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

교육학석사학위논문

유전 기본 개념에 대한 학생들의 이해 수준 분석

Analysis of Students' Understanding Levels about Genetics Basic Concepts

2016년 2월

서울대학교 대학원

과학교육학과 생물교육전공

김 현 경

국 문 초 록

본 연구는 우리나라 고등학교 유전학 교육에서 나타나는 문제점을 확인하고 보완점을 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ, 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 집단을 선정하고 개발된 개념 검사지로 개념 이해수준을 검사하였다. 개념 검사지의 문항은 그 내용에 따라 '유전정보의 위치와 구성', '유전정보의 기능과 발현', '단백질의 구조와 기능', '유전 정보의 전달'의 4가지 문항군으로 구분하였으며, 문항의 수준에 따라 1~3 수준으로 나누었다. 각 문항군의 문항 수준에 대한 각 집단의 정답률을 비교한 결과 낮은 수준에서는 집단 간 정답률의 차이가 거의 나타나지 않았으나 수준이 올라갔을 때에는 정답률의 차이가 유의하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 교육과정 상의 내용 체계에 특정 개념이 제시되어 있음에도 불구하고, 해당 교과 이수자들의 해당 개념에 대한 이해 수준이 낮은 현상에 대한 원인과 학생들의 개념 이해도에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해, 카이제곱검정을 이용하여 각 문항에서의 집단 간 정답률에 유의한 차이가 있는지를 확인하였다. 이를 통해 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과의 경우 유전학에 대한 전반적인 개념을 포괄하여 제시하고 있음에도 불구하고, 하나의 교과에 과도한 양의 개념이 한꺼번에 제시되고 있어 '유전 정보의 위치와 구성', '유전정보의 발현'과 관련된 개념에서만 일부 학습 효과가 나타난다는 것을 알 수 있었고, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ, Ⅱ 교과는 전반적으로 단백질의 구조와 기능과 관련된 내용이 부족하였으며, 생명현상의 원리와 개념 간 연관성, 생물학적 의미가 소홀하

게 다뤄지고 단순 지식과 과정이 강조되어 있어 유전자 발현과 그 조절, 세포분열의 결과, 유전체의 의미, 대립유전자, 세대 간 유전자 전달의 원리 등을 이해하는데 어려움을 겪는 것으로 보인다. 이에 따라 추후 과학과 교육과정 및 교과서를 개정할 때에는 전반적으로 유전학과 관련된 개념의 체계와 위계를 고려하여 학습량을 적정하게 조절하고, 유전자와 단백질의 기능을 모두 이해할 수 있도록 하며, 단순하게 개념과 과정을 암기하게 하는 것이 아니라 생물학적 의미를 이해할 수 있도록 내용 체계가 구성되기를 바란다.

주요어 : 유전학, 유전 교육, DNA, 유전자, 단백질, 생명의 중심원리
학 번 : 2013-21443

목 차

제 1 장 서론 ····· 1
제 1 절 연구의 필요성 ····· 1
제 2 절 연구 목적 및 연구문제 ····· 4
제 3 절 연구의 제한점 ····· 4
제 2 장 이론적 배경 ····· 6
제 1 절 유전 학습을 위한 체계 연구 ····· 6
제 2 절 우리나라 과학과 교육과정에서의 유전교육 ····· 8
제 3 절 용어의 정의 ····· 13
제 3 장 연구 내용 및 방법 ····· 15
제 1 절 연구대상 ····· 15
제 2 절 연구방법 ····· 16
제 4 장 연구결과 및 논의 ····· 19
제 1 절 개념의 종류와 수준에 따른 학습자 이해도 분석 ···· 19
제 2 절 '유전정보의 위치와 구성' 관련 개념의 이해도 ····· 22
제 3 절 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념의 이해도 ····· 27
제 4 절 '단백질의 구조와 기능' 관련 개념의 이해도 ····· 33
제 5 절 '유전 정보의 전달' 관련 개념의 이해도 ····· 37
제 5 장 결론 및 제언 ····· 40
참고문헌 ····· 43
부록 ····· 47
ABSTRACT ····· 56

표 목 차

<표 1> 교수요목기 ~ 7차 과학과 교육과정의 유전 관련 단원 및 개념 ····· 9

<표 2> 2009 개정 과학과 교육과정의 유전관련 단원 및 개념 ····· 12

<표 3> 연구 대상의 구성 ····· 15

<표 4> 유전학 개념의 종류와 수준 ····· 18

<표 5> 유전학 개념의 종류와 수준에 따른 학생 집단의 정답률 ····· 20

<표 6> '유전 정보의 위치와 구성' 관련 문항 응답 분석 결과 ····· 22

<표 7> 유전자-DNA의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 26

<표 8> 유전정보의 기능과 발현 관련 문항 응답 분석 결과 ···· ····· 27

<표 9> 유전자-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ···· 31

<표 10> DNA-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 32

<표 11> 단백질의 구조와 기능 관련 문항 응답 분석 결과 34

<표 12> 단백질-형질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 35

<표 13> 유전 정보의 전달 관련 문항 응답 분석 결과 ····· 38

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 필요성

18세기 초, 멘델의 '식물 잡종에 대한 연구' 논문이 영어로 번역되면서 유전학이 본격적으로 발전하기 시작했다. 유전 물질의 본체인 DNA의 구조와 유전자 발현 과정이 밝혀진 이후, 생명현상을 분자 수준에서 보다 깊이 있게 이해할 수 있게 되었다. 분자생물학의 발전과 더불어 각종 질병, 식량 문제, 환경 문제 등을 해결하기 위한 하나의 방편으로 여러 가지 생명 공학 기술이 발달하였으며, 그 결과 유전자 변형 생물 이용, 유전자 검사, 환자 맞춤형 치료 등이 가능해졌다. 이러한 혜택과 함께 생명 공학 기술의 발전이 가진 문제점을 극대화하여 보여주는 각종 영화, 소설 등의 대중문화가 유행하고 전 세계적으로 생명공학과 관련된 윤리적 문제가 발생하면서, 생명공학 기술이 가진 윤리적, 사회적, 제도적 문제점에 대한 우려의 목소리도 상당하다(김광연, 2014). 따라서 발전하는 생명공학기술을 제대로 이해하고 판단할 수 있도록 유전학 분야의 기본 기식을 함양하는 것은 미래 과학자로서 뿐만 아니라 미래 시민으로서 갖추어야할 기본 소양 중의 하나가 되었다고 볼 수 있다(Lewis & Wood-Robinson, 2000).

이렇게 교육의 필요성이 커짐에 따라 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서는 유전자, DNA, 염색체, 단백질의 구조와 기능, 유전 법칙, 유전자 발현 등과 같은 유전학에 대한 기본적인 내용을 중등 교육과정에서 제시하고 있다(교육과학기술부, 2011; National curriculum in England, 2012; National Research Council. 2012). 그러나 유전학의 기본 개념 학습에 관한 지금까지의 연구 결과들을 종합해 보면, 많은 학생들이 유전자와 DNA의 세포 내 위치, 유전자-DNA-염색체 간의 관계, 세포 분열의 과정, 멘델의 유전법칙 등을 이해하는데 어려움을 겪으며, 한 개체 내

에서 다른 조직이나 기관마다 다른 DNA를 가지고 있다고 알고 있거나 대립 유전자의 개념을 잘못 이해하는 등 다양한 오개념을 가지는 것으로 나타났다(김동렬, 2010; 정영란 등, 2002; 김선영, 2008; Lewis et al., 2000a; Marbach-Ad, 2001; 오하나, 2015).

유전학 개념은 육안으로 관찰할 수 있는 개념, 도구를 통해 관찰할 수 있는 개념, 상징적으로 이해할 수 있는 개념 등 다른 수준의 개념을 모두 포함하고 있기 때문에 이해하기 어려울 수 있으며(Johnstone, 1991), 서로 간에 의존도가 큰 유전 개념들이(임수민 등, 2013) 시간 또는 내용 구조상 분리되어 있는 경우가 많아 개념 간의 연결이 적절히 이루어지지 않음으로써, 학습의 어려움을 초래할 수도 있다(Boujemaa et al., 2010; Lewis & Wood-Robinson, 2000). 따라서 개념간의 관계를 고려하여 체계적으로 유전 관련 개념들이 제시되는 것이 유전 개념을 이해시키는데 있어서 중요할 것이다.

국내외에서 진행된 유전학 교육에 대한 연구결과를 보면 공통적으로, 유전자, DNA, 염색체, 단백질의 생체 내 역할, 세포 분열을 통한 다음 세대로의 유전정보 전달, 유전정보로부터 단백질이 합성되는 과정 등이 가장 기본적으로 다루어져야할 내용이라는 의견이 많았다(조희형, 1985; Lewis et al., 2000a; 2000b; 2000c; Marbach-Ad, 2001). 특히 유전자의 두 가지 주요 기능, 즉 유전자 발현을 통해 생물의 특징을 결정하는 기능과 한 세대에서 다음 세대로 정보를 전달하는 기능을 모두 이해할 수 있도록 유전 학습 과정이 구성되어야 하고, 이러한 유전자의 기능 이해를 위해서는 생물의 특징을 나타내는데 직접적인 역할을 담당하는 단백질에 대한 개념을 먼저 학습할 필요가 있으며, 이러한 핵심 내용들에 대해 비교적 어린 시기부터 체계적으로 학습할 필요가 있다고 강조하고 있다(Duncan et al., 2009; Roseman et al., 2006).

우리나라에서는 교수 요목기부터 현재의 2009 개정 교육과정까지 유전학과 분자생물학 관련 개념들을 지속적으로 중요한 개념의 일부로써 제시해왔다. 3차 교육과정 까지는 유전자의 전달 기능에 관한 내용이 주로

다루어졌으며(문교부, 1946; 1955; 1967; 1974), 유전자의 발현과 형질의 결정에 관한 내용은 분자생물학의 발달과 더불어 4차 교육과정 이후부터 본격적으로 제시되었다(문교부, 1981). 7차 교육과정 때까지는 이 두 가지 개념 중 유전 정보의 전달 개념이 중학교 3학년 과학, 공통과학, 생물Ⅰ에서 제시된 반면, 유전자 발현 개념은 고등학교 고학년 수준에서 선택적으로 학습하는 생물Ⅱ에서 주로 제시되었다(교육부, 1997).

현재 사용되고 있는 2009 개정 교육과정에서는 유전정보의 전달 기능에 관련된 개념을 이전과 유사하게 중학교 과학과 생명과학 1에서 주로 다루고 있는 반면, 유전정보의 기능과 발현에 관련된 개념은 고등학교 1학년 학생들이 주로 이수하는 고등학교 과학에서부터 제시함으로써, 이전과는 다르게 비교적 이른 시기부터 유전자의 발현 개념을 학습할 수 있게 되었다(교육과학기술부, 2011). 또한 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 교과는 모두 선택 교육과정으로 분류되어 있어서 학교 또는 학생에 따라 선택한 교과목이 다를 수 있으며, 그 결과 학생들의 유전학에 대한 학습 내용과 이해정도가 달라질 수 있게 되었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 2009 개정 교육과정에 따라 학습하는 고등학생들의 유전학 기본 개념의 이해도와 이해 수준을 조사하고, 이를 해당 학생들의 이수과목 선택과 학습한 교과서의 내용 수준과 비교해 봄으로써, 효과적인 유전학 기본 개념 학습을 위한 교육과정 구성과 교과서 개발에 필요한 시사점을 제시하고자 한다.

제 2 절 연구 목적 및 연구 문제

본 연구에서는 우리나라 2009 개정 교육과정에 따라 학습하는 고등학생들의 이수과목에 따른 유전학 기본 개념의 이해 수준을 조사, 분석하고 이 현상에 대한 원인을 현 교육과정 및 학생들이 학습한 교과서의 내용과 체계에서 찾아봄으로써, 현 교육과정의 유전학 기본 개념 제시 체계와 순서, 수준 등이 학생 개념 이해에 미친 영향에 대해 알아보았다. 이를 통해 앞으로의 교육과정 및 교과서 개정에 필요한 사항들을 제안하고자 한다.

이에 본 연구에서는 다음과 같은 연구문제를 제시한다.

1) 우리나라 고등학생의 이수과목에 따른 유전학에 대한 기본 개념의 이해 수준은 어떠한가?

2) 학생들의 이해 수준에 교육과정 및 교과서는 어떤 영향을 주었는가?

제 3 절 연구의 제한점

본 연구에서는 서울시 지역에 위치한 일반계 고등학교(2개교)에서 연구 대상 학생을 선정하여 우리나라의 모든 학생을 대상으로 하지는 못하였다. 하지만 두 학교는 모두 근방의 중학교에서 무작위로 입학한 학생들로만 구성되어 있어 우리나라의 학생 일반의 특성을 파악하는데 적절하다고 판단하였다.

분석에 사용한 교과서는 연구 대상 학생들이 실제 학습에 이용한 것 각 1종으로 하여 모든 교과서를 대상으로 하지 못하였으나, 연구에 참여한 학습자의 개념 이해수준에 기본적으로 영향을 준 요인을 알아보는 데에 있어서는 가장 적합하였다.

학습자의 개념 이해 수준은 학습자의 학습 발달 수준, 배경 개념, 사회적 상호작용 등 다양한 요인에 영향을 미치지만 그 중 교육과정 및 교과서 요인만을 분석하였다는 점에서 연구의 한계가 있다.

제 2 장 이론적 배경

유전학과 같은 다양한 개념을 포괄하는 학문의 전반의 내용을 이해하기 위해서는 개념을 제시하는 체계와 순서가 중요하므로(정재훈 등, 2010), 지금까지 있었던 유전 교육의 체계와 관련된 선행연구를 통해 중등교육과정의 유전학에서 필수적으로 제시해야 할 핵심개념에 어떤 것이 있는지, 그리고 그 개념들을 보다 효과적으로 학습하도록 도와주는 개념 제시 체계에는 어떤 것이 있는지 알아본다.

다음으로 우리나라 교육과정에서는 지금까지 어떤 체계로 유전학 개념을 제시해 왔는가를 알아보고 이것과 비교하였을 때 2009 개정 과학과 교육과정의 개념제시 체계는 어떤 특성이 있는지 확인한다.

마지막으로, 유전학은 그 발달과정에 따라 의미가 지속적으로 변화하여 왔지만, 현재 명확하게 정의된 바가 없이 유전학, 고전유전학, 현대유전학, 분자 생물학과 같은 다양한 용어로 사용되고 있다. 따라서 본 논문에서 사용하는 용어를 정의하여 내용의 이해를 돕고자한다.

