회과학연구, 25**(2), 21-54.

이승조. (2008). 방송 영상물에 사용된 슬로모션이 수용자의 정서 및 인지 반응과 선호도에 미치는 영향. **한국방송학보, 22**(4), 237-276.

이인수. (2011). 학습자 중심 이러닝 콘텐츠 개발 사례 연구. **독서교육연구, 8.** 125-157

이혜정, 김태현. (2008). 이러닝 콘텐츠 제시 유형이 학습결과에 미치는 영향. **평생학습사회, 4**(1), 75-94.

임철일, 김선영, 홍성연. (2010). 'IMS Learning Design'기반 이러닝 설계원리에 관한 연구. **교육정보미디어연구, 16**(4), 601-629.

임철일. (2000). 대학의 사이버 강좌 개발을 위한 사태 중심 교수설계 전략의 효과에 관한 연구. **교육공학연구, 16**(4), 155-173.

임철일. (2005). 자기조절학습을 지원하는 기업의 이러닝 학습관리체제의 개발과 효과에 관한 연구. **교육공학연구, 21**(4), 77-100.

장보형, 이정희, 문경숙, 김진원, 권오섭. (2005). 이침요법이 정신적 스트레스를 가한 성인의 심박변이도에 미치는 영향. **대한침구학회지, 22**(6), 173-80.

정보통신산업진흥원 (2019). **2018년 이러닝 산업 실태조사**. 세종: 산업통상자원부

조미헌, 김민경, 김미량, 이옥화, 허희옥. (2004). **e-Learning 컨텐츠 설계.** 서울: 교육과학사, 224-228.

조영환, 허선영, 최효선, 김정연, 이현경. (2015). 고등교육 분야 온라인 학습 연구의 동향: 생태계적 접근. **교육공학연구, 31**(4), 725-755.

황미화, 정재열, 노영욱. (2009). 강의식 수업과 동영상 활용 수업의 학업성취도 분석: 엑셀 함수 실기 수업 중심으로. **한국컴퓨터교육학회 학술발표대회논문집, 13**(2), 161-166.

Acharya, U. R., Joseph, K. P., Kannathal, N., Lim, C. M., & Suri, J. S. (2006). Heart rate variability: A review. *Medical and biological engineering and computing, 44*(12), 1031-1051.

Anderson, L. W., Krathwohl, D. R., Airasian, P. W., Cruikshank, K. A., Mayer, R. E., Pintrich, P. R., Raths, J., & Wittrock, M. C.

(2001). *A Taxonomy for learning, teaching, and assessing: A Revision of Bloom's taxonomy of educational objectives, abridged edition*. White Plains, NY: Longman.

Ausubel, D. P. (1960). The use of advance organisers in the learning and retention of meaningful verbal material. *Journal of Educational Psychology, 51*(5), 267-272.

Baker, L., & Brown, A. L. (1984). Metacognitive skills and reading. In D. Pearson, M. Kamil, R. Barr & P. Mosenthal (Eds.), *Handbook of reading research.* New York: Longman.

Bannert, M. (2006). Effects of reflection prompts when learning with hypermedia. *Journal of Educational Computing Research, 35*(4), 359-375.

Bannert, M., Hildebrand, M., & Mengelkamp, C. (2009). Effects of a metacognitive support device in learning environments. *Computers in human behavior, 25*(4), 829-835.

Bannert, M., & Mengelkamp, C. (2013). Scaffolding Hypermedia Learning through Metacognitive Prompts. In R. Azevedo & V. Aleven (Eds.), *International Handbook of Metacognition and Learning Technologies*. Springer Science.

Bannert, M., & Reimann, P. (2012). Supporting self-regulated hypermedia learning through prompts. *Instructional Science, 40*(1), 193-211.

Bannert, M., Sonnenberg, C., Mengelkamp, C., & Pieger, E. (2015). Short-and long-term effects of students' self-directed metacognitive prompts on navigation behavior and learning performance. *Computers in Human Behavior, 52*, 293-306.

Berntson, G. G., & Cacioppo, J. T. (2004). Heart rate variability: Stress and psychiatric conditions. *Dynamic electrocardiography, 41*(2), 57-64.

Blikstein, P., & Worsley, M. (2016). Multimodal learning analytics and education data mining: Using computational technologies to measure complex learning tasks. *Journal of Learning Analytics, 3*(2), 220-238.

Borkowski, J. G., Schneider, W., & Pressley, M. (1989). The Challenges of Teaching Good Information Processing to Learning Disabled Students. *International Journal of Disability, Development and Education, 36*(3), 169-185.

Brunken, R., Plass, J. L., & Leutner, D. (2003). Direct measurement of cognitive load in multimedia learning. *Educational psychologist, 38*(1), 53-61.

Cacioppo, J. T., & Tassinary, L. G. (1990). Inferring psychological significance from physiological signals. *American psychologist, 45*(1), 16.

Calvi, L., & DeBra, P. (1997). Proficiency-adapted information browsing and filtering in hypermedia educational systems. *User Modelling & User-Adapted Interaction, 7,* 257-277.

Cassidy, S. (2006). Learning style and student self-assessment skill. *Education+ Training, 4*8(2/3), 170-177.

Chandler, P. (2004). The crucial role of cognitive processes in the design of dynamic visualizations. *Learning and Instruction, 14*(3), 353-357.

Chen, F., Zhou, J., Wang, Y., Yu, K., Arshad, S. Z., Khawaji, A., & Conway, D. (2016). *Robust multimodal cognitive load measurement*. Cham: Springer.

Chi, M. T., & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational psychologist, 49*(4), 219-243.

Soong, S. K. A., Chan, L. K., Cheers, C., & Hu, C. (2006). Impact

of video recorded lectures among students. In *Who's learning? Whose technology? Proceedings Ascilite Sydney 2006*. http://www.ascilite.org.au/conferences/sydney06/proceeding/pdf_papers/p179.pdf.

Cook, M. P.(2006). Visual representations in science education: The influence of prior knowledge and cognitive lead theory on instructional design principles. *Science Education, 90*(6), 1073-1091.

Cranford, K. N., Tiettmeyer, J. M., Chuprinko, B. C., Jordan, S., & Grove, N. P. (2014). Measuring load on working memory: The use of heart rate as a means of measuring chemistry students' cognitive load. *Journal of Chemical Education, 91*(5), 641-647.

Davis, D., Jivet, I., Kizilcec, R. F., Chen, G., Hauff, C., & Houben, G. J. (2017). Follow the successful crowd: Raising MOOC completion rates through social comparison at scale. In *Proceedings of the seventh international learning analytics & knowledge conference* (pp. 454-463).

