

과학과 교육과정에서 자극과 반응 단원의 개념 연계성 분석

김현섭 (공주대학교 교수)*

요약

본 연구는 과학과 교육과정에 따라 출판된 초등학교 과학6, 중학교 과학3 및 고등학교 생명과학 I 교과서에 포함된 자극과 반응 단원의 학습개념이 교육과정에서 요구하는 수직적 연계성을 잘 반영하고 있는지 알아보기 위하여 수행되었다. 분석 대상은 초등학교 과학6 교과서와 중학교 과학3과 고등학교 생명과학 I 교과서가 모두 출판된 4종 교과서이다. 본 연구에서는 교육과정에서 제시하고 있는 자극과 반응 관련 학교급별 내용체계에 따라 4개의 중단원으로 구분하여 분석하였다. 연계성 분석은 공통개념을 중심으로 4개의 연계성 범주인 반복, 발전, 격차, 축소로 구분하여 분석하였으며, 그 결과는 다음과 같았다. 초등 과학6 과목에서 제시된 자극과 반응 관련 개념은 전체 8개였으며, 중학교 과학 3 과목에서는 86개, 고등학교 생명과학 I 과목에서는 전체 162개의 공통개념이 제시되어 있었다. 연계성 분석 결과, 초중 과목간의 직접적으로 연계된 3개 단원의 개념은 전체적으로 반복 10%, 발전 65%, 격차 25%로 학습의 계속성과 계열성 측면에서 상대적으로 반복은 적고 격차는 높은 편이었으며, 발전 개념도 다수 증가하였다. 특히 감각기관 단원은 발전과 격차의 개념이 급격히 증가하여 연계성이 부족하였다. 자극의 전달 단원은 적절하게 연계되어 있었으나 신경계 단원은 발전 개념이 다수 증가하여 이에 대한 보완이 필요하였다. 중고 과목간의 직접 연계된 3개 단원의 개념은 반복 27%, 발전 54%, 격차 19%로 학습의 계속성과 계열성 측면에서 적절하게 연계되어 있었다. 중단원별로는 신경계와 항상성 단원은 적절하게 연계되어 있었으나 자극의 전달 단원은 발전보다 격차의 비율이 높게 나타나 이에 대한 보완이 필요하였다.

주제어 : 초등과학6, 중학교과학3, 생명과학 I, 자극과 반응, 연계성

* 제1저자 및 교신저자, hskim@kongju.ac.kr

I. 서 론

현재, 우리나라의 초·중등학교에서 시행되고 있는 2015 개정 교육과정에서는 미래 사회가 요구하는 창의융합형 인재를 양성하고 학습 경험의 질 개선을 통하여 행복한 학습을 구현하는 것을 비전으로 제시하고 있다. 창의융합형 인재 양성의 비전을 구현하기 위해 인문·사회·과학기술 기초 소양을 균형 있게 함양하기 위한 공통과목을 신설하고, 적성과 진로에 따른 선택학습을 강화하였다. 그리고 행복한 학습을 위한 학습 경험의 질 개선의 비전을 구현하기 위해 학습의 양과 결과보다 학습의 질과 과정을 중시하는 교육, 학습의 즐거움을 일깨워 주는 교육, 미래 사회가 요구하는 핵심 소양과 역량을 길러주는 교육, 자기 성장과 발전에 따른 행복감 증진 교육 등을 강조하고 있다(교육부, 2015a).

특히, 학습 경험의 질 개선을 위한 교육과정 개정은 각 교과 교육과정을 자기주도적 학습과정을 통하여 학습의 즐거움을 경험할 수 있도록 개선하는 방향으로 구체화되어 추진되었다. 이를 위한 구체적인 교과 교육과정 개정 과제로 교과별 학습내용을 핵심개념 중심으로 구조화하여 의미 있는 학습 경험을 가능하게 하고 분절적 단편 지식 중심의 교육과정에 의해 야기되는 학습량 과다의 문제를 근본적이고 실질적으로 개선하도록 하였다. 또한 학습내용 요소들의 상호 관련성을 이해할 수 있도록 학습내용 조직 방식을 개선하고, 특히 세부 학습 영역을 아우르는 큰 그림에 대한 이해가 가능하도록 교과 내·교과 간 학습내용의 연계성을 강조하였다(교육부, 2017). 이러한 핵심개념 중심의 재구조화 개정 방향은 교육과정이 개정될 때마다 문제점으로 제기되어온 학습내용의 과다와 통합성 및 연계성 부족을 보완하기 위한 하나의 방안이라고 할 수 있다(방답이 외, 2013; 이상은, 2013; 이윤하 외, 2014)). 즉, 학습 경험의 질 개선을 통한 유의미 학습이 가능하도록 교육내용의 적정화를 통해 학습자들의 학습 부담을 줄이면서 학습내용의 연계성을 통해 의미 있는 학습이 이루어지도록 교과 교육과정을 개선하고자 한 것이다. 이를 위해 각 교과 내 영역별로 소수의 핵심 개념을 선정한 다음 이를 중심으로 학습내용을 재구조화하여 학습량을 적정화하고 학습 경험의 질을 높이하고자 하였으며, 교과 내 영역 간, 교과 간 학습내용의 연계성을 드러내어 창의융합형 인재 양성을 위한 융합적 사고 계발을 가능하게 하였다(임유나, 장소영, 2015). 그럼으로 교육과정에 따라 제시된 초중고 학교급간에 연계된 학습내용에 대한 관련 개념 수를 알아보고, 학습의 위계적 측면에서 이들 개념간의 연계성을 분석하는 일은 학습내용 축소를 통한 교육내용 적정화 및 효과적인 유의미 학습 가능성을 높이하고자 한 교육과정의 개정 방향이 실질적으로 현장 교육에서 구현되고 있는지를 알 수 있기 때문에 매우 중요하다.

2015 개정 교육과정은 초등학교와 중학교는 공통 교육과정, 고등학교는 선택 중심 교육과정으로 편제되었다. 과학과 교육과정에서 공통 교육과정은 초등학교 3-4 및 5-6학년군과 중학교 1-3학년군이며, 초등학교 과학교과는 각 학년별 1,2로, 중학교 1-3학년군은 과학1, 과학2, 과학3으로 구성되어 있다. 선택 중심 교육과정은 고등학교 1학년의 공통교과인 통합과학과 과학탐구실험이 있으며, 생명과학의 경우, 고등학교 2,3학년의 일반선택교과인 생명과학 I, 진로선택교과인 생명과학Ⅱ가 있다(교육부, 2015b).

특히, 생명과학 I 과목은 인체를 중심으로 나타나는 생명 현상에 대한 이해를 통해 일상생활에서 나

타나는 의문점을 해결할 수 있도록 생명과학의 기초 소양을 기르는 과목이며, 초등학교 및 중학교 과학, 통합과학에 포함된 생명과학 개념과 긴밀한 연계를 가지도록 구성되었다(교육부, 2015b). 그리고 생명과학 과목에서 다루는 학습내용은 대체로 개념사이의 위계성이 뚜렷하기 때문에 학습내용의 적절한 연계는 매우 중요하다. 이러한 학습내용의 연계는 수평적, 수직적으로 관련시키는 것을 의미하는데, 수평적 연계성은 교과 및 영역 간의 학습내용을 관련시키는 것으로 주로 동일 학년(군)에서 학습하는 다양한 교과 간의 상호 관련성을 의미하며, 수직적 연계성은 주로 동일 교과(영역)의 학습내용을 다른 학년(군)이나 학교급간에 상호 관련시키는 것을 말한다. 특히, 수직적 연계성은 학습내용을 학교급간에 반복하여 관련시키는 계속성과 위계적으로 관련시키는 계열성을 의미하는 것으로, 교육과정 개발 과정에서 중요하게 고려되는 사항이다(이효녕, 여채영, 2015).

