

인지주의 교수학습 전략과 의학교육에서의 적용

여상희

경북대학교 의과대학 의학교육학교실

The Application of Cognitive Teaching and Learning Strategies to Instruction in Medical Education

Sanghee Yeo

Department of Medical Education, School of Medicine, Kyungpook National University, Daegu, Korea

The purpose of this study was to examine teaching strategies from cognitive learning theory applied to medical education and to present specific applications of the strategies and cases. The results of this study yielded (1) seven teaching strategies and specific sample activities that instructors can use based on learning processes in medical schools; (2) nine instructional events to which cognitive learning strategies were applied; (3) principles of curriculum design from a cognitive perspective; and (4) instruction cases employing cognitive teaching strategies. Cognitive learning theory has two implications: first, if instructors in medical schools apply the results of the study to design a class and curriculum, it would be possible for them to minimize cognitive loading of the learners that may stem from ineffective teaching strategies or curricula; second, cognitive teaching strategies that seek improvement in thinking skills could provide useful teaching strategies for medical education, which aims to develop experts with high-level thinking processes. In this sense, cognitive learning theory is not an out-of-date learning theory, but one that can be effectively applied in current medical education.

Keywords: Cognitive learning theory, Cognitive strategy, Medical education

Corresponding author

Sanghee Yeo
Department of Medical Education,
School of Medicine, Kyungpook
National University, 90
Chilgokjungang-daero 136-gil, Buk-gu,
Daegu 41405, Korea
Tel: +82-53-950-4130
Fax: +82-53-423-1369
E-mail: shyeo@knu.ac.kr
https://orcid.org/0000-0002-6210-6789

Received: May 9, 2020
1st revised: June 17, 2020
2nd revised: June 22, 2020
Accepted: June 24, 2020

서론

의과대학 학생들은 매일 상당한 분량의 학습을 소화하고 있다[1]. 이들의 뇌에서는 어떤 일들이 일어나고 있을까? 어떤 과정을 거쳐 학습이 일어나고 있으며 학습이 일어났다는 것은 무엇을 의미하는 것일까? 교수는 어떤 방법으로 학습과정에 효과적으로 개입할 수 있을까? 심리학 분야에서는 오래 전부터 이와 같은 물음에 답하고자 했고 교육학자들은 실험실에서 도출된 학습이론을 교육현장에 적용하기 위해 다양한 교수이론을 개발해 왔다. 오늘날 의과대학 수업은 강의위주에서 토론과 참여수업이 늘어나고 있다. 뿐만 아니라 교육과정도 교과 중심, 학문 중심에서 문제 중심, 임상표현 중심, 스키마 중심으로 패러다임이 바뀌고 있다[2]. 이러한 변화는 의과대학이 교육효과를 높이기 위해 시대요구에 맞게 다양한 교육이론을 수용해 온 결과이다. 역사적으로 의학교육 변천과정에서 주요 학습이론은 이론적 근거와 방법적 틀을 제공해 왔다[3,4].

학습에 관한 이론은 20세기 초 행동주의 관점이 주류를 형성하였

고, 20세기 중반에 인지주의가 유행하였으며, 오늘날에는 구성주의가 대세를 이루고 있다. 행동주의는 유기체에게 주어지는 자극과 유기체의 반응의 연합으로 학습이 일어난다고 보았다. 그러나 인지주의는 환경의 자극 없이도 유기체 내부의 정신작용만으로도 학습이 일어난다고 보았다. 한편, 구성주의는 두 이론이 객관주의적 인식론을 바탕으로 한다고 비판하면서 학습이란 객관적으로 중요하다고 증명된 지식을 습득하는 것이 아니라 학습자가 자신에게 의미 있는 지식을 구축해 나가는 것이라고 주장했다[2,4]. 오늘날 교육의 패러다임이 바뀌었음에도 불구하고 행동주의와 인지주의가 제공하는 교육적 처치는 여전히 학교현장에서 유용하게 활용되고 있다.

학습이론 중에 인지주의는 지각, 인지, 주의집중, 부호화, 기억과 같은 정신과정에 관심을 두고, 다양한 교수학습원리를 제시해 왔다[4]. 인지주의는 과학적 사고력, 문제해결능력, 자연과학적 개념이 해, 전문성 습득이 필요한 교과영역에 많이 적용되었고[5,6], 의학교육 분야에서도 문제 중심 학습이나 장기 중심 교육과정(the organ-based curriculum)에 이론적 근거를 제공했다[3,4]. 의학교

육학자들은 여러 교육이론에서 의학교육에 적합한 교수법이나 교수 전략을 찾고자 끊임없이 노력해 왔다[4]. 이 연구에서는 인지주의 이론을 고찰하여 의학교육에서 유용하게 사용할 수 있는 전략을 찾아내고 실제 수업사례도 제시하고자 한다.

인지주의 이론을 의과대학에 적용하려는 시도는 다음의 두 가지 이유에서 타당하다. 첫째, 의학에서 학생들의 사고력을 길러주기 위해서는 기본적으로 방대한 양의 의학지식을 효율적으로 암기하도록 해야 하는데[4], 지식의 입력과 처리, 저장과정에 관한 다양한 학습전략을 제시한 인지주의는 의과대학 학생들의 학습부담을 경감시킬 수 있는 적절한 교수전략을 제공할 수 있을 것이다. 둘째, 의과대학의 주요 교육목표 중 하나는 문제해결과 임상추론 능력을 갖춘 전문가를 양성하는 것인데[4], 인지주의는 지식을 체계화하고 조직화하는 전략과 전문가가 사고하는 방식에 대한 전략을 제공하므로 [4] 의과대학에서 지향하는 인재양성을 위한 교수전략을 제공할 수 있을 것이다.

따라서 이 연구에서는 인지주의로 분류되는 모든 교수이론을 이론적으로 자세히 설명하기보다 교수자가 실제 수업에서 인지주의 교수전략을 적용할 수 있도록 구체적인 교수전략과 수업예시를 제공하고자 한다. 구체적으로, 첫째, 심리학 관점이 아니라 교수방법 관점에서 인지주의 이론을 고찰하고자 한다. 그 이유는 심리학 관점에서는 학습, 인지, 기억 등에 대한 실험과 이론적 원리를 설명하려는 반면, 교수방법 관점에서는 인지주의 원리를 어떻게 수업에 적용할 것인가에 대한 교수전략을 제공하기 때문이다. 둘째, 의과대학 교육 내용에 적합한 인지주의 교수원리를 선별하여 제시하고자 한다. 셋째, 실제 사례를 제시함으로써 수업에서 교수전략을 어떻게 적용하면 되는지를 보여주고자 한다.