DeLeeuw, K. E., & Mayer, R. E. (2008). A comparison of three measures of cognitive load: Evidence for separable measures of intrinsic, extraneous, and germane load. *Journal of educational psychology, 100*(1), 223-234.

Di Mitri, D., Schneider, J., Specht, M., & Drachsler, H. (2018). From signals to knowledge: A conceptual model for multimodal learning analytics. *Journal of Computer Assisted Learning, 34*(4), 338-349.

D'Mello, S., Dieterle, E., & Duckworth, A. (2017). Advanced, analytic, automated (AAA) measurement of engagement during learning. *Educational psychologist, 52*(2), 104-123.

Duncan, T. G., & McKeachie, W. J. (2005). The making of the mot ivated strategies for learning questionnaire. *Educational psyc hologist, 40*(2), 117-128.

Flavell, J. H. (1979). Metacognition and cognitive monitoring: A ne w area of cognitive-developmental inquiry. *American Psychol ogist, 34,* 906-911.

Fredericks, T.K., Choi, S.D., Hart J., Butt, S.E. and Mital, A. (200 5) An investigation of myocardial aerobic capacity as a meas ure of both physical and cognitive workloads. International. *J ournal of Industrial Ergonomics, 35*(12): 1097-1107.

Friedrich, H. F., & Mandl, H. (1992). *Learning and thinking strateg ies.* Göttingen: Hogrefe

Gama, C. A. (2005). *Integrating metacognition instruction in intera ctive learning environments*. Doctoral dissertation, University of Sussex.

Garner, R. (1987). *Metacognition and reading comprehension.* Able x Publishing, Norwood, NJ.

Haapalainen, E., Kim, S., Forlizzi, J. F., & Dey, A. K. (2010). Psyc ho-physiological measures for assessing cognitive load. *Proc eedings of the 12th ACM international conference on Ubiquit ous computing,* 301-310.

Hager, W., & Hasselhorn, M. (1998). The effectiveness of the cog nitive training for children from a differential perspective: A meta-evaluation. *Learning and Instruction, 8*(5), 411-438.

Hall, M., Vasko, R., Buysse, D., Ombao, H., Chen, Q., Cashmere, J. D., ... & Thayer, J. F. (2004). Acute stress affects heart rate variability during sleep. *Psychosomatic medicine, 66*(1), 56-6 2.

Haslaman, T. (2011). *Effect of an online learning environment on t*

eachers' and students' self-regulated learning skills. Doctoral dissertation. Hacettepe University, Ankara, Turkey.

Ifenthaler, D. (2012). Determining the effectiveness of prompts for self-regulated learning in problem-solving scenarios. *Journal of Educational Technology & Society, 15*(1), 38-52.

Ikehara, C. S., & Crosby, M. E. (2005). Assessing cognitive load with physiological sensors. In *Proceedings of the 38th annual hawaii international conference on system sciences, (*pp. 295 a-295a). IEEE.

Joseph, L. M., Alber-Morgan, S., Cullen, J., & Rouse, C. (2016). T he Effects of self-questioning on reading comprehension: A Literature review. *Reading & Writing Quarterly, 32*(2), 152-1 73.

Kalyuga, S., Chandler, P., & Sweller, J. (1999). Managing split-att ention and redundancy in multimedia instruction. *Applied Cog nitive Psychology, 13*(4), 351-371.

Karaoğlan Yılmaz, F. G., Olpak, Y. Z., & Yılmaz, R. (2018). The ef fect of the metacognitive support via pedagogical agent on s elf-regulation skills. *Journal of Educational Computing Resear ch, 56*(2), 159-180.

Kim, D., & Lim, C. (2018). Promoting socially shared metacognitiv e regulation in collaborative project-based learning: A frame work for the design of structured guidance. *Teaching in Hig her Education, 23*(2), 194-211.

Kim, E., & Kim, H. (2013). A case study on exploring the charact eristics of SNS-based informal learning: Focused on particip ants' interaction analysis. *Journal of Educational Technology, 29*(2), 185-208.

Kim, M. C., & Hannafin, M. J. (2011). Scaffolding problem solving

in technology-enhanced learning environments (TELEs): Bridging research and theory with practice. *Computers & Education, 56*(2), 403-417.

Koumoutsakis, T., Church, R. B., Alibali, M. W., Singer, M., & Ayman-Nolley, S. (2016). Gesture in instruction: Evidence from live and video lessons. *Journal of Nonverbal Behavior, 40*(4), 301-315.

Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The measurement of observer agreement for categorical data. *biometrics*, 159-174.

Lane, H. C., & D'Mello, S. K. (2019). Uses of physiological monitoring in intelligent learning environments: A review of research, evidence, and technologies. *Mind, Brain and Technology*. Springer, Cham.

Larmuseau, C., Cornelis, J., Lancieri, L., Desmet, P., & Depaepe, F. (2020). Multimodal learning analytics to investigate cognitive load during online problem solving. *British Journal of Educational Technology. 51*(5), 1548-1562.

Larmuseau, C., Vanneste, P., Cornelis, J., Desmet, P., & Depaepe, F. (2019). Combining physiological data and subjective measurements to investigate cognitive load during complex learning. *Frontline Learning Research, 7*(2), 57-74.

Le, Y., Liu, J., Deng, C., & Dai, D. (2018). Heart rate variability reflects the effects of emotional design principle on mental effort in multimedia learning. *Computers in Human Behavior, 89*, 40-47.

Leahy, W., Chandelr, P., & Sweller, J. (2003). When auditory presentations should and should not be a component of multimedia instruction. *Applied Cognitive Psychology, 17*, 401-418.

Lee, H. S., & Ha, H. (2019). Metacognitive judgments of prior mat

erial facilitate the learning of new material: The forward eff ect of metacognitive judgments in inductive learning. J*ournal of Educational Psychology, 111*(7), 1189-1201.

Livingston, J. A. (1997). *Metacognition: an overview.* (ERIC Docum ent Reproduction Service No. ED474273)

López-Vargas, O., Ibáñez-Ibáñez, J., & Racines-Prada, O. (2017). Students' Metacognition and Cognitive Style and Their Effect on Cognitive Load and Learning Achievement. E*ducational Te chnology & Society, 20* (3), 145-157.

Lowe, R. (2004). Interrogation of a dynamic visualization during le arning. *Learning and instruction, 14*(3), 257-274.

Lucangeli, D., & Cabrele, S. (2006). The relationship of metacogni tive knowledge, skills and beliefs in children with and withou t mathematical learning disabilities. *Metacognition in mathem atics education*, 103-133.