그리고 구성주의적 측면에서 볼 때, 학습 과정은 기존의 지식을 바탕으로 환경과의 상호작용을 통하여 능동적으로 새로운 지식을 구성하게 됨으로 선수학습 내용이 새로운 후속학습에 중요한 영향을 미치게 된다(조희형, 최경희, 2002). 특히, 과학 교과는 학습내용의 위계가 강하기 때문에 교육과정에서 제시하고 있는 핵심 개념과 내용체계에 따라 초중고 학교급별로 반복되는 계속성과 함께 학습내용이 좀 더 발전적으로 심화되는 계열성을 갖도록 구성되어야 한다(이승미 외, 2018). 즉, 과학 학습내용이 효과적인 유의미 학습이 이루어지기 위해서는 상위 학년에서 새롭게 학습하는 후속학습 내용이 하위 학년에서 습득한 선수학습 내용과 적절하게 수직적으로 연계되는 것이 매우 중요하다(신영준, 2004; 주형미 외, 2020).

그동안 생명과학 영역의 학습 개념을 중심으로 수직적 연계성을 분석하는 연구는 교육과정 개정에 따라 새롭게 교과서가 편찬될 때마다 지속적으로 이루어져왔다. 특히, 자극과 반응 단원은 인체를 중심으로 중요한 생리적 기작을 이해할 수 있는 학습 주제이기 때문에 많은 개념들을 학습하게 되며, 추상적인 개념들도 다수 포함되어 있어 과학과 교육과정이 개정될 때마다 초중고 모든 학교급에서 과학 및 생명과학 과목에서 주요 단원으로 연계되어 다루어지고 있다. 이에 따라 교육과정이 개정될 때마다 새롭게 출판된 교과서를 대상으로 자극과 반응 단원에 대한 학교급간의 연계성에 대한 분석 연구가 이루어졌다. 신진범(2003)과 심규철 외(2004)는 제 7차 국민공통기본교육과정 생명영역에서 자극과 반응 단원의 학습내용 및 개념의 수직적 연계성 분석을 통하여 교과서에 제시된 개념들이 초등학교에서 중학교로 올라감에 따라 그 수가 급격히 증가하였고, 중고등학교의 경우는 학생들의 인지 수준이 충분히 고려되지 않은 상태로 많은 개념들이 제시되어 이에 대한 개선이 필요함을 지적하였다. 박선헌(2013)는 2007과 2009 개정 과학과 교육과정에 따른 중고등학교 자극과 반응 단원의 수직적 연계성을 분석하여 자극의 전달에서 흥분전도와 전달 개념의 격차 비율이 높아 연계성이 부족한 부분과 생명과학 I에서 처음 제시된 골격근 구조와 근 수축에 대한 활주설 관련 개념들이 대부분 격차 개념이어서 연계성이 부족한 부분에 대한 개선의 필요성을 제언하였다. 서경희, 김영신(2020)은 언어 네트워크 분석을 활용하여 제7차, 2009 개정 및 2015 개정 교육과정 개정에 따라 편찬된 교과서의 자극과 반응 단원의 본문에 제시된 개념만을 대상으로 각각의 교육과정과 교과서(각각 2개 출판사의 2종 교과서 대상)의 연계성 변화에 초점을 맞추어 분석하여 교육과정의 성취기준과 교과서의 개념 연계가 잘 이루어지고, 초중고 학습내용의 전체적인 연계도 비교적 잘 되어있음을 제시한 바 있다. 그러나 2015 개정 과학과 교육과정에 따라 편찬된 초중고 교과서를 대상으로 자극과 반응 단원의 전체 내용에 대한 개념

을 추출하여 학교급간의 연계성에 초점을 맞추어 보편적으로 많이 활용하는 수직적 연계성 분석틀(송순희 외, 1991)에 따라 초중고 학교급별로 직접 연계된 중단원별로 구체적으로 분석한 연구는 없는 상태이다.

따라서 본 연구에서는 2015 개정 과학과 교육과정의 초중고 과학 및 생명과학 교과서(중고 모두 출판한 4개 출판사의 4종 교과서)의 자극과 반응 단위 전반에서 제시하고 있는 학습개념에 대한 수직적 연계성을 분석틀에 따라 분석하여 학교급별 교과서 내용이 교육과정에서 요구하는 학습의 계속성과 계열성을 잘 반영하고 있는지를 중단원별로 자세히 알아봄으로써 교육과정 개정 및 교과서 개발 시 바람직한 개정 방향을 제안하고자 하였다.

II. 연구 내용 및 방법

1. 분석 교과서

본 연구에서는 현재 초중고 일선 학교에서 사용하고 있는 과학 및 생명과학 교과서를 대상으로 자극과 반응 단원을 분석하였는데, 초등학교의 경우는 자극과 반응 학습내용이 포함된 과학6-2, 중학교의 경우는 과학3, 고등학교의 경우는 생명과학 I 교과서이다. 중고 교과서의 경우는 연계성 분석을 위한 객관적 타당성을 확보하기 위하여 중학교 과학3과 고등학교 생명과학 I 교과서를 모두 출판한 4개 출판사의 4종 교과서를 선택하였다(표 1).

〈표 1〉 분석 대상의 4종 중학교 과학3 및 고등학교 생명과학 I 교과서

출판사	교과서	동아	미래엔	비상교육	천재교육
중학교 과학3		김호련외 12인 (2019)	김성진외 15인 (2019)	임태훈외 11인 (2019)	노태희외 12인 (2019)
고등학교 생명과학 I		김윤택외 4인 (2017)	오현선 외 5인 (2017)	심규철외 5인 (2017)	이준규외 5인 (2017)

본 연구에서는 〈표 2〉에서 보는 바와 같이 과학과 교육과정의 [생명과학] 분야에 대한 학교급별 내용체계(교육부, 2015b)에서 제시하고 있는 자극과 반응 관련 내용요소에 따라 감각 기관, 자극의 전달, 신경계, 항상성 유지 등 4개의 중단원으로 구분하여 분석하였다. 자극과 반응 단원의 4개 중단원 중 초등학교와 중학교에서 직접적으로 연계된 것은 3개(감각 기관, 자극의 전달, 신경계)였으며, 중학교와 고등학교에서 직접적으로 연계된 것도 3개(자극의 전달, 신경계, 항상성 유지)였다(표 3).

〈표 2〉 과학과 교육과정의 [생명과학] 분야에서 자극과 반응 관련 학교급별 내용체계

영역	핵심 개념	일반화된 지식	내용요소		
			초등학교 5~6학년	중학교 1~3학년	고등학교 생명과학 I
항상성과 몸의 조절	자극과 반응	감각기관과 신경계의 작용으로 다양한 자극에 반응한다.	<ul style="list-style-type: none"> • 감각 기관의 종류와 역할 • 자극 전달 과정 	<ul style="list-style-type: none"> • 눈, 귀, 코, 혀의 구조와 기능 • 피부 감각과 감각점 • 뉴런과 신경계의 구조와 기능 • 중추 신경계와 말초 신경계 • 자극에서 반응하기까지의 경로 	<ul style="list-style-type: none"> • 뉴런의 종류 • 활동 전위 • 흥분의 전도와 전달 • 시냅스 • 중추 신경계와 말초 신경계
		내분비계와 신경계의 작용으로 항상성을 유지한다.		<ul style="list-style-type: none"> • 자극에 대한 반응에 관여하는 호르몬의 역할 	<ul style="list-style-type: none"> • 항상성 • 내분비계와 호르몬의 특성 • 신경계 질환 • 호르몬 질환

〈표 3〉 자극과 반응 단원의 학교급별 직접 연계 중단원

단원	초등학교 과학6-2	중학교 과학3	고등학교 생명과학 I
자극과 반응	<ul style="list-style-type: none"> • 감각 기관 • 자극의 전달 • 신경계 	<ul style="list-style-type: none"> • 감각 기관 • 자극의 전달 • 신경계 • 항상성 유지 	<ul style="list-style-type: none"> • 자극의 전달 • 신경계 • 항상성 유지

2. 연구 방법

가. 개념 수 조사

본 연구에서는 개념 수 조사를 위해 자극과 반응 관련 내용이 포함된 초등학교 과학6-2 국정 교과서와 선택한 4종의 중학교 과학3 및 고등학교 생명과학 I 검인정 교과서 별로 자극과 반응 단원에 대해 본문과 보조단 내용, 탐구 및 읽을거리 자료, 삽화 및 사진, 도표 및 평가문항 등 단원 내 모든 부분에 포함된 자극과 반응 관련 개념을 추출하였다. 추출한 개념들을 재구성한 4개의 중단원 별로 분류한 다음, 중학 과학3과 생명과학 I 교과에서는 통합개념 수와 공통개념 수를 조사하였다. 통합개념 수는 분석한 4종 출판사에서 제시하고 있는 모든 개념들을 합한 것이며, 공통개념 수는 통합개념들 중 과반수인 2종 이상의 출판사에서 공통적으로 다루고 있는 것이다. 개념의 연계성 분석 결과에 대한 객관적 타당성을 높이기 위하여 공통개념이 이용되었다.