인지주의 학습이론에는 사회적 상호작용을 통해 학습이 이루어진다는 사회인지이론, 형태(gestalt)에 대한 통찰에 의해 학습한다는 형태주의이론, 개인의 발달단계에 따라 인지구조가 발달하면서 학습한다는 Piaget의 발달적 인지주의 이론, 그리고 인간의 학습과정을 컴퓨터의 정보처리과정과 유사하다고 보고 인간의 학습과정을 밝히려 한 정보처리이론이 포함된다[7]. 이 연구에서는 정보처리 관점에서의 인지주의 학습이론을 다루었으며, 인지처리과정 모형을 제시한 Atkinson과 Shiffrin [8]의 정보처리이론, 인지적 부하와 학습과의 관계를 조명하고 인지부하를 줄일 수 있는 전략을 제시한 인지부하이론[9,10], 인간의 기억은 스키마라는 인지적 틀에 의해 조직화되고, 새로운 정보와 경험은 스키마를 조직할 때 의미 있게 기억에 통합된다고 주장한 스키마이론[11]을 포함하였다. 문헌자료는 인지주의 학습이론, 인지과학, 사고에 관한 교수-학습방법을 다룬 국내·외 단행본, 연구논문, 학위논문을 포함하였다. 의과대학에 적용한 수업사례는 PubMed와 Google Scholar에서 ‘cognitivism,’ ‘cognitive theory,’ ‘imagination,’ ‘schema,’ ‘concept map,’ ‘meta-cognition’과 ‘medical education,’ 혹은 ‘medical school’로

검색한 결과 가운데 수업방법과 결과가 제시된 연구를 선정하였다. 이 가운데 현실적으로 의과대학에서 적용할 수 있는 수업사례를 선정하였다.

인지주의 학습이론의 등장배경

인지주의 학습이론은 이전의 행동주의가 인간학습을 모두 설명하지 못하고 있다는 비판으로부터 출발했다. 행동주의자들은 인간의 의식이 행동 연구의 방해물이라고 여겼다. 이들은 정신세계를 블랙박스로 가정하고 정신세계 밖으로 표출되는 행동을 관찰하여 인간행동의 변화를 설명했다[12]. 행동주의 학습이론은 Watson이 1913년에 발표한 ‘행동주의자의 시각에서 본 심리학(psychology as the behaviorist view it)’이라는 논문을 시작점으로 보는데, Pavlov가 침샘연구 실험 대상이었던 개의 침 흘리는 현상을 관찰한 실험, Thorndike가 고양이를 대상으로 문제상자에서 빗장을 열고 탈출하도록 한 실험, Skinner가 비둘기나 쥐를 대상으로 먹이 나오는 막대를 누르도록 한 실험들에서 도출되었다. 행동주의 관점에서 행동변화는 신념, 지식, 추리 등과 같은 인지과정에서 기인한 것이 아니라 유기체 외부에서 주어지는 자극, 보상, 환경에 의한 것이라고 보았다. 이들은 학습을 시행착오에 의해 획득된 것, 외부자극(S)과 반응(R)이 강화되어 조건화된 것이라고 정의했다. 지금도 학교에서 활용되는 칭찬스티커, 상벌, 프로그램 학습은 행동주의의 대표적 교수사례이다[12-14].

학습행동을 객관적으로 연구하고자 한 행동주의의 과학적 접근에도 불구하고 인간행동의 변화를 자극-반응의 연합만으로는 설명이 불가능한 측면이 있다고 주장하는 인지주의가 태동했다. 1900년대 행동주의가 미국 심리학계와 교육학계를 독보적으로 지배하고 있을 시기에 독일 심리학계에서는 학습에 대한 새로운 시각이 등장했다. 이들은 형태주의자로서, 행동주의자들이 블랙박스라고 하면서 연구대상에서 제외했던 인간의 정신(mind) 과정에 관심을 기울였다. Max Wertheimer는 1912년 가현운동(apparent moment)에 대한 논문을 발표하면서 Köhler, Koffka와 함께 형태주의 창시자로 불렸다. 그는 기차여행 중에 시간차를 두고 비친 두 개의 불빛이 마치 움직이는 것처럼 보이는 경험을 했고 이를 통해 인간은 사물을 각각 분리된 것이 아니라 전체로 파악하는 경향이 있음을 발견했다. 그는 이 현상을 파이현상(phi phenomenon)이라고 명명하고 불빛을 각각 분해하면 움직임 현상을 설명할 수 없다는 점을 지적했다. 이 관점은 ‘부분의 합은 전체가 아니다, 나누는 것은 왜곡하는 것이다’라는 인지주의의 기본적 가정을 형성했다. 형태주의자들은 행동주의자들처럼 ‘행동’이라는 전체를 ‘자극’과 ‘반응’으로 분리하면 ‘전체로서의 인간행동’을 이해할 수 없다고 주장했다[12-14].

1917년에 ‘유인원의 사고방식(the mentality of apes)’이라는 제목으로 발표된 Köhler의 실험은 학습과정에 대한 관점을 전환시켰

다. 그는 아프리카 북부 카나리아 제도의 섬에 있는 베를린유인원연구소에서 근무하면서 원숭이를 대상으로 여러 실험을 하였다. 그는 원숭이 우리에게 닿을 수 없는 높이에 바나나를 매달아 놓고 우리 안에 여러 상자와 막대기를 두었다. 원숭이가 처음에는 바나나 따기를 실패하다가 갑자기 상자를 쌓아서 바나나 따기에 성공한다. 이때 원숭이 머릿속에서 일어난 것을 통찰(insight) 혹은 아하 경험(ah-ha experience)이라고 한다. 이 실험은 유기체가 외부자극에 의해서만 행동변화를 일으키는 것이 아니라 유기체 내부에서 어떤 과정을 통해 행동변화를 보일 수 있음을 증명했다[14]. 이 연구는 학습이론의 패러다임을 행동주의에서 인지주의로 이동시켰다.

이후 1950년대에 컴퓨터과학이 발전하면서 인간의 학습과정을 컴퓨터의 정보처리과정에 비유하여 설명한 정보처리이론이 등장했다. 이 이론은 인간의 기억과 사고구조, 기억과정, 사고과정, 정보처리과정을 컴퓨터가 정보를 처리하는 과정과 유사하다고 가정하고 인간의 학습과정을 입력-처리-산출과정으로 설명했다[14]. 이 관점에서는 ‘통찰’ 안에서 일어나는 과정을 설명하고자 했다. 여러 학자들은 인간의 뇌로 정보가 유입되어 장기기억에 저장되기까지 정보가 처리되는 과정을 모형으로 제시하였다. Repovs와 Baddeley [15]는 유입된 정보를 처리하는 작업기억의 요소와 작동방식을 도식화한 작업기억 모형을 제시했다. Atkinson과 Shiffrin [8]은 외부자극이 세 단계 기억장소를 거쳐 장기기억에 저장된다는 3단계 기억모형을 제시했다. Sweller [9,10]는 정보처리과정에서 발생하는 정신적 부하와 학습과의 관계를 인지부하모형으로 설명했다. 그리고 Bartlett [11]은 장기기억과 인출과 관련된 스키마이론을 제시했다. 이와 같은 정보처리모형들은 인간이 정보를 어떻게 기억에 저장하고 저장된 정보가 어떻게 변형되고 어떻게 기억에서 인출되는가를 설명하려 했다.