Lumma, A. L., Kok, B. E., & Singer, T. (2015). Is meditation alwa ys relaxing? Investigating heart rate, heart rate variability, e xperienced effort and likeability during training of three type s of meditation. *International Journal of Psychophysiology, 97* (1), 38-45.

Maniar, N., Bennett, E., Hand, S., & Allan, G. (2008). The effect o f mobile phone screen size on video based learning. *Jounal o f software, 3*(4), 51-61.

Mayer, R. E. (2009). *Multimedia learning* (2nd ed.). New York, NY, US: Cambridge University Press.

Metcalfe, J., & Shimamura, A. P. (Eds). (1994). *Metacogniti on: Knowing about knowing*. Cambridge, MA: MIT Press.

Meusel, C. R. (2014). *Exploring mental effort and nausea via elect rodermal activity within scenario-based tasks*. Masters disser

tation, Iowa State University.

Milstein, N., & Gordon, I. (2020). Validating Measures of Electrodermal Activity and Heart Rate Variability Derived From the Empatica E4 Utilized in Research Settings That Involve Interactive Dyadic States. *Frontiers in Behavioral Neuroscience, 14*.

Mukherjee, S., Yadav, R., Yung, I., Zajdel, D., & Oken, B. (2011). Sensitivity to mental effort and test& retest reliability of heart rate variability measures in healthy seniors. *Clinical Neurophysiology, 122*(10), 2059-2066.

Nourbakhsh, N., Wang, Y., Chen, F., & Calvo, R. A. (2012, November). Using galvanic skin response for cognitive load measurement in arithmetic and reading tasks. *Proceedings of the 24th Australian Computer-Human Interaction Conference* 420-423.

Paas, F., Tuovinen, J. E., Tabbers, H., & van Gerven, P. W. (2003). Cognitive load measurement as a means to advance cognitive load theory. *Educational Psychologist, 38*(1), 63-71.

Pijeira-Díaz, H. J., Drachsler, H., Kirschner, P. A., & Järvelä, S. (2018). Profiling sympathetic arousal in a physics course: How active are students?. *Journal of Computer Assisted Learning, 34*(4), 397-408.

Pintrich, P. R., Smith, D., Garcia, T., and McKeachie, W. (1991). *A manual for the use of the Motivated Strategies for Learning Questionnaire (MSLQ)*. The University of Michigan, Ann Arbor, MI.

Pintrich, P. R. (1995). *Understanding self-regulated learning*. In P. Pintrich (Ed.). San Francisco, CA: Jossey-Bass.

Pintrich, P. R. (1999). The role of motivation in promoting and su

staining self-regulated learning. *International journal of educational research, 31*(6), 459-470.

Plass, J. L., Moreno, R., & Brünken, R. (Eds.). (2010). *Cognitive load theory.* Cambridge university press.

Ramaekers, D., Ector, H., Aubert, A. E., Rubens, A., & Van de Werf, F. (1998). Heart rate variability and heart rate in healthy volunteers. Is the female autonomic nervous system cardioprotective?. *European heart journal, 19*(9), 1334-1341.

Ravaja, N. (2004). Contributions of psychophysiology to media research: Review and recommendations. *Media Psychology, 6*(2), 193-235.

Reimann, P. (2016). Connecting learning analytics with learning research: The role of design-based research. *Learning: Research and Practice,* 2:2, 130-142, DOI: 10.1080/23735082.2016.1210198

Ross, S. M., & Morrison, G. R. (2004). Experimental research methods. H*andbook of research on educational communications and technology, 2*, 1021-1043.

Rum, S. N. M., & Ismail, M. A. (2014). Usability evaluation of metacognitive support system for novice programmers (MSSNP) using SUMI. *Asian Journal of Education and e-Learning, 2*(5). Retrieved from http://ajouronline.com/index.php/AJEEL/article/view/1819.

Salahuddin, L., Jeong, M. G., Kim, D., Lim, S. K., Kim, W., & Woo, J. M. (2007). Dependence of heart rate variability on stress factors of stress response inventory. *2007 9th International Conference on e-Health Networking, Application and Services,* 236-239.

Schneider, B., & Blikstein, P. (2015). Unraveling Students' Interact

ion around a Tangible Interface Using Multimodal Learning A nalytics. *Journal of Educational Data Mining, 7*(3), 89-116.

Schraw, G., & Moshman, D. (1995). Metacognitive theories. *Educat ional psychology review, 7*(4), 351-371.

Sharma, K., Papamitsiou, Z., & Giannakos, M. (2019). Building pipe lines for educational data using AI and multimodal analytics: A "grey-box" approach. *British Journal of Educational Techno logy, 50*(6), 3004-3031.

Sloan, R. P., Shapiro, P. A., Bagiella, E., Boni, S. M., Paik, M., Big ger Jr, J. T., ... & Gorman, J. M. (1994). Effect of mental str ess throughout the day on cardiac autonomic control. *Biologi cal psychology, 37*(2), 89-99.

Spann, C. A., Schaeffer, J., & Siemens, G. (2017). Expanding the s cope of learning analytics data: Preliminary findings on atten tion and self-regulation using wearable technology. *Proceed ings of the seventh international learning analytics & knowle dge conference,* 203-207.

Sung, H., & Kim, H. (2016). Exploration of collaborative knowledg e building process and participation in elementary school stu dents' voluntary online learning community. *Journal of Educat ional Technology, 32*(2), 327-354.

Swanson, H. (1990). Influence of metacognitive knowledge and apt itude on problem solving. *Journal of Educational Psychology, 82(*2), 306-314.

Sweller, J. (1994). Cognitive load theory, learning difficulty, and in structional design. *Learning and instruction, 4*(4), 295-312.

Task Force of the European Society of Cardiology. (1996). Heart rate variability standards of measurement, physiological inter pretation, and clinical use. *Eur heart J, 17,* 354-381

Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2000). A model of neurovisceral integration in emotion regulation and dysregulation. *Journal of affective disorders, 61*(3), 201-216.

Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2009). Claude Bernard and the heart-brain connection: Further elaboration of a model of neurovisceral integration. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews, 33*(2), 81-88.

Tock, J. L., & Moxley, J. H. (2017). A comprehensive reanalysis of the metacognitive self-regulation scale from the MSLQ. *Metacognition and Learning, 12*(1), 79-111.

van der Meij, J., & de Jong, T. (2011). The effects of directive self-explanation prompts to support active processing of multiple representations in a simulation-based learning environment. *Journal of Computer Assisted Learning, 27*(5), 411-423.

Veenman, M. V. (2005). *The assessment of metacognitive skills: What can be learned from multi-method designs?* Münster: Waxmann

Wang, F., & Hannafin, M. J. (2005). Design-based research and technology-enhanced learning environments. *Educational technology research and development, 53*(4), 5-23.