나. 연계성 분석틀

자극과 반응 단원에 대한 개념의 수직적 연계성 분석을 위하여 송순희 외(1991)와 천광호(2012), 우현주, 차희영(2013)이 제시한 분석틀을 이용하다. 이것은 <표 4>와 같이 학습개념을 4 종류의 내용 표현 방법과 4 단계의 내용 수준으로 분류하고 이 두 분류 요소의 각각을 조합한 총 13가지의 연계성 요소를 <표 5>와 같이 반복, 발전, 격차, 축소 4개 범주로 구분한 것이다. 이렇게 구성된 연계성 분석틀의 4개 범주와 각 범주에 해당하는 분류 요소들과 의미를 정리하면 <표 6>과 같다.

<표 4> 연계성 분석을 위한 학습 개념의 분류 요소

분류 요소	표현 방법 및 수준
내용 표현 방법	1. 단순 반복 2. 제시 방향이나 관점 변화(다른 표현 방법) 3. 2에서 발전하여 일반화된 개념형성 가능(보편적 또는 전문적으로 확대) 4. 개념 설명이 줄어들거나 개념이 빠짐
내용 수준	a. 전 단계와 동일한 수준 b. 전 단계의 도움을 받아 즉시 발전 가능한 수준 c. 전 단계의 도움을 받아 충분한 설명이 있다면 이해가 가능한 수준 d. 전 단계의 도움을 받아도 다른 선수 개념이 없으면 이해가 불가능한 수준

<표 5> 연계성 범주의 내용 및 분류 요소

연계성 범주	내용	분류 요소
반복	이전 단계에서 사용되었던 개념 및 내용이 구체화되거나 확대 되지 못하고 예전 수준	1a, 2a
발전	이전 단계에서 사용되었던 개념 및 내용이 구체화되었거나 확대됨	1b, 2b, 3a, 3b, 3c
격차	이전 단계에서 사용되지 않았거나 매우 심화되어 초기 개념을 인지하지 못하면 이해 불가능	1c, 1d, 2c, 2d, 3d
축소	이전 단계에서 사용되었던 개념이나 내용이 줄어들거나 빠짐	4

<표 6> 연계성 분석틀

연계성 범주	분류 요소	분류 요소의 의미
반복	1a	내용의 표현 방법이 단순 반복이며, 내용의 수준도 전 단계와 비슷함.
	2a	내용의 표현이 약간 다른 방법으로 제시되어 제시방향이나 관점의 변화는 있으나 내용의 수준은 전 단계와 동일함(단순한 열거).
발전	1b	내용의 표현 방법이 단순 반복이나 내용의 수준이 전 단계의 도움을 받아 곧바로 발전 가능함.
	2b	내용의 표현이 약간 다른 방법으로 제시되어 제시방향이나 관점의 변화가 있으며 내용의 수준도 전 단계의 도움을 받아 곧바로 발전 가능함.
	3a	내용의 표현 방법이 2의 변화에서 발전하여 일반화된 개념 형성이 가능하고 내용의 수준은 전 단계와 동일함.

연계성 범주	분류 요소	분류 요소의 의미
격차	3b	내용의 표현 방법이 2의 변화에서 발전하여 일반화된 개념 형성이 가능하고 내용의 수준도 전 단계의 도움을 받아 곧바로 발전 가능함.
	3c	내용의 표현 방법이 2의 변화에서 발전하여 일반화된 개념 형성이 충분히 가능하고 내용의 수준도 전 단계의 도움을 받아 충분한 설명이 있다면 이해가 가능함.
	1c	내용의 표현 방법이 단순 반복이나 내용의 수준은 전 단계의 도움을 받아 충분한 설명이 있어야 이해가 가능함
	1d	내용의 표현 방법이 단순 반복이나 내용의 수준은 전 단계의 도움을 받아도 다른 선수 개념이 없는 이해가 불가능함.
	2c	내용의 표현이 약간 다른 방법으로 제시되어 제시방향이나 관점의 변화가 있으나 내용의 수준이 전 단계의 도움을 받아 충분한 설명이 있어야 이해가 가능함
	2d	내용의 표현이 약간 다른 방법으로 제시되어 제시방향이나 관점의 변화가 있으나 내용의 수준이 전 단계의 도움을 받아도 다른 선수 개념이 없는 이해가 불가능함.
축소	3d	내용의 표현 방법이 2의 변화에서 발전하여 일반화된 개념 형성이 가능하나 내용의 수준이 전 단계의 도움을 받아도 다른 선수 개념이 없는 이해가 불가능함.
	4	이전 단계에서 사용되었던 개념이나 내용이 줄어들거나 삭제됨.

다. 연계성 분석

개념의 연계성 분석을 위하여 초등과학6-2 교과서에서 추출한 개념과 중학 과학3 및 생명과학 I의 교과서에서 추출한 공통개념을 대상으로 중단원별로 분석을 실시하였다. 각 개념에 대한 연계성 범주와 분류 요소를 좀 더 합리적이고 객관적으로 타당성 있게 결정하기 위하여 교육대학원에 재학 중인 중학교 과학(생물) 교사 2명과 고등학교 생명과학 교사 2명 등 총 4명의 중등 생물교사들과 충분한 협의 과정을 거쳐 적합한 연계성 범주와 분류 요소를 확정하였다.

본 연구에서 개념 분류 시 사용한 연계성 범주 기준을 좀 더 구체적으로 살펴보고, 각각의 예시를 제시해 보면 다음과 같다.

반복으로 분류한 경우는 하위 학년의 선수학습에서 학습한 개념에 비해 심화 확대 되지 않고 동일한 수준에서 반복된 형태로 제시된 개념을 의미하며, 학습의 계속성에 초점이 맞추어져 있다. 예를 들어 과학3과 생명과학 I에서 제시하고 있는 자극의 전달 단위의 개념 중에서 뉴런의 구조인 신경세포체, 축삭돌기, 가지돌기 등은 과학3에서 학습한 것을 반복하여 제시하고 있는 단순 반복 개념(1a)이며, 과학3에서 학습한 반응기관은 반응기로 표현을 달리하여 동일한 수준에서 제시하고 있는 반복 개념(2a)이다.

발전으로 분류한 경우는 하위 학년의 선수학습에서 학습한 개념과 반복적 연계를 유지하면서 심화 확대되어 제시된 개념을 의미하며, 학습의 계속성 보다는 계열성에 초점이 맞추어져 있다. 예를 들어 과학3과 생명과학 I에서 제시하고 있는 뉴런의 구조에서 축삭돌기 구조 관련 개념으로 말미집 신경과 민말이집 신경 개념은 내용 표현이 다르면서 내용 수준도 심화된 발전 개념(2b)이며, 슈반세포와 랑비에 결절 개념은 내용 표현과 수준이 좀 더 전문적으로 심화되고 확대된 발전 개념(3b)이다.