이 가운데 인지부하이론은 의과대학에서의 적용사례가 많이 보고되고 있다[4,6,16-19]. 특히 해부학이나 병리학과 같이 암기분량이 많은 과목이나[4] 초보자인 학생들이 전문가가 수행하는 것과 같은 수준으로 수행해야 할 복잡한 과제나 의학지식, 기술, 태도를 통합적으로 요구하는 실제적 과제(authentic task)를 포함한 과목[17]에 적용되고 있다. 이들 연구에 따르면, 학습자에게 높은 인지부하가 가중되는 과목에서는 교수자가 학습자의 인지부하를 감소시키는 수업환경을 계획할 필요가 있다고 하였다.

학습관과 학습자관

인지주의 학습이론에서 학습이란 유입된 정보를 인간의 내적과정을 통해 효과적으로 조직하고 처리한 결과이다. 인간의 뇌가 감각기관을 통해 정보를 감지하면 주의집중, 인지, 부호화, 기억하는 과정을 통해 학습이 일어난다. 즉 이와 같은 일련의 처리과정을 학습과정으로 보며 저장된 정보를 학습결과로 본다[5].

수업시간에 학생들이 교수의 강의를 경청하면서 지식을 전수받는 방식은 행동주의식 수업이다. 행동주의에서 학습자는 백지상태와 같으며 지식(외부자극)을 수용하는 수동적인 존재로 본다[13,14]. 반면, 인지주의 관점에서 학습자는 적극적으로 인지구조를 조직하는 자기주도적 존재로 인식한다. 따라서 행동주의에서 교수자 역할은 지식의 전달자이지만 인지주의에서 교수자 역할은 학습자의 인지적 정보처리가 최적화되도록 유의미한 수업환경을 조성하고 인지전략을 촉진하는 학습의 조력자 혹은 촉진자로 본다[13,14].

정보처리모형에 기반한 학습과정

Atkinson과 Shiffrin [8]은 정보처리모형에 기초한 인간의 학습과 기억에 대한 이론을 제시했다. 이 이론에 따르면 환경으로부터 자극 정보가 학습자의 감각등록기(sensory register)를 통해 수용되면 정보는 단기기억(short-term memory)과 장기기억(long-term memory)으로 이동하면서 부호화, 저장, 인출, 반응단계를 거쳐 학습이 산출된다(Figure 1).

감각등록기는 인간의 감각기관을 통해 들어오는 자극을 수용하여 처리하는 곳이다. 감각등록기로 유입된 정보는 추가적인 인지활동이 없으면 2초 이내에 소멸된다. 이 가운데 일부 정보는 재인(recognition)되거나 선택적 주의(selective attention)를 받아서 단기기억으로 넘어간다(Figure 1). 재인은 외부로부터 들어오는 자극을 장기기억에 저장된 정보와 연관 짓는 형태재인(pattern recognition)을 말한다. 선택적 주의는 하나의 정보를 지각하기 위해 불가피하게 다른 정보를 무시하면서 특정 정보에 관심을 두는 것을 말한다[20].

작업기억 또는 단기기억은 장기기억으로부터 인출된 정보와 새로 유입된 정보가 문제해결을 위해서 의식적으로 처리되는 곳이다. 이곳에서는 필요한 정보들이 일시적으로 저장된다. 컴퓨터의 작업기억공간과 같으며[10], 문제해결, 의사결정, 정보의 조작과 구성 등의 학습활동이 활발하게 일어나는 정신적 작업대이다[5]. 작업기억의 기억용량은 제한적이다. 개인적 차이는 있지만 외부도움 없이 한 번에 기억할 수 있는 정보의 양은 7 ± 2 개라고 알려져 있다[21]. 반복 시연(rehearsal)되지 않으면 약 30초 이내 정보들이 소멸된다[21]. 제한된 용량을 극복하고 정보를 오래 유지시키기 위해서 정보들을 의미 있게 묶기(chunking), 정보처리의 자동성(automaticity), 이중 부호처리(dual processing)의 전략들이 필요하다. 작업기억에 들어온 정보는 장기기억에서 인출된 정보들과 상호작용하며 일부는 소실되고 일부는 조직화(organization), 정교화(elaboration), 정신적 심상화(mental imagery)가 되어 유의미한 학습이 일어나고 장기기억에 저장된다[20].

장기기억은 정보들이 부호화되어 비교적 영속적으로 저장되는 기억저장소이다. 부호화된 정보는 의미적 지식(semantic know-

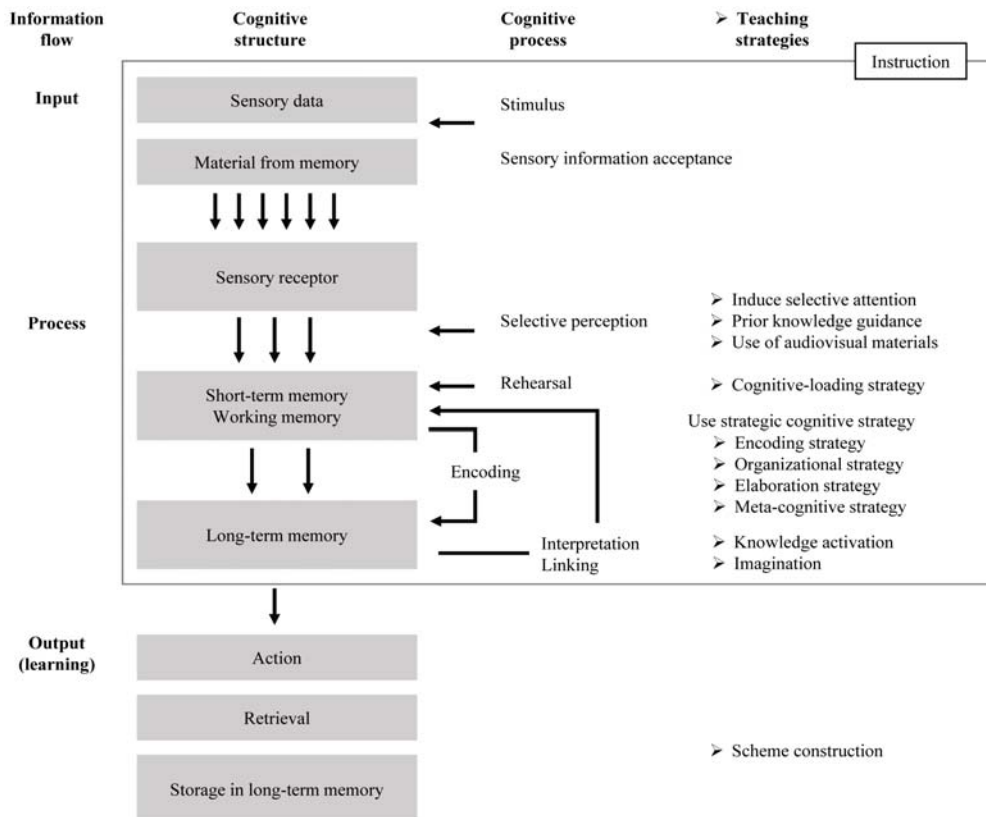


Figure 1. Cognitive structure, cognitive process, and instructional strategies. Modified from Atkinson et al. Human memory: a proposed system and its contro processes. In: Spence KW, Spence JT, editors. Psychology of learning and motivation: advances in research and theory. New York (NY): Academic Press; 1968. p. 90-197 [8].

ledge), 일화적 지식(episodic knowledge) 형태로 저장되며 정보의 망조직이라고 할 수 있는 스키마(schema)를 형성한다. 이곳에 저장된 지식은 학습된 것이며 필요한 경우 탐색과 인출을 통해 활성화된다[20].