제 1 절 유전 학습을 위한 체계 연구

Hott 등(2002)은 과학 비전공자를 위한 입문생물학(Introductory biology)이 다루는 기본적이고 핵심적인 유전학 주제에 대한 연구에서, DNA가 세대 내의 유전적 다양성과 세대 간의 유전정보의 전달의 역할을 한다는 것과 감수분열과 연관 지어 멘델의 유전 패턴, 표현형이 환경 등에 영향을 받아 예상치 못하는 방식으로 나타나는 것, 환경적 영향과 함께 유전자 산물이 모든 생존 과정을 조절한다는 것, 유전적 다양성을 이해하는 것이 진화를 이해하는데 있어서 필수적이라는 것, 인간을 포함한 다양한 생물에 대한 유전적 이해는 개인적 그리고 사회적으로도 중요하다는 것을 주장하였다. 이 내용을 바탕으로 유전 물질의 특성, 유전, 유전자 발현, 유전자 조절, 진화, 유전학과 사회라는 주제를 유전학 분야

에서 가장 핵심적인 것으로 제안하였다.

Khodor 등(2004)은 유전학에 대한 전반적 개념 형성을 위하여 학습자가 반드시 알아야 하는 그러면서 동시에 이해하기 쉬운 내용을 수준 1으로 지정하고 그것들 간의 관계를 순서를 정하여 제시하였다. 그러고 나서 수준 1에 대한 보다 상세한 내용을 수준 2로 그리고 그것보다 더 상세한 내용을 수준3로 제시하는 체계를 제안하였다. 수준1의 핵심 개념은 세포, 세포분열, DNA의 구조와 기능, 유전자의 기능, DNA와 단백질의 생산, 유성생식을 통한 다양성, 단백질의 세포에서의 기능과 물질대사, DNA의 재조합, 유전자 발현의 조절 등의 내용을 포함하고 있다. 뿐 만 아니라 이와 관련된 물질대사, 환경과의 관련성 등의 내용을 추가 소개하여 생명 현상을 해석하는데 있어서 유전학적 개념이 가장 기본이 된다는 것을 제시하고 있다.

Roseman 등(2006)은 유전 현상을 이해하기 위해서는, DNA가 생물의 형질을 결정한다는 것과 한 세대에서 그 다음 세대로 전달된다는 두 가지 기본 기능을 알아야 함을 강조하는 학습발달과정을 제안하였다. DNA의 두 가지 기능에 대한 개념은 한 가지가 다른 것을 선행하는 것이 아니므로 학습 발달 과정의 각 단계는 두 개념을 모두 포함하도록 구성하였으며 초등교육에서부터 학습이 시작되어야 한다고 주장한다. 또 그는 DNA이전에 단백질을, 유전자와 염색체 이전에 DNA를 제시함으로써 DNA가 생물에서 특성을 결정하는 역할을 이해시키는 것을 도울 수 있다고 말한다. 생물의 특성이 단백질의 활성을 반영하며 DNA가 단백질의 아미노산 서열을 결정하고 아미노산 서열이 단백질의 구조와 기능에 영향을 주어 세포의 거의 모든 일을 수행한다는 것을 이해할 수 있으며, DNA가 한 세대에서 다음 세대로 전달된다는 특성을 이해한 후 유전자와 염색체가 DNA 용어로 정의되어야 만 그들의 관계를 정확하게 이해할 수 있다고 주장한다. 그는 유전학적 내용을 초등학교에서부터 체계적으로 제시할 것을 권장하였다.

Duncan 등(2009)은 Roseman 등(2006)의 학습발달과정이 제시하는 유

전의 핵심개념에 더불어 유전 정보의 흐름과 연관된 생물의 다양성과 유전자 발현의 조절, 진화의 과정 및 환경과의 관계를 포함한 학습발달과정을 제안한다. 이 학습발달과정은 5-10학년 학생들을 위한 것이며 비교적 이른 시기에 유전 개념을 학습할 것을 권장한다.

위 연구들은 공통적으로 유전자 발현의 기능과 유전정보의 세대 간 전달 기능을 유전학의 핵심개념으로서 제시하고 있다. 유전자의 기능과 단백질의 기능, 즉 생명의 중심원리(Central Dogma)와 유전자의 정보 전달 기능을 이해하고 나아가 유전자 발현의 조절, 생물의 다양성, 환경의 영향, 진화의 과정 등에 대해 학습하는 것을 제안하고 있다.

제 2 절 우리나라 과학과 교육과정에서의 유전교육

우리나라 교육과정이 제시하는 유전 관련 개념과 현재 교육과정이 제시하는 유전 관련 개념 중 유전자 발현의 기능과 유전정보의 세대 간 전달 기능 대한 개념 제시 양상을 살펴봄으로써 실제 교육적 적용이 이루어진 우리 과학과 교육과정이 갖는 유전 교육의 흐름을 알아본다.

1. 교수 요목기 ~ 7차 교육과정

유전학 개념은 우리나라에서 광복이후의 교수 요목기에서부터 7차 교육과정까지 중등교육과정에 빠지지 않고 제시되어 왔다. 특히 세포 분열과 멘델의 유전법칙은 모든 교육과정에서 제시되고 있는 것이 특징이며, 교수 요목기를 제외하고는 주로 중학교 3학년 과정에서부터 제시되고 있다(표 1).

생명의 중심원리를 포함한 유전자 발현에 대한 내용은 교수요목기에서부터 2차 교육과정의 고등학교 과정까지는 제시되고 있지 않지만, 이와 관련된 품종 개량에 대한 내용이 제시되어있다. 3차 교육과정에서는 세포분열과 유전법칙만을 제시하고 품종 개량 등에 대한 내용은 빠져있다.

유전자 발현 및 유전 공학과 관련한 내용은 4차 교육과정에서부터 제시되어왔으며, 그 내용은 5차 교육과정을 제외하고는 대체적으로 생물Ⅱ에서만 제시하였다. 5차 교육과정에서는 유전자 발현과 유전 공학 내용이 생물Ⅰ과 고급생물에서 제시되었다(표 1).

<표 1> 교수요목기 ~ 7차 과학과 교육과정의 유전 관련 단원 및 개념

교육과정	내용		
교수요목기	고급 중학교 1-2학년 과학과(생물)	고등중학교 과학과(생물) 3학년 선택용	
	ⅩⅢ. 생식 : 무성생식, 유성생식, 생식세포 분열, 수정작용, 성의 결정 ⅩⅣ. 발생과 생장 ⅩⅪ. 유전과 변이 : 유전형질과 유전단위, **유전의 법칙**, 변이, 유전의 종류, 유전과 염색체, 유전과 환경, 인류의 유전	Ⅳ. 생식발생과 생장 : 세포, 세포분열, 체세포와 생식세포의 분열, 유성생식, 수정, 조직 분화, 기관형성, 생장, 무성생식 Ⅴ. 유전과 변이: **분리의 법칙**, 염색체 급 유전자와 유전형질, 품종개량	
1차	중학교 3학년	고등학교 생물	
	과학의 발달로 생물은 어떻게 개량되나? : 품종개량, 생식법, **유전법칙**, 유전과 생식	1. 생물의 형태와 기능 : 세포, 세포분열, 재생 5. 생물의 종족 유지와 진화 : 생식방법, 생식세포, 수정과 발생, 유전과 변이, 유전의 기구, **염색체와 유전자**, 성과 유전, 돌연변이, 품종개량	
2차	중학교 3학년	생물1	생물2
	7. 생물의 발달 (1) 생물의 번식	(8) 생식과 발생 무성 생식과 유성	(1) 생물체의 구조 세포와 원형질, 조

	번식의 방법, 발생 (2) 유전과 변이 **유전 법칙**, 유전의 얼개, 유전과 환경, 돌연 변이, 사람의 유전 (3) 품종 개량	생식, 성세포, 수정, 세대의 교번과 핵상 교번, 성장과 변태 (9) 유전과 변이 **유전 법칙**, 여러 가지 유전 현상, 암수의 결정, 변이	직, 기관 (4) 생식과 발생 배의 발생, 발생의 기구 (5) 유전과 변이 **유전학의 응용(품종 개량, 우생 등)**	
3차	중학교 3학년	생물		
	6) 생명의 연속성 세포를 바탕으로 생식, **유전 현상** 및 생명의 연속성을 알게 한다. 가) 세 포 나) 생식과 발생 다) **유전과 진화**	1) 생물체의 다양성 2) 생명체의 구조와 기능 : 세포와 세포의 모임 4) 생명의 연속성 : 생식, 발생, **유전**		
4차	3학년	생물1	생물2	
	라) 생명의 연속성 : 세포분열, 무성생식, 유성생식, **멘델의 유전법칙**, 변이, 사람의 유전, 생식과 발생	3) 생식과 발생 체세포 분열, 감수분열, 생식 세포의 형성, 사람의 생식, 수정, 발생 과정과 분화, 유전 : **유전 법칙**, 염색체, 연관과 교차, 성의 결정, 돌연변이	1) 세포 : 세포 내 소기관의 구조와 기능 4) 유전 : **유전물질과 핵산, DNA 복제, 유전정보 전달**, 형질 발현, 오페론설, 유전자의 재조합, 집단유전	
5차	3학년	과학1	생물1	고급생물
	나) 생명의 연속성 (1) 세포 분열 (2) 생식과 발생 (3) 유전과 진화 세포 분열, 무성 생식, 유성 생식, 수정, 발생, **멘델의 법칙**, 변이, 사람의 유전, 진화의 증거, 진화설을 다룬다.	4) 생명의 연속성 ⑴ 세포 분열: 체세포 분열, 생식 세포 분열 ⑵ 생식: 생식 세포의 형성, 사람의 생식 ⑶ 발생: 수정, 발생 과정과 분화 ⑷ 유전: **멘델의 실험**, 연관과 교차, 사람의 유전, 돌연 변이	1) 세포 : 세포의 구조와 기능 3) 유전 : **유전물질, DNA 구조, DNA복제, 유전 정보의 전달, 형질 발현의 조절,** 유전공학의 개념, 유전 공학 활용	1) 생물체를 구성하는 물질 7) 유전 물질 : 염색체와 유전자, DNA 구조, DNA 복제, 염색체의 구조 8) 유전 형질의 발현 : **형질 발현 과정, 형질 발현의 조절, 합성된 단백질의 변형과 이용** 9) 유전 공학 : 세포 융합, 핵치환, 유전자 재조합
6차	3학년	공통과학	생물1	생물2
	(3) 유전과 진화	(5) 생명	(1) 생물의 특성	(1) 생물의 특성

	체세포 분열, 감수 분열, 생식, 수정과 발생, **유전 법칙**, 돌연변이, 사람의 유전	: 생식, **유전**	: 생물과 무생물, 세포의 구조와 기능, 생물체의 유기적 구성 (4) 생물학의 발달과 인간 : 생물학의 중요한 발견이 인류에 미친 영향(진화론, 병원체의 발견, **유전 법칙**, 유전자 등), 현대 생물학과 인간의 미래	: 생물과 무생물, 세포의 구조와 기능, 생물체의 유기적 구성, 핵과 세포질의 성분과 특성, 효소 (4) 생명의 연속성 : 세포 분열, 수정과 발생, **유전 법칙**, **유전자와 형질 발현**, 유전학의 응용, 집단 유전과 진화
	9학년	공통과학	생물1	생물2
7차	(1) 생식과 발생 : 생장, 번식, 염색체, 체세포 분열, 생식세포 분열 (8) 유전과 변화 : **멘델의 유전법칙**, 중간유전, 사람의 유전 연구	(4) 생 명 (다) 생 식	(7) 생식과 발생 : 생식세포 분열, 인공 수정 (8) **유 전** : 염색체와 유전자의 관계, 사람의 유전 형질과 염색체 이상	(1) 세포의 특성 : 세포의 구조 (3) 생명의 연속성 : 세포 분열과 세포 주기, 염색체, 연관과 교차, 핵산의 구성성분, DNA 구조, **자기복제과정, 유전자의 역할**, **유전 정보의 저장과 전달**, **단백질 합성, 유전자 발현의 조절** (5) 생물학과 인간의 미래 : 생명 공학(세포 융합, 핵치환, 유전자 조작)

종합하면, 우리나라 중등학교 과학과 교육과정에서는 주로 세포 분열과 멘델의 유전법칙에 대한 내용은 중학교 수준에서, 유전자 발현에 대한 내용은 고등학교 고학년 수준에서 제시하여 왔다고 볼 수 있다. 이것을 통해 DNA가 생물의 형질을 결정한다는 것과 한 세대에서 그 다음 세대로 전달된다는 두 가지 기본 기능에 대한 내용이 위계적으로 제시되어 왔음을 알 수 있었다.

2. 2009 개정 교육과정

2009 개정 교육과정의 중등 과학 교과가 다루고 있는 내용 및 개념은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 2009 개정 과학과 교육과정의 유전관련 단원 및 개념

교과	중학교 과학	고등학교 과학	생명과학Ⅰ	생명과학Ⅱ
내용	중학교 3학년 - 생식과 발생 : 무성생식, 유성 생식, 체세포 분열, 생식세포 분열, 염색체와 유전자의 관계, 수정과 발생 - 유전과 진화 : **멘델의 유전 법칙**, 유전 연구와 유전 현상의 이해	Ⅲ. 생명의 진화 1. 생명의 탄생 : 생명의 기본 요소, DNA, 단백질, 세포막의 구조 3. 생명의 연속성 : 유전자와 염색체, **유전 암호, 세포 분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달** Ⅴ. 인류의 건강과 과학 기술 1. 식량자원 : **육종** 3. 첨단 과학과 질병치료 : 암의 발생과 진단, 치료	1. 생명 과학의 이해 2. 세포와 생명의 연속성 : 세포와 세포 분열(세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체), **유전(멘델 법칙, 사람의 유전 형질,** 유전 형질의 발현(염색체 이상과 유전자 이상)	Ⅰ. 세포와 물질대사 1. 세포의 특성 : 핵, 원핵 세포와 진핵 세포의 비교 Ⅱ. 유전자와 생명공학 1. **유전자와 형질 발현 : 유전 정보의 특성, DNA의 복제, 유전 형질의 발현, 유전자 발현의 조절** 2. **생명 공학** : 생명 공학의 기술과 이용

이전의 교육과정과 유사한 패턴으로 2009 개정 과학과 교육과정의 중학교 과학 교과에서는 세포분열과 멘델의 유전 법칙을 제시하고 있다. 하지만 이전 교육과정과는 다르게 고등학교 과학 교과에는 유전자의 전달에 대한 내용 뿐 만 아니라, 유전자의 발현 및 생명공학 기술에 대한 내용을 포함시킴으로써 보다 이른 시기에 유전정보 발현과 전달, 두 개념을 모두 학습할 수 있는 가능성을 제공하였다.