Webster, J., & Hackley, P. (1997). Teaching effectiveness in technology-mediated distance learning. *Academy of management journal, 40*(6), 1282-1309.

Williamson, R. A. (1996). Self-questioning-An aid to metacognition. *Reading Horizons, 37,* 30-47.

Winn, W., & Snyder, D. (1996). Cognitive perspectives in psychology. DH Jonassen (Ed.), *Handbook for research for educational communications and technology.*

Winne, P. H. (2005). A perspective on state-of-the-art research o

n self-regulated learning. *Instructional science, 33*(5), 559-565.

Worsley, M., & Blikstein, P. (2018). A multimodal analysis of making. *International Journal of Artificial Intelligence in Education, 28*(3), 385-419.

Wu, L., & Looi, C. K. (2011). A reflective tutoring framework using question prompts for scaffolding of reflection. *International Conference on Artificial Intelligence in Education.* 403-410. Springer, Berlin, Heidelberg.

Xhyheri, B., Manfrini, O., Mazzolini, M., Pizzi, C., & Bugiardini, R. (2012). Heart rate variability today. *Progress in cardiovascular diseases, 55*(3), 321-331.

Zhang, D., Zhou, L., Briggs, R. O., & Nunamaker Jr, J. F. (2006). Instructional video in e-learning: Assessing the impact of interactive video on learning effectiveness. *Information & management, 43*(1), 15-27.

Zheng, L., Li, X., Zhang, X., & Sun, W. (2019). The effects of group metacognitive scaffolding on group metacognitive behaviors, group performance, and cognitive load in computer-supported collaborative learning. *The Internet and Higher Education, 42*, 13-24.

Zimmerman, B. J. (2002). Becoming a self-regulated learner: An overview. *Theory into practice, 41*(2), 64-70.

Zimmerman, B. J., & Risemberg, R. (1997). Self-regulatory dimensions of academic learning and motivation. In G. D. Phye (Ed.), *Handbook of academic learning: Construction of knowledge*. San Diego, CA: Academic Press

부　　록

[부록 1] 사전 설문지

[부록 2] 사전지식 검사지

[부록 3] 사후 검사지

[부록 4] 채점 기준표

[부록 1] 사전 설문지

사전 설문지

안녕하십니까?
바쁘신 중에도 소중한 시간을 내어 주셔서 감사합니다.

본 설문지는 연구 참여자의 메타인지 수준과 학습 내용에 대한 사전이해 수준과 사전 흥미도 수준을 확인하고자 작성되었습니다. 본 설문조사는 약 10분 정도가 소요됩니다. 설문조사를 참여하거나 참여하지 않음에 따라 발생하는 손실이나 이득은 없습니다. 이 연구를 통해 얻는 모든 개인정보의 비밀 보장을 위해 최선을 다할 것입니다. 또한, 설문 결과는 모두 익명으로 처리되며, 연구 이외의 목적으로 사용하지 않을 것을 약속드립니다.

이 연구와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래의 연락처로 연락해주시기 바랍니다. 바쁘신 중에도 적극적으로 협조해 주셔서 대단히 감사합니다

2020년 9월
서울대학교 대학원 교육학과
연구 담당자: 함윤희

ID: ( )

※ 다음 설문 문항에 성실히 응답해 주세요.

1. 귀하의 성별을 선택하세요. □ 남 □ 여

2. 귀하의 현재 만 나이를 기입하세요. _____

3. 귀하의 전공 및 학력 사항을 모두 기입하세요.

전공명	학위명(학사/석사/박사)	졸업 여부(재학/졸업)
e.g. 경영학과	*e.g. 학사*	*e.g. 졸업*

4. 다음에 제시된 각 문항을 읽고 1(전혀 그렇지 않다)에서 5(매우 그렇다) 중 자신이 평소 학습하는 모습과 가장 일치하는 곳에 V로 표시하세요.

문항	전혀 그렇지 않다	그렇지 않다	보통이다	그렇다	매우 그렇다
학습 자료를 읽다가 혼돈되는 부분이 있을 때 되돌아가 이해하려고 노력한다.	①	②	③	④	⑤
수업 자료를 이해하기가 어려우면 자료를 읽는 방법을 바꾼다.	①	②	③	④	⑤
새로운 강의 자료를 본격적으로 공부하기 전에 그 자료가 어떻게 조직되어 있는지 알아보기 위해 자주 훑어본다.	①	②	③	④	⑤
수업 시간에 배운 자료를 확실히 이해했는지 알아보기 위해 스스로에게 질문을 한다.	①	②	③	④	⑤

수업에서 요구하는 것과 교사가 가르치는 방식에 따라 공부하는 방법을 바꾼다.	①	②	③	④	⑤
공부를 할 때 학습 자료를 곧바로 읽기보다는 자료에서 학습할 것이라고 예상되는 것과 주제에 대해 생각해본다.	①	②	③	④	⑤
공부를 할 때 내가 잘 이해하지 못하는 개념이 있는지 확인한다.	①	②	③	④	⑤
공부를 할 때 학습 기간별로 어떤 활동을 할지 정하기 위해 스스로 목표를 세운다.	①	②	③	④	⑤
수업 시간에 노트필기를 제대로 못했다면 나중에 그것을 명확히 정리한다.	①	②	③	④	⑤

5. 다음 주제에 대해서 귀하가 얼마나 잘 알고 있는지 V로 표시하세요.

주제	전혀 모른다	잘 모른다	보통이다	잘 안다	매우 잘 안다
신체의 항상성	①	②	③	④	⑤
혈장 삼투압	①	②	③	④	⑤
항이뇨 호르몬	①	②	③	④	⑤
콩팥의 기능	①	②	③	④	⑤

6. 다음 주제가 귀하에게 얼마나 흥미로운지 V로 표시하세요.

주제	전혀 흥미롭지 않다	흥미롭지 않다	보통이다	흥미롭다	매우 흥미롭다
신체의 항상성	①	②	③	④	⑤
혈장 삼투압	①	②	③	④	⑤
항이뇨 호르몬	①	②	③	④	⑤
콩팥의 기능	①	②	③	④	⑤

- 감사합니다. -

[부록 2] 사전지식 검사지

사전지식 검사지

안녕하십니까?
바쁘신 중에도 소중한 시간을 내어 주셔서 감사합니다.

본 검사지는 연구 참여자의 사전지식 수준을 확인하고자 작성되었습니다. 총 2개의 문항으로 구성되어 있으며 약 5분이 소요됩니다. 모든 문항에 성실히 응답해 주시고 모르는 문항이 있을 경우 빈칸으로 비워두십시오. 검사 결과는 모두 익명으로 처리되며, 연구 이외의 목적으로 사용하지 않을 것을 약속드립니다.

