

지식상태분석법을 이용한 고등학생의 유전관련 개념의 위계 분석

송하영¹ · 김영신^{2*}

¹서부고등학교 · ²경북대학교

Analysis of Hierarchy for High School Students' Concepts about Genetics Through the Knowledge State Analysis Method

Ha-young Song¹ · Youngshin Kim^{2*}

¹Seobu High School · ²Kyungpook National University

Abstract: The purpose of this study was to analyze hierarchy for high school students' concepts about genetics. The assessment of genetics related concept was conducted for 10th and 11th grade students and a hierarchy map was schematized based on the evaluation result using Knowledge State Analysis Method. Some differences were found when comparing the result of whole students' hierarchy with hierarchy on 7th national science education curriculum. In analyzing hierarchy by grade, concepts of highest and lowest level turned out same but some concepts of middle level changed. In case of analysis of hierarchy for concepts about genetics by score, as score was higher, the number of concept in lower level became larger and the relationship among concepts became more structurized. Following studies are required to develop specific teaching strategies for having effective genetics concept and conduct case study of applying the concept hierarchy through this method to class in the field.

Key words: knowledge state analysis method, genetics concept, hierarchy, grade, score

I. 서 론

생물학의 많은 개념들 중 유전 개념은 세포, 생식과 발생, 진화 등과 연관되어 있어 교수, 생물 교사, 학생 모두 중요하다고 인식하고 있다(김희백 등, 2002; 민효정, 정영란, 1996). 또한 고등학교 생물과정에 필요한 기본개념을 확인한 연구(조희형, 1985)에서도 유전 개념의 중요도가 가장 높게 나타났다. 미국의 고등학교 교사들도 세포분열, 감수분열, 염색체, 유전자와 같은 개념들을 생물영역에서 중요한 주제로 보고 있다(Finley *et al.*, 1982).

그럼에도 불구하고 학생들과 교사들은 유전영역에서 개념과 개념 간의 관련성 및 상호관계를 정확하게 이해하지 못하거나 많은 오개념을 가지고 있는 것으로 확인되었다(민진선 등, 2004; 박종석, 조희형, 1986; 배지현 등, 2007; 정영란, 김은주, 2002; Bahar *et al.*, 1999; Collins & Stewart, 1989). 이는 유전 개념이 다른 개념들과 달리 눈에 보이지 않아 대단히 추상적이

고 다른 개념들과 밀접하게 연관되는 복잡한 구조를 가지고 있기 때문이다(김희백 등, 2002; 박종석, 조희형, 1986). 그리고 유전 단위 내에서도 하나의 소주제와 다른 소주제 사이의 개념 간의 의존도가 높아 기본개념에 대한 이해 부족으로 인해 다음 단계 학습에 차질을 초래할 수 있다(김현아 등, 2006).

또한 유전 단위의 낮은 이해와 오개념에 대한 다른 이유로 대부분의 교사들이 교과서에 제시된 단위별 학습내용의 순서에 따라 학생들을 가르치고 있는 것을 들 수 있다(김경호, 김영수, 1996). 즉 학교에서 학생들이 학습하는 수학이나 과학 교과는 학습 과제의 속성 자체가 구조적인 성격을 띠고 있어 교과 내용을 논리적 위계로 구조화 하고 있으며, 교육과정에 제시된 이 논리적 위계에 따라 개념학습이 이루어지고 있다. 따라서 개념의 위계 구조를 분석하는 것이 중요하다(김경호, 김영수, 1996; 김영신, 정완호, 1995; 송창민, 정완호, 1996).

이러한 중요성을 가지는 개념의 위계를 분석하는

*교신저자: 김영신(kys5912@knu.ac.kr)

**2010년 10월 21일 접수, 2010년 12월 19일 수정원고 접수, 2010년 12월 20일 채택

방법으로 최근에는 지식공간론(knowledge spaces)을 이용한 지식상태분석법(knowledge state analysis)이 사용되고 있다. 이것은 Doignon과 Falmagne(1999)에 의해 주창된 지식의 위계성에 바탕으로 둔 방법으로 평가결과를 해석할 때, 학생들의 점수나 성적 등의 숫자 요소를 사용하지 않고, 단지 문항을 맞추었느냐 그렇지 않았느냐의 사실만을 다룬다. 즉 통계적인 기법을 사용하지 않아 정량화 과정에 따른 오류가 없다(김석천 등, 2007). 또한 학습 과제에 대한 개념의 위계뿐만 아니라 개별 학생에 대한 지식상태를 제공하고 있어서 개별화 학습에도 적용할 수 있는 이점이 있다(박상태 등, 2005b; 변두원 등, 2002). 그러므로 이 방법은 추상적인 개념들로 구성되고 비교적 개념의 위계가 강하며 복잡한 생물학의 유전 단원에 유용하게 활용될 수 있으며, 학생들의 개념에 대한 검사 결과를 가지고 개발된 프로그램(공주대학교 과학교육연구소, 2002)으로 쉽게 위계도 작성이 가능하다.