7가지 인지적 교수전략

교수자가 학습자의 내적 인지과정을 이해하고 학습자의 인지처리를 돕는 수업환경을 조성한다면 학습이 효과적으로 일어날 것이다 [20]. 여러 문헌[5,6,14,18,22-24]과 미국 교육과학연구소에서 제안한 ‘학습향상을 위한 수업지침[25]’, Association for Medical Education in Europe (AMEE)에서 제공하는 ‘인지부하이론에 기반한 수업설계 가이드라인[20],’ ‘임상교수를 위한 임상실습 교수전략 [26]’에서는 의과대학에서 활용할 수 있는 인지적 교수전략을 제시하고 있었다. 이들 문헌에서 제공하는 교수전략을 선별하여 학습자의 정보처리과정에 따른 7가지 교수전략과 각 전략별로 적용 가능한 구체적 활동을 Table 1에 제시하였다. 7가지 교수전략은 (1) 학습자료의 수용촉진전략, (2) 학습유지를 위한 주의집중과 주의배분전략, (3) 인지부하 감소전략, (4) 부호화 전략, (5) 정보인출전략, (6) 분산

학습전략, (7) 메타인지전략으로 구분하여 제시하였다.

1. 학습 자료의 수용촉진전략

학습자료 수용촉진전략이란 학습을 촉발시키도록 하는 전략이다 [7]. 교수자가 감각정보에 해당하는 수업자료를 제시하고 학습자가 그 정보를 감지 혹은 수용하면 학습이 시작된다. 이 단계에서 교수자는 학습자가 잘 감지할 수 있는 형태의 수업자료를 제시해야 한다. 예를 들어, 수업을 시작할 때 이번 시간에 반드시 암기해야 할 내용을 퀴즈로 제시하거나 수업내용과 관련된 시청각 자료 혹은 임상사례를 제시할 수 있다(Table 1).

2. 학습유지를 위한 주의집중과 주의배분전략

주의집중 혹은 주의배분전략은 학습이 촉발된 후 학습이나 수행을 지속하기 위해서 학습자의 주의를 적정 수준으로 유지시키는 전략이다[7]. 교수자는 4가지 주의(attention)유형에 따라 상이한 전략을 선택적으로 사용할 수 있다[6]. 첫째, 선택적 주의(selective attention)전략으로 학습자가 불필요한 정보를 무시하면서 필요한 정보에 집중하도록 한다. 둘째, 분할주의(divided attention)전략으로 학습자가 동시에 두 가지 이상의 과제를 수행할 때에 주의가

Table 1. Seven teaching strategies based on information processing

Teaching strategies	Specific method
1. To promote perceiving sensory stimuli at the sensation phase	<ul style="list-style-type: none"> - For oral explanations, explain and present with pictures or graphics - Direct the learners on how to process sensory information such as instructing "Draw a picture" - Present a quiz when a new topic is introduced - Limit competing and distracting sensory impressions
2. To maintain divided attention or selective attention at perception phase	<ul style="list-style-type: none"> - Using clear colors is recommended, but unnaturally emphasizing information with colors is not effective - Present bizarre facts, incredible statistics, impressive charts, unusual cases, and examples related to daily life - Present metaphors to evoke deductive reasoning, basic concepts, and artistic sensitivity - Use engaging pictures, sounds, and interesting animations - Change the pace of the class lectures - Provide direct experiences and rewards
3. To reduce cognitive loading during information processing	<p>Cognitive-loading reduction</p> <ul style="list-style-type: none"> - Practice with the learners so that they repeat or recognize information in a short time - Do not provide two or more types of materials at the same time for a complicated assignment - Divide the learning material into segments to present when it is long and complicated - When a complicated assignment is given, allow the learners to record or think about it for a short time - When a problem is presented, provide a resolved problem first as an example - When a problem is presented, provide an incomplete solution with it so that the learners complete the solution - Select a suitable modality of learning materials based on learning content (for instance, present a video rather than a text resource for activities about lungs) - Present a video along with a text resource - When the text in the video is long, provide a verbal narration <p>Representation</p> <ul style="list-style-type: none"> - Present a limited number of lists or numbers to remember at one time - Let the learners divide the learning material to retain the information into less than 10 segments
4. Encoding strategies at the information storage phase	<p>Elaboration</p> <ul style="list-style-type: none"> - Present new terms clearly with detailed sentences, rather than only providing definitions - Present new information along with organized methods or overviews - Mix new problems with solved ones so that the learners can connect new information to previously acquired knowledge - Ask questions containing "why" or "if," or those requiring in-depth answers - Induce the learners to paraphrase or summarize what they learned <p>Organization</p> <ul style="list-style-type: none"> - Induce the learners to subjectively organize information in a way that is meaningful to themselves - Induce the learners to categorize items that seem irrelevant to each other - Induce the learners to construct schemas by linking new information to related knowledge - Let the learners draw a hierarchy or diagram - Let the learners develop a story related to themselves <p>Imagery</p> <ul style="list-style-type: none"> - Induce the learners to make a unique, rather than simple, image (i.e., an image of a piano with a cigarette in its mouth, rather than an image of a cigarette and a piano) - Link information to negative or positive, rather than neutral, emotions
5. Retrieval of information	<ul style="list-style-type: none"> - Using the primacy and the recency effects, mention important content at the beginning or end of the class - Provide a short time for the learners to retain the learning content using their own clues - Let the learners make their own recognition clues - Provide the learners with practices and simulations for outputting and applying their knowledge - Use a quiz to summarize the core content - Present contexts or situations appropriate for the information
6. Distributed learning to retention	<ul style="list-style-type: none"> - Distribute learning materials into several sections to present and administer exams several times - Before class begins, remind students again of the two or three key points they learned the day before or in the previous class
7. Meta-cognition strategies to manage cognitive strategies	<ul style="list-style-type: none"> - Help the learners manage distribution of time, division of assignments, and learning methods autonomously - Encourage self-evaluation for the learners to distinguish the illusion of knowing from truly knowing - Encourage students to discover their strengths and styles

적절히 배분되도록 한다. 셋째, 각성(arousal) 전략으로 장시간 학습이 필요할 때 학습자의 각성을 유지시킨다. 넷째, 집행적 주의(executive attention) 전략으로 학습자가 과제를 성공적으로 수행하도록 주의를 유지시킨다. 학습자의 주의집중 혹은 주의배분을 유도할 수 있는 구체적인 전략은 Table 1에 제시하였다. 유의할 사항으로는 학습자의 개인차에 의해 주의집중방법에 대한 선호가 다를 수 있고 주의력 정도가 다를 수 있음을 감안해야 한다[27].