이 연구와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래의 연락처로 연락해주시기 바랍니다. 바쁘신 중에도 적극적으로 협조해 주셔서 대단히 감사합니다

2020년 9월
서울대학교 대학원 교육학과
연구 담당자: 함윤희

ID: ( )

※ 다음 문항은 귀하의 사전지식을 알아보기 위한 것입니다.

1. 더운 여름날 땀을 많이 흘리면 일정량의 수분을 유지하기 위해 체내에서 어떤 변화가 일어나는지 구체적으로 설명하세요.

2. 동수는 건강한 사람과 비슷한 양의 수분을 섭취하는데도 투명한 색깔의 오줌을 자주 누고 자다 일어나서 오줌을 누는 경우도 많습니다. 그 이유를 체내 수분 조절과 관련하여 설명하세요.

- 감사합니다. -

[부록 3] 사후 검사지

사후 검사지

안녕하십니까?
바쁘신 중에도 소중한 시간을 내어 주셔서 감사합니다.

본 검사지는 학습 과정에서 연구 참여자가 기울인 정신적 노력 수준을 확인하고, 학습 내용에 대한 이해 수준을 파악하기 위해 작성되었습니다. 본 검사는 총 11개의 문항으로 구성되어 있으며 약 20분이 소요됩니다. 모든 문항에 성실히 응답해 주시고 모르는 문항이 있을 경우 빈칸으로 비워두십시오. 검사 결과는 모두 익명으로 처리되며, 연구 이외의 목적으로 사용하지 않을 것을 약속드립니다.

이 연구와 관련하여 문의사항이 있으시면 아래의 연락처로 연락해주시기 바랍니다. 바쁘신 중에도 적극적으로 협조해 주셔서 대단히 감사합니다.

2020년 9월
서울대학교 대학원 교육학과
연구 담당자: 함윤희

ID: ( )

※ 다음 문항은 귀하의 정신적 노력을 알아보기 위한 것입니다.

1. 다음은 체내 삼투압 조절을 학습하는 동안 귀하가 얼마나 많은 정신적 노력을 기울였는지를 알아보기 위한 문항입니다. 1(전혀 그렇지 않다)에서 9(매우 그렇다) 중 자신이 기울인 정신적 노력과 가장 일치하는 곳에 V로 표시하세요.

문항	1 (전혀 그렇지 않다)	2	3	4	5	6	7	8	9 (매우 그렇다)
나는 체내 삼투압 조절을 학습하는 데 많은 정신적 노력을 기울였다.									

※ 다음 문항은 학습내용에 대한 이해도를 알아보기 위한 것입니다.

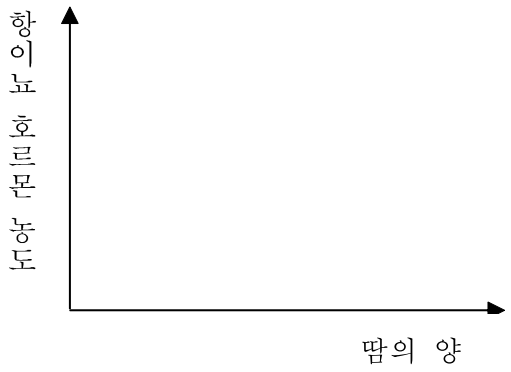
2. 혈장 삼투압이 정상보다 높을 때 항이뇨 호르몬은 어디에서 분비되나요?

3. 콩팥의 세 가지 주요 기능에는 배설 기능, 생체 ( ) 유지 기능, 내분비 기능이 있다. 괄호 안에 들어갈 알맞은 단어는 무엇인가요?

4. 혈장 삼투압을 결정하는 두 가지 요소는 무엇인가요?

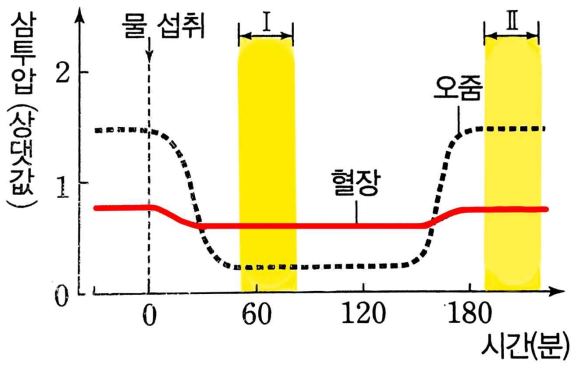
5. 수박과 같이 수분이 많은 음식을 먹으면 일정량의 수분을 유지하기 위해 체내에서 어떤 변화가 일어나는지 구체적으로 설명하세요.

6. 건강한 사람의 경우, 땀의 양이 증가함에 따라 항이뇨 호르몬의 농도가 어떻게 변하는지 아래 그래프에 선으로 나타내세요.



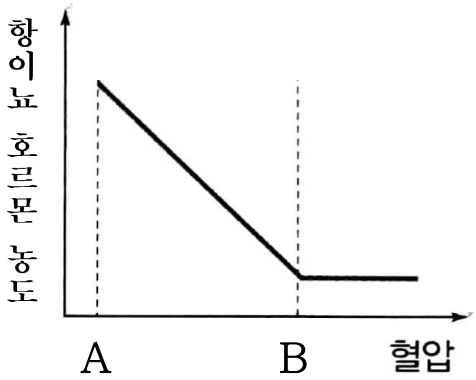
7. 신성요붕증 환자는 콩팥의 세뇨관이 항이뇨 호르몬에 반응하지 못하여 여과된 물을 신체로 재흡수하는 데 많은 어려움을 겪습니다. 신성요붕증 환자의 혈장 삼투압은 건강한 사람과 어떠한 차이가 있나요?

8. 물을 섭취한 후, 시간에 따라 달라지는 혈장과 오줌의 삼투압은 다음과 같습니다. 구간Ⅰ과 Ⅱ에서 콩팥의 수분 재흡수량에 어떠한 차이가 있을지 예측하고, 그 이유를 설명하세요.