격차로 분류한 경우는 하위 학년의 선수학습에서 학습하지 않은 새롭게 제시된 개념이면서 이해하는데 어려움이 따르는 개념을 의미하며, 학습의 계속성이 결여되면서 계열성을 강조한 경우이다. 예를 들면 생명과학 I 에서 새롭게 제시된 흥분 전도와 전달 관련 개념인 Na^+ - K^+ 펌프와 도약전도 등은 내용 표현이 다르면서 충분한 설명이 있어야 이해가 가능한 격차 개념(2c)이며, 막전위 관련 개념인 휴지전위와 활동전위 등은 내용 표현이 다르면서 내용 수준이 다른 선수 개념이 없이는 이해하기 어려운 격차 개념(2d)이다.

III. 결과 및 논의

1. 교과 및 중단원별 개념 수

본 연구에서는 과학과 교육과정에서 자극과 반응 관련 단원이 포함된 초등학교 과학6-2, 중학교 과학3, 고등학교 생명과학 I 과목을 대상으로 자극과 반응 관련 개념을 각 교과 및 중단원별로 분석하였다. 초중등의 과목별, 중단원별 개념 수와 중고의 통합개념 수 및 공통개념의 수는 <표 7>과 같다. 초등 과학에서는 총 8개의 개념이 제시되었으며, 중단원별로는 감각기관 1개, 자극의 전달 5개, 신경계 2개로 나타났다(<표 8>). 초등학교의 자극과 반응 단원은 자극의 전달에 중점을 두어 학습하도록 하고 있는 것을 알 수 있다. 중학 과학에서는 총 95개의 통합개념과 86개의 공통개념이 제시되어 특정 교과서에 서만 제시된 총 개념 수는 9개로 출판사에 따라 큰 차이는 없으며, 특히 자극의 전달과 신경계 단원은 출판사 별로 거의 차이가 없었다. 중단원별로 공통개념 수를 살펴보면, 감각기관 37개, 자극의 전달 10개, 신경계 16개, 항상성 유지 23개였다(<표 9>). 공통개념을 중심으로 초등에서 중학교로의 자극과 반응 관련 개념 수를 비교해 보면 8→86개로 10배 이상 증가하였으며, 개념의 심화 정도도 매우 높았다. 중학교에서의 자극과 반응 단원은 감각기관의 구조와 기능과 관련된 새로운 개념이 집중적으로 제시되어 있었으며, 신경계의 구조와 기능 및 호르몬에 의한 항상성 유지 관련 개념은 대부분 새롭게 제시되었다. 고등학교 생명과학 I 과목의 경우는 총 214개의 통합개념과 162개의 공통개념이 제시되어 특정 교과서에서만 제시된 총 개념 수는 52개로 출판사에 따라 차이가 있었는데, 이것은 교과서 선택에 따라 학습하는 개념에 차이가 있을 수 있다는 것을 의미한다. 특히, 자극의 전달(18개)과 항상성 유지(22) 단원은 출판사에 따라 제시된 개념 수에 차이가 심하였다. 중단원별로 공통개념 수를 살펴보면, 감각기관 1개, 자극의 전달 58개, 신경계 48개, 항상성 유지 55개였다(<표 10>). 공통개념을 중심으로 중학교에서 고등학교로의 자극과 반응 관련 개념 수를 비교해 보면 86→162개로 두 배 가까이 증가하였다. 중단원별로 비교해보면, 감각기관(37→1)을 제외하고 자극의 전달(10→58), 신경계(16→48), 항상성 유지(23→55) 단원에서 개념 수가 크게 증가하였다. 고등학교에서의 자극과 반응 단원은 자극의 전달과 관련된 새로운 개념이 흥분의 전도와 전달 및 근수축 내용이 추가되면서 가장 많이 증가하였으며, 신경계는 중추신경계와 말초신경계 모두 새롭게 심화된 개념들이 많이 제시되어 있었고 항상

성 유지 관련 개념도 다양한 예시를 추가하여 심화된 개념이 많이 제시되어 있었다. 그러나 감각기관은 생명과학 I 교육과정에 포함되어 있지 않아 대부분의 교과서에서 감각기관 대신 감각기로 제시한 하나의 개념을 제외하고는 모두 언급되지 않았다. 전체적으로 자극과 반응 관련 개념 수는 교육과정이 개정될 때마다 학습내용 축소를 통한 교육내용 적정화 노력으로 개념 수가 줄어든 것으로 나타나 있다(박선훈, 2013; 서경희, 김영신, 2020). 그러나 특정 단원의 개념들이 특정 학교급에 집중되어 제시되는 문제점은 개선되지 않고 있었다.

〈표 7〉 과목별, 소단원별 통합개념 및 공통개념 수

단원	과목	초등과학 6-2	중학교과학3		생명과학 I	
			통합개념*	공통개념**	통합개념*	공통개념**
감각 기관		1	40	37	1	1
자극의 전달		5	10	10	76	58
신경계		2	17	16	60	48
항상성 유지		-	28	23	77	55
합계		8	95	86	214	162

*중복된 것은 1회만 기재, **2종 이상 기재된 개념

〈표 8〉 초등 과학6-2 과목의 자극과 반응 관련 단원에 대한 개념 분석

단원	학습 개념
감각 기관(1)	감각기관(눈, 귀, 코, 혀, 피부)
자극의 전달(5)	자극, 반응, 자극전달 신경계, 명령전달 신경계, 운동기관
신경계(2)	신경계, 행동결정 신경계,

〈표 9〉 중학교 과학3 과목의 자극과 반응 관련 단원에 대한 개념 분석

단원	학습 개념(교과서 종수)
감각기관(37)	감각기관(눈, 귀, 코, 혀, 피부)(4), 시각(4), 홍채(4), 각막(4), 수정체(4), 유리체(4), 섬모체(2), 망막(4), 시각세포(4), 시각신경(3), 공막(2), 동공(2), 맹점(4), 청각(4), 귓바퀴(4), 귓속뼈(4), 달팽이관(4), 외이도(3), 고막(4), 청각세포(4), 청각신경(4), 반고리관(3), 귀인두관(2), 전정기관(4), 평형감각(4), 평형감각신경(2), 후각(4), 후각상피(3), 후각세포(4), 후각신경(2), 맛세포(4), 미각신경(4), 맛봉오리(4), 유두(2), 미각(4), 피부감각(4), 감각점(촉점, 통점, 온점, 냉점, 압점)(4)
자극의 전달(10)	뉴런(신경세포)(4), 자극(4), 반응(4), 반응(운동)기관(4), 신경세포체(4), 가지돌기(4), 축삭돌기(4), 감각뉴런(4), 연합뉴런(4), 운동뉴런(4)
신경계(16)	신경계(4), 뇌(3), 척수(4), 척추(2), 중추신경계(4), 말초신경계(4), 대뇌(4), 소뇌(4), 간뇌(4), 중간뇌(4), 연수(4), 자율신경(2), 교감신경(2), 부교감신경(2), 의식적 반응(4), 무조건 반사(4)
항상성 유지(23)	호르몬(4), 항상성(4), 항상성유지(3), 내분비샘(4), 갑상샘(4), 표적기관(표적세포)(3), 이자(4), 뇌하수체(3), 티록신(4), 혈당량(4), 부신(3), 난소(3), 정소(3), 성장호르몬(3), 갑상샘 자극호르몬(2), 항이노호르몬(2), 에피네프린(아드레날린)(3), 인슐린(4), 글루카곤(4), 에스트로젠(3), 테스토스테론(3), 당뇨병(2), 말단비대증(2)