3. 학습량과 인지부하 감소전략

인지부하란 특정과제를 수행할 때 학습자의 인지체계에 부과되는 다차원적 부하를 의미한다[6]. 인지부하 감소전략이란 교수자가 학습자의 인지부하 수준을 적절하게 조정하고 관리하여 불필요한 인지적 부담을 최소화하는 전략을 말한다[7,16]. 인간의 인지체계에 작업기억은 주어진 시간에 제한된 정보량만 처리할 수 있기 때문에 학습의 '병목현상'이 일어난다[20]. 인지부하이론에서는 단기 기억에서 발생하는 인지부하의 차원을 세 가지로 구분하고, 총 부하량은 단기 기억 혹은 작업기억량을 초과할 수 없다고 하였다[28]. 인지부하는 과제의 난이도나 복잡성에 의해 발생하는 내재적 부하(intrinsic load), 수업자료 종류와 제시방법과 같은 수업방법에 의해 발생하는 외재적 부하(extraneous load), 그리고 학습자의 인지전략과 같은 개인차에 의해 발생하는 본유적 부하(germane load)가 있다[16]. 이 가운데 교수는 적절한 수업전략을 사용하여 학습자의 내재적, 외재적 부하를 조정할 수 있다. 교수는 학습자료, 복잡한 과제, 예제 또는 멀티미디어 자료를 학습자에게 적합한 방법으로 제시함으로써 학습자의 인지부하를 감소시킬 수 있다[9,16].

4. 기억을 위한 부호화 전략

부호화란 작업기억에 있던 시청각형태의 정보가 장기기억에 저장될 수 있는 부호로 변환되는 과정을 말한다[5]. 학습자료가 비교적 영속적으로 장기기억에 저장되기 위해서는 유의미한 형태로 정보가 부호화되어야 한다. 정보의 처리수준이론(level of processing theory)에 따르면 정보를 그대로 인지하거나 명명하는 표층적 정보 처리보다 개인적 의미를 부여한 심층적 처리가 더 잘 기억된다[6]. 심층적 처리는 세 가지로, 정교화, 조직화, 심상화 전략을 말한다. 정교화는 새로운 지식을 자신이 이미 가지고 있는 지식과 연관시켜 깊이 있게 이해하는 방법이다[25]. 조직화는 학습내용을 보다 쉽게 이해하기 위해 학습내용요소들 간에 관계를 논리적으로 재구성하는 것이다. 심상화란 정보에 대한 시각적, 청각적, 촉각적 등의 정신적 표상을 만드는 것이다. 따라서 부호화 전략이란 교수가 정교화, 조직화, 심상화 전략을 선별적으로 사용하여 학습자가 학습내용을 잘 기억할 수 있도록 돕는 교수전략을 뜻하며 구체적 방법은 Table 1에 제시하였다.

5. 학습한 내용의 인출전략

학습한 정보를 장기기억에서 인식하는 것을 인출(retrieval)이라고 한다[28]. 인출은 다른 전략들보다 학습결과와 기억에 가장 큰 영향을 미친다[28]. 교수는 학습자의 효과적인 정보인출을 돕기 위해 학생들에게 적극적으로 감각적, 인지적 혹은 감정적인 인출단서를 만들도록 유도할 수 있다[28]. 인출을 촉진하기 위해서는 기억할 때 맥락과 함께 기억하거나 연상하기 쉬운 단어와 함께 기억하는 것이 더 효과적이다[5]. 또한, 내적 상태도 인출에 영향을 미치는데, 정보를 인출할 때의 기분이나 정서상태가 정보가 저장될 때와 비슷하게 되면 기억이 더 잘 활성화된다[5]. 교수는 이런 점을 고려하여 수업시간에 학생들이 인출전략을 만들 수 있도록 독려해야 한다(Table 1).

6. 학습내용의 기억증진을 위한 분산학습전략

기억(retention)은 저장된 정보를 오랫동안 장기기억에 보유하는 것을 의미한다[6]. 정보는 한 번에 학습하는 일괄학습법보다는 시간을 나누어서 학습하는 분산학습을 할 때 더 오래 기억된다. 교수는 학습자의 기억증진을 위한 분산학습전략을 상황에 맞게 선택하여 적용할 수 있다(Table 1).

7. 인지전략 관리를 위한 메타인지전략

초인지(meta cognition)는 인지에 관한 인지라고 하는데, 자신의 학습을 모니터링하고 필요한 인지전략의 사용을 계획, 선택, 평가하는 것에 관한 전략을 의미한다[26]. 비효율적인 인지전략은 공부량이 많고, 배운 지식을 통합적으로 적용해야 하는 상황에서 어려움을 줄 수 있기 때문에 학습자는 지식을 스스로 구축하고 독립적인 평생 학습자가 되기 위해 효율적인 인지전략을 습득할 필요가 있다[29]. 교수는 학습자가 주도적으로 인지전략을 세울 수 있도록 구체적인 도움을 제공할 수 있다(Table 1).

인지주의 학습이론과 수업설계

Gagné [30]는 인지주의 학습이론을 실제 수업에 적용하기 위해 교수이론을 제시했다. 그는 수업을 '학습자의 내적과정을 지원하기 위해 의도적으로 설계 및 정렬된 외적 환경사상의 집합체'로 정의했다[30]. 그는 이 정의에 근거하여 학습자의 인지과정에 따라 교수가 수업성과를 극대화할 수 있는 9가지 수업사상(event)을 제시했다. 교수는 9가지 수업사상을 한 수업에서 모두 적용할 필요는 없으며 수업상황에 따라 선택 혹은 변형하여 사용할 수 있다.

수업 도입부에서는 (1) 주의집중전략, (2) 수업성과 제시전략을 사용할 수 있다. 수업 전개부에서는 (1) 선행학습 상기, (2) 학습내용 제시하기, (3) 학습안내와 지도하기, (4) 연습과 학습활동 제공하기, (5) 수업활동에 피드백 제공하기를 사용할 수 있다. 수업 정리부에서

Table 2. Instruction design principles according to learners' cognitive processes and teaching processes

Teachers' instruction nine events	Example of instruction activity	Learners' cognitive process
1. Gaining attention	- Quizzes, statistics, questions, familiar cases, dilemma circumstances, analogous circumstances, videos, and so forth are presented	Attention expectancy
2. Informing learners of the goals	- Presenting a clear list of the content & outcomes that students will learn from today's class	Working memory, reduction in cognitive loading of new learning content
3. Stimulating recall of prior learning	- Explanation of association between content of prior learning and today's learning - Presenting related basic medical knowledge/related clinical knowledge, quizzes on prior knowledge	Selective perception
4. Presenting new content	- Presenting today's learning content (use of various teaching methods such as explanations, examples, debates, etc.)	Semantic encoding process
5. Providing learning guidance	- Presenting cognitive strategies (mnemonics) that can facilitate learning	Interaction with prior knowledge
6. Providing exercises & learning activities	- Quizzes, group activities, debates, etc.	Reinforcement
7. Providing feedback	- Providing feedback	Retrieval cue generation from LTM
8. Assessing performance	- Providing and presenting assignments, quizzes, and self-diagnostic problems	Generalization (LTM)
9. Enhancing retention & transfer	- Providing summaries and additional references	Generalization (LTM)

LTM, long-term memory.