지식공간론을 활용한 지식상태분석법의 기본적인 원리는 다음과 같다. 교과교육 평가에서 학생들의 정답 문항은 몇 가지 유형으로 분류된다. 이것은 각 문제를 해결하기 위한 배경지식이 어떤 관계를 갖고 있기 때문이다. 예를 들어 두 문항에 대한 각각의 배경지식이 상하의 위계관계를 갖고 있다면 많은 학생의 답안에서도 그 관련성이 나타날 것이다. 역으로 우리는 학생들의 평가결과를 이용하여 각 문제에 관련하는 지식의 체계를 분석하는 것이 가능하며, 이러한 이론적 근거가 지식공간론이다. 대부분의 평가에 있어서 어떤 학생이 맞힌 문항의 집합을 지식상태(knowledge state)라 한다. 이 집합은 그 학생에 대한 지식정보를 갖고 있으며, 충분히 많은 학생이 같은 평가문항으로 평가를 받았다면 다른 학생의 지식상태와 비교하여 그 학생의 현재의 지식수준을 알 수 있을 것이다. 어떤 평가에 대해서 지식상태의 모임 전체는 대체로 하나의 형태로 결정된다(공주대학교 과학교육연구소, 2002).

지금까지 실시되던 지식상태분석법에 관한 선행 연구들(김석천 등, 2007; 김유진, 2008; 김지희, 2009; 박고운, 2007; 박상태 등, 2005a; 2005b; 윤마병, 김희수, 2010)을 살펴보면 주로 수학, 물리학에서 학년별, 개인별로 개념의 위계를 분석하였다. 하지만 생물학의 유전관련 개념의 위계 분석에 지식상태분석법을 이용한 연구는 찾아볼 수 없으며 최혁준, 권재술(2005)이 학생들의 개념 변화와 밀접한 관련이 있어

학교 현장에서 가장 중요한 요인 중의 하나라고 한 성취도에 대한 연구는 비교적 미흡한 편이다. 따라서 성취도별로 위계를 분석하여 성취도에 따라 학생들의 개념 이해 정도 및 개념 이해 순서에 어떤 차이가 있는지 알아볼 필요가 있다.

이 연구에서는 지식상태분석법을 이용해 고등학생들의 유전 관련개념의 위계도를 도식화함으로써 학생들이 가지고 있는 개념의 위계를 학년별 뿐 아니라 성취도별로 분석해 보고자 한다. 이 연구는 학생들의 올바른 유전 개념 형성에 도움을 줄 뿐 아니라 교사의 유전관련 단원 수업 설계 시 기초 자료로 활용될 수 있을 것이다.

II. 연구방법 및 내용

1. 연구대상

유전관련 개념의 위계분석을 위한 검사는 유전관련 개념을 학습한 10, 11학년 총 1586명을 대상으로 하였다. 피험자는 광역시, 중소도시, 읍·면 지역과 학년, 성별을 골고루 포함하여 선정하였다. 지역별로 광역시 473명, 중소도시 551명, 읍·면 562명이었으며 학년별로는 10학년 724명, 11학년 862명이었다. 그리고 성별로는 남학생 936명, 여학생 650명이었다.

2. 검사도구

유전관련 개념의 위계 분석을 위한 검사도구에 사용된 유전관련 개념은 김영신 등(2010)이 고등학교 생물 교사가 인식한 유전 영역의 개념 분석에서 제시한 유전의 개념을 토대로 김영주(2009)가 선정한 개념을 사용하였다. 선정된 유전관련 개념은 핵상, 염색체, 체세포 분열, 유성·무성생식, 생식세포, 유전자, 모세포·딸세포, 세포주기, 감수분열로 모두 9개이다. 유성생식과 무성생식, 모세포와 딸세포는 서로 상대적인 개념이므로 한 개념으로 취급하였다.

검사도구의 문항구성은 각 개념 당 4문항으로 총 36문항, 객관식 5지 선다형으로 이루어져 있다. 개발된 문항은 생물교육 전문가 2명과 생물교사 3명에게 내용 타당도를 의뢰하여 전체 타당도 85.89%를 얻었다. 수정을 거친 후 10, 11학년 각 2개 학급씩 총 4개 학급을 대상으로 신뢰도 검사를 실시하였다. 검사 결

과 신뢰도 Cronbach's α 는 0.843으로 나타났다. 각 문항별 구체적인 검사개념은 <표 1>과 같다.

표 1 문항별 검사개념

검사개념	문항번호
핵상	1, 11, 20, 21
염색체	2, 12, 22, 23
체세포 분열	3, 13, 24, 25
유성·무성생식	4, 14, 15, 26
생식세포	5, 16, 27, 28
유전자	6, 17, 29, 30
모세포·딸세포	7, 8, 31, 32
세포주기	9, 18, 33, 34
감수분열	10, 19, 35, 36

3. 개념의 위계도 작성

이 연구에서 사용한 개념의 위계도 작성은 지식상태분석법을 이용하였다(박상태 등, 2005a; 2005b; 김석천 등, 2007). 이 분석방법은 학생들의 검사결과를 토대로 Microsoft Office Excel 2003(공주대학교 과학교육연구소, 2002) 소프트웨어를 이용하여 위계도를 작성하는 것이다.

학생들의 검사결과를 엑셀에 기록하였다. 이 연구에서 사용한 검사도구는 각 개념 당 4개의 문항으로 이루어져 있다. 그러나 지식상태분석법을 이용하기 위해서는 0과 1로 된 이분문항의 형식으로 입력해야 하므로 이 4개의 문항 중 3, 4개 맞힌 경우를 '1'로, 0, 1, 2개 맞힌 경우를 '0'으로 입력하였다. 입력된 자료를 이용하여 Microsoft Office Excel 2003 프로그램을 실행하면 두 문항 간에 위계관계가 있으면 '1', 위계관계가 없으면 '0'으로 표시된다. 모든 문항의 순서관계에서 추이적 관계로 생성되는 관계를 제외하여 컴퓨터의 자료 처리를 단순화시킨 핫세 정보를 얻는다. 앞 단계에서 얻은 핫세 정보를 평면에 도식화하여 핫세 다이어그램(Hasse diagram)을 그린 후 문항별 정답율을 고려하여 높낮이를 조절한 결과 최종 위계도를 얻는다.