〈표 10〉 고등학교 생명과학 I 과목의 자극과 반응 관련 단원에 대한 개념 분석

단원	학습 개념(교과서 종수)
감각기관(1)	감각기(감각기관)(4)
자극의 전달(58)	자극(4), 반응(4), 반응기(3), 흥분전도(4), 흥분전달(4), 뉴런(신경세포)(4), 막전위(4), 시냅스(4), 말아집(4), 말아집뉴런(4), 민말아집뉴런(4), 신경세포체(4), 축삭(3), 축삭돌기(4), 축삭돌기 말단(4), 가지돌기(4), 신경다발(2), 랑비에결절(4), 구심성뉴런(4), 감각뉴런(4), 연합뉴런(4), 원심성뉴런(4), 운동뉴런(4), 슈반세포(4), Na^+-K^+ 펌프(4), 이온통로(Na^+ 통로, K^+ 통로)(4), 도약전도(4), 휴지전위(4), 활동전위(4), 역치전위(3), 분극(4), 탈분극(4), 재분극(4), 신경전달물질(4), 아세틸콜린(4), 도파민(4), 세로토닌(4), 노르에피네프린(4), 시냅스소포(4), 시냅스이후 뉴런(3), 시냅스이전 뉴런(3), 시냅스틈(2), 근수축(4), 근이완(4), 근육섬유(4), 근육원섬유(4), 근육원섬유 다발(2), 근육원섬유 마디(근절)(4), 마이오신필라멘트(4), 액틴필라멘트(4), 골격근(4), 내장근(2), 심장근(2), 활주설(4), ATP(3), 진정제(4), 각성제(4), 환각제(4)
신경계(48)	뇌(4), 신경계(4), 척수(4), 척추(3), 중추신경계(4), 말초신경계(4), 체성신경계(4), 자율신경계(4), 뇌신경(4), 척수신경(4), 대뇌(4), 소뇌(4), 간뇌(4), 중간뇌(4), 연수(4), 뇌교(4), 뇌줄기(뇌간)(4), 뇌반구(3), 겉질(4), 회색질(4), 속질(4), 백색질(4), 신경섬유(2), 수의운동(4), 시상(4), 시상하부(4), 전두엽(4), 두정엽(4), 후두엽(4), 측두엽(4), 감각령(3), 운동령(3), 연합령(3), 전근(4), 후근(4), 운동겉질(2), 체감각겉질(2), 교감신경(4), 부교감신경(4), 척수반사(무조건반사)(2), 신경절(3), 좌뇌(2), 우뇌(2), 뇌량(2), 우울증(2), 알츠하이머병(3), 파킨슨병(3), 근위축성 축삭 경화증(2)
항상성 유지(55)	항상성(4), 항상성유지(3), 내분비계(4), 호르몬(4), 내분비샘(4), 표적기관(표적세포)(4), 뇌하수체(4), 갑상샘(4), 이자(4), 난소(3), 정소(3), 생장 호르몬(4), 갑상샘 자극호르몬(4), 갑상샘 자극호르몬 방출호르몬(4), 생식샘 자극호르몬(4), 혈장삼투압(2), 항이노호르몬(4), 침샘(2), 땀샘(2), 소화샘(2), 외분비샘(3), 길항작용(4), 티록신(4), 인슐린(4), 글루카곤(4), 에스트로젠(4), 테스토스테론(4), 에피네프린(아드레날린)(4), 분비관(2), 수용체(3), 결핍증(4), 과다증(4), 내분비세포(3), 갑상샘 기능항진증(4), 갑상샘 기능저하증(3), 부신속질(4), 부신겉질(3), 당뇨병(4), 이자섬 알파세포(4), 이자섬 베타세포(4), 글리코젠(3), 혈당량(4), 혈당량조절(4), 체온조절(4), 무기질 코르티코이드(2), 삼투압조절(4), 부신(2), 프로게스테론(2), 뇌하수체전엽(3), 뇌하수체후엽(3), 음성피드백(4), 거인증(2), 소인증(2), 성호르몬(2), 말단비대증(2)

2. 연계성 분석

가. 초중 과목 간의 연계성

〈표 2〉에서 보는 바와 같이 자극과 반응 관련 학교급별 내용체계를 살펴보면, 초등학교(6학년)에서 다루어야 할 내용요소는 감각기관의 종류와 역할, 자극의 전달 과정이다. 그리고 이것은 중학교(3학년)의 학습내용과 직접적으로 연계되도록 구성되어 있으며, 중학교에서는 이와 관련된 내용으로 감각기의 구조와 기능 및 자극의 전달 과정, 신경계의 구조와 기능 등을 다루고 있다. 그러나 연계성 정도를 살펴보면, 항상성 유지(23개) 단원을 제외한 직접적으로 연계된 3개 단원의 개념수(8→63개)만 보더라도 8배 가까이 급격히 증가하였다(표 7). 이러한 결과는 서경희, 김영신(2020)의 연구에서도 지적된 사항으로, 제7차 국민공통 기본교육과정의 자극과 반응 단원의 수직적 연계성을 분석한 신진범(2003)의 연구에서 보완의 필요성이 제기된 이래 거의 개선되지 않았다는 것을 의미한다. 수직적 연계

성 분석틀에 따라 직접적으로 연계된 3개 단원 전체에 대한 연계성 분석 결과, 반복 10%, 발전 65%, 격차 25%로 연계되어 있었다(표 12). 학습의 계속성과 계열성 측면에서 이러한 연계성 범주의 비율은 상대적으로 반복은 적고 격차는 높은 편이어서 적절한 연계를 위해서는 반복의 비율을 높이고 격차의 비율을 낮추는 것이 필요하다. 더욱이 중학교의 반복 개념들은 중단원 명칭(감각기관, 자극, 반응, 신경계)에 해당하는 전 단계와 동일한 단순반복 개념(1a)들만 주로 제시되어 있는 반면, 격차 개념들은 주로 선수학습 개념을 바탕으로 충분한 설명이 있어야 이해할 수 있는 개념(2c)들이었다(표 11). 따라서 초중 과목간의 반복과 격차의 비율을 조정하기 위해서는 중학교에서 처음 학습하는 자극과 반응 관련 개념의 일부(구체적 개념)를 초등학교 학생들의 인지 수준을 고려하여 학습할 수 있게 하는 것이다.

중단원별로 연계성 분석 결과를 살펴보면, 특히 감각기관 단원은(1→37개) 초등의 경우 감각기관의 종류만을 용어 수준에서 제시하고 있는데 비해, 중학교의 경우는 각 감각기관의 구조와 기능에 대해 구체적으로 다루고 있어 발전(62%)과 격차(35%) 개념이 급격히 증가하였다. 즉, 초등학교에서는 감각기관의 구조와 기능과 관련된 개념을 거의 다루지 않고 있는 반면, 중학교에서 집중적으로 다루고 있었다. 이는 수직적 연계성 측면에서 우리나라 과학과 교육과정의 문제점으로 지적된, 연관개념이 많은 개념을 특정 학년에서 집중적으로 다루는 경향이 있다는 연구결과(이효녕, 여채영, 2015)와 그 맥을 같이하는 것으로, 실제로 서경희, 김영신(2020)의 연구에서 교과서에 제시된 자극과 반응 단원의 개념은 교육과정의 성취기준과는 잘 연계되어 있다는 것을 확인한 바 있다. 이러한 문제점과 관련하여 초중 과목간의 적절한 수직적 연계성을 개념 수 및 연계성 범주 비율 측면에서 한 가지 구체적인 보완 방안을 제시해보면, 감각기관 단원의 경우는 초등학교에서 각 감각기관의 주요한 구조와 기능을 구체적 개념 수준에서 간단하게 학습할 수 있도록 하는 것이다. 예를 들면, 각 감각기관에는 그 구조와 기능에 따른 감각세포와 감각신경이 있고 이를 통하여 감각을 느끼게 된다는 것을 통합적으로 다루는 것이다. 자극의 전달 단원(5→10개)은 중학교에서 신경계를 뉴런 개념으로 다르게(자극전달신경계→감각뉴런, 명령전달신경계→운동뉴런 등) 제시하면서 뉴런의 구조를 좀 더 구체적으로 심화시켜 다루고 있는 형태로 적절하게 연계(반복 30%, 발전 70%)되어 있었다. 신경계 단원(2→16개)의 경우는 중학교에서 행동결정신경계를 중추신경계의 개념으로 다루면서 그 구조와 기능을 구체적으로 심화시켜 다루고 있을 뿐만 아니라 말초신경계도 다루고 있어 발전(69%)과 격차(19%)의 새로운 개념들이 다수 증가하였다. 이러한 신경계의 문제점을 보완하는 하나의 방안으로는 초등학교에서 신경세포의 특징을 주요 기능인 자극의 수용과 전달 관련된 개념을 구조적 측면에서 간단하게 학습하도록 하고 중추신경계가 뇌와 척수로 이루어진 것까지 학습하도록 하는 것이다.