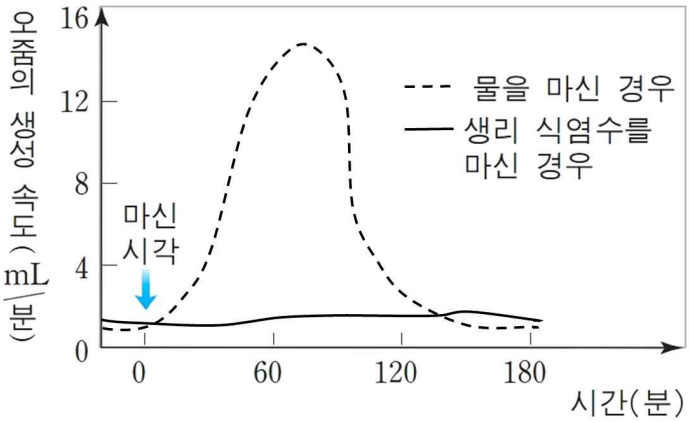


9. 유진이는 음식을 짜게 먹거나 땀을 많이 흘리지 않는데도 갈증이 계속 나고 물을 자주 마십니다. 유진이의 신체 중 어떤 기관에 이상이 있을지 추측하고, 그 이유를 체내 삼투압 조절과 관련하여 설명하세요.

10. 다음은 혈압이 증가함에 따라 항이뇨 호르몬 농도가 어떻게 변하는지를 나타낸 그래프입니다. 저혈압 상태인 A와 정상 혈압 상태인 B에서 동일한 양의 물을 마셨을 때 오줌의 생성 속도에 어떠한 차이가 있을지 예측하고, 그 이유를 설명하세요.



11. 다음은 물을 마신 경우와 생리 식염수를 마신 경우의 오줌 생성 속도를 나타낸 것입니다. 생리 식염수를 마신 경우와 달리 물을 마신 경우 오줌의 생성 속도가 급격하게 증가하는 이유를 설명하세요.



- 감사합니다. -

[부록 4] 채점 기준표

사전 검사 문항

1. 더운 여름날 땀을 많이 흘리면 일정량의 수분을 유지하기 위해 체내에서 어떤 변화가 일어나는지 구체적으로 설명하세요(1점).

(예상 답안) 땀을 많이 흘리고 나면 체내 수분량이 감소하고 그에 따라 혈장 삼투압의 농도가 높아집니다. 그러면 우리의 몸은 높아진 혈장 삼투압을 조절하기 위하여 항이뇨 호르몬 분비량을 늘립니다. 이 과정을 통하여 수분 재흡수량이 증가하여 오줌 배출량이 감소하고 체내 수분량이 일정한 수준으로 유지되고, 혈장 삼투압도 조절됩니다.

점수	기준
0점	상식 수준으로 서술하거나 지식에 오류가 있는 경우 (예) 물을 많이 마신다. 갈증이 난다. 오줌을 적게 눈다.
0.5점	수분 재흡수나 항상성 중 하나를 명확하게 언급한 경우
1점	항상성을 유지하기 위해 수분을 재흡수한다고 서술한 경우

2. 동수는 건강한 사람과 비슷한 양의 수분을 섭취하는데도 투명한 색깔의 오줌을 자주 누고 자다 일어나서 오줌을 누는 경우도 많습니다. 그 이유를 체내 수분 조절과 관련하여 설명하세요(2점).

(예상 답안) 오줌을 자주 누고, 오줌의 색깔이 투명한 이유는 체내에서 수분 재흡수를 원활하게 하지 못하고 그대로 배출하기 때문입니다. 수분 재흡수에 이상이 생긴 첫 번째 이유는 수분 재흡수량을 증가시키는 항이뇨 호르몬이 제대로 분비되지 않기 때문입니다. 두 번째 이유는 호르몬이 정상적으로 분비되어도, 콩팥의 세뇨관이 항이뇨 호르몬에 정상적으로 반응하지 못하기 때문입니다. 위와 같은 두 가지 경우에는 비슷한 양의 수분을 섭취하더라도 체내 수분량 조절이 원활하게 이뤄지지 않아서 투명한 색깔의 오줌을 자주 눌 수 있습니다.

점수	기준
0점	상식 수준으로 서술하거나 지식에 오류가 있는 경우 (예) 체내 수분 조절이 어려워서(질문에 있는 단어를 그대로 사용함)
1점	항이뇨 호르몬 분비 문제와 콩팥의 수분 재흡수 문제 중 하나를 언급한 경우
2점	항이뇨 호르몬 분비 문제와 콩팥의 수분 재흡수 문제를 모두 언급한 경우

사후 검사 문항

※ 다음 문항은 학습내용에 대한 이해도를 알아보기 위한 것입니다.

3. 혈장 삼투압이 정상보다 높을 때 항이뇨 호르몬은 어디에서 분비되나요(1점)?

(예상 답안) **<u>뇌하수체 (후엽)</u>**

점수	기준
0점	콩팥과 같이 전혀 관련이 없는 기관을 기술한 경우
0.5점	항이뇨 호르몬이 만들어지는 시상하부를 기술한 경우
1점	뇌하수체를 포함하여 답변을 기술한 경우.

4. 콩팥의 세 가지 주요 기능에는 배설 기능, 생체 ( ) 유지 기능, 내분비 기능이 있다. 괄호 안에 들어갈 알맞은 단어는 무엇인가요(1점)?

(예상 답안) **<u>항상성</u>**

점수	기준
0점	항상성이라고 기술하지 않은 경우
1점	항상성이라고 기술한 경우

5. 혈장 삼투압을 결정하는 두 가지 요소는 무엇인가요(1점)?

(예상 답안) 물(수분의 양)과 무기염류(무기질의 양)

점수	기준
0점	물(수분량)과 무기염류(무기질)를 모두 기술하지 않음
0.5점	물(수분량)과 무기염류(무기질) 중 하나를 기술한 경우
1점	물(수분량)과 무기염류(무기질)를 모두 기술한 경우

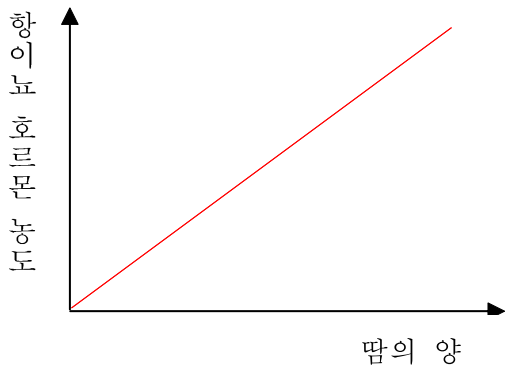
6. 수박과 같이 수분이 많은 음식을 먹으면 일정량의 수분을 유지하기 위해 체내에서 어떤 변화가 일어나는지 구체적으로 설명하세요(1점).