4. 자료 수집 및 분석

유전관련 개념의 위계 분석을 위해 10, 11학년의 대

상으로 제작한 검사도구를 가지고 검사를 실시하였다. 먼저 선정된 학교의 생물교사에게 연구의 목적과 검사 방법을 설명한 후 검사에 동의한 학생들을 대상으로 검사를 하였다. 검사 시 감독은 해당 학교의 생물교사가 하였다.

10학년의 유전관련 단원인 생식과 11학년의 유전 단원 수업이 이루어진 후 검사를 실시할 수 있도록 12월 첫째 주에 검사를 배부하여 12월 첫째 주~둘째 주에 검사를 실시한 후 12월말에 회수하였다. 학생들이 응답하는 시간은 50분으로 하였다. 회수한 검사지로부터 학생들의 응답을 각 개념 당 4개의 문항 중 3, 4개 맞힌 경우를 '1'로, 0, 1, 2개 맞힌 경우를 '0'으로 이분문항 형식으로 코딩한 후 지식상태분석법을 이용해 위계도를 작성하였다.

III. 연구결과 및 논의

1. 전체 학생들의 개념 위계 분석

전체 학생들의 개념 위계를 분석한 결과는 <그림 1>과 같이 나타났다.

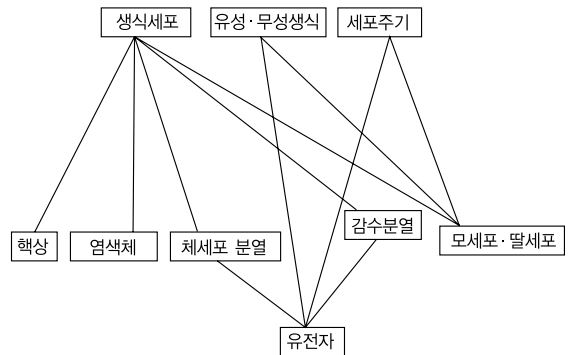


그림 1 전체 학생들의 유전관련 개념에 대한 위계구조

<그림 1>에서 전체적인 위계 관계는 하위 단계에 유전자 개념이 위치하고 중간단계에 핵상, 염색체, 체세포 분열, 감수분열, 모세포·딸세포 개념이 있으며, 상위 단계에 생식세포, 유성·무성생식, 세포주기 개념이 존재하여 3단계로 나타났다. 그리고 밀접한 위계 관계를 갖는 개념 전개 과정은 '유전자 → 체세포 분열 → 생식세포'와 '유전자 → 감수분열 → 생식세포'로 나타났다.

가장 하위 단계에 있는 개념인 유전자는 최근 유전

에 대한 관심이 증가함에 따라 많은 학생들이 흥미와 관심을 가지므로 대부분의 학생들이 잘 알고 있는 것으로 보인다. 반면 생식세포, 유성·무성생식, 세포주기 개념은 가장 상위 단계에 있다. 이것은 학생들이 유전 학습 시 오개념을 가지고 있어 학습 곤란을 경험하게 된다고 한 이은정 등(2006)의 연구와 마찬가지로 많은 학생들이 이 3가지 개념들을 어려워하며 명확히 이해한 후 개념을 형성·적용하지 못하고 있기 때문으로 생각된다.

이는 학생들이 교육과정상 체세포 분열을 먼저 학습한 후에 이를 바탕으로 생식세포 개념을 학습하게 되므로, 체세포 분열 개념 학습 시 가지게 된 오개념이 그대로 이어지기 때문으로 생각된다(배지현 등, 2007). 또한 유전자 개념을 이해해야 이를 토대로 체세포분열, 감수분열, 생식세포, 세포주기 개념 학습 시 변화되는 유전물질의 양(DNA량)을 더욱 잘 이해할 수 있기 때문으로 보인다(최승일, 조희형, 1987).

7차 과학과 교육과정에 제시된 유전 개념의 연계성을 분석한 김영주(2009)의 연구를 살펴보면 9학년에서 가르쳐야 할 개념은 체세포 분열, 감수분열, 세포주기, 생식세포, 모세포·딸세포, 핵상, 유성·무성생식이다. 10, 11학년에서 학생들은 감수분열, 생식세포, 염색체, 유전자 개념을 알아야 한다. 마지막으로 12학년에서는 염색체, 유전자 개념이 DNA와 연관되어 더욱 심화적으로 나오고 있다. 즉 7차 과학 교육과정의 유전 관련개념의 논리적 위계는 ‘체세포 분열, 감수분열, 세포주기, 생식세포, 모세포·딸세포, 핵상, 유성·무성생식(9학년) → 감수분열, 생식세포, 염색체, 유전자(10, 11학년) → 염색체, 유전자(12학년)’이라고 할 수 있다. <그림 1>에 나타난 학생들의 위계와 교육과정에 제시된 논리적 위계를 비교해 보면 생식세포 개념은 9, 10학년 두 학년에 걸쳐 학습했음에도 불구하고 학생들이 어려워하는 개념으로 나타났다. 그러나 유전자 개념은 10, 11학년에서는 간단히 제시되고 12학년에 가서야 자세히 배우게 됨에도 불구하고 쉬운 개념으로 나타나 둘 사이에 차이를 알 수 있다. 이런 교육과정에 제시된 논리적 위계 뿐 아니라 김석천 등(2007)은 마찰 전기에 대한 학생들의 사전지식, 과학지식의 영역, 난이도, 학습의 순서를 고려하여 작성한 교사의 예상위계도와 지식상태 분석법으로 그린 위계도를 비교해 본 결과 차이가 있다는 것을 밝혔다.