이기순(2015)은 미국, 영국, 싱가포르와 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정을 비교한 연구에서 우리나라의 교육과정에서는 염색체와 유전자에 대한 성취목표가 명시되어있고 중학교 3학년부터 고등학교 3학년에

이르기까지 반복적이고 체계적으로 학습할 수 있도록 구성되어 있으나 세포와 단백질에 대한 학습이 부족하고 유전과의 연계성이 드러나지 않았다고 주장하였다. 특히 단백질과 유전정보에 대한 연관성을 설명하고 있지 않아 유전과 형질간의 관계를 이해하기 어려울 수 있으며, 돌연변이와 환경의 영향에 대한 내용이 10, 11학년의 영역별 내용에 제시되어 있지만 유전자와 단백질 간의 관계를 이해하기는 어려울 것이라고 주장하였다. 반면 유전정보의 전달과 관련하여서는 멘델의 유전법칙을 반복적으로 그리고 심화하여 제시하고 있다고 하였다.

종합하면, 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정은 유전물질의 형질 발현 기능과 한 세대에서 그 다음 세대로 정보를 전달하는 두 가지 기본 기능을 모두 포함하고 있으며, 이전 교육과정과는 다르게 비교적 이른 시기에 형질 발현 기능에 대해 학습할 수 있도록 하고 있다. 특히, 유전물질의 두 가지 핵심 개념이 위계적으로 제시되어 있지 않고, 한 단원에서 종합적으로 다뤄지고 있다는 것이 특징이다. 생명과학 I 과 연관 지어서 유전자-염색체의 관계, 멘델의 유전법칙과 관련된 것은 비교적 체계적으로 제시되어 있다고 할 수 있으나, 교육과정 전반적으로 단백질에 대한 내용이 부족하고 단백질과 유전, 유전자-염색체와 유전간의 연계성이 부족하다. 이에 따라 학생들은 유전물질의 세대 간 정보 전달 개념에 대해서는 비교적 체계적으로 학습할 수 있는 반면, 유전자 발현 기능과 관련한 개념 학습의 경우 어려움을 겪을 수 있다.

제 3 절 용어의 정의

유전학(Genetics)이란 용어는 베이트슨이 멘델의 유전학을 번역하여 세상에 알리면서 사용하기 시작하였다. 멘델의 연구 결과가 세상에 알려진 이후 요한슨이 유전의 단위로서 유전자를 사용하기 시작하였고, 유전자가 한 세대에서 그 다음세대로 전달될 때 나타나는 특성이나 우성과 열성과 같은 개념에 대한 연구가 주를 이루었다. 하지만 그 당시에는 유

전자가 구체적으로 어떻게 역할을 하는지에 대해서는 알 수 없었다 (Allen, G. E., 2003).

20세기 중반, 왓슨과 크릭이 DNA의 구조를 밝혀내고, DNA로부터 RNA를 거쳐 단백질이 합성되는 과정과 단백질에 대한 학문인 단백질학이 생겨나면서 유전 현상을 포함한 다양한 생명 현상을 분자수준으로 해석할 수 있게 되었다.

Dahm(2008), Smith 등(1992)은 멘델의 유전학을 고전적인 유전학(Classical Genetics)로 보았으며, Duncan 등(2009)는 고전유전학으로 설명되곤 했던 유전학적 패턴을 포함하여 분자적 메커니즘과 세포 수준의 메커니즘까지로 확장된 것을 현대 유전학으로 보았다. 김은희 등(2009)은 과학사적으로 유전학을 멘델 이전의 시대, 멘델의 시대, 모건의 시대, 크릭과 왓슨의 시대로 구분한 바 있다.

이처럼 유전학이란 용어는 시대에 따라 다양한 의미를 가지고 있다. 이 논문은 유전자의 형질 발현 기능 및 세대 간 정보 전달 기능을 모두 포괄하는 유전학의 핵심개념에 대한 내용을 다루고 있으므로, 멘델의 유전법칙, 왓슨과 크릭에 의해 밝혀진 DNA 구조 및 생명의 중심원리를 모두 포함하여 유전학으로 구분하며, 유전학 중 분자 수준의 내용을 분자 생물학으로 칭하기도 하였다.

제 3 장 연구 내용 및 방법

제 1 절 연구 대상

2009 개정 교육과정의 유전학 학습 효과 및 영향을 알아보기 위하여 서울 소재의 일반계 고등학교 두 곳(A, B)을 선정하고, 개념 검사지를 활용하여 학생들의 유전학 개념에 대한 이해 수준을 조사·분석하였다.

A 고등학교 1학년 학생은 전학생 일부를 제외하고는 과학 교과(S)만을 이수하였으며, A 고등학교 2학년 학생은 과학 교과와 생명과학Ⅰ(SBI)을 이수하였다. B 고등학교 1학년 학생은 과학교과를 이수하지 않고 생명과학Ⅰ(BI)을, B 고등학교 2학년(자연계)은 생명과학Ⅰ과 생명과학Ⅱ(BIBⅡ)를 이수하였다. 설문지 조사에 응한 학생 수는 모두 393명이었으나, 이 중에서 모든 검사에 참여하지 않았거나 불성실하게 응답한 학생 52명의 응답 결과를 제외하였다. 그 결과 최종 연구 대상은 총 341명이며, 그 구성은 <표 3>과 같다.

<표 3> 연구 대상의 구성

이수과목	과학(S)	생명과학Ⅰ (BⅠ)	과학, 생명과학Ⅰ (SBI)	생명과학Ⅰ, 생명과학Ⅱ (BIBⅡ)	전체
A	141	1	71	-	212
B	-	64		64	128
전체	141	65	71	64	341

(단위 : 명)

제 2 절 연구 방법

1. 개념 검사지의 개발

유전학의 기본 개념에 대한 학생들의 이해도와 이해 수준을 알아보기 위하여 개념 검사지를 개발하였다. 개념 검사지를 개발할 때에는, 학생들이 사용하는 교과서 및 선행 연구에서 공통적으로 나타나는 유전자, DNA, 단백질, 염색체를 핵심 개념으로 정한 후, 이 개념들과 관련된 선행 연구에서 사용된 검사지를 참고하였다(Lewis and Wood-Robinson, 2000; Marbach-Ad & Stavy, 2000; Marbach-Ad, 2001; Aronson & Silveira, 2009). 검사지는 유전자, DNA, 염색체, RNA, 단백질의 구조와 기능 등에 대한 T/F형 문항(48 문항), 각 물질 간의 관계를 어떻게 이해하고 있는지를 확인하는 서술형 문항(4 문항), 유전 현상을 해석하는 능력을 보기 위한 선택형 문항(6 문항)으로 구성하였다. 서술형 문항을 제외한 모든 문항에는 '모름'을 선택할 수 있게 하여 임의 선택을 방지하였다. 생물교육전문가 1인, 분자세포생물학 연구실의 박사과정 5인과 고등학교 생명과학 교사 10인의 검토를 통해 타당도를 검증 받았으며, 연구를 위한 실제 조사에 참여하지 않은 경기도 지역 고등학생을 대상으로 한 pilot test를 거쳐 검사지를 수정한 후 사용하였다.

2. 개념 이해도 및 이해수준 분석

연구 대상 학생들에 대한 유전학 개념 이해도 조사는 각 교과 이수가 끝난 시점인, 2015년 1월에서 2월에 걸쳐 서울특별시에 소재한 두 일반 인문계 고등학교에서 각각 진행되었다. 학생들의 개념 별 이해도와 이해 수준을 분석하기 위하여, 서술형을 제외한 개념검사지의 각 문항을 개념의 내용과 수준으로 분류한 후, 각 문항 또는 문항군에 대한 연구 대상

집단의 정답률을 조사하였다. 각 문항과 관련된 개념의 내용과 수준 분류에는 Duncan 등(2009)의 유전학습 발달과정 연구에서 제시된 개념의 분류와 내용 수준을 <표 4>와 같이 수정하여 사용하였다. 유전학 관련 개념을 유전정보의 위치와 구성(A), 유전정보의 기능과 발현(B), 단백질의 구조와 기능(C), 유전정보의 전달과 다양성(D)으로 구분하였으며, 각각의 내용 수준에 따라 이해하기 쉬운 것부터 1, 2, 3의 세 수준으로 나누었다. 서술형 문항은 답변 내용을 위와 같은 분류 기준으로 구분한 후, 각 수준에 해당하는 응답 비율을 조사 하였다.

각 문항 또는 문항군에 대한 정답률의 통계 분석에는 SPSS 20.0 프로그램을 사용하였으며, 대상 집단에 따른 문항군의 평균 정답률에 대해서는 일원배치 분산분석(F검정)을, 각 문항에 대한 정답률에 대해서는 교차분석(카이제곱검정)을 수행하여 집단 간에 이해도의 차이가 나타나는 개념과 차이가 나타나지 않는 개념을 확인하였다.

<표 4> 유전학 개념의 종류와 수준

핵심개념	수준	내용
A. 유전 정보의 위치와 구성	1	모든 생물은 세포에 유전자(유전정보)를 갖는다.
	2	유전정보는 염색체에 저장되어 있다
		유성생식을 하는 생물에서 염색체는 쌍을 이룬다.
		한 개체 내의 모든 세포는 생식세포를 제외하고 같은 염색체 세트를 가진다.
	3	유전자는 DNA 분자 내의 염기 서열이다
		DNA 분자가 염색체를, 염색체가 유전체를 구성한다.
B. 유전 정보의 기능과 발현	1	유전자는 생물이 어떻게 자라고 발달하며 기능하는지에 대한 정보를 가지고 있다
		환경은 생명체의 형질에 영향을 미칠 수 있다.
	2	유전자는 생체 내 기능을 담당하는 분자(대부분 단백질)를 만드는데 필요한 정보를 가지고 있다
		유전정보의 변화는 단백질의 구조 변화를 통해 기능에 영향을 미칠 수 있다.
		환경은 생명체 내의 단백질의 종류와 양에 영향을 주어 세포 기능에 영향을 줄 수 있다.
	3	유전 암호는 단백질을 구성하는 아미노산 서열로 번역된다.
		한 개체에서 모든 세포의 유전정보는 동일하지만, 사용(발현)되는 유전자는 서로 다르다.
		환경 요인은 유전자 발현이나 단백질의 기능에 영향을 주어 형질에 영향을 미칠 수 있다.
		유전자 돌연변이는 단백질의 구조와 기능에 영향을 미쳐 형질에 영향을 준다.
C. 단백질의 구조와 기능	1	세포는 생존을 위해 여러 가지 필수 기능을 수행 한다.
		서로 다른 세포들의 구조와 기능에는 공통점과 차이점이 있다.
	2	단백질은 세포에 필요한 기능을 수행하는 작은 기계와 같이 작용 한다
		단백질은 기능에 적합한 모양과 성질을 가지며, 다양하다.
		단백질에는 모든 세포에 필요한 기본적인 종류와, 세포 고유의 기능을 담당하는 종류가 있다.
	3	단백질은 아미노산 서열에 의해 결정되는 고유한 입체 구조를 갖는다.
		단백질은 그들이 가지는 고유한 성질에 따라 서로 다른 여러 종류의 기능을 수행한다.
D. 유전 정보의 전달	1	모든 생물은 생식을 통해 유전정보를 자손에게 전달한다.
		세포는 분열하여 동일한 유전정보를 가지는 새로운 세포를 만든다.
		유성생식을 하는 생물에서 각 부모는 다음 세대가 가지는 유전정보의 절반을 제공한다.
		형질은 다양하며, 개체 간에는 유전정보의 차이에 기인하는 형질의 변이가 있다.
	2	세포 분열 이전에 유전정보가 복제되며, 두 딸세포 각각은 두 세트의 염색체를 갖는다.
		감수분열에서 염색체 세트가 분리되어, 각 생식세포는 한 세트의 염색체만을 갖는다.
		유전자에는 변이가 존재하며, 대립유전자들은 각 염색체의 같은 좌위에 위치한다.
		유전자 변이(대립유전자의 종류)와 표현형 사이에는 특정한 상관관계가 있다.
	3	DNA 복제는 오류를 막기 위해 정확히 조절된다.
		감수분열 과정에서 염색체의 교환, 무작위 분리가 일어나 유전적 다양성이 증가한다.
		우성과 열성의 유전적 관계는 유전자 산물의 기능과 상호작용으로 설명될 수 있다.

제 4 장 연구결과 및 논의

제 1 절 개념의 종류와 수준에 따른 학습자 이해도 분석

2009 개정 교육과정을 통해 학습한 고등학교 학생들이 유전학 개념을 어떻게, 어떤 수준으로 이해하고 있는지와 학생들이 이수 과목에 따라 유전학 개념의 이해 정도에 차이가 나타나는지를 확인하기 위하여 서울특별시에 소재한 두 고등학교에서 과학 만 이수한 학생(S), 과학과 생명과학Ⅰ을 모두 이수한 학생(SBI), 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생(BI), 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생(BIBⅡ)들을 대상으로 유전학 개념의 이해도를 조사하고 그 정답률을 비교하였다(표 5).

그 결과 '유전정보의 위치와 구성(A)'과 관련된 문항에 대해서는 과학만을 이수한 학생, 과학과 생명과학을 이수한 학생, 생명과학Ⅰ과 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 등 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생을 제외한 모든 그룹에서 73% 이상의 높은 정답률을 나타냈으며, 특히 높은 수준의 개념(A3)에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과의 정답률의 차이가 더 크게 나타났다.