이러한 본 연구의 결과로 볼 때, 서경희, 김영신(2020)의 연구에서 자극과 반응 단원의 초등학교 간 내용의 수직적 연계가 비교적 잘 되어 있었다는 결과와 약간 다르게, 초중 과학 과목간의 자극과 반응 관련 단원에서 제시된 개념은 수직적 연계성을 의미하는 계속성과 계열성 측면에서 일부 부족한 중단원이 있어 추후 교육과정 개정에 따른 내용 편성 시 이에 대한 보완이 필요하다고 생각한다.

〈표 11〉 초중 자극과 반응 단원의 개념 연계성 분석 (초등 과학6 → 중학 과학3)

단원	연계성 범주 (개념수)	요소	학습 개념
감각기관 (37)	반복 (1)	1a	감각기관
	발전 (23)	3b	시각, 시각세포, 시각신경, 청각, 귓바퀴, 귓속뼈, 외이도, 고막, 청각세포, 청각신경, 평형감각, 평형감각신경, 후각, 후각상피, 후각세포, 후각신경, 미각, 맛세포, 맛봉오리, 유두, 미각신경, 피부감각, 감각점
	격차 (13)	2c	홍채, 각막, 수정체, 유리체, 섬모체, 망막, 공막, 동공, 달팽이관, 반고리관, 귀인두관, 전정기관
		3d	맹점
자극의 전달 (10)	반복 (3)	1a	자극, 반응
		2a	반응(운동)기관,
	발전 (7)	3b	뉴런(신경세포), 감각뉴런, 운동뉴런
		3c	신경세포체, 가지돌기, 축삭돌기, 연합뉴런
신경계 (16)	반복 (2)	1a	신경계
		2a	중추신경계
	발전 (11)	3b	뇌, 척수, 척추, 말초신경계, 대뇌, 소뇌, 중간뇌,
		3c	간뇌, 연수, 의식적 반응, 무조건 반사
	격차 (3)	2c	자율신경, 교감신경, 부교감 신경

〈표 12〉 초중 자극과 반응 단원의 중단원별 연계성 분석

단원	연계성	초등과학6 → 중학과학3				합계
		반복	발전	격차	축소	
감각기관		1(3)	23(62)	13(35)	0(0)	37
자극의 전달		3(30)	7(70)	0(0)	0(0)	10
신경계		2(12)	11(69)	3(19)	0(0)	16
합계(%)		6(10)	41(65)	16(25)	0(0)	63(100)

나. 중고 과목 간의 연계성

중학교 과학3 과목과 고등학교 생명과학 I 과목의 자극과 반응 단원 관련 개념의 연계성을 교육과정에서 두 과목 간에 직접적으로 연계된 감각기관을 제외한 3 중단원별로 연계성 범주 및 요소에 따라 분석한 결과는 〈표 13〉과 같다. 또한 이러한 결과를 바탕으로 두 과목 간의 중단원별 연계성 범주의 비율을 살펴보면 〈표 14〉와 같다. 중학교 과학3 과목과 비교하여 고등학교 생명과학 I 과목에서는 전체적으로 반복 27%, 발전 54%, 격차 19%의 비율로 연계되어 있었다. 이러한 결과는 학습 위계와 유의미 학습 이론에 근거한 선수학습과 후속학습 개념 간에 점진적 심화(발전) 비율이 가장 높게 반영된 것(우

현주, 차희영, 2013; 이효녕, 여채영, 2015)으로 학습의 계속성과 계열성 측면에서 연계성 범주들이 적절한 비율로 나뉘어 제시되고 있었으며, 서경희, 김영신(2020)의 연구에서 중고등학교 간 내용의 수직적 연계가 비교적 잘 되어있었다는 결과와도 일치하고 있다.

그러나 중단원별로 연계성 정도를 살펴보면, 자극의 전달 단원은 반복 21%, 발전 33%, 격차 46%로 나타나 단위 전체에서의 비율과 다르게 발전보다 격차의 비율이 높게 나타나 적절하게 연계되어 있지 않았다. 이러한 결과가 나타난 까닭은 중학교 과학3에서는 자극의 전달 단원에서 뉴런(신경세포)의 구조와 기능 및 뉴런의 종류만을 간단하게 다루고 있는데 비해, 고등학교 생명과학 I에서는 흥분전도와 전달을 통한 구체적인 자극의 전달과정과 근육(골격근)의 구조와 근수축 운동을 새롭게 다루고 있기 때문이다(표 13). 특히, 흥분전도와 전달 및 근수축 운동 관련 개념들은 정확한 이해를 위해서는 형식적 사고 능력을 요구(심규철 외, 2004)하기 때문에 학습자들이 학습하는데 많은 어려움이 있을 것으로 예상된다. 또한 이러한 자극의 전달 단원의 학습내용 구성은 2009 개정 교육과정의 경우와 유사한 것으로 박선헌(2013)의 연구에서도 격차 비율이 상대적으로 높아 이에 대한 보완이 필요함을 지적한 바 있는데, 본 연구의 결과 2015 개정 교육과정에서도 이에 대한 보완이 거의 이루어지지 않음을 알 수 있었다. 이를 보완하는 하나의 방안으로 중학교에서 뉴런의 구조와 기능을 다룰 때 세포의 전기적 특성이 변하면서 자극이 전도되고 뉴런과 뉴런 사이는 직접 연결되지 않고 틈이 있기 때문에 신경전달물질을 통해서 자극이 전달된다는 것을 개념 수준에서 간단하게 다루어 흥분전도 및 전달과 관련된 학습 내용에 대해 어느 정도 개념의 징검다리를 제공하는 것이다. 그리고 생명과학 I에서는 운동뉴런을 통하여 자극이 근육에 전달되면 근육이 수축한다는 것을 근육(골격근)의 구조를 간단하게 다루는 정도로 마무리하고 활주설에 따른 구체적인 근수축 운동은 다루지 않는 것이다.

신경계 단위에서는 생명과학 I에서 반복 23%, 발전 69%, 격차 8%로 연계되어 학습의 계속성과 계열성 측면에서 연계성 범주의 비율이 적절히 조합된 것으로 나타났다. 특히, 개념들의 내용 수준이 중학교에서 학습한 중추신경계와 말초신경계의 구조와 기능을 좀 더 구체적으로 학습하도록 적절하게 발전(1b, 2b)되어 있었다. 격차 개념들은 주로 신경계 관련 질병에 대한 것으로 선수 학습한 개념을 바탕으로 충분한 설명이 있으면 이해할 수 있는 수준(2c)의 것들이었다.

항상성 유지 단위에서는 반복 38%, 발전 62%로 계속성과 계열성 측면에서 신경계 단위와 비슷하게 어느 정도 적절하게 연계되어 있었다. 이 단원은 전체적으로 중학교 때 학습한 내분비샘의 종류와 각 내분비샘에서 분비되는 호르몬의 종류와 기능을 다양하게 확대(내용 표현 방법 3)하고, 각 내분비샘의 구조와 호르몬의 기능을 좀 더 심화시켜 구체적(내용 수준 b)으로 학습하도록 개념 수준이 적절히 발전되어 있었다.