유전 단원에서 뿐만 아니라 유전관련 단원인 ‘생명의 연속성’에서도 개념 위계에 관한 연구가 이루어졌다. 김명섭(1994)은 고등학교 생물 생명의 연속성 단원의 개념 위계를 서열화 이론으로 알아보았다. 교과서에 제시된 논리적 위계는 ‘세포분열 → 생식 → 발생 → 유전’이었으나 학생들의 심리적 위계는 ‘세포분열 → 유전 → 생식 → 발생’으로 나타나 세포분열을 먼저 학습한 후 유전을 학습하고 마지막으로 생식, 발생을 학습해야 한다고 하였다. 흥미롭게도 이를 11학년 학생들에게 적용하여 그 효과를 검증해 본 김영신, 정완호(1995)의 연구에서는 교과서의 논리적 위계와 심리적 위계 어느 순서로 제시하더라도 성취도에 차이가 없는 것으로 나타났다. 외국 교과서의 생명의 연속성 단원을 분석한 김경호와 김영수(1995)의 연구에서는 미국의 교과서 14종 가운데 8종이 세포분열에 관한 내용에 이어 유전에 관한 내용을 실고 있었다. 또한 영국과 프랑스의 생물 교과서도 세포분열 내용을 학습하고 바로 이어서 유전학에 관한 내용을 학습하도록 단원을 구성하고 있었다. 이러한 결과를 위에서 제시한 현행 7차 교육과정의 논리적 위계와 비교해 보면 발생 단원을 제외하고는 ‘세포분열(체세포 분열, 감수분열, 세포주기, 모세포·딸세포) → 생식(유성·무성생식, 생식세포) → 유전(유전자)’의 순서로 볼 수 있어 거의 비슷하다고 할 수 있다. 반면 심리적 위계는 전체적으로 ‘유전(유전자) → 세포분열(체세포 분열, 감수분열, 모세포·딸세포) → 생식(유성·무성생식, 생식세포)’의 순서를 보여 다른 결과를 나타내고 있다. 따라서 이런 차이가 나는 원인을 조사해 볼 필요가 있으며 이 위계를 실제 수업에 적용해 보는 후속 연구도 이루어져야 할 것이다.

2. 학년별 개념 위계 분석

10학년의 개념 위계는 <그림 2(a)>와 같이 나타났다. 전체 학생들의 경우와 마찬가지로 유전자 개념이 가장 하위 단계에 있으며 이 유전자 개념은 더 상위 개념인 염색체, 체세포 분열, 감수분열, 유성·무성생식과 연결되고 모세포·딸세포 개념은 상위 개념인 생식세포, 세포주기, 감수분열과 연결되어 있다. 위계관계가 뚜렷한 개념 전개 순서는 ‘유전자 → 염색체 → 생식세포’와 ‘유전자 → 체세포 분열 → 생식세포’로 나타났다.

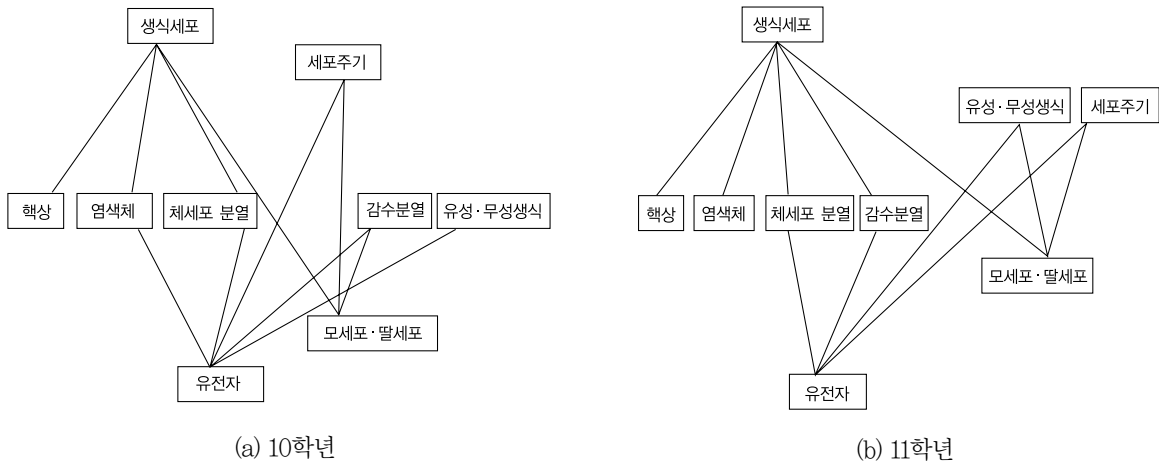


그림 2 10학년과 11학년의 위계구조 비교

또한 11학년의 경우 개념 위계는 <그림 2(b)>와 같이 나타났다. 역시 유전자 개념이 가장 하위 단계에 있고 생식세포 개념은 핵상, 염색체, 체세포 분열, 감수분열, 모세포·탈세포 개념들과 밀접하게 연관되어 있으며 유성·무성 생식과 세포주기 개념은 유전자, 모세포·탈세포 개념과 연결되어 있다. 위계관계가 분명한 개념은 ‘유전자 → 체세포 분열 → 생식세포’와 ‘유전자 → 감수분열 → 생식세포’의 순서로 전개되며 10학년과 비슷하게 나타났다. 차이점은 세포주기 개념이 10학년과 달리 유성·무성 생식 개념과 같은 단계로 조금 아래 단계에 위치한다는 것이다.