'유전정보의 기능과 발현(B)'이나 '단백질의 구조와 기능(C)', '유전정보의 전달(D)'에 관련된 낮은 수준의 개념에 대한 문항(B1, C1, D1)에서는 모든 집단의 정답률이 최소 74.11%로 비교적 높게 나타났다. 반면 '유전정보의 기능과 발현'에 관련된 높은 수준의 개념(B2, B3)에 대한 문항들의 정답률은 과학을 이수한 학생들(S, SBI)이 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생들(BI)에 비해서는 높게 나타났으나 그 차이가 유의한 수준은 아니었으며, 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생들에 비해서는 현저히 낮게 나타났다. '단백질의 구조와 기능(C)'에 관련된 문항에서는 중간 수준(C2)의 경우 이수 과목에 따른 집단 간의 차이가 나타나지 않고 모두에게서 정답률이 낮게 나타났으며, 높은 수준(C3)의 경우 생명과학Ⅱ 이수

자의 정답률이 95%의 유의수준에서 더 높게 나타났다. ‘유전정보의 전달(D)’에 관련된 높은 수준의 문항(D2)에 대해서는 생명과학Ⅱ를 이수한 학생을 제외하고 전반적으로 정답률이 낮게 나타났으며, 특히 과학만을 이수한 학생들은 생명과학Ⅰ을 학습한 학생(SBI, BI)에 비해서도 매우 낮은 정답률을 나타냈다.

<표 5> 유전학 개념의 종류와 수준에 따른 학생 집단의 정답률

문항군 \ 집단	S(a)	SBI(b)	BI(c)	BIBII(d)	전체	F	p	사후검정
A. 유전정보의 위치와 구성(10)	77.66	77.75	66.15	79.84	75.89	10.420	.000***	a, b, d > c^S
A 2(4)	73.05	75.7	66.92	76.17	73.02	2.453	.063	-
A 3(6)	80.73	79.11	65.64	82.29	77.81	11.966	.000***	a, b, d > c^S
B. 유전정보의 기능과 발현(14)	59.17	61.07	54.07	75.89	61.73	16.312	.000***	d > a, b, c^S
B 1(3)	76.12	87.32	81.54	86.46	81.43	5.259	.001**	b, d > a^D
B 2(3)	50.83	54.93	43.59	74.48	54.74	14.417	.000**	d > a, b, c^S
B 3(8)	55.94	53.52	47.69	72.46	56.96	12.687	.000***	d > a, b, c^S
C. 단백질의 구조와 기능(8)	64.80	67.78	67.88	73.83	67.71	4.215	.006**	d > a^S
C 1(4)	88.83	90.85	88.85	93.75	90.18	1.411	.239	-
C 2(2)	44.68	45.77	51.54	47.66	46.77	.683	.563	-
C 3(2)	36.88	43.66	42.31	60.16	43.70	6.425	.000*	d > a, c^S
D. 유전정보의 전달(14)	50.00	62.78	63.96	76.67	60.33	32.117	.000***	d > b, c > a^S
D 1(6)	74.11	82.86	82.56	86.2	79.81	6.147	.000*	b, c, d > a^D
D 2(8)	31.91	47.71	50.00	69.53	45.71	40.502	.000***	d > b, c > a^S

D : Dunnett T3, S : Scheffe
p^*<.05 p^{**}<.01 p^{***}<.001
S, 과학 이수자; SB1, 과학、생명과학Ⅰ 이수자; B1, 생명과학Ⅰ 이수자; B1B2, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

이러한 결과를 종합해 보면 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과는 ‘유전정보의 위치와 구성’에 관련된 개념 학습에서는 효과적이었던 반면, ‘단백질의 구조와 기능’, ‘유전정보의 전달’에 관한 개념 학습에서는 학습 효과가 매우 낮았으며 ‘유전정보의 기능과 발현’에 관련된 개념의 학습에는 제한적인 학습 효과가 있는 것으로 보였다. 2009 교육과정의

고등학교 과학 교과에서는 ‘생명의 진화’ 단원과 ‘인류의 건강과 과학기술’ 단원에서 단백질, 염색체, 유전자, DNA, 유전암호, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 다양성 등 유전학 개념들을 포괄적으로 다루도록 내용 체계와 성취기준이 제시되어 있다. 그럼에도 불구하고 과학 과목을 이수한 학생들의 개념 이해도는 ‘유전정보의 위치와 구성’에 관련된 개념 이외에는 높지 않은 것으로 나타났다. 또‘유전정보의 전달’과 관련된 개념들은 2009 개정 교육과정의 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I 에서 세포 분열 및 멘델의 유전 법칙에 대한 개념이 다루어지도록 되어 있으나, 과학을 이수한 학생 뿐 만 아니라 과학과 생명과학 I 을 이수한 학생들에서도 유전정보의 전달에 관한 중간 수준 이상의 개념에 대해서는 이해도가 높지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 교육과정상의 내용 체계와 학생들의 이해수준이 일치하지 않는 현상에 대한 원인과 학생들의 개념 이해도에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위하여, 개념 별로 각각의 문항에 대한 학생들의 이해도를 구체적으로 살펴보았다.

제 2 절 '유전정보의 위치와 구성' 관련 개념의 이해도

'유전 정보의 위치와 구성' 관련 개념에 대한 개념검사지의 문항은 총 10개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 6>과 같다.

<표 6> '유전 정보의 위치와 구성' 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
A1	유전자의 구성 성분은 무엇인가?	2	80.9	95.8	64.6	93.8	83.3	29.87	.000
A2	상동염색체는 크기와 모양이 같다.	2	78.7	87.3	78.5	85.9	81.8	3.58	.311
A3	유전자는 염색체의 한 부분이다.	2	78.0	76.1	78.5	75.0	77.1	.34	.953
A4	단백질은 염색체를 구성한다.	2	54.6	43.7	46.2	50.0	49.9	2.72	.437
A5	DNA는 두 가닥이 꼬여있는 이중나선 구조를 하고 있다.	3	94.3	100.0	96.9	100.0	97.1	7.81	.050
A6	DNA의 당-인산 골격에는 정보가 없다.	3	58.2	56.3	29.2	57.8	52.2	17.04	.001
A7	DNA 한 가닥의 정보를 알면, 반대쪽 가닥의 정보도 알 수 있다.	3	76.6	80.3	41.5	84.4	72.1	38.79	.000***
A8	DNA는 염색체를 구성한다.	3	89.4	94.4	87.7	92.2	90.6	2.27	.517
A9	DNA의 구성단위는 무엇인가?	3	78.0	84.5	81.5	95.3	83.3	9.68	.021
A10	모든 생물이 DNA를 갖는다.	3	87.9	59.2	56.9	64.1	71.6	32.57	.000***

p*<.05, p**<.01, p***<.001

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

DNA가 이중나선 구조(A5)를 하고 있고, 염색체를 구성한다(A8)는 것과 상동염색체의 정의(A2), 유전자가 염색체의 한 부분을 차지하고 있다(A3)는 것에 대해서는 이수한 과목과 상관없이 모든 집단에서 높은 정

답률(75.0~100%)을 나타낸 반면, DNA가 뉴클레오티드로 구성되어 있다(A1)는 것, DNA의 구조와 구체적인 정보저장 방법(A6), 염기쌍의 상보적 결합(A7)에 관한 문항에 대해서는 과학 이수자와 생명과학Ⅱ이수자가 생명과학I 이수자에 비해 높은 정답률을 나타냈다(표 6). 유전자와 염색체에 대한 기본 개념들은 중학교 과학에서도 제시되는 개념이며, 고등학교에서도 과학(생명의 탄생, 생명의 연속성), 생명과학Ⅰ(세포와 세포분열), 생명과학Ⅱ(유전자와 형질발현)에서 반복 설명하고 있어 많은 학생들에게 익숙한 개념인 것으로 생각된다. 반면에 DNA의 분자구조에 기초한 상보적인 염기쌍 구조나 염기서열을 통한 정보 저장 방법 등에 대한 내용은 생명과학I에서는 다루고 있지 않아 생명과학I 만을 이수한 학생들이 이해하기는 어려웠을 것으로 여겨지며, 과학을 이수한 학생들이 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생들과 유사한 정도로 높은 정답률을 나타냈다는 사실은 과학 과목 학습이 이들 개념의 이해에 효과적이었음을 의미한다.

한편 단백질이 염색체의 구성성분(A4)이라는 문항에 대한 정답률은 다른 문항의 정답률과 비교하였을 때 모든 학생 집단에서 낮게 나타났다. 염색체가 DNA와 단백질로 구성되어 있다는 설명이 염색체의 뉴클레오솜 구조 그림을 포함하여 과학, 생명과학I 및 생명과학Ⅱ 교과서에 모두 실려 있다는 점에서 50%에 가까운 학생들이 단백질이 염색체의 주요 구성 성분임을 인지하지 못하고 있다는 것은 주목할 만한 결과이다.

이러한 원인으로는 염색체를 구성하는 DNA가 유전정보를 저장하는 기능을 한다는 사실에 대해서는 교과서의 여러 부분에서 잘 설명되어 있는 반면, 단백질에 대해서는 단순히 염색체를 구성하는 요소로만 소개할 뿐 염색체를 구성하는 단백질이 어떤 기능을 하는지에 대한 구체적인 설명이 없다는 것을 들 수 있을 것이다. 염색체를 구성하는 주요 단백질인 히스톤은 DNA와 함께 뉴클레오솜을 형성하여 염색질 구조를 형성함으로써, DNA를 핵이라는 작은 공간에 들어갈 수 있도록 응축시키면서도 필요한 유전정보를 쉽게 꺼내 사용할 수 있도록 접근성을 유지시키는 매

우 중요한 역할을 담당하고 있다. 히스톤과 같이 염색체를 구성하는 주요 단백질의 기능과 중요성에 대한 내용이 추가된다면 염색체의 구성에 대한 개념을 학생들이 이해하는데 큰 도움이 될 것이다.

또한 DNA의 당-인산 골격이 정보를 저장하는가(A6)에 대한 정답률도 과학, 과학과 생명과학I, 생명과학Ⅱ 이수자에서 각각 58.2%, 56.3%와 57.8%로 다른 문항에 비해 낮았던 반면, 염기쌍의 상보적인 결합(A7)에 대해서는 상대적으로 높은 정답률을 나타낸 것으로 보아 학생들은 당-인산-염기로 이루어진 DNA의 분자구조와 입체구조에 대한 이해를 바탕으로 염기쌍의 상보적인 결합을 이해한 것이 아니라 단순히 염기쌍이 상보적인 결합을 한다는 사실을 암기한 것으로 여겨진다.

한편 모든 생물이 DNA를 갖는다(A10)는 것에 대해서는 과학을 이수한 학생 집단에서 정답률이 가장 높게 나타났는데, 이는 생명과학Ⅰ에서 바이러스가 유전물질로 RNA를 가질 수 있다는 내용을 제시하기 때문인 것으로 여겨진다.

학생들이 유전물질의 관계를 어떻게 이해하고 있는 지를 구체적으로 확인해보기 위해 DNA와 유전자의 관계를 묻는 주관식 문항에 대한 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하여 응답 비율을 비교하여 보았다. 유전자와 DNA가 동일한 물질이라는 응답은 A1로, 유전자가 DNA로 구성된 염색체에 존재하며 염색체의 일부를 차지한다는 응답은 A2로, 유전자가 DNA 내의 특정 염기 서열의 일부 또는 DNA 중에서 특정 정보를 가지고 있는 부분이라는 응답은 A3으로 구분하였다. 또한 일부 유전자와 DNA가 공통적으로 한 세대에서 다음 세대로 전달되는 물질이라는 응답은 D1으로 구분하였다. 무응답이나 둘 사이에는 관계가 없다는 등의 모든 틀린 응답은 W(오답)으로 분류하였다. <표 7>에 나타난 바와 같이 생명과학I과 Ⅱ를 모두 이수한 집단에서는 오답자의 비율이 43.8%로 가장 낮은 반면 가장 수준 높은 응답(A3)을 한 학생의 비율이 23.4%로 가장 높게 나타난 것으로 보아 DNA와 유전자의 관계에 대해 가장 이해수준이 높은 것으로 여겨진다. 생명과학Ⅰ 만을 이수한 집단에서는

다른 집단에 비해 오답의 비율은 가장 높았고(70.8%) 가장 수준 높은 응답(A3)을 한 학생의 비율은 가장 낮아서(3.1%) 이들 개념에 대한 이해수준이 이 세 집단 중 가장 낮은 것으로 나타났다.

과학과 생명과학Ⅰ 이수자 간에 유의한 차이가 있는 것은 아니었으나, 절대적인 응답 수를 비교하면 과학 이수자에서 더 높은 수준의 응답 빈도가 더 많았다는 것을 통해 유전자와 DNA의 관계를 학습하는데 있어서 과학 교과가 보다 높은 수준의 내용을 이해하는데 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. 대부분의 학생들은 유전자와 DNA가 유전물질로서 역할을 한다는 것은 인지하고 있었으나 그 둘을 구분하지는 못하였다. 과학, 생명과학Ⅰ 교과서 상에 DNA의 일부분이 유전자로서 작용하고 있음이 그림을 통해 명시되어 있음에도 불구하고 학생들은 이 사실에 대해 거의 기억하지 못하고 있다. 특히, 과학을 이수한 후 생명과학I을 이수한 학생들의 경우 과학만을 이수한 학생들과 비교하였을 때, 유전자와 DNA의 관계에 대해 설명하기를 더 어려워하였다. 이것은 생명과학I의 교과가 DNA와 유전자 자체의 특성에 대해 집중하여 학습하기 보다는 유전 정보의 전달자로서의 역할을 더 학습하기 때문인 것으로 보인다.

<표 7> 유전자-DNA의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준					전체
			A1	A2	A3	D1	W	
집단	S	응답수(명)	9	27	14	6	85	141
		비율(%)	6.4	19.1	9.9	4.3	60.3	100.0
	SBI	응답수(명)	0	14	3	10	44	71
		비율(%)	.0	19.7	4.2	14.1	62.0	100.0
	BI	응답수(명)	4	11	2	2	46	65
		비율(%)	6.2	16.9	3.1	3.1	70.8	100.0
	BIBⅡ	응답수(명)	5	14	15	2	28	64
		비율(%)	7.8	21.9	23.4	3.1	43.8	100.0
전체		응답수(명)	18	66	34	20	203	341
		비율(%)	5.3	19.4	10.0	5.9	59.5	100.0

A1, 유전자와 DNA는 동일한 물질이다; A2, 유전자와 DNA는 염색체를 구성한다; A3, 유전자는 DNA 서열의 일부이다; D1, DNA와 유전자는 다음세대로 전달되는 물질이다; W, 무응답 및 오답
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

이상의 결과를 종합해 보면 과학을 이수한 학생들은 '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념을 잘 이해하고 있어 생명과학 Ⅱ를 수강한 학생들과 유사한 이해 수준을 나타내었으며, 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생과 비교하였을 때 DNA의 구조와 유전정보의 저장 방법, 상보적인 염기쌍 형성 등에 대한 이해도가 현저히 높게 나타났다. 따라서 과학 교과가 이들 개념의 학습에 매우 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 대부분의 학생들이 유전자와 DNA의 관계를 분명하게 모르는 것으로 보아 DNA의 정보 저장 방식과 그 특성에 대한 학습에서는 부족함이 나타났다. 또한, '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념 중 DNA의 분자 구조와 염색체를 구성하는 단백질에 대한 이해도가 모든 학생 집단에서 나머지 개념에 비해 현저히 낮음을 확인할 수 있었으며, 따라서 향후 이들 개념의 이해를 증진시킬 수 있는 방향으로 교육과정 또는 교과서 내용이 개선되어야 할 것이다.