(예상 답안) 수박과 같이 수분이 많은 음식을 먹으면 체내 수분량이 증가하고 그에 따라 혈장 삼투압이 낮아집니다 이에 체내 수분량/ 혈장 삼투압을 일정하게 유지시키기 위해(항상성) 항이뇨 호르몬의 분비가 감소하고 그에 따라 콩팥의 수분의 재흡수가 감소하여 오줌의 양이 증가하고(오줌으로 수분이 배출되어) 체내 수분량이 일정하게 유지됩니다.

점수	기준
0점	지식에 오류가 있거나 답안을 완성하지 않았을 경우(내용이 부족할 경우)
0.5점	항상성(삼투압의 평형을 조절하는 과정 포함)이나 콩팥의 수분 재흡수량이 줄어든다는 내용 중 하나를 언급
1점	항상성(삼투압의 평형을 조절하는 과정 포함)을 유지하기 위하여 콩팥의 수분 재흡수가 줄어든다는 내용

7. 건강한 사람의 경우, 땀의 양이 증가함에 따라 항이뇨 호르몬의 농도가 어떻게 변하는지 아래 그래프에 선으로 나타내세요(1점).

(예상 답안)



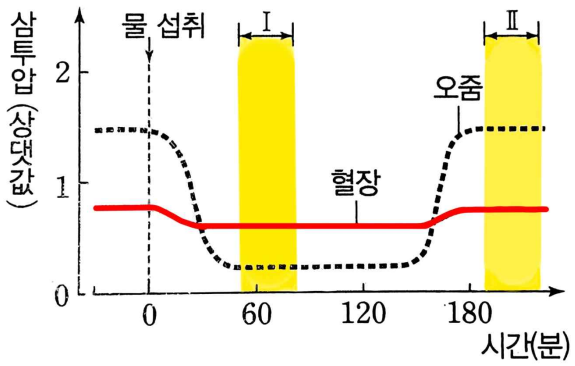
점수	기준
0점	정적 상관이 드러나지 않도록 선을 그렸을 경우
1점	정적 상관이 드러나도록 선을 그렸을 경우

8. 신성요붕증 환자는 콩팥의 세뇨관이 항이뇨 호르몬에 반응하지 못하여 여과된 물을 신체로 재흡수하는 데 많은 어려움을 겪습니다. 신성요붕증 환자의 혈장 삼투압은 건강한 사람과 어떠한 차이가 있나요(1점)?

(예상 답안) 혈장 삼투압이 건강인보다 더 높다.

점수	기준
0점	건강한 사람보다 혈장 삼투압이 높다는 내용을 언급하지 않음
1점	건강인보다 혈장 삼투압이 높다는 내용을 언급함.

9. 물을 섭취한 후, 시간에 따라 달라지는 혈장과 오줌의 삼투압은 다음과 같습니다. 구간 Ⅰ과 Ⅱ에서 콩팥의 수분 재흡수량에 어떠한 차이가 있을지 예측하고, 그 이유를 설명하세요(2점).



(예상 답안) (구간 1과 2를 수분의 재흡수량으로 비교)구간Ⅰ에서는 수분의 재흡수량이 감소하고 구간Ⅱ에서는 수분의 재흡수량이 증가한다. (그 이유를 항이뇨호르몬으로 설명)구간Ⅰ에서는 체내 수분량이 증가함에 따라 혈장 삼투압이 낮아지고 항이뇨호르몬의 분비가 감소하며, 구간Ⅱ에서는 시간이 흘러 체내 수분량이 감소할 것이므로 항이뇨 호르몬의 분비가 증가할 것이다. 이에 따라 구간Ⅰ에서는 콩팥의 수분 재흡수량이 감소하고 구간Ⅱ에서는 수분 재흡수량이 증가할 것이다.

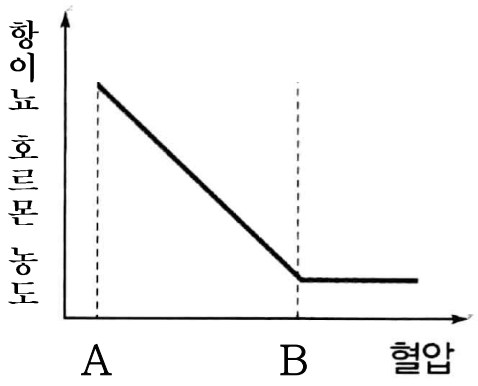
점수	기준
0점	지식에 오류가 있거나 답안을 완성하지 않았을 경우(내용이 부족할 경우) 예측이 틀릴 경우
1점	예측이 맞으나 설명이 타당하지 않을 경우 (예) 구간1에서는 재흡수량이 감소하고 구간 2에서는 재흡수량이 증가한다고만 언급함
2점	예측이 맞고 설명도 타당할 경우 (예) 구간1에서는 재흡수량이 감소하고 구간 2에서는 재흡수량이 증가한다고 언급하고 항이뇨 호르몬으로 이유를 설명함

10. 유진이는 음식을 짜게 먹거나 땀을 많이 흘리지 않는데도 갈증이 계속 나고 물을 자주 마십니다. 유진이의 신체 중 어떤 기관에 이상이 있을지 추측하고, 그 이유를 체내 삼투압 조절과 관련하여 설명하세요(2점).

(예상 답안) (기관1)뇌하수체 후엽과 (기관2)콩팥에 이상이 있을 것이다. 체내 삼투압 조절에 관여하는 항이뇨호르몬이 뇌하수체 후엽에서 분비되는데 항이뇨호르몬이 제대로 분비되지 않을 경우, 몸에 수분이 재흡수되지 않기 때문이다(뇌하수체 후엽에 생기는 이상 설명). 또한, 수분을 재흡수하는 기관인 콩팥에 문제가 있더라도(콩팥에 생기는 이상 설명) 수분이 흡수되지 않아 같은 문제가 일어날 수 있다.