10, 11학년 학생들의 대부분은 유전자 개념을 쉽게 받아들이고 이해하고 있는 것으로 보인다. 게다가 위계관계가 분명한 개념전개 과정으로 볼 때 유전자 개념을 학습의 주요한 출발점으로 삼고 염색체, 체세포 분열 개념을 지도한 후 마지막으로 생식세포를 가르쳐야 효과적임을 알 수 있다. 중간단계에 속하는 체세포 분열과 감수분열 개념을 설명하기 위해서는 유전자, 모세포·탈세포, 핵상, 염색체, 세포주기 등의 개념과 유기적인 관계 속에서 이루어져야 한다. 그러나 유전자, 모세포·탈세포 개념은 비교적 하위 단계에 위치하는 반면 핵상, 염색체, 세포주기는 상위 단계에 존재하고 있는 점이 특징적이다.

이는 유전자는 주변에서 친숙하게 접할 수 있는 개념이고(이은정 등, 2006) 모세포·탈세포 개념은 비교적 간단하지만 핵상은 n, 2n 등의 새로운 기호를 도입해야 하며 염색체는 염색분체, 상동염색체, 2가염색체, 4분 염색체 등의 개념과 혼동을 일으키기 때문으

로 생각된다(배지현 등, 2007). 그리고 앞의 전체 학생들의 경우처럼 세포주기 개념은 유전자 개념을 토대로 이해해야 하기 때문에 보인다. 이러한 결과는 11학년 학생들의 유전 관련 개념에 대한 위계가 ‘유전자 → 유전의 원리 → 체세포 분열, 사람의 유전, 염색체 → 생식세포 분열’의 순서로 나타났다고 한 송창민, 정완호(1996)의 연구결과와 비슷하다고 할 수 있을 뿐 아니라 세포분열을 학습하기 전 상동염색체, 유전정보, 유성생식 과정 등과 관련지어 학습해야 한다는 배지현 등(2007)의 연구와도 같은 맥락으로 볼 수 있다.

10학년과 11학년의 위계를 서로 비교하면 전체적으로 개념 간의 위계관계는 비슷하며 상위 단계와 하위 단계에 있는 개념은 같으나 중간 단계에서는 개념들의 연결 관계 변화와 단계의 이동이 있다. 이러한 결과는 학년별 물리 개념의 위계를 알아본 김유진(2008), 박고운(2007), 박상태 등(2005b)의 연구결과와 일치한다. 생식세포와 세포주기는 두 집단 모두에서 가장 상위 단계에 분포하므로 학생들은 이 두 개념을 특히 어려워하고 있는 것으로 보인다. 교사들은 교수-학습 과정에서 이를 고려하여 이들 개념을 많은 시간에 걸쳐 자세히 설명하고 계속적인 반복학습을 해야 할 것이다. 반면 유전자 개념은 가장 하위 단계에 있어 쉬운 개념이기도 하지만 다른 개념을 이해하는데 바탕이 되는 중요한 개념이라고 볼 수 있다. 이는 유전자 등의 기본 개념을 이해한 후 그것을 바탕으로 유전자의 분배 및 전달 과정을 이해해야 한다고 유전 개념 이해의 단계를 제시한 민진선 등(2004)의 연구와 같다. 하지만 김정호, 김영수(1996)가 고등학교

유전학습에 효과적인 교수순서로 제시한 ‘세포분열 → 유전 → 생식 → 발생’ 과는 일치하지 않는다.

다음으로 차이점을 살펴보면 핵상, 염색체, 체세포 분열 개념은 변함없이 같은 단계에 있으며 생식세포 개념과 밀접하게 연결되어 있다. 하지만 10학년에서는 유전자가 염색체와 연결되어 있으나 11학년에서는 그렇지 않다. 이는 11학년 학생들은 염색체와 유전자의 개념과 관계를 교과서에서 직접 학습한 상태라 두 개념을 명확히 구분할 수 있기 때문으로 보인다. 그리고 10학년 학생들에 비해 배경 지식의 양이 늘어나 더 많은 개념을 알고 있기 때문에 유전자 개념 이외의 개념 지식으로 염색체 개념의 문제들을 해결하였다는 것을 의미하기도 한다. 이는 박상태 등(2005b)의 예비 물리 교사를 대상으로 한 물리개념 지식상태 분석에서 대학교 4학년 학생의 경우 많은 물리 개념을 알고 있어 문항에 제시된 것 이외의 개념으로 문제를 해결하였다는 연구결과와 비슷하다.

특히 유성·무성 생식 개념의 경우 10학년과 11학년에서 모두 유전자 개념과 연결되어 있으나 10학년은 중간단계, 11학년은 더 높은 단계의 위계로 위계상의 차이를 보였다. 이러한 결과는 9학년에서 학습한 유성·무성 생식의 개념을 10학년 학생들은 잘 기억하고 있지만 그 기억이 11학년까지는 지속되지 못하기 때문에 나타난 결과로 보인다. 이와 마찬가지로 박고운(2007)은 8학년에서 11학년 학생들의 힘과 운동에 대한 지식상태 연구에서 시간이 지남에 따라 물리 개념 위계가 변할 수 있기 때문에 재점검이 필요하다고 하였다. 또한 11학년 교과서에는 유성·무성 생식이 제시되고 있지 않은 영향도 있는 것으로 생각된다.