제 3 절 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념의 이해도

'유전정보의 기능과 발현'에 관한 문항은 총 14개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 8>과 같다.

<표 8> 유전정보의 기능과 발현 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
B1	유전자는 생물의 형질에 영향을 준다.	1	81.6	94.4	87.7	95.3	88.0	11.49	.009
B2	DNA는 자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.	1	70.9	83.1	75.4	76.6	75.4	3.84	.280
B3	생물마다 염색체의 수는 다르다.	1	75.9	84.5	81.5	87.5	80.9	4.72	.194
B4	유전자는 단백질을 만들 수 있는 정보 단위이다.	2	30.5	39.4	35.4	51.6	37.2	8.60	.035
B5	생물에서 기능하는 물질에 대한 정보는 DNA가 저장하고 있다.	2	56.7	56.3	24.6	82.8	55.4	44.53	.000
B6	유전자의 정보는 절대 변화하지 않는다.	2	65.2	69.0	70.8	89.1	71.6	12.64	.005
B7	개체 간 형질 차이와 염기서열의 관계	3	58.9	54.9	52.3	71.9	59.2	6.08	.108
B8	DNA의 정보는 변화될 수 있다.	3	63.1	73.2	63.1	79.7	68.3	7.20	.066
B9	유전 정보가 바뀌면 단백질의 기능에 변화가 생길 수 있다.	3	52.5	62.0	52.3	64.1	56.6	3.75	.290
B10	RNA는 DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다.	3	70.2	60.6	32.3	70.3	61.0	29.86	.000
B11	유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다.	3	65.2	62.0	47.7	82.8	64.5	17.63	.001
B12	RNA는 단백질 합성 과정에서 중요한 역할을 한다.	3	62.4	56.3	50.8	81.3	62.5	14.56	.002
B13	RNA는 형질이 나타나게 하는데 꼭 필요한 물질은 아니다.	3	40.4	35.2	38.5	56.3	41.9	7.16	.067
B14	인체의 조직이나 기관마다 서로 다른 종류의 유전자를 가지고 있다.	3	34.8	23.9	44.6	73.4	41.6	38.77	.000

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

가장 낮은 수준인 '수준 1'에 해당하는 문항의 정답률은 이수과목과 관계없이 모든 학생 집단에서 70% 이상으로 높게 나타난 반면, 높은 수준의 문항에 대해서는 전체적으로 정답률이 낮게 나타났으며, 이수과목에 따라 정답률의 차이가 크게 나타났다. DNA 또는 염색체가 유전물질로써 생물의 형질을 결정한다는 것(B1, B2)과 생물체마다 염색체의 개수가 다르고(B3) 다양한 형질을 가지고 있으며, 유전자의 변화로 인해 질병이 나타날 수 있다는 것 등은 중학교 과학(유전과 진화)에서 이미 다루어진 개념으로 고등학교 과학(생명의 연속성)과 생명과학Ⅰ(세포와 세포 분열)에서도 자세히 다루어지고 있어 이수과목에 상관없이 모든 학생들에게 친숙한 개념인 것으로 보인다.

생명과학Ⅱ를 학습한 학생들은 수준 2와 3에 해당하는 높은 수준의 거의 모든 문항에 대해서 다른 과목을 학습한 학생들과 비교하였을 때 높은 정답률을 나타내었다. 과학을 학습한 학생들은 유전정보로부터 RNA 합성 과정을 거쳐 단백질이 만들어지는 과정과 RNA의 구조 및 기능에 관련된 문항들(B5, B10, B11, B12)에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 학습한 학생집단 보다 더 높은 정답률을 나타내었다. 반면 단백질을 만드는 정보 단위로서의 유전자 개념(B4), 유전정보의 차이와 단백질의 기능 또는 형질의 차이 사이의 관계(B7, B9), 형질 발현 과정에서 RNA의 중요성(B13), 조직이나 기관의 차이에 대한 분자적 이해(B14)에 관한 질문 등에서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과 이해도의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과로부터 과학 교과를 이수한 학생들은 유전자 또는 DNA를 주형으로 RNA가 합성되고, RNA 정보를 바탕으로 단백질이 합성되는 전사와 번역 과정에 대해서는 잘 이해하고 있는 반면, 유전정보의 단위라는 유전자의 진정한 의미와 유전자 발현 및 조절의 생물학적 의의에 대해서는 잘 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 예를 들면, 과학을 이수한 학생들은 "RNA는 DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다(B10)"와 "유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다(B11)"는 질문에 대해서는 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생들에 비해 현저하

게 높은 정답률을 나타낸 반면에 “RNA는 형질이 나타나는데 꼭 필요한 물질이 아니다(B13)”는 질문에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과 유사하게 낮은 정답률을 나타내었다.

‘유전정보의 기능과 발현’에 관한 내용은 일찍이 그 교육적 중요성이 강조되었음에도 불구하고(조희형, 1985), 2009 교육과정 이전에는 주로 고등학교 2, 3학년 학생들이 선택하는 생물Ⅱ에서만 다루어졌다. 게다가 분자적 수준의 내용은 학생들의 발달 수준과 맞지 않아 저학년 학생들이 이해하기 어려울 수 있다는 주장도 있었다(강연경 등, 2008). 그러나 본 연구 결과에서 과학을 학습한 고등학교 1학년 학생들이 DNA의 구조와 DNA로부터 전사, 번역을 거쳐 단백질이 합성되는 과정에 대해 생명과학Ⅰ을 학습한 학생들에 비해 높은 이해도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 고등학교 저학년 수준에서 분자생물학의 기본 내용들을 이해하는 데 큰 어려움이 없다는 것을 알 수 있었다.

이와 같이 과학을 이수한 많은 학생들이 단백질 합성 과정을 기억하고 있음에도 불구하고 여전히 유전자 발현과 형질의 관계와 생물학적 의미를 잘 이해하지 못하는 이유로는 현행 교육과정에 의해 개발된 교과서와 교육현장에서 DNA로부터 단백질이 합성되는 유전자 발현 과정에 대해서는 강조하여 설명하고 있으나, 이 과정을 통해 형질, 또는 생명체의 특징이 결정되는 과정에 대해서는 상세히 다루지 않고 있다는 것을 들 수 있을 것이다. 다음 장에서 자세히 다루겠지만, 현행 교육과정의 중학교 과정에서는 단백질을 영양소의 일종으로 소화와 관련된 내용을 위주(영양소의 소화와 흡수)로 다루고 있으며, 고등학교 과학과 생명과학Ⅰ 교과에서도 생명체의 구성 물질로써 매우 제한적으로 다루고 있어, 학생들이 생명현상에서 단백질의 기능과 중요성에 대해 이해하기가 매우 어려운 실정이다. 이로 인해 학생들은 유전자 발현 과정이 유전정보를 이용해서 단백질을 만드는 과정이라는 사실을 배웠지만 이렇게 만들어진 단백질이 생명현상을 일으키고 생명체의 형질, 즉 특성을 결정한다는 사실을 이해하는 데는 어려움을 겪고 있는 것으로 보인다. 따라서 향후 교육

과정 개정이나 학교 현장의 교수 학습과정에서 단백질의 기능 및 중요성과 유전자-단백질-형질의 관계가 더 많이 강조되어야 할 것이다.

또한, 고등학교 과학이나 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들은 생명과학Ⅱ를 이수한 학생들과는 달리 “인체의 조직이나 기관이 모두 같은 유전체를 가지고 있다(B14)”는 질문에 대해 매우 낮은 정답률을 나타냈다. 인체를 구성하는 모든 세포가 서로 다른 유전자를 가지고 있다는 것과 같은 오개념을 학생들이 지니고 있다는 것은 Lewis 등(2000b), 정영란 등(2002) 등의 이전 연구에서도 지속적으로 제기되었던 것이다. 현행 교육과정에서는 고등학교 고학년이 학습하는 생명과학Ⅱ에서만 인체를 구성하는 모든 세포가 동일한 유전체를 가지고 있으며 상황과 조건에 따라 유전자 발현이 조절된다는 것을 설명(Ⅱ-1. 유전자와 형질발현)하고 있다. 중·고등학교 과학, 생명과학Ⅰ에서는 세포분열의 과정에 대한 설명이 충분하게 되어 있으나 유전체 개념에 대한 설명이 부족할 뿐만 아니라 하나의 수정란에서 체세포분열을 거쳐 개체가 발생하는 과정을 세포 분열과 연계하여 제시하지 않고 있다. 이로 인해 학생들은 체세포 분열의 결과 두 딸세포가 유전적으로 동일하다는 것은 알고 있지만, 그것과 연관하여 하나의 다세포 개체를 구성하는 모든 세포가 동일한 유전체를 가지고 있을 것이라는 것은 이해하지 못하는 것으로 보인다. 따라서 향후 교육과정 개정이나 교수학습의 과정에서는 체세포 분열과 발생의 과정을 연계하여 제시하는 것이 필요할 것이다.

학생들이 유전물질과 단백질의 관계에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 확인하기 위하여 유전자와 단백질의 관계(표 9) 및 DNA와 단백질의 관계(표 10)를 설명하라는 서술형 문항의 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하고 그 응답 비율을 비교해보았다. 유전자와 단백질의 관계에 대한 응답으로는 “유전자와 단백질이 염색체를 구성 한다”, “유전자가 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다”, “유전자가 단백질의 아미노산 서열 정보를 저장하고 있다” 등과 같이 각각 A2, B2, B3 수준에 해당하는 응답이 많았으며, 무응답이나 오답자를 제외한 응답자의 비율과 응답 수

준은 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생 집단이 가장 높고, 생명과학Ⅰ만을 이수한 집단이 가장 낮았으며, 과학만을 이수한 학생 집단과 과학 및 생명과학I을 모두 이수한 집단은 중간 수준의 응답률과 응답 수준을 나타냈다(표 9). DNA와 단백질의 관계에 대한 문항의 경우에도 “DNA가 염색체를 구성 한다”, “DNA로부터 단백질이 만들어 진다”, “DNA의 염기서열이 단백질의 아미노산 서열을 결정 한다” 등과 같이 각각 A3, B2, B3 수준에 해당하는 응답이 많았으며, 집단 간의 응답 비율과 응답수준은 유전자와 단백질의 관계에 대한 문항의 결과와 유사하게 나타났다(표 10). 주목할 만 한 점은 생명과학Ⅰ 만을 학습한 집단에서는 거의 나타나지 않았던 유전자 또는 DNA가 단백질을 합성하는데 필요한 정보를 가지고 있다는 B3 수준의 응답이 과학을 학습한 학생 집단에서 비교적 높게 나타났다는 것이다. 따라서 과학 교과는 생명과학Ⅱ 교과만큼은 아니지만, 유전자 및 DNA의 핵심적인 기능 중 하나를 학습하는데 있어서 효과적인 것으로 여겨진다.

<표 9> 유전자-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준				전체
			A2	B2	B3	W	
집단	S	응답수(명)	7	5	8	121	141
		비율(%)	4.96	3.55	5.67	85.82	100.00
	SBI	응답수(명)	1	6	5	59	71
		비율(%)	1.41	8.45	7.04	83.10	100.00
	BI	응답수(명)	2	3	0	60	65
		비율(%)	3.08	4.62	.00	92.31	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	0	11	12	41	64
		비율(%)	.00	17.19	18.75	64.06	100.00
전체		응답수(명)	10	25	25	281	341
		비율(%)	2.93	7.33	7.33	82.40	100.00

A2, 유전자와 단백질은 함께 염색체 구성;
B2, 유전자는 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다;
B3, 유전자는 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보를 저장하고 있다;
W, wrong(틀림);
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

<표 10> DNA-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준				전체
			A3	B2	B3	W	
집단	S	응답수(명)	13	1	8	62	84
		비율(%)	15.48	1.19	9.52	73.81	100.00
	SBI	응답수(명)	5	5	3	58	71
		비율(%)	7.04	7.04	4.23	81.69	100.00
	BI	응답수(명)	3	0	1	60	64
		비율(%)	4.69	.00	1.56	93.75	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	2	3	21	38	64
		비율(%)	3.13	4.69	32.81	59.38	100.00
전체		응답수(명)	23	9	33	218	283
		비율(%)	8.13	3.18	11.66	77.03	100.00

A3, DNA와 단백질이 함께 염색체를 구성;
B2, 유전자는 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다;
B3, 유전자는 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보를 저장하고 있다;
W, wrong(틀림)
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

그런데 위의 검사 결과에서 흥미로운 사실 중의 하나는 과학을 이수한 학생 집단과 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 집단 모두에서 DNA-단백질의 관계에 대한 응답율과 응답수준이 유전자-단백질 관계에 비해 높게 나타났다는 점이다. 유전자가 DNA로 구성되어 있으므로 DNA-단백질의 관계와 유전자-단백질의 관계에 대한 응답률과 응답수준이 비슷할 것으로 예상되었으나, 실제 결과에서는 DNA-단백질 관계에 대한 정답률이 높게 나타났다. 이 결과는 학생들이 DNA로부터 단백질이 합성되는 과정, 즉 전사와 번역 과정에 대해서는 잘 이해하고 있지만 유전자의 구성이나 유전자 발현의 진정한 의미는 잘 이해하지 못하고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있으며, 이는 앞에 살펴본 T/F 형 및 선택형 문항 분석 결과와도 일치하는 결과이다.