점수	기준
0점	지식에 오류가 있거나 답안을 완성하지 않았을 경우(내용이 부족할 경우) 상식 수준에서 답안을 서술했을 경우
1점	항이뇨 호르몬 분비 문제(뇌, 뇌하수체 후엽, 시상하부)와 콩팥(세뇨관, 신장)의 수분 재흡수 문제 중 하나를 언급할 경우
2점	항이뇨 호르몬 분비 문제(뇌, 뇌하수체 후엽, 시상하부)와 콩팥(세뇨관, 신장)의 수분 재흡수 문제를 모두 언급할 경우

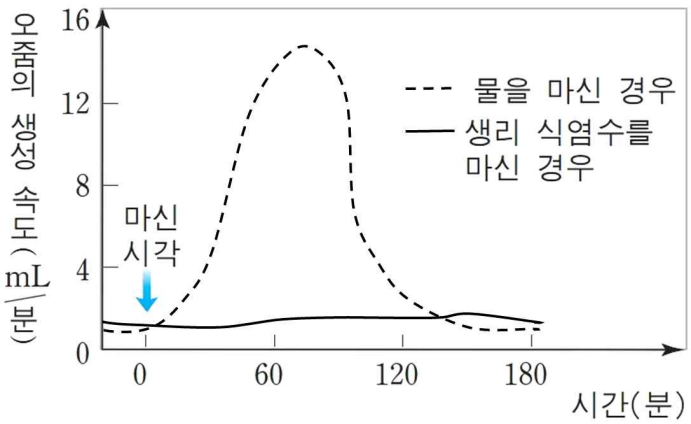
11. 다음은 혈압이 증가함에 따라 항이뇨 호르몬 농도가 어떻게 변하는지를 나타낸 그래프입니다. 저혈압 상태인 A와 정상 혈압 상태인 B에서 동일한 양의 물을 마셨을 때 오줌의 생성 속도에 어떠한 차이가 있을지 예측하고, 그 이유를 설명하세요(2점).



(예상 답안) A는 저혈압으로 인해 (항이뇨호르몬으로 수분 재흡수량이 많음)항이뇨 호르몬의 농도가 높기 때문에 수분의 재흡수량이 많을 것이다. 그에 따라 오줌의 생성 속도는 느려질 것이다. 반대로 정상 혈압인 B는 A보다 혈압이 높고, 항이뇨 호르몬의 농도는 낮기 때문에 수분의 재흡수량이 A보다 적을 것이다. (오줌의 생성속도 B>A)그에 따라 A보다 오줌의 생성 속도가 빠를 것으로 유추할 수 있다.

점수	기준
0점	지식에 오류가 있거나 답안을 완성하지 않았을 경우(내용이 부족할 경우) 예측이 틀릴 경우
1점	예측이 맞으나 설명이 타당하지 않을 경우 (예) B가 A보다 오줌 생성속도가 빠르다고 분석
2점	예측이 맞고 설명도 타당할 경우 (예) 수분 재흡수에 대한 설명을 하고, B가 A보다 오줌 생성속도가 빠르다고 분석함

12. 다음은 물을 마신 경우와 생리 식염수를 마신 경우의 오줌 생성 속도를 나타낸 것입니다. 생리 식염수를 마신 경우와 달리 물을 마신 경우 오줌의 생성 속도가 급격하게 증가하는 이유를 설명하세요(2점).



(예상 답안) 생리식염수는 체액의 농도와 비슷하기 때문에 혈장 삼투압에 큰 영향

을 미치지 않는 반면 물은 체액의 농도에 비해 낮기 때문에 혈장 삼투압을 낮추는 작용을 한다(생리식염수와 물을 체액의 농도 측면에서 비교하고 혈장 삼투압에 어떤 영향을 미치는지 기술). 따라서 물을 마실 경우 혈장 삼투압이 낮아짐에 따라 항이뇨 호르몬의 분비가 감소하고 콩팥의 수분 재흡수량이 감소하여 오줌의 생성 속도가 급격하게 증가한다(항이뇨 호르몬과 콩팥의 수분 재흡수, 오줌의 생성 속도 간의 관계를 정확하게 서술).

점수	기준
0점	지식에 오류가 있거나 답안을 완성하지 않았을 경우(내용이 부족할 경우)
1점	물이 혈장 삼투압에 미치는 영향을 기술한 경우
2점	물이 혈장 삼투압에 미치는 영향과 그에 따른 콩팥의 수분의 재흡수량에 대해 기술한 경우

Abstract

Effects of Metacognitive Support on Video-based Learning: Using Psychophysiological Response

Yoonhee Ham

Department of Education

The Graduate School

Seoul National University

With the development of information and communication technology and cloud-based online learning systems, the number of learners participating in e-learning and related research are increasing. Moreover, this situation has been further accelerated by COVID-19. Video-based learning, which is commonly used in online learning, utilizes multimedia to drive the learners' attention effectively, has excellent communication power, and has the advantage of being able to learn anytime, anywhere, due to its technological enhancement features. However, video-based learning is still constrained to a one-way lecture delivery system, which leads learners to disengage in a video-based

learning environment in a short time. Therefore, research is needed for the learners to effectively self-regulate in online video-based learning and closely examine the learning process.

This study aimed to provide metacognitive support for video-based learning and confirm its effectiveness through learners' psychophysiological responses of the learning process and learning outcome. The psychophysiological responses used in this study were heart rate variability, and through this, we tried to examine learners' in-depth cognitive processes. The specific research problems of this study are as follows. First, how does metacognitive support in video-based learning affect learners' cognitive load? Second, how does metacognitive support affect learners' learning outcomes in video-based learning? Third, how does the learner's cognitive load affect the learning outcome? And the hypothesis for each research problem is as follows. First, metacognitive support in video-based learning has a positive effect on cognitive load reduction(Hypothesis 1). Second, metacognitive support in video-based learning has a positive effect on learning outcomes(Hypothesis 2). Third, cognitive load negatively affects learning outcomes in video-based learning(Hypothesis 3).

Experimental research was conducted to solve the research problems. First, based on prior research, research tools were developed to support learners' metacognition in video-based learning. Then, the experiment was conducted on 33 adult learners who did not have a heart-related disease history. Research participants went through the process of pre-questionnaire, pre-test, video-based learning, and post-test. In the meantime, metacognitive support was provided to the experimental group in the video-based learning process. During the video-based learning process, heart rate variability was measured through a wristband. After the experiment, the heart rate variability data was converted into cognitive load values, and those cognitive load values and the pre-questionnaire, pre-test, and post-test data were put into statistical analysis. The collected quantitative data were analyzed with descriptive

statistics, t-test, and regression analysis, and through this, the hypotheses were verified.

From the experimental results, metacognitive support affected the cognitive load level during the learning activities. On the contrary, it did not affect the cognitive load during video-based learning, so hypothesis 1 was partially adopted. The metacognitive support did not affect the learning outcome, so hypothesis 2 was rejected. Finally, the results confirmed that the lower the cognitive load in video-based learning, the higher the learning outcome, so hypothesis 3 was partially adopted.

This study confirmed how metacognitive support affects not only the learning outcome but also the learning process through psychophysiological responses. Also, this study's results laid the foundation for detecting when metacognitive support is needed during the video-based learning process using psychophysiological data, which can provide customized support for the learners. This study is meaningful because it attempts to analyze psychophysiological responses to verify the effect of metacognitive support on video-based learning and discovers the possibility of applying it to fields and theories of education in the future.

keywords : metacognitive support, video-based learning, psychophysiological response, heart rate variability, cognitive load
Student Number : 2019-29877