3. 유전관련 개념 성취도별 위계 분석

유전관련 개념 성취도별 위계의 차이를 알아보기 위해 피험자 전체의 개념 성취도를 분석한 후, 학생들의 성취도에 따라 상위, 중위, 하위 그룹을 각각 33%로 나누어 비교하여 보았다. 전체 학생 1586명 중 상위권은 515명으로 32.47%, 중위권은 468명으로 29.51%, 하위권은 603명으로 38.02%를 차지하였다.

상위권의 위계는 <그림 3(a)>와 같이 나타났다. 생식세포 개념이 가장 상위 단계에 위치하며 체세포 분열, 유전자, 모세포·탈세포, 감수분열의 4가지 개념들이 모두 가장 하위 단계에 위치하고 있다. 중간단계에는 염색체, 유성·무성생식, 핵상 개념이 있으며, 상위단계에 역시 세포주기와 생식세포 개념이 위치하고 있다. 밀접한 위계를 가지는 개념 전개 과정은 ‘유전자 → 유성·무성생식 → 생식세포’이며 생식세포는 염색체, 유성·무성 생식, 감수분열과 연결되고 세포주기는 유전자, 모세포·탈세포, 감수분열과 연결되어 있다.

중위권의 개념 위계는 <그림 3(b)>와 같은 결과를 보였다. 유전자, 모세포·탈세포가 가장 하위에 있으며 핵상, 염색체, 체세포 분열, 감수분열이 중간 단계, 상위 단계에 유성·무성생식, 세포주기, 생식세포 이렇게 더 복잡한 위계관계를 보이고 있다. 위계 관계가 분명한 개념 전개는 ‘유전자 → 염색체(체세포분열) → 생식세포’, ‘모세포·탈세포 → 체세포 분열 → 생식세포’와 ‘유전자(혹은 모세포·탈세포) → 감수분열 → 생식세포’로 나타났다.

하위권의 위계는 <그림 3(c)>와 같이 그려졌다. <그

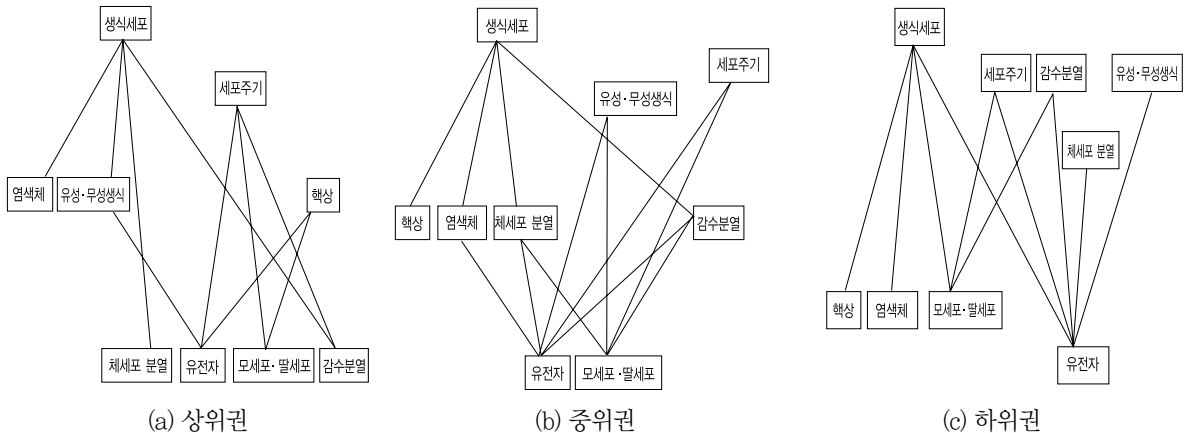


그림 3 유전관련 개념의 성취도별 위계구조 비교

림 3(c)에서 하위 단계는 유전자 개념 1개 뿐이며 모세포·딸세포는 그 위의 단계로 올라가 있어 전체적인 특징은 개념들이 모두 2단계로 단순하게 연결되어 있다는 것으로 밀접한 위계관계를 가지는 개념 전개 과정은 찾아볼 수 없었다.

성취도별로 비교해 보면 학년별 비교에서와 마찬가지로 중간단계에 위치하는 개념은 차이가 있지만 가장 상위 단계와 가장 하위 단계는 변함이 없었다. 가장 상위 단계는 생식세포와 세포주기, 가장 하위 단계는 유전자가 위치한다. 그러므로 가장 기초가 되는 유전자 개념을 확실히 주지시켜 다른 개념을 이해하는데 발판이 되도록 해야 함과 동시에 어려운 생식세포와 세포 주기 개념을 확실하게 인식시킬 수 있는 적절한 교수-학습 방법 및 교수매체의 개발·적용이 필요하다. 하지만 중간 단계에 속하는 감수분열, 염색체, 핵상 등의 개념에 주의를 기울여 지도한다면 상위 단계에 속하는 개념들에 접근이 용이할 것이므로 그 부분도 고려해야 할 것이다.