는 (1) 수업시간에 배운 내용에 대한 형성평가하기, (2) 기억과 전이 촉진하기를 사용할 수 있다[29]. 교수자는 Table 2에 제시된 표준안에 따라 수업계획안을 미리 작성할 수 있다.

수업계획서를 작성하는 것은 비유컨대, 영화를 만들기 전에 영화 스크립트를 작성하는 것과 같다[31]. 영화스크립트를 미리 작성했다 라도 실제로 영화촬영을 하다 보면 현장에서 수정될 수도 있겠지만 스크립트 덕분에 방향성을 가지고 진행할 수 있을 것이다. 이와 마찬가지로 수업계획서를 미리 작성한다면 이것은 수업의 내비게이션 역할을 할 것이다. 수업계획서 틀은 Table 2에서 제시하였다. 또한 교수전략과 수업계획서의 필요성을 파악하기 위해 인지주의 관점에서 학습자의 인지과정, 교수전략과 수업계획서의 관련성을 하나의 도식으로 제시하였다(Figure 1).

인지주의 관점에서 교육과정 설계

1. 교육목표

인지주의 관점에서 교육과정 설계에 대한 함의점을 고찰하였다. 영국의 중등교육 개혁방안을 제시한 Peterson 등[32]은 인지주의 관점에서 교육의 목적은 지식의 전수가 아니라 지적 활동양식을 사용할 수 있도록 함에 있다고 하였다. Lee [33]는 이 지적 활동양식을 실증적, 논리적, 심미적, 도덕적 양식이라고 해석했다. 모든 교과에서 배워야 하는 것은 교과내용을 통해 인지규칙을 배우는 것이며 이를 통해서 자유로운 지적 활동능력을 획득하는 것이다. 교육내용은 '인지적 지식(cognitive knowledge)'을 습득하는 것이다. 즉 '무엇을 안다(knowing that)' 보다 '무엇을 할 줄 안다(knowing how)'에 해당하는 내용으로 교육과정이 구성되어야 한다. 아울러 교수방법은 사고과정을 중요시하여 인지활동을 촉진하는 방법을 추구해야

한다[33]. 이런 관점에서 오늘날 의학교육과정을 평가해 보자면 실제로 할 줄 아는 능력을 배양하고자 하는 역량 중심 교육과정은 인지주의의 방향과 일치한다고 평가할 수 있다.

2. 교육과정 설계원칙

AMEE는 인지주의 관점에서 교육과정 설계에서 고려해야 할 12가지 사항을 제시했다[34]. 이 사항은 크게 세 가지 측면을 언급했다. 첫째, 과제충실도(task fidelity)를 고려하여 인지부하 혹은 감정적 어려움을 줄이는 방향으로 교육내용을 계열화한다. 예를 들어, 진찰면담실습을 계획할 때 모의환자를 먼저 경험하게 한 후 실제 환자를 대상으로 실습하도록 순서를 배열하는 방식이다. 둘째, 과제 복잡도(task complexity)를 고려하여 인지적으로 과제 난이도가 낮은 것에서 높은 것으로 배치한다. 셋째, 수업지원(instructional support)은 인지부하 정도나 과제 난이도가 높아질수록 학습자를 돕는 환경지원도 함께 증가해야 한다.

인지적 교수전략을 적용한 수업사례

1. 메타인지전략을 적용한 백지(blank page) 해부학 수업

이 수업방법은 호주 퀸즐랜드 의과대학 1학년 해부학 및 생리학 수업을 위해 개발된 방법으로, 메타인지를 촉진하는 수업법이다 [35]. 수업기간은 14주이고 수업시간은 2주마다 3시간씩(총 21시간)수업하였다. 총 120-150명 학생이 15-18조로 나뉘어 6-8개의 해부학 스테이션을 학습했다. 스테이션 장소는 소그룹 토의실을 사용했다. 수업장소에 학습자원을 비치하지 않고 빈 칠판만 제공하기 때문에 'blank page'라고 불렀다.

수업방법은 학생들이 스테이션에 들어가 튜터가 제시한 특정 해



Figure 2. “Blank page” method [35]. (A) The tutorial room devoid of visual cues represents a metaphorical “blank page.” (B) Students at work in the “blank page” room. (C) Student’s plasticine model of spinal cord in cross section.

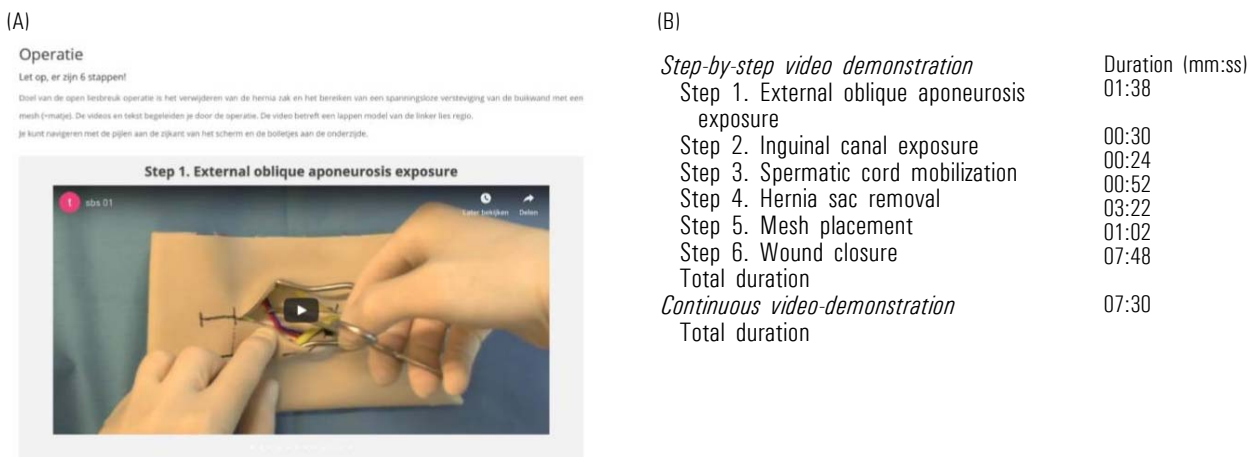


Figure 3. Step-by-step video demonstration (A) and duration video-demonstrations (B). From Nazari et al. J Surg Educ. 2020;77(4):779-87 [16].

부구조를 점토로 만들거나 그림을 그린다. 수업을 시작한 후, 처음 3-5분 동안 학생들은 학습지원을 전혀 받지 않는 상태로 해부학 구조를 재현한다. 이후에는 튜터의 지도와 학습자원을 참고하여 구조물을 완성한다. 한 개의 스테이션당 학습시간은 15-20분이고 학습이 종료되면 다음 스테이션으로 이동한다. 튜터는 학생들에게 정답을 알려주기보다 학생들이 스스로 지식을 기억해낼 수 있도록 도와준다. 평가는 3시간 동안 모든 세션이 종료된 후, 10분 동안 퀴즈시험을 시행했다. 수업장소와 수업장면은 Figure 2와 같다.