제 4 절 '단백질의 구조와 기능' 관련 개념의 이해도

'단백질의 구조와 기능'에 관한 문항은 총 8개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 11>과 같다. 각 문항에 대한 정답률 분석 결과 '수준 1'에 해당하는 문항의 정답률은 이수 과목에 관계없이 모든 학생집단에서 78.7% 이상으로 높게 나타났으나, '수준 2' 또는 '수준 3'에 해당하는 문항의 경우 그 내용에 따라 정답률이 낮게 나타나거나 이수 과목에 따른 정답률의 유의한 차이가 나타나기도 하였다.

수준 1에 해당하는 단백질이 아미노산으로 구성(C1)되고 에너지원으로서 사용(C2)될 수 있으며, 달걀, 육류, 콩 등에 많이 포함(C3)되어 있고, 다양한 생명활동에 필요하다(C4)는 내용은 중학교 과학(중2, 영양소의 소화와 흡수), 고등학교 과학(생명의 탄생, 과학적 건강관리), 생명과학Ⅰ(생명 현상의 특성, 생명활동과 에너지)교과에서 공통적으로 단백질을 소화 및 물질대사와 연계하여 아미노산으로 구성된 에너지원으로 사용되거나 우리 몸을 구성하는 영양소 또는 물질대사 등에 관여하는 물질이라는 것을 반복적으로 제시하고 있기 때문에 모든 집단의 학생들이 비교적 잘 알고 있는 것으로 보인다.

수준 2에 해당하는 문항 중, 단백질이 세포의 생존에 있어서 필수적인 물질이라는 것(C5)에 대해서는 모든 학생 집단에서 정답률이 61% 이상으로 나타나 어느 정도 인식하고 있는 것으로 보이지만, 단백질은 생물의 생김새와 관계가 없다(C6)나 단백질의 구조가 그 기능을 결정한다(C7) 등과 같은 문항에 대해서는 생명과학Ⅱ 이수자에게서도 정답률이 매우 낮게 나타났다. 반면 단백질이 pH나 온도와 같은 환경요인에 의해 변성될 수 있다는 것(C8)에 대해서는 생명과학Ⅱ 이수자에게서 이해도가 매우 높게 나타났는데, 이는 생명과학Ⅱ 교과서에서 pH와 온도에 의한 효소의 변성이 구체적으로 제시되고 있어 이를 단순히 암기한 결과로 보인다.

이러한 결과를 종합해보면, 현행 교육과정을 이수한 많은 학생들이 이수 과목에 상관없이 단백질의 기능을 영양소의 하나 또는 효소로서의 작용 등 매우 제한된 범위에서만 이해하고 있으며, 생명현상 전반에 걸친 단백질의 작용과 중요성에 대해서는 거의 인식하지 못하고 있는 것으로 여겨진다. 실제로 현행 고등학교 교육과정에서는 생명체의 구성 물질과 효소 단원을 제외하고는 단백질의 구조와 기능에 관한 내용이 거의 다루어지지 않고 있으며, 생명현상에서 단백질의 중요성도 전혀 강조되지 않고 있다. 실제로 교과서에서는 생명현상을 설명하기 위해 효소, 헤모글로빈, 항체 등과 같은 다양한 단백질의 특성과 작용에 대해서 다루고 있지만, 학생들은 단백질이 생명현상을 일으키는 핵심 물질이며 생명체가 유전정보를 사용하여 특정한 단백질을 만들어 냄으로써 생명현상이 일어나고 생명체의 형질이 결정된다는 사실에 대해서는 거의 인식하지 못하고 있는 것으로 여겨진다.

<표 11> 단백질의 구조와 기능 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
C1	단백질의 구성단위는 무엇인가?	1	78.7	81.7	83.1	92.2	82.7	5.64	.130
C2	단백질은 에너지원으로 사용된다.	1	92.9	93.0	86.2	90.6	91.2	2.88	.411
C3	단백질은 달걀, 육류, 콩, 생선 등에 많이 포함되어있다.	1	94.3	94.4	96.9	96.9	95.3	1.18	.759
C4	단백질은 물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동에 필요하다.	1	89.4	94.4	89.2	95.3	91.5	3.20	.361
C5	우리 몸의 세포는 단백질 없이 생존할 수 없다.	2	61.0	63.4	75.4	70.3	66.0	4.87	.181
C6	단백질은 생물의 생김새(모양)를 결정한다.	2	28.4	28.2	27.7	25.0	27.6	.27	.966
C7	단백질은 3차원적 구조에 의존하여 특별한 기능을 수행할 수 있다.	3	29.8	21.1	23.1	34.4	27.6	3.97	.265
C8	단백질은 pH, 염의 농도, 온도 혹은 다른 환경 조건이 변하면, 변성될 수 있다.	3	44.0	66.2	61.5	85.9	59.8	34.18	.000***

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

<표 12> 단백질-형질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답유형 및 수준				전체
			C1	C2	C3	W	
집단	S	응답수(명)	2	11	1	127	141
		비율(%)	1.42	7.80	.71	90.07	100.00
	SBI	응답수(명)	1	10	0	60	71
		비율(%)	1.41	14.08	.00	84.51	100.00
	BI	응답수(명)	0	3	2	60	65
		비율(%)	.00	4.62	3.08	92.31	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	0	12	4	48	64
		비율(%)	.00	18.75	6.25	75.00	100.00
전체		응답수(명)	3	36	7	295	341
		비율(%)	.88	10.56	2.05	86.51	100.00

C1, 단백질은 에너지원으로 쓰이거나 몸을 구성 한다;
C2, 단백질이 기능을 하여 형질을 결정 한다;
C3, 단백질의 고유한 구조와 모양 등에 의존하여 형질이 결정 된다;
W, wrong(틀림)

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

학생들이 단백질의 기능에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 확인하기 위하여 단백질과 형질의 관계를 묻는 주관식 문항에 대한 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하고 학습 과목 별로 응답률을 비교해보았다(표 12). 단백질과 형질의 관계에 대한 학생 응답 중 단백질이 아미노산으로 구성되어 있으며 우리 몸을 구성하는데 쓰인다는 등의 단순한 단백질 기능에 대한 응답은 C1으로 분류하였으며, 단백질이 형질과 관련이 있다거나 다양한 단백질이 다양한 형질을 결정한다는 응답은 C2로, 단백질의 형태, 입체구조 등을 비롯한 고유한 특성에 의해 형질이 결정된다는 응답은 C3으로 분류하였다. 그 외에 모르겠다거나 잘못된 응답은 W로 코딩하였다(표 12). 그 결과 전체적으로 정답률이 매우 낮았는데, 특히 과학을 이수한 학생들과 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들에서는 C2 또는 C3 수준의 응답률이 8.51%와 7.70%로 매우 낮아 대부분의 학생들이 단

백질의 기능을 생명체의 구성 물질 중 하나로써 단순하게 이해하고 있으며 단백질과 형질의 관계에 대해서는 제대로 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 생명과학Ⅱ를 이수한 학생들에서는 C2 수준과 C3 수준의 응답률이 각각 18.75%와 6.25%로 과학이나 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들에 비해서는 높게 나타났으나, 여전히 75%의 학생들은 단백질과 형질의 관계에 대해 명확히 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞의 분석 결과 나타난 유전자와 형질 또는 DNA와 형질의 관계에 대한 이해도(표 8)에 비해 현저히 낮은 값으로써, 현행 교육과정 및 학습 현장에서 유전자와 DNA의 중요성에 비해 단백질의 기능과 중요성에 대해서는 거의 다루어지지 않고 있기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. DNA로 구성된 유전자에 담겨진 유전정보가 발현되어 단백질이 만들어지며, 이들 단백질의 작용에 의해 생명현상이 나타나고 생명체의 특성이 결정되는 것이므로, 생명의 중심원리를 이해하기 위해서는 단백질의 기능과 중요성에 대한 이해가 필수적일 것이다. 따라서 향후 단백질의 구조와 기능에 대한 학생들의 이해도를 증진시킬 수 있도록 교육과정 및 교수학습의 개선이 필요할 것으로 여겨진다.

제 5 절 ‘유전 정보의 전달’ 관련 개념의 이해도

‘유전 정보의 전달’ 관련 개념에 대한 문항은 총 14개로 각 문항의 내용, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준, 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 13>과 같다.

유전자(D1), 염색체(D2), DNA(D3, D4)와 같은 유전물질이 세포 분열을 통해 한 세대에서 다음 세대로 전달된다는 것과 단백질이 유전물질이 아니라는 것(D5, D6)등 낮은 수준(수준 1)의 문항에 대해서는 과학 만을 학습한 학생들이 생명과학Ⅰ 또는 생명과학Ⅰ, Ⅱ를 모두 이수한 학생들에 비해 정답률이 다소 낮기는 하지만, 모든 집단에서 정답률이 63.1% 이상으로 나타나 모든 학생들이 이들 개념을 비교적 잘 이해하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이것은 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ에 걸쳐서 세포 분열의 의미와 멘델의 유전 법칙이 교육과정 상 비교적 체계적이고 연계성 있게 구성되어 있고(이기순, 2015), 그에 따라 중학교 과학(체세포 분열과 생식세포 분열, 유전 법칙), 고등학교 과학(생명의 연속성), 생명과학Ⅰ(세포와 세포분열, 유전) 교과서에서 세포분열을 통해 유전물질인 염색체가 딸세포로 전달되어 다음 세대로 형질이 전달된다는 것과 멘델의 분리의 법칙 내용이 그림과 함께 상세하게 설명되어 있기 때문으로 여겨진다.

그러나 중간 수준(수준 2)의 일부 문항에 대해서는 이수 과목에 따른 학생들의 정답률에 크게 차이가 나타났는데(표 13), DNA가 세포 분열 전에 복제된다는 것(D8), 세포 주기 진행 과정에서의 염색체의 상태(D9), 우성 표현형과 열성 표현형을 구분하는 것(D13)과 우성 표현형의 부모에서 열성 표현형의 자손이 나올 수 있는 이유(D14) 등의 문항에 대해서는 과학을 이수한 학생들이 각각 55.3, 26.2, 19.1, 23.4%로 가장 낮은 정답률을 나타내었다. 과학과 생명과학I을 모두 이수한 학생들은 67.6, 50.7, 60.6, 46.5%로, 생명과학I 만을 이수한 학생들은 75.4, 52.3, 55.4, 61.5%로 과학만 이수한 학생들과 비교하였을 때, 상대적으로 높은 정답

률을 나타내었으며, 생명과학I, Ⅱ를 모두 이수한 학생들은 81.3, 81.3, 76.6, 81.3%로 가장 높은 정답률을 나타냈다.

<표 13> 유전 정보의 전달 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SB1	BI	BIBII	전체	X^2	p
D1	유전자는 한 세대에서 그 다음으로 전달되는 물질이다.	1	88.7	91.5	95.4	92.2	91.2	2.65	.449
D2	염색체는 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.	1	64.5	78.9	72.3	81.3	72.1	8.30	.040
D3	DNA는 세포 분열을 통해 다음 세대로 전달된다.	1	63.1	83.1	75.4	75.0	71.8	10.47	.015
D4	DNA는 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전 물질이다.	1	77.3	84.5	89.2	90.6	83.6	7.92	.048
D5	자손이 부모를 닮는 것은 부모가 가지고 있던 단백질을 물려받기 때문이다.	1	81.6	77.5	83.1	87.5	82.1	2.38	.498
D6	단백질은 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.	1	69.5	81.7	80.0	90.6	78.0	12.59	.006
D7	부모 세대에서의 단백질 생산 능력이 자손에서도 동일하게 나타나는 이유는?	2	44.0	59.2	47.7	79.7	54.5	24.51	.000
D8	DNA는 세포가 분열하기 이전에 복제된다.	2	55.3	67.6	75.4	81.3	66.6	16.52	.001
D9	염색체는 모든 세포 주기에서 관찰되지는 않는다.	2	26.2	50.7	52.3	81.3	46.6	55.69	.000
D10	생식세포에서 염색체는 쌍으로 존재한다.	2	34.8	26.8	36.9	46.9	35.8	6.04	.109
D11	상동염색체를 구성하는 두 유전물질의 염기서열은 동일하다.	2	20.6	42.3	33.8	50.0	33.1	20.95	.000
D12	유사분열 후 모세포와 딸세포는 유전적으로 동일한가?	2	31.9	28.2	36.9	59.4	37.2	17.63	.001
D13	교배 실험에서 우성 표현형과 열성 표현형을 구분할 수 있는가?	2	19.1	60.6	55.4	76.6	45.5	73.46	.000
D14	우성 표현형의 부모에서 열성 표현형의 자손이 어떻게 나타나는가?	2	23.4	46.5	61.5	81.3	46.3	67.24	.000

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

세포분열과 멘델의 유전법칙에 대한 내용은 중학교 과학(생식과 발생, 유전과 진화)에서 다루어지는 내용으로, 고등학교 과학(생명의 진화)에서도 다시 다루어지고 있으나 실제로 고등학교 과학에서는 생명의 진화 한 단원 안에 생명체의 구성 물질, 세포막의 구조, 생명체의 탄생, 진화와 다양성, 유전자와 유전암호, 세포분열, 유전자 복제 및 유전자 전달 등 매우 많은 내용 요소들이 한꺼번에 간략히 다루어지고 있어 제한된 지면과 수업 시수 안에서 이들 개념을 습득하기에는 어려움이 있는 것으로 판단된다. 반면 생명과학I 교과는 한 단원에서 멘델의 유전법칙만을 집중적으로 다루고 있어 유전 정보의 전달 관련한 개념 습득에 더 유리한 것으로 보인다.

한편, 생식세포에서는 염색체가 쌍으로 존재하지 않는다는 것(D10)과 상동염색체의 염기서열이 동일하지 않다는 것(D11), 유사분열 후 모세포와 딸세포가 유전적으로 동일하다는 것(D12)과 관련된 문항에 대해서는 과학이나 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들의 정답률이 모두 37% 미만으로 매우 낮았으며, 생명과학I, Ⅱ를 이수한 학생들에서도 정답률이 각각 46.9, 50.0, 59.4%로 상대적으로 낮게 나타났다. 이 결과는 학생들이 세포분열의 과정에 대해 학습하였음에도 체세포분열과 감수 분열 과정에서 유전체의 복제, 염색체의 분리, 대립유전자와 상동염색체의 행동에 대해서는 정확히 이해하지 못하고 있음을 의미하며, 이는 학생들이 세포분열의 의미나 상동염색체가 서로 다른 정보를 가지고 있다는 것을 이해하지 못한다는 선행 연구 결과와도 일치하는 것이다(lewis et al., 2000c; 김미영 등, 2014). 따라서 향후 학생들이 이들 개념을 잘 이해할 수 있도록 DNA 복제, 체세포분열 및 감수분열, 유전법칙 등과 같은 각각의 생명현상 뿐 만 아니라 이들의 연관 관계와 생물학적 의미가 강조되는 방향으로 교육과정 및 교수학습 방법이 개선되어야 할 것이다.