단계별 개념 수를 비교해 보면 하위권에서는 상위 단계의 개념수가 하위 단계의 개념수보다 더 많았으나 중위권, 상위권으로 갈수록 상위 단계의 개념수가 점점 줄고 하위 단계의 개념수가 더 많아지는 것을 볼 수 있다. 이것은 하위권에서는 학생들이 개념을 배웠지만 스스로 학습하지 않았거나 기억하지 못하므로 개념형성이 거의 이루어지지 않아 위계관계가 아직 구조화, 체계화 되지 않았기 때문으로 보인다. 하지만 성취도가 높아질수록 배운 개념들을 조금씩 복습해 나가고 반복적으로 학습하여 습득한 개념 수가 증가하기 때문에 개념이 점점 하위 단계에 많이 분포하게 된 것으로 판단된다. 이것은 학생들이 학습 과정에서 성취도가 높아질수록 대체로 지식의 양이 증가해 학습이 잘 일어났다는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 결과는 학업성취도가 높은 학생보다 낮은 학생에게서 개념변화가 더 많이 일어났다고 한 최혁준, 권재술(2005)의 연구를 뒷받침해 줄 수 있을 것이다.

IV. 결론 및 제언

이 연구는 지식상태분석법을 이용하여 고등학생의 유전관련 개념 위계를 학년별, 성취도별로 분석하는데 목적이 있다. 이상의 연구 결과에 기초하여 얻은 결론 및 제언은 다음과 같다.

첫째, 학년별 위계를 분석한 결과 전체적인 개념 간의 위계관계 양상은 비슷하고 가장 상위 단계와 하위 단계에 위치하는 개념은 같았다. 이를 통해 고등학생들이 어려워하거나 쉽게 받아들이는 개념들은 공통적임을 알 수 있었다. 즉 상위 단계에 위치하는 생식세포, 세포주기 개념은 대부분의 학생들이 어려워하며 하위 단계에 있는 유전자, 모세포·딸세포 개념에 대해서는 개념형성이 잘 이루어졌다고 할 수 있다. 배지현 등(2007)과 최승일, 조희형(1987)은 유전관련 개념에 대한 오개념의 원인을 교과서에서 찾았다. 이 연구 결과 학생들이 어려워하는 것으로 나타난 생식세포, 세포주기 개념에 대해서도 어려워하는 구체적인 이유를 파악한 후 이 개념들을 확고하게 정립시키는 방안을 찾는 후속연구가 이루어져야 할 것이다.

둘째, 성취도별 위계를 비교 분석한 결과 성취도가 높아질수록 하위 단계에 속하는 개념의 수가 많아지고 위계관계가 세분화, 구조화 되는 것을 볼 수 있었다. 상위권 학생들은 중위권, 하위권에 비해 유전관련 개념형성이 잘 되어 있다고 할 수 있으며 교사는 유전단원 수업 시 이를 고려하여 성취도별로 차이를 두어 개념을 지도하는 것이 효과적이다. 상위권 학생들에게는 생식세포, 세포주기 같은 어려워하는 개념을 강조하여 지도하고 그 밖의 쉬운 개념들은 간단히 설명해야 한다. 그리고 중위권 학생들에게는 유성·무성생식 개념을 덧붙여 자세히 설명할 필요가 있으며 하위권 학생들에게는 중학교 때 학습한 내용일지라도 감수분열, 체세포분열 등 유전자를 제외한 다른 개념들을 기초부터 상세하게 지도해야 할 것으로 생각된다.

고등학교 학생들의 유전 개념 학습이 연계성 있는 유의미한 학습이 되도록 하기 위해 유전관련 단원 및 개념들의 중·고등학교 교과서 제시 순서에 있어서 재구성과 재조직이 요구되며 과학 교육과정 개정 및 교과서 개발 시 이를 고려해야 할 것이다. 또한 효과적인 개념형성을 위한 구체적인 수업전략 및 수업모형 개발과 지식상태분석법을 활용하여 얻은 개념의 위계를 실제 수업현장에 적용하여 그 효과를 검증해 보는 사례연구도 이루어져야 할 것이다.

참고 문헌

공주대학교 과학교육연구소(2002). 지식공간론 입문. 대전: 도서출판 보성.