평가결과, 퀴즈 형성평가에서 해부학 구조에 대한 복습문제 풀기를 한 학생들보다 'blank page'로 수업한 학생들의 점수가 약간 더 높았다. 만족도 조사결과, 학생들은 이 수업법이 “재미있고, 생각하게 만들었고, 동기부여가 되었다.”라고 대답했다. 학생들은 이 방법이 만족스럽고 권장할 만하다고 평가했다. 결론적으로, 이 방법은 학생들의 메타인지를 촉진하였고 시각적-공간적 사고를 촉진하여 심화학습을 유도했다고 평가됐다. 또한 학생들에게 위협적이지 않고 활용할 만한 가치가 있으며 다중부호(설명과 만들기)를 사용함으로써 심화학습이 가능해서 장기기억에 유리하다고 긍정적으로 평가됐다.

2. 인지부하 감소전략을 적용한 단계적 방식(step-by-step) 술기 동영상 수업

이 수업은 네덜란드 에라스무스 의과대학에서 비정규수업인 외과술기실습에서 시행한 동영상 사전학습방법이다[16]. 학생들은 LOIHR (the Lichtenstein open inguinal hernia repair) 술기실습을 동영상으로 사전학습을 하였다. 이때 술기절차를 설명하는 7분 30초 동영상을 연속적인 하나의 영상으로 제공하지 않고 6단계로 구분하였다(Figure 3). 술기절차에 따라 단계별로 술기를 시연하고 설명하는 ‘단계적 방식(step-by-step)’으로 영상을 제공했다. 시행결과, 이 방법으로 학습한 학생들은 ‘연속 시연한 방법’으로 동영상을 학습한 학생보다 자료제시방법에 따라 발생하는 외재적 인지부하가 낮았다. 그리고 실제 수행평가에서 단계적 방식으로 학습한 학생들이 연속적 방식으로 학습한 학생들보다 수행점수가 높았고 수행오류는 낮았다.

결론

의학교육이 지속적으로 발전하는 과정에서 교육이론은 중요한

역할을 담당해 왔다. 이 중에서 인지주의 학습이론은 인간의 사고과정을 연구한 주요 교육이론 중 하나이다. 이 연구에서는 인지주의 학습이론이 오늘날의 의학교육에 미치는 교육적 함의를 탐색하고 교육현장에 실제적으로 적용할 수 있는 교수전략을 제시하고자 하였다. 또한 인지적 교수전략을 적용한 수업사례를 제시함으로써 이론과 실제 사이의 간극을 좁혀보고자 하였다.

이 연구에서는 의과대학에서 활용할 수 있는 인지적 교수전략과 원리를 세 가지 측면에서 제시하였다. 첫째, 교수자가 인지주의 학습이론을 실제 수업에 쉽게 적용해볼 수 있도록 학습자의 인지처리단계에 따라 교수전략과 구체적인 예시를 제시하였다. 교수자는 이 자료를 활용하여 한두 개의 교수전략을 즉시 수업에 활용할 수 있다. 둘째, 교수자가 보다 체계적으로 수업을 계획하고자 할 때 활용할 수 있도록 인지적 수업설계안을 제시하였다. 이 설계안에는 교수자가 수업에 활용할 수 있는 9가지 수업사상과 예시를 제시하였다. 교수자는 이 수업계획서 틀을 가지고 효과적인 수업을 만들기 위한 교수전략을 세울 수 있다. 셋째, 수업단위보다 더 큰 단위의 교육과정을 설계하고자 할 때 교육과정 개발팀이 고려할 수 있는 인지주의 설계원리를 제시하였다. 예를 들어, 인지적 설계원리에 따라 간단하고 단순한 내용을 먼저 배열하고 어렵고 복잡하고 통합적인 내용을 나중에 배열한다면 적어도 교과목의 배치순서로 인해 생길 수 있는 학습자의 인지부담을 경감시킬 수 있을 것이다.

이 연구에서 제시한 인지주의 교수전략과 원리가 의학교육에 가지는 시사점은 다음과 같다. 첫 번째는 교수법 측면이다. 의과대학 교수가 이 연구결과를 수업과 교육과정 개발에 활용한다면 적어도 비효과적인 교수법이나 교육과정 자체로 인해 생길 수 있는 학습자의 인지부하를 감소시킬 수 있을 것이다. 본 연구자와 동일한 견해로 Lange 등[36]은 비효과적인 교수법이나 불분명한 수업안내로 인해 학생들의 외재적 인지부하가 더 높아진다고 하였다. 다른 연구에서도 교수설계가 효과적으로 제공될 때 학생들은 외재적 인지부하가 최소화되고 지식의 구조화를 구축하는 학습활동에 집중할 수 있다고 하였다[37,38]. 두 번째는 교육의 방향성에 대한 시사점이다. 인지주의는 지식의 전달보다 사고력을 기르기 위한 교육을 지향한다는 점에서 의과대학의 교육목표와 방향성이 같다. 이러한 점에서 인지주의 학습이론은 의과대학에서 지속적으로 연구하고 활용해야 할 중요한 교육이론 중 하나라고 평가할 수 있겠다. 이와 유사한 의견으로, Papa와 Harasym [39]도 의학교육의 패러다임 관점에서 볼 때 인지주의 학습이론은 의과대학에서 유용성이 높다고 평가했다. 그는 앞으로 인지과학 기반 접근(cognitive-science based approach) 교육과정이 개발되어 기존 교육과정에서 충족해주지 못했던 점을 보충해 줄 수 있을 것이라고 전망했다. 그는 현재의 지식 중심 교육이 인지과학 기반 교육과정의 개발로 인해 고차사고력 중심 교육으로 전환될 것이라고 기대했다.

이 연구의 한계점은 이 연구에서 인지적 교수전략을 수업내용에

상관없이 모든 수업에 적용할 수 있도록 수업진행과정에 따라 교수전략을 제시하였기 때문에 수업내용에 따른 인지적 수업모형은 제시하지는 않았다는 점이다. 예를 들어, 개념학습을 위한 유의미학습모형이나 문제해결학습을 위한 문제 중심 학습모형과 같이 내용이나 목적에 따른 개별인지수업모형을 다루지 않았다. 개별수업모형을 제시하는 것보다 인지주의 학습관에 기반한 교수전략을 제시하는 것이 실제 수업에 인지주의를 적용하기가 더 쉽고 유용하다고 판단했기 때문이다. 향후 연구에서는 수업내용 특성을 기준으로 개별수업모형을 제시한다면 특정교과나 수업내용에서 유의미학습이나 문제 중심 학습 등과 같이 특정 수업법을 적용하고자 하는 교수자에게 도움이 될 것이다. 그리고 인지주의 수업전략을 의과대학 수업에 실제로 적용한 보고사례를 찾아보기 어려웠기 때문에 이 연구에서 제시한 모든 인지전략의 예시를 소개하지 못하였다. 따라서 향후 연구에서는 이 연구에서 제시한 7가지 교수전략을 각 교수전략별로 기초의학, 임상의학, 인문사회의학, 술기수업에서 실제로 적용해 본다면 각 인지전략을 수업에 적용해 보고자 하는 교수자에게 좋은 예시가 될 것이다. 종합적으로 볼 때 인지주의 학습이론은 과거의 학습이론이 아니라 현재 그리고 미래에서도 의학교육에서 활용성이 높은 교수이론이라고 평가된다.