〈표 13〉 자극과 반응 단원의 개념 연계성 분석 (과학 3 → 생명과학 I)

단원	연계성 (개념수)	요소	학습 개념
자극의 전달 (58)	반복 (12)	1a	자극, 반응, 뉴런(신경세포), 신경세포체, 축삭돌기, 가지돌기, 감각뉴런, 연합뉴런, 운동뉴런
		2a	반응기, 구심성뉴런(감각뉴런), 원심성뉴런(운동뉴런)
	발전 (19)	1b	축삭, 축삭돌기 말단, 신경다발
		2b	말이집, 말이집뉴런, 민말이집뉴런, 골격근, 내장근, 심장근, 근수축, 근이완
		3b	슈반세포, 랭비에결절, 시냅스, 시냅스소포, 시냅스틈, 신경전달물질, 시냅스이후 뉴런, 시냅스이전 뉴런
	격차 (27)	2c	흥분전도, 흥분전달, $Na^+ - K^+$ 펌프, 이온통로(Na^+ 통로, K^+ 통로), 도약전도, 아세틸콜린, 도파민, 세로토닌, 노르에피네프린, 근육섬유, 근육원섬유, 근육원섬유 다발, 근육원섬유 마디(근절), 마이오신필라멘트, 액틴필라멘트, 활주설, ATP, 진정제, 각성제, 환각제
		2d	막전위, 휴지전위, 활동전위, 역치전위, 분극, 탈분극, 재분극
신경계 (48)	반복 (11)	1a	신경계, 중추신경계, 뇌, 척수, 척추, 대뇌, 소뇌, 간뇌, 중간뇌, 연수, 말초신경계
	발전 (33)	1b	척수반사, 자율신경계, 교감신경, 부교감신경
		2b	전두엽, 두정엽, 후두엽, 측두엽, 뇌교, 뇌줄기, 뇌량, 뇌반구, 겉질, 회색질, 속질, 백색질, 체성신경계, 뇌신경, 척수신경, 전근, 후근, 신경섬유, 시상, 시상하부, 감각령, 운동령, 연합령, 운동겉질, 체감각겉질, 신경절
		3a	좌뇌, 우뇌, 수의운동
	격차 (4)	2c	우울증, 알츠하이머병, 파킨슨병, 근위축성 축삭 경화증
항상성 유지 (55)	반복 (21)	1a	호르몬, 항상성, 항상성유지, 내분비샘, 뇌하수체, 갑상샘, 이자, 부신, 난소, 정소, 티록신, 성장호르몬, 갑상샘 자극호르몬, 항이뇨호르몬, 에피네프린(아드레날린), 혈당량, 인슐린, 글루카곤, 에스트로젠, 테스토스테론
		2a	표적기관(표적세포)
		1b	성호르몬, 당뇨병, 말단비대증, 혈당량조절, 체온조절
	발전 (34)	2b	수용체, 뇌하수체전엽, 뇌하수체후엽, 생식샘 자극호르몬, 부신겉질, 부신속질, 이자섬 알파세포, 이자섬 베타세포, 글리코젠, 무기질 코르티코이드, 프로게스테론, 거인증, 소인증, 결핍증, 과다증, 갑상샘 기능항진증, 갑상샘 기능저하증
		3a	외분비샘, 침샘, 땀샘, 소화샘, 내분비계, 내분비세포, 분비관
		3b	갑상샘 자극호르몬 방출호르몬
		3c	혈장삼투압, 삼투압조절, 음성피드백, 길항작용

〈표 14〉 중고 자극과 반응 단원의 중단원별 연계성 분석

단원	연계성	과학3 → 생명과학 I				합계
		반복	발전	격차	축소	
자극의 전달		12(21)	19(33)	27(46)	0(0)	58
신경계		11(23)	33(69)	4(8)	0(0)	48
항상성 유지		21(38)	34(62)	0(0)	0(0)	55
합계(%)		44(27)	86(54)	31(19)	0(0)	161(100)

IV. 결론 및 제언

본 연구에서는 과학과 교육과정에서 초등학교 과학6, 중학교 과학3 및 고등학교 생명과학 I 과목에 포함된 자극과 반응 단원의 학습개념에 대한 수직적 연계성을 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었고, 이를 바탕으로 보완점과 시사점을 제시하게 되었다.

초등에서 중학교로의 자극과 반응 관련 개념 수는 직접적으로 연계된 단원만을 비교해 보더라도 8배 가까이 증가하였으며, 개념의 심화 정도도 매우 높았다. 이는 초등학교에서 중학교로 학교급이 올라감에 따라 교육내용의 수준 차이가 매우 크게 되어 학생들이 학습에 어려움을 느끼는 요인이 될 것이다. 따라서 초중 학교급에 따른 개념의 적정화가 이루어지는 것이 필요하다고 사료된다. 직접적으로 연계된 단원을 중심으로 중학교에서 고등학교로의 자극과 반응 관련 공통개념 수를 비교해 보면 3배 이상 증가하였다. 특히, 자극의 전달 중단원은 6배 가까이 증가하였으며, 심화 정도도 높았다. 따라서 중고 교과와 자극과 반응 관련 개념도 개념수의 전체적인 축소를 포함한 학교급별 적정화가 필요한 것으로 사료된다. 특히, 중학교의 감각기관 관련 개념과 고등학교의 자극의 전달 관련 개념은 교육과정과 연계된 주요 개념을 중심으로 교과서에 제시하는 형태로 개념 수를 제한하면서 학교급별로 적정화하는 것이 필요하다. 2022 개정 교육과정을 통하여 개념 수를 축소시키는 하나의 방안을 제안하면, 자극과 반응 단원의 성취기준에 중요하게 다루어야 할 핵심 개념을 제시하고 해설서 등을 통해 중단원별로 다루어야 할 주요 개념을 제한적으로 제시하는 것이다.

연계성 분석 결과, 초등학교에서 중학교로는 새롭게 심화된 개념들이 다수 제시되었는데, 특히 감각기관 단원은 각 감각기관의 구조와 기능에 대해 구체적으로 다룬 심화된 개념이 급격히 증가하여 연계성이 매우 부족하였다. 자극의 전달과 신경계 단원의 경우도 심화된 새로운 개념이 다수 증가하여 연계성이 부족한 편이었다. 따라서 감각기관 단원의 경우는 초등학교에서 각 감각기관(눈, 귀, 코)의 주요한 기본적 구조와 기능(감각세포 및 감각신경을 통한 감각 과정)을 개념 수준에서 간단하게라도 학습할 수 있도록 개념들을 추가하여 2022 개정 교육과정의 성취기준을 보완하는 형태로 학교급간의 개념을 적정화하는 것이 필요하다고 생각된다. 자극의 전달과 신경계의 경우도 초등학교에서 신경세포의 기능(자극의 수용과 전달)과 관련된 간단한 구조적 특징을 다루고 중추신경계가 뇌와 척수로 이루어진 것까지 다루는 보완이 필요하다. 중학교 과학3에서 고등학교 생명과학 I 과목으로의 직접적으로 연계된 자극과 반응 관련 개념은 전체적으로 학습의 계속성과 계열성 측면에서 연계성 범주들이 적절한 비율로 제시되어 있었다. 그러나 중단원별로는 자극의 전달 단원의 경우, 발전보다 격차의 비율이 높게 나타나 적절하게 연계되지 않았으며, 중고 역시 학교급간의 개념의 적정화가 이루어져야 할 것으로 사료된다. 이를 위한 하나의 방안으로 중학교에서 뉴런 내에서는 전기적 특성으로 자극이 전도되고 뉴런사이에서는 신경전달물질을 통해서 자극이 전달된다는 수준까지 다루는 것이다. 그리고 생명과학 I 에서는 자극이 근육에 전달되면 근육이 수축한다는 것을 간단하게 다루고 구체적인 근수축 운동은 다루지 않는 것이다. 신경계와 항상성 유지 단원은 발전의 비율이 반복보다 높게 제시되고 내용 수준도 적절하게 심화되어 학습의 계속성과 계열성 측면에서 적절하게 연계되어 있었다.