- 김경호, 김영수(1995). 외국 생물 교과서의 단원 배열 순서 분석. *한국생물교육학회지*, 23(1), 81-91.
- 김경호, 김영수(1996). 고등학교 유전 학습에 효과적인 교수 순서와 교수 방법. *한국생물교육학회지*, 24(1), 107-124.
- 김명섭(1994). 서열화 이론에 의한 고등학생들의 생명의 연속성 개념에 대한 심리적 위계분석. *한국교원대학교 교육대학원 석사학위논문*.
- 김석천, 박상태, 이희복, 정기주(2007). 지식상태분석법을 이용한 학습 진단평가도구로의 활용성 분석. *한국과학교육학회지*, 27(4), 346-353.
- 김영신, 이영은, 정재훈(2010). 고등학교 생물 교사가 인식한 유전 영역의 배경개념 분석. *중등교육연구*, 58(2), 25-47.
- 김영신, 정완호(1995). 생명의 연속성 개념에서 학습 위계에 따른 수업효과에 관한 연구. *한국과학교육학회지*, 15(2), 233-240.
- 김영주(2009). 감수분열 배경개념이 고등학생들의 감수분열 이해에 미치는 영향. *경북대학교 교육대학원 석사학위 논문*.
- 김유진(2008). 전류 전압 단원에 대한 지식상태 진단 검사용 문항개발 및 중·고등학생들의 지식상태 비교 분석. *공주대학교 대학원 석사학위논문*.
- 김지희(2009). 지식공간론을 이용한 물리문제 해결과정에서 논리적 사고과정 연구. *공주대학교 대학원 석사학위논문*.
- 김현아, 이동준, 이준규(2006). 중학교 과학교과서 생명의 연속성 관련 단원의 개념 수준과 구성 체제 분석. *한국과학교육학회지*, 34(3), 342-354.
- 김희백, 이성조, 김형련, 이선경, 강경미, 김성하(2002). 유전 개념의 이해를 위한 염색체 모형 이용 수업의 효과. *한국생물교육학회지*, 30(3), 282-288.
- 민진선, 박지영, 김희백(2004). 유전과 진화에 관한 학생의 대안 개념 분석-존재론적 속성을 중심으로. *한국생물교육학회지*, 32(2), 158-172.
- 민효정, 정영란(1996). 중학교 과학 3 'II. 생명의 연속성' 단원의 개념에 대한 교사와 학생의 인식 조사. *한국과학교육학회지*, 17(1), 21-29.
- 박고운(2007). 지식상태 분석법을 적용한 힘과 운동 단원에 대한 학습 상태 진단 검사지 개발 및 적용. *공주대학교 대학원 석사학위논문*.
- 박상태, 변두원, 육근철, 정점순(2005a). 과학영재 선발시험에서 지식상태분석법을 통한 새로운 평가 방법 모색. *영재교육연구*, 15(1), 37-48.
- 박상태, 변두원, 이희복, 김준태, 육근철(2005b). 지식상태 분석법을 통한 예비 물리교사들의 학년별 물리개념 위계도 분석. *한국과학교육학회지*, 25(7), 746-753.
- 박종석, 조희형(1986). 고등학생들의 유전에 대한 오인의 확인 및 유전학 지도방향. *한국과학교육학회지*, 6(2), 35-42.
- 배지현, 이준상, 김대재(2007). 제7차 교육과정 9학년 교과서의 세포분열에 관한 오개념 요인 분석. *한국생물교육학회지*, 35(1), 27-37.
- 변두원, 박달원, 이덕호(2002). 지식공간론에 기초한 학습경로 탐색 알고리즘 연구. *공주대학교 과학교육연구*, 33, 175-188.
- 송창민, 정완호(1996). 유전관련 개념에 대한 심리적 위계와 그에 따른 수업효과. *한국생물교육학회지*, 24(1), 53-64.
- 윤마병, 김희수(2010). 지식공간론에 기초한 천문학적 공간개념의 위계 분석. *한국지구과학학회지*, 31(3), 259-266.
- 이은정, 소금현, 여성희(2006). 중학교 유전 단원의 오개념 교정을 위한 학습 만화 프로그램의 개발 및 적용. *한국생물교육학회지*, 34(3), 355-364.
- 정영란, 김은주(2002). 염색체, 유전자, 유전정보에 대한 학생들의 이해도 연구. *한국생물교육학회지*, 30(4), 316-324.
- 조희형(1985). 고등학교 생물과정에 필요한 기본 개념의 확인 및 결정. *한국과학교육학회지*, 5(1), 11-17.
- 최승일, 조희형(1987). 고등학교 생물 I의 세포분열, 생식, 수정개념에 대한 오인 분석. *한국과학교육학회지*, 7(1), 1-17.
- 최혁준, 권재술(2005). 물리 학업성취도에 따른 예상의 확인 결과가 고등학생의 인지갈등과 개념변화에 미치는 영향. *한국과학교육학회지*, 25(3), 382-389.
- Bahar, M., Johnstone, A. H., & Hansell, M. H. (1999). Revisiting learning difficulties in biology. *Journal of Biological Education*, 33, 84-86.
- Collins, A. & Stewart, J. H. (1989). The

knowledge structure of Mendelian genetics. *The American Biology Teacher*, 51, 143-149.

Doignon, J. & Falmagne, J. (1999). *Knowledge Spaces*. Berlin, Germany: Springer-Verlag.

Finley, F. N., Stewart, J., & Yaroch, W. L. (1982). Teachers' perceptions of important and difficult science content. *Science Education*, 66(4), 531-538.

국문 요약

이 연구는 지식상태분석법을 이용하여 고등학생들의 유전관련 개념의 위계를 분석하기 위한 것이다. 이를 위해 유전관련 개념 검사문항으로 10, 11학년을 대상으로 검사를 실시하고 검사결과를 바탕으로 지식상태분석법을 이용하여 위계도를 작성하였다. 전체 학

생들의 위계와 제7차 과학과 교육과정에 제시된 유전관련 개념의 위계는 차이가 있는 것으로 나타났다. 학년별 위계를 비교 분석한 결과에서는 전체적인 개념 간의 위계관계가 비슷하고 상위 단계와 하위 단계의 개념은 같으나 중간 단계의 개념들은 연결 관계 변화와 단계의 이동이 발견되었다. 그리고 유전관련 개념 성취도별 위계를 비교 분석한 결과 성취도가 높아질수록 하위단계에 속하는 개념의 수가 많아지고 위계관계가 세분화, 구조화 되는 것을 볼 수 있었다. 효과적인 유전 개념 형성을 위한 구체적인 수업전략 개발과 지식상태분석법으로 작성한 개념의 위계를 실제 수업현장에 적용하여 그 효과를 검증해 보는 사례연구가 이루어져야 할 것이다.

주요어: 지식상태분석법, 유전 개념, 위계, 학년, 성취도