제 5 장 결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라의 유전학 교육 과정에서 나타나는 문제점을 알아내고 그에 대한 보완점을 제시하기 위해서, 2009 개정 과학과 교육과정을 이수한 고등학생들을 대상으로 유전학 개념의 이해 수준을 조사, 분석하였다.

그 결과, 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과에 대한 내용 체계와 성취기준에는 DNA, 단백질 등 생명의 기본 구성요소와 유전자, 염색체, 유전암호, 생식과 유전자 전달, 유전자 다양성과 진화 등 유전학과 관련된 개념들이 포괄적으로 다뤄질 수 있도록 제시되어 있음에도 불구하고, 과학 과목 이수는 '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념과 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념 중 유전자 발현 과정에 대해서만 제한된 학습효과를 나타내었으며, 단백질의 구조와 기능, 생식과 유전자 전달, 유전자 다양성과 진화 등과 관련된 개념에 대해서는 학습효과가 미비함을 확인할 수 있었다. 2009 개정 고등학교 과학 교과의 교육과정에 제시된 유전학 관련 내용 요소와 성취기준은 유전학의 거의 모든 내용을 포괄하고 있지만 여섯 단원 중 한 단원에 집약되어 있으며, 5단위 교과에서 이 모든 개념을 다루는 것은 현실적으로 매우 어려운 것으로 여겨진다(교육과학기술부, 2011). 또한 다양성과 진화의 원리에 관한 내용의 학습은 유전자의 구조와 발현, 단백질의 구조와 기능, 생식과 유전의 원리 등 여러 가지 생명현상에 대한 이해가 바탕이 되어야 하는 개념으로 고등학교 1학년 학생들이 학습하는 과학 과목의 한 단원 안에서 다루기는 어려울 것으로 여겨진다. 따라서 향후 교육과정 구성 시에는 지나치게 많은 개념을 제시하기 보다는 개념의 체계와 위계를 고려하여 적정량의 학습 개념을 제시하는 것이 필요할 것으로 여겨진다.

또한 본 연구를 통해 2009 개정 교육과정의 과학 과목을 다양한 조합으로 이수한 모든 집단에서 공통적으로 나타난 특징 중의 하나는 생명과학

II를 이수한 학생들조차도 단백질에 대한 이해도가 매우 낮으며, 그 결과 학생들이 유전자, 유전자 발현 및 발현 조절의 의미를 이해하는데 어려움을 겪고 있다는 사실이다. 예를 들면 학생들은 유전자에 의해 형질이 결정된다는 사실은 잘 알고 있지만 개체의 형질(모양)이 단백질에 의해 결정된다는 사실은 잘 모르고 있으며, RNA가 단백질 합성에 필수적이라는 사실은 알고 있지만 RNA가 형질을 나타내는 데에는 필수적이라는 사실은 잘 모르고 있었다. 생물학에서 가장 중요한 생명의 중심원리(DNA-RNA-단백질)를 이해하기 위해서는 유전자의 기능과 더불어 단백질의 기능과 중요성에 대한 이해가 필수적이다. 즉, 생명현상의 도구인 단백질을 만들어내는 정보를 저장하는 곳이 유전자라는 사실을 아는 것이 중심원리를 이해하는 데 있어서 핵심인데도 불구하고, 현행 교육과정에서는 유전자에 대해서는 중학교 과학에서부터 고등학교 과정까지 그 내용을 매우 강조하고 있는 반면, 생명현상에서 단백질의 기능과 그 중요성에 대한 내용은 매우 부족한 실정이다. 따라서 향후 교육과정이나 교과서의 개정 시에는 단백질의 구조와 기능 및 중요성에 대한 내용이 함께 강조될 필요가 있는 것으로 생각된다.

또한 학생들은 과학, 생명과학I, 생명과학II 학습을 통해 유전학의 근본 원리를 이해하고 있기 보다는 그 생명현상 자체나 그 생명현상이 일어나는 과정을 단순히 암기하는 경향도 나타났다. 학생들은 DNA의 상보적인 결합 원리는 모른 채 DNA가 상보적으로 결합함을 단순히 암기만 하고 있었으며, DNA로부터 RNA를 거쳐 단백질이 만들어지는 유전자 발현 과정은 잘 암기하고 있지만 유전자가 단백질을 만들기 위한 정보를 저장한다는 사실과 유전자 발현을 통해 생명체의 특징(형질)이 결정되고 생명현상이 나타난다는 사실은 잘 모르고 있으며, 수정란으로부터 체세포 분열을 통해 개체가 형성되고 체세포분열 결과 유전적으로 동일한 딸세포가 만들어진다는 사실은 알고 있지만 한 개체의 서로 다른 조직에 있는 세포들의 유전자가 동일하다는 사실은 알지 못하고, 교배실험에서 우성과 열성 형질의 판별이나 분리비율 등은 잘 알고 있지만 상동염색체

나 대립유전자의 의미는 잘 모르고 있었다. 학생들에게 유전자의 구성과 유전자 발현 과정이나 교배실험에서 형질과 유전자의 분리 비율 등을 가르치는 이유는 유전자와 유전자 발현의 의미나 세대 간 유전자 전달의 원리 이해를 돕고 나아가 생명 현상의 근본 원리를 이해시키기 위함인데, 현재는 이러한 교육의 목표가 충분히 달성되지 못하고 있는 것으로 여겨진다. 학교 현장에서 입시 위주의 교육이 행해져 왔던 것도 원인이 될 수 있겠지만, 현재 교육과정 및 교과서, 교수 학습 과정이 생명현상에 대한 단순 지식과 과정을 강조하고 있는 것도 영향을 준 것으로 보인다. 따라서 향후 교육과정 및 교과서의 재구성 할 때에 유전학 관련 개념을 골고루 제시하여야 하며, 개념 간 연관성, 생물학적 의미를 더 강조하는 방향으로 교수학습과정을 개선한다면 중심원리를 포함한 유전학적 개념을 보다 효과적으로 이해할 수 있을 것이라고 기대한다.

학생들의 개념에 대한 이해수준은 교육과정과 교과서의 영향만 받는 것은 아니다. 학생들의 개념에 대한 학습은 교과서뿐만 아니라 그들의 발달 수준과 언어, 사회적 상호작용, 과학에의 관심도 및 흥미도 등 다양한 측면에서 영향을 받는다(김미영 등, 2007)는 점에서 학생의 이해 수준을 다양한 측면에서 분석할 필요가 있다. 이 연구를 근거로 우리나라 학생들의 특성을 반영하여, 학생들이 보다 체계적으로 유전학을 학습할 수 있게 도와주는 학습체계 및 방법에 대한 연구가 앞으로 필요하다.

참 고 문 헌

Allen, G. E. (2003). Mendel and modern genetics: the legacy for today. *Endeavour*, 27(2), 63-68.

Aronson, B. D., & Silveira, L. A. (2009). From genes to proteins to behavior: a laboratory project that enhances student understanding in cell and molecular biology. *CBE Life Sci Educ, 8*(4), 291-308.

Boujemaa, A., Pierre, C., Sabah, S., Salaheddine, K., Jamal, C., & Abdellatif, C. (2010). University students' conceptions about the concept of gene: Interest of historical approach. *Us-china Educ, 7*(2), 9-15.

Dahm, R. (2008). Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research. *Hum Genet, 122*(6), 565-581.

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A Learning Progression for Deepening Students' Understandings of Modern Genetics Across the 5th-10th Grades. *Journal of Research in science teaching, 46*(6), 655-674.

Hott, A. M., Huether, C. A., McInerney, J. D., Christianson, C., Fowler, R., Bender, H., Karp, R. (2002). Genetics content in introductory biology courses for non-science majors: Theory and practice. *Bioscience, 52*(11), 1024-1035.

Johnstone. (1991). Why is science difficult to learn? *Journal of Computer assisted learning, 7*, 75-83.

Khodor, J., Halme, D. G., & Walker, G. C. (2004). A hierarchical biology concept framework: a tool for course design. *Cell Biol Educ, 3*(2), 111-121.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education, 34*(2), 74-79.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000b). What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education, 34*(3), 129-132.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000c). Chromosomes: the missing link - young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education, 34*(4), 189-199.

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education, 22*(2), 177-195.

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education, 35*(4), 183-189.

Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education, 34*(4), 200-205.

National curriculum in England. (2013). *Science programmes of study: key stage 3.* England.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 science education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.* Washington, D. C.: The National Academies Press.

Roseman, J. E., Caldwell, A., Gogos, A., & Kurth, L. (2006). *Mapping a Coherent Learning Progression for the Molecular Basis of Heredity.* Paper presented at the National Association for

Research in Science Teaching Annual Meeting.

Smith, M. U., & Sims, O. S. (1992). Cognitive-Development, Genetics Problem-Solving, and Genetics Instruction - a Critical-Review. *Journal of Research in science teaching, 29*(7), 701-713.

강연경 & 송방호. (2008). 중등과학 유전 관련 내용의 학교, 학년급간 연계성 분석. *한국생물교육학회, 36*(4), 429-443.

교육과학기술부. (2011). 2009 개정 고교 과학과 교육과정, 교육과학기술부 고시 제 2011-361호[별책9].

교육부. (1997). 7차 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997-15호.

김광연. (2014). 자유주의 우생학과 생명정치 : 유전자 결정론과 생명계급의 문제점을 중심으로. *생명윤리정책연구*, 8(2), 109-313.

김동렬. (2010). High School Students' Understanding of Genetic Concepts and Their Difficulties in Learning Genetics. *한국 교원대학교 교육연구원, 26*(5), 27-42.

김미영 & 이길재. (2007). 생식과 유전 개념에 대한 고등학생들의 개념 생태 분석. *한국생물교육학회, 35*(4), 678-691.

김미영 & 이신영. (2014). 세포 분열에 대한 교과서의 내용과 고등학생들의 개념 이해 분석. *한국생물교육학회, 42*(3), 326-341.

김선영. (2008). 유전 개념 상호 관계에 대한 학생들의 개념적 이해. *한국생물교육학회, 36*(4).

김은희, 이미숙 & 이길재. (2009). 과학사 개념틀에 근거한 교육 과정 및 교과서에 나타난 유전 개념 분석. *한국생물교육학회, 37*(3), 403-417.

문교부. (1946). 초중등학교 교수요목집.

문교부. (1955). 1th Curriculum for middle school, 문교부령 제45호 별책

문교부. (1967). 2nd Curriculum for high school 인문계 고등학교 교육과정, 문교부령 제181호

문교부. (1974). 3차 인문계 고등학교 교육과정, 문교부령 제 350호.

문교부. (1981). 4차 고등학교 교육과정, 문교부 고시 제422호. 별책 4.

오하나. (2015). 멘델유전에 대한 고등학생들의 이해도 및 오개념 확인과 생명과학 I 교과서 요인 분석. *이화여자대학교*.

이기순. (2015). 국가 수준 과학과 교육과정에 제시된 유전 관련 내용의 국제 비교. *서울대학교 석사학위*.

임수민, 박민정 & 김영신. (2013). 학습 과정에 따른 고등학생들의 유전 관련 개념의 다양성 및 근접성 분석. *한국생물교육학회, 41(4),* 589-600.

정영란 & 김은주. (2002). 염색체, 유전자, 유전정보에 대한 학생들의 이해도 연구. *한국생물교육학회, 30*(4), 316-324.

정재훈, 이영은, 김영신. (2010). 고등학교 생물 교사가 제시한 유전 *영역의 배경개념 조사. 중등교육연구, 58(2), 25-47.*

조희형. (1985). 고등학교 생물 과정에 필요한 기본 개념의 확인 및 결정. *한국과학교육학회*, 5(1), 11-17.

[부 록 1] - 개념검사지

유전 개념 이해도 조사

안녕하십니까?
본 검사지는 유전 개념에 관한 이해도를 알아보기 위한 것입니다.
각 문항을 자세히 읽어본 후 해당되는 번호에 체크를 하거나 답안을 작성해 주시기 바랍니다. 이 설문은 연구 목적 이외에 사용되거나 공개되지 않으며 성적과도 무관합니다. 여러분의 생각대로 솔직하게 응답해주시기 바랍니다.
연구에 참여해주셔서 감사합니다.

서울대학교 사범대학 일반대학원
생물교육전공 김 현 경

1. 기본 정보

(1) (　　) 고등학교 (　　) 학년
　　이름 :
　　계열 : (공통 / 자연계 / 인문계)

(2) 성별 : (남 , 여)

(3) 다음 중 본인이 학습했던 또는 학습 중인 교과목을 모두 선택해주세요. (중복 체크 가능)
① 고등학교 과학(☞(3)-1로)　② 생명과학Ⅰ　③ 생명과학Ⅱ(☞(3)-2로)

(3)-1. [(3)에서 ①에 체크하였으면, 답해주세요.] 고등학교 과학, Ⅲ. 생명의 진화 단원을 학습하였습니까?
① 예　② 아니오　③ 기억나지 않음.

(3)-2. [(3)에서 ③에 체크하였으면, 답해주세요.] 고등학교 생명과학Ⅱ. 유전자와 생명공학 단원을 학습하였습니까?
① 예　② 아니오　③ 기억나지 않음.

2. 다음은 생물학적 용어(유전자, DNA, 단백질, 염색체, RNA)에 대한 질문입니다. 각 질문에 솔직하게 답해주세요.

A. 유전자

① 나는 유전자에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 유전자에 대해 들어는 보았으나, 유전자가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 유전자에 대해 들어보았으며, 유전자에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 유전자는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ DNA ⓑ RNA ⓒ 단백질 ⓓ 탄수화물 ⓔ 지방 ⓕ 모름

(2) 다음은 유전자에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	각 생명체마다 갖고 있는 유전자의 종류가 다르다.			
ⓑ	한 세대에서 그 다음으로 전달되는 유전 물질이다.			
ⓒ	유전자는 단백질이나 RNA를 만들 수 있는 정보 단위이다.			
ⓓ	유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다.			
ⓔ	유전자는 에너지원으로 사용된다.			
ⓕ	물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동을 진행한다.			
ⓖ	유전자는 생물의 형질에 영향을 주지 않는다.			
ⓗ	인체의 조직이나 기관마다 서로 다른 종류의 유전자를 가지고 있다.			
ⓘ	유전자는 염색체의 한 부분이다.			
ⓙ	유전자의 정보는 절대 변화하지 않는다.			
ⓚ	유전자에서 곧바로 단백질이 합성된다.			