이상의 결론을 종합해 볼 때, 자극과 반응 단위 관련 개념은 교육과정 개정 때마다 지속적으로 보완의 필요성이 제기되고 있는 학교급별로 연관된 단원의 개념들이 특정 학교급에서 집중적으로 다루어지고 있는 부분을 학교급별로 적정화하는 형태로 개선하는 것이다. 즉, 초중고 학교급별로 연관된 단원의 개념들을 학생들의 인지 수준을 고려하여 어느 정도 계속성은 유지하면서 점진적으로 심화 발전되도록 하여 연계성 범주들이 상호 복합적으로 적절하게 배합된 연계가 이루어지도록 교육과정 개정에 반영되어야 한다.

그리고 본 연구에서는 자극과 반응 단위 관련 개념들의 학교급별 수직적 연계성만을 분석하였다. 그러나 현 교육과정부터는 교과 및 영역 간 교육내용의 관련성, 수준 및 범위 등과 같은 통합성도 강조되고 있다. 따라서 우리나라 교육과정에서 추구하는 개념의 연계성과 통합성에 대한 정확한 분석을 통한 학습내용 적정화와 재구조화를 제안하기 위해서는 과학과의 타 교과 및 생명과학의 타 영역과의 수평적인 연계성을 분석하는 후속 연구가 필요하다고 생각된다.

또한 최근에는 과학의 핵심 개념에 대한 학생들의 학습발달과정이 연구되고 있는데, 이것은 학습개념에 대한 학생들의 단계적 이해 수준을 확인하여 각 학교급별 학생들의 발달 수준에 적합한 교육과정을 개발하는데 좋은 기초 자료가 된다. 따라서 자극과 반응 단위와 관련된 개념들의 학교급별 적정화를 통한 좀 더 질 좋은 교육과정을 개발하기 위해서는 각 학교급별 학생들을 대상으로 자극과 반응 관련 개념들의 학습발달과정 연구가 필요하다고 사료된다.

참고문헌

- 교육부(2015a). **초중등학교 교육과정 총론**. 교육부 고시 제2015-80호 [별책1].
- 교육부(2015b). **과학과 교육과정**. 교육부 고시 제2015-74호 [별책9].
- 교육부(2017). **2015 개정 교육과정 총론 해설-고등학교**.
- 박선혜(2013). **2007·2009 개정 교육과정에 따른 중고등학교 교과서 내 자극과 반응 단원의 수직적 연계성 분석**. 석사학위 논문, 이화여자대학교 교육대학원 .
- 방답이, 박은미, 윤희정, 김지영, 이윤하, 박지은, 송주연, 동효관, 심병주, 임희준, 이현숙(2013). Big idea를 중심으로 한 통합형 과학 교육과정 틀 설계. **한국과학교육학회지**, 33(5), 1041-1054.
- 서경희, 김영신(2020). 언어 네트워크 분석을 활용한 교육과정 개정에 따른 자극과 반응 단원의 개념 연계성 변화. **생물교육**, 48(1), 20-37.
- 송순희, 이영하, 이종록, 김성원, 강순희, 박종윤, 강순자, 김규한, 유계화 (1991). 수학 및 과학 교과 내용의 연계성 분석을 위한 준거모형 설정과 예시적 분석. **한국과학교육학회지**, 11(2), 119-131.
- 신영준(2004). 국민공통기본교육과정 과학과 생명영역에서 탐구활동 연계성 분석. **한국생물교육학회지**, 32(2), 135-141.
- 신진범(2003). 국민공통기본교육과정 생명영역 '자극과 반응' 단원 학습 개념의 수준 및 수직적 연계성 분석. 석사학위 논문, 공주대학교 교육대학원 .
- 심규철, 강영심, 신진범, 김현섭(2004). 제7차 교육과정 과학과 생명영역의 학습내용 분석: 자극과 반응 단원을 중심으로. **한국생물교육학회지**, 32(2), 114-123.
- 우현주, 차희영(2013). 제7차와 2009개정 과학 교육과정에 따른 중·고등학교 교과서 내 진화단원의 연계성 분석. **한국생물교육학회지**, 41(4), 618-637.
- 이상은(2013). 학교교과 지식의 선정과 조직과정에 나타난 구조주의적 사유에 대한 비판적 고찰: 2009 개정 과학과 사례를 중심으로. **교육과정연구**, 31(3), 173-199.
- 이승미, 이병천, 노은희, 이근호, 백경선, 유창완, 김현수, 임윤진, 안종제, 김정운, 방은희(2018). **교육과정 대강화를 위한 교육과정 구성 방안 연구**. 한국교육과정평가원, 연구보고서 CRC 2018-9.
- 이윤하, 윤희정, 송주연, 방답이(2014). 통합개념을 중심으로 한 싱가포르, 캐나다와 미국의 과학교육과정 내용 요소 분석. **한국과학교육학회지**, 34(1), 21-32.
- 이효녕, 여채영(2015). 과학과 교육과정의 연계성 국제 비교: 광합성 개념 중심으로. **한국과학교육학회지**, 35(5), 805-815.
- 임유나, 장소영(2015). 2015 개정 과학과 교육과정의 교육내용 적정화 검토: 공통교육과정을 중심으로. **학습자중심교과교육연구**, 15(12), 437-460.

조희형, 최경희(2002). 구성주의와 과학교육. **한국과학교육학회지**, 22(4), 820-836.

주형미, 김종윤, 배화순, 변희현, 유금복, 서지영, 장근주, 박소영, 배주경(2020). **2015 개정 교육과정에 따른 초등학교 교과 교육내용의 적정성 분석**: 수학, 과학. 한국교육과정평가원, 연구보고서 RRC 2020-6-2.

천광호(2012). **2009 개정 교육과정에 따른 과학교과서 생명과학 영역의 분석 및 유전 단원에 대한 학년별 연계성 비교 분석**. 석사학위 논문, 고려대학교 교육대학원 .

· 논문접수 : 2022.04.05. / 수정본접수 : 2022.04.29. / 게재승인 : 2022.05.11.

ABSTRACT

Analysis of concept connectivity in stimulus and response unit by Science Curriculum

Kim, Hyunsup

Professor, Kongju National University

This study was conducted to find out whether the learning concept of the stimulus and response unit included in elementary school science 6, middle school science 3, and high school life science I textbooks well reflects the longitudinal connectivity required in the science curriculum. The subject of analysis is a elementary science 6 textbook and textbooks of four different publisher in which middle school science 3 and high school life science I textbooks have all been published. It was analyzed by dividing into four middle units according to the content system for each school level related to the stimulus and response presented in the curriculum. The longitudinal connectivity analysis was analyzed by dividing into four categories, repetition, development, gap, and reduction, centered on a common concept. The results were as follows. A total of 8 concepts related to stimulation and response were presented in the elementary science 6 subject, 86 common concepts in the middle school science 3 subject, and 162 common concepts in the high school life science I subject. As a result of the connectivity analysis, the concepts of the three units directly linked between elementary and middle school subjects were overall repetition 10%, development 65%, and gap 25%, with relatively few repetitions and high gaps in terms of continuity and sequence of learning. The concept of development has also increased a lot. In particular, the sensory organ unit lacked connectivity due to the rapid increase in the concept of development and gap. The stimulus transmission unit was properly connected, but the nervous system unit needed to be supplemented because the concept of development increased a lot. The concepts of the three units directly linked between science 3 and life science I subjects were appropriately connected in terms of continuity and sequence of learning, with 27% repetition, 54% development, and 19% gap. The nervous system and homeostasis unit were properly connected by middle unit, but the ratio of gap in the stimulus transmission unit was higher than that of development, so it was necessary to supplement this.

Key Words: *Elementary School Science 6, Middle School Science 3, Life Science I, Stimulus and Response, Connectivity*