저자 기여

여상희: 자료수집, 원고작성, 전반적인 논문작성 활동 수행

REFERENCES

1. Friedman CP, Donaldson KM, Vantsevich AV. Educating medical students in the era of ubiquitous information. *Med Teach*. 2016;38(5):504-9.
2. Walsh K. *Oxford textbook of medical education*. Oxford: Oxford University Press; 2013. 746 p.
3. Mann KV. Theoretical perspectives in medical education: past experience and future possibilities. *Med Educ*. 2011;45(1):60-8.
4. Qiao YQ, Shen J, Liang X, Ding S, Chen FY, Shao L, et al. Using cognitive theory to facilitate medical education. *BMC Med Educ*. 2014;14:79.
5. Park CH, Ahn SW, Kim MS, Lee TY, Ghoi KG, Cho KS, et al. *Cognitive learning psychology*. Seoul: Sigma Press; 2014. 379 p.
6. Khalil MK, Paas F, Johnson TE, Payer AF. Interactive and dynamic visualizations in teaching and learning of anatomy: a cognitive load perspective. *Anat Rec B New Anat*. 2005;286(1):8-14.
7. Kwon NW, Kim DY. Cognitive learning theory. In: Kwon NW, Kim DY, editors. *Understanding of teaching-learning theory*. Seoul: Muncumsa; 2006. p. 53-125.
8. Atkinson RC, Shiffrin RM. Human memory: a proposed system and its control processes. In: Spence KW, Spence JT, editors. *Psychology of learning and motivation: advances in research and theory*. New York

- (NY): Academic Press; 1968. p. 90-197.
9. Sweller J. Cognitive load during problem solving: effects on learning. *Cogn Sci.* 1988;12(2):257-85.
 10. Sweller J. Cognitive technology: some procedures for facilitating learning and problem solving in mathematics and science. *J Educ Psychol.* 1989;81(4):457.
 11. Bartlett FC. Remembering: a study in experimental and social psychology. Cambridge: Cambridge University Press; 1932. 317 p.
 12. Olson MH, Hergenhahn BR. An introduction to theories of learning: learning psychology understanding human thinking, emotions, and behavior. 9th ed. Seoul National University Learning Creativity Center, translator. Seoul: Hakjisa; 2015. 574 p.
 13. Byun YG. Understanding of teaching-learning theory. Seoul: Hakjisa; 1999. 455 p.
 14. Park SH, Yeom MS. Teaching-learning and educational technology. Seoul: Hakjisa; 2009. 397 p.
 15. Repovs G, Baddeley A. The multi-component model of working memory: explorations in experimental cognitive psychology. *Neuroscience.* 2006;139(1):5-21.
 16. Nazari T, van de Graaf FW, Dankbaar ME, Lange JF, van Merriënboer JJ, Wiggers T. One step at a time: step by step versus continuous video-based learning to prepare medical students for performing surgical procedures. *J Surg Educ.* 2020;77(4):779-87.
 17. Sun NZ, Anand PA, Snell L. Optimizing the design of high-fidelity simulation-based training activities using cognitive load theory: lessons learned from a real-life experience. *J Simul.* 2017;11(2):151-8.
 18. Leppink J, van den Heuvel A. The evolution of cognitive load theory and its application to medical education. *Perspect Med Educ.* 2015;4(3):119-27.
 19. Van Merriënboer JJ, Sweller J. Cognitive load theory in health professional education: design principles and strategies. *Med Educ.* 2010;44(1):85-93.
 20. Young JQ, van Merriënboer J, Durning S, Ten Cate O. Cognitive load theory: implications for medical education: AMEE guide no. 86. *Med Teach.* 2014;36(5):371-84.
 21. Miller GA. The magical number seven plus or minus two: some limits on our capacity for processing information. *Psychol Rev.* 1956;63(2): 81-97.
 22. Bonner J. Implications of cognitive theory for instructional design: revisited. *ECTJ.* 1988;36(1):3-14.
 23. Jordan A, Carlile O, Stack A. Approaches to learning: a guide for teachers: a guide for educators. Maidenhead: McGraw-Hill Education; 2008. 296 p.
 24. Patel VL, Yoskowitz NA, Arocha JF, Shortliffe EH. Cognitive and learning sciences in biomedical and health instructional design: a review with lessons for biomedical informatics education. *J Biomed Inform.* 2009;42(1):176-97.
 25. Pashler H, Bain PM, Bottge BA, Graesser A, Koedinger K, McDaniel M, et al. Organizing instruction and study to improve student learning: IES practice guide. Washington (DC): National Center for Education Research; 2007. 62 p.
 26. McSparron JI, Vanka A, Smith CC. Cognitive learning theory for clinical teaching. *Clin Teach.* 2019;16(2):96-100.
 27. Kahneman D. Attention and effort. Englewood Cliffs (NJ): Prentice-Hall; 1973. 246 p.
 28. Hong WH, Vadivelu J, Daniel EG, Sim JH. Thinking about thinking: changes in first-year medical students' metacognition and its relation to performance. *Med Educ Online.* 2015;20:27561.
 29. Karpicke JD. Retrieval-based learning: active retrieval promotes meaningful learning. *Curr Dir Psychol Sci.* 2012;21(3):157-63.
 30. Gagne RM. The conditions of learning and theory of instruction. New York (NY): Holt, Rinehart and Winston; 1985. 361 p.
 31. Badyal DK, Singh T. Learning theories: the basics to learn in medical education. *Int J Appl Basic Med Res.* 2017;7(Suppl 1):S1-3.
 32. Peterson AD; Department of Education, University of Oxford. Arts and science sides in the sixth form: a report to the Gulbenkian Foundation. Oxford: Department of Education, Oxford University; 1960.
 33. Lee HW. Theory of cognitive learning. Seoul: Gyoyuk-guahaksa; 2015. 522 p.
 34. Leppink J, Duvivier R. Twelve tips for medical curriculum design from a cognitive load theory perspective. *Med Teach.* 2016;38(7):669-74.
 35. Naug HL, Colson NJ, Donner D. Experiential learning, spatial visualization and metacognition: an exercise with the "blank page" technique for learning anatomy. *Health Prof Educ.* 2016;2(1):51-7.
 36. Lange C, Costley J, Han SL. The effects of extraneous load on the relationship between self-regulated effort and germane load within an e-learning environment. *Int Rev Res Open Distrib Learn.* 2017;18(5): 64-83.
 37. Sweller J, Chandler P. Why some material is difficult to learn. *Cogn Instr.* 1994;12(3):185-233.
 38. Sweller J, van Merriënboer JJ, Paas FG. Cognitive architecture and instructional design. *Educ Psychol Rev.* 1998;10(3):251-96.
 39. Papa FJ, Harasym PH. Medical curriculum reform in North America, 1765 to the present: a cognitive science perspective. *Acad Med.* 1999; 74(2):154-64.