다음 면에 계속 ☞

B. DNA

① 나는 DNA에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 DNA에 대해 들어는 보았으나, DNA가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 DNA에 대해 들어보았으며, DNA에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) DNA는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 DNA에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	두 가닥의 사슬이 서로 마주 보며 꼬여있는 이중나선 구조이다.			
ⓑ	세포가 분열하기 이전에 복제된다.			
ⓒ	당-인산 골격에 정보가 저장되어 있다.			
ⓓ	염색체를 구성한다.			
ⓔ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전 물질이다.			
ⓕ	한 가닥의 정보를 알면, 짝을 이루는 반대쪽 가닥의 정보도 알 수 있다.			
ⓖ	모든 생물이 DNA를 갖는다.			
ⓗ	자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.			
ⓘ	DNA의 정보는 절대 변화하지 않는다.			
ⓙ	세포 분열을 통해 다음 세대로 전달된다.			
ⓚ	DNA의 모든 서열은 RNA로 전달된다.			

다음 장에 계속 ☞

C. 단백질

① 나는 단백질에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 단백질에 대해 들어는 보았으나, 단백질이 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 단백질에 대해 들어보았으며, 단백질에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 단백질은 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 단백질에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	에너지원으로 사용된다.			
ⓑ	물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동에 필요하다.			
ⓒ	우리 몸의 세포는 단백질 없이도 어느 정도는 생존할 수 있다.			
ⓓ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓔ	유전 정보가 바뀌면 단백질의 기능에 변화가 생길 수 있다.			
ⓕ	3차원적 구조에 의존하지 않고 특별한 기능을 수행할 수 있다.			
ⓖ	pH, 염의 농도, 온도 혹은 다른 환경 조건이 변하면, 변성될 수 있다.			
ⓗ	단백질은 생물의 생김새(모양)와는 관계없다.			
ⓘ	염색체를 구성한다.			
ⓙ	자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.			
ⓚ	달걀, 육류, 콩, 생선 등에 많이 포함되어 있다.			
ⓛ	자손이 부모를 닮는 것은 부모가 가지고 있던 단백질을 물려받기 때문이다.			

다음 면에 계속 ☞

D. 염색체

① 나는 염색체에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 염색체에 대해 들어는 보았으나, 염색체가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 염색체에 대해 들어보았으며, 염색체에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 다음은 염색체에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	모든 세포 주기에서 관찰할 수 있다.			
ⓑ	크기와 모양이 같은 염색체를 상동염색체라고 한다.			
ⓒ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓓ	생식세포에서 염색체는 쌍으로 존재한다.			
ⓔ	상동염색체를 구성하는 두 유전물질의 염기서열은 동일하다.			
ⓕ	일반적으로 인간은 46개의 염색체를 갖는다.			
ⓖ	생물마다 염색체의 수는 다르다.			

다음 장에 계속 ☞

E. RNA

① 나는 RNA에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 RNA에 대해 들어는 보았으나, RNA가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 RNA에 대해 들어보았으며, RNA에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) RNA는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 RNA에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	두 개의 사슬로 구성된 이중나선 구조를 하고 있는 물질이다.			
ⓑ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓒ	염색체를 구성하는 물질이다.			
ⓓ	형질이 나타나게 하는데 꼭 필요한 물질은 아니다.			
ⓔ	세포 내에서 다양한 기능을 한다..			
ⓕ	DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다.			
ⓖ	아미노산 서열에 대한 정보를 저장하는 기능만 갖는다.			
ⓗ	에너지원으로 사용된다.			
ⓘ	단백질 합성 과정에서 중요한 역할을 한다.			

다음 면에 계속 ☞

3. 다음 각 개념간에 어떤 관계가 있는지 최대한 아는 대로 설명해보세요. 관계가 없다고 생각하면 '관계없음', 모르겠다면 '모르겠음'이라고 써주세요.

(1) 유전자-단백질

(2) 유전자-DNA

(3) 단백질-형질

(4) DNA-단백질

다음 장에 계속 ☞

※ 다음 유전과 관련된 문항(4~6)을 해결해주세요.

4. 어떤 식물의 씨앗 몇 개를 정원에 심었다. 이 씨앗들에서 자란 식물들의 꽃 색깔이 서로 달랐다면, 그 원인은 무엇일까?

① 씨앗들이 서로 다른 종류의 색소를 가지고 있기 때문.
② 씨앗에 따라 유전 물질의 종류가 다르기 때문.
③ 씨앗에 따라 DNA를 구성하는 염기 서열이 다르기 때문.
④ 씨앗들이 서로 다른 종류의 단백질을 가지고 있기 때문.
⑤ 모르겠다.

5. ㉠인슐린을 생산할 수 있는 박테리아로부터 어떤 물질을 분리했다. 이 물질을 인슐린을 생산할 수 없는 다른 종류의 박테리아에 삽입하였다. 그 결과 후자의 박테리아가 인슐린을 생산하기 시작하였다. ㉡물질이 삽입된 박테리아는 계속 분열하였고, ㉢새로 생겨난 박테리아에서도 인슐린이 생산되었다.

5-1. ㉠으로부터 분리된 물질은 무엇으로 구성되어 있는가?

① DNA ② RNA ③ 단백질 ④ 지방 ⑤ 녹말

5-2. ㉢에서도 인슐린이 생산된 이유는 무엇인가?

① 인슐린이 스스로 복제 되어 다음 세대로 전달되었기 때문에
② 모세포에 삽입되었던 물질이 유전되었기 때문에
③ ㉢은 ㉠으로부터 나온 것이기 때문에
④ 모르겠다.

5-3. 다음 중 가장 옳은 것은 무엇인가?

① ㉠과 ㉡은 유전적으로 동일하다.
② ㉠과 ㉢은 유전적으로 동일하다.
③ ㉡과 ㉢은 유전적으로 동일하다.
④ 모르겠다.

다음 면에 계속 ☞

6. 식물 A는 붉은 색 또는 흰 색의 꽃을 피운다. 붉은 꽃과 흰 색 꽃을 교배하였더니, 자손 식물의 꽃 색깔이 모두 붉은 색으로 나왔다. 이 자손 식물들끼리 교배를 시켰더니 붉은색 꽃과 흰 색 꽃이 모두 나타났다.

6-1. 식물A의 꽃 색깔에 대한 우성 표현형과 열성 표현형을 구분하여 써보세요. 모르겠다면, 모름에 ✓하세요.

① 우성 (　　)　　② 열성 (　　)　　③ 모름 (　　)

6-2. 붉은 색의 자손 식물들 사이에서 흰 색 꽃이 나온 이유는 무엇인가?

① 열성 유전자가 우성 유전자로 변화하였기 때문이다.

② 우연하게 돌연변이가 나타났기 때문이다.

③ 열성 유전자는 모든 생물체에 잠재해 있기 때문이다.

④ 우성 유전자와 쌍을 이루고 있던 열성 유전자가 다음 세대로 전달되었기 때문이다.

⑤ 모르겠다.

연구에 참여해주셔서 감사합니다.

Abstract

The purpose of this study is to provide supplements to Korean genetics education by analysing the students' understanding levels of genetics who educated under 2009 revised curriculum in Korea. For this purpose, a concept test was applied to high school students who finished Science, Life Science Ⅰ or Life Science Ⅱ of 2009 revised curriculum. The concept test includes 4 different kinds of question categories, like 'Location and Composition of Genetic information', 'Functions and Expression of genetic information', 'Structure and Functions of Protein', 'Inheritance of genetic information' and is divided into 3 levels by difficulty. The results of the concept test were analyzed based on the topics and difficulty of questions and the subject that students had taken in school. From these results, we found that the 'Science' improved students'understanding only on the limited topics, such as 'Location and composition of genetic information' and some concepts regarding 'Functions and expression of genetic information', Despite of this subject covering almost all concepts related with genetics. Moreover, most students experience difficulties understanding the basic principles such as the meaning of genes, central dogma, and gene expression control, due to the lack of understanding of the structure and function of proteins. Thus, we propose to regulate the amount of concepts in one topic and to adjust the curriculum and instructions to help students to understand the biological meaning, not just to memorize.

Keywords : Genetics, Genetics education, DNA, Gene, Protein, Central Dogma

Student number : 2013-21443

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

교육학석사학위논문

유전 기본 개념에 대한 학생들의 이해 수준 분석

Analysis of Students' Understanding Levels about Genetics Basic Concepts

2016년 2월

서울대학교 대학원

과학교육학과 생물교육전공

김 현 경

국 문 초 록

본 연구는 우리나라 고등학교 유전학 교육에서 나타나는 문제점을 확인하고 보완점을 제공하는데 목적이 있다. 이를 위해 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ, 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 집단을 선정하고 개발된 개념 검사지로 개념 이해수준을 검사하였다. 개념 검사지의 문항은 그 내용에 따라 '유전정보의 위치와 구성', '유전정보의 기능과 발현', '단백질의 구조와 기능', '유전 정보의 전달'의 4가지 문항군으로 구분하였으며, 문항의 수준에 따라 1~3 수준으로 나누었다. 각 문항군의 문항 수준에 대한 각 집단의 정답률을 비교한 결과 낮은 수준에서는 집단 간 정답률의 차이가 거의 나타나지 않았으나 수준이 올라갔을 때에는 정답률의 차이가 유의하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 교육과정 상의 내용 체계에 특정 개념이 제시되어 있음에도 불구하고, 해당 교과 이수자들의 해당 개념에 대한 이해 수준이 낮은 현상에 대한 원인과 학생들의 개념 이해도에 영향을 미치는 요인들을 알아보기 위해, 카이제곱검정을 이용하여 각 문항에서의 집단 간 정답률에 유의한 차이가 있는지를 확인하였다. 이를 통해 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과의 경우 유전학에 대한 전반적인 개념을 포괄하여 제시하고 있음에도 불구하고, 하나의 교과에 과도한 양의 개념이 한꺼번에 제시되고 있어 '유전 정보의 위치와 구성', '유전정보의 발현'과 관련된 개념에서만 일부 학습 효과가 나타난다는 것을 알 수 있었고, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ, Ⅱ 교과는 전반적으로 단백질의 구조와 기능과 관련된 내용이 부족하였으며, 생명현상의 원리와 개념 간 연관성, 생물학적 의미가 소홀하

게 다뤄지고 단순 지식과 과정이 강조되어 있어 유전자 발현과 그 조절, 세포분열의 결과, 유전체의 의미, 대립유전자, 세대 간 유전자 전달의 원리 등을 이해하는데 어려움을 겪는 것으로 보인다. 이에 따라 추후 과학과 교육과정 및 교과서를 개정할 때에는 전반적으로 유전학과 관련된 개념의 체계와 위계를 고려하여 학습량을 적정하게 조절하고, 유전자와 단백질의 기능을 모두 이해할 수 있도록 하며, 단순하게 개념과 과정을 암기하게 하는 것이 아니라 생물학적 의미를 이해할 수 있도록 내용 체계가 구성되기를 바란다.

주요어 : 유전학, 유전 교육, DNA, 유전자, 단백질, 생명의 중심원리
학 번 : 2013-21443

목 차

제 1 장 서론 ····· 1
제 1 절 연구의 필요성 ····· 1
제 2 절 연구 목적 및 연구문제 ····· 4
제 3 절 연구의 제한점 ····· 4
제 2 장 이론적 배경 ····· 6
제 1 절 유전 학습을 위한 체계 연구 ····· 6
제 2 절 우리나라 과학과 교육과정에서의 유전교육 ····· 8
제 3 절 용어의 정의 ····· 13
제 3 장 연구 내용 및 방법 ····· 15
제 1 절 연구대상 ····· 15
제 2 절 연구방법 ····· 16
제 4 장 연구결과 및 논의 ····· 19
제 1 절 개념의 종류와 수준에 따른 학습자 이해도 분석 ···· 19
제 2 절 '유전정보의 위치와 구성' 관련 개념의 이해도 ····· 22
제 3 절 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념의 이해도 ····· 27
제 4 절 '단백질의 구조와 기능' 관련 개념의 이해도 ····· 33
제 5 절 '유전 정보의 전달' 관련 개념의 이해도 ····· 37
제 5 장 결론 및 제언 ····· 40
참고문헌 ····· 43
부록 ····· 47
ABSTRACT ····· 56

표 목 차

<표 1> 교수요목기 ~ 7차 과학과 교육과정의 유전 관련 단원 및 개념 ····· 9

<표 2> 2009 개정 과학과 교육과정의 유전관련 단원 및 개념 ····· 12

<표 3> 연구 대상의 구성 ····· 15

<표 4> 유전학 개념의 종류와 수준 ····· 18

<표 5> 유전학 개념의 종류와 수준에 따른 학생 집단의 정답률 ····· 20

<표 6> '유전 정보의 위치와 구성' 관련 문항 응답 분석 결과 ····· 22

<표 7> 유전자-DNA의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 26

<표 8> 유전정보의 기능과 발현 관련 문항 응답 분석 결과 ···· ····· 27

<표 9> 유전자-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ···· 31

<표 10> DNA-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 32

<표 11> 단백질의 구조와 기능 관련 문항 응답 분석 결과 34

<표 12> 단백질-형질의 관계에 대한 응답유형 및 수준 ····· 35

<표 13> 유전 정보의 전달 관련 문항 응답 분석 결과 ····· 38

제 1 장 서 론

제 1 절 연구의 필요성

18세기 초, 멘델의 '식물 잡종에 대한 연구' 논문이 영어로 번역되면서 유전학이 본격적으로 발전하기 시작했다. 유전 물질의 본체인 DNA의 구조와 유전자 발현 과정이 밝혀진 이후, 생명현상을 분자 수준에서 보다 깊이 있게 이해할 수 있게 되었다. 분자생물학의 발전과 더불어 각종 질병, 식량 문제, 환경 문제 등을 해결하기 위한 하나의 방편으로 여러 가지 생명 공학 기술이 발달하였으며, 그 결과 유전자 변형 생물 이용, 유전자 검사, 환자 맞춤형 치료 등이 가능해졌다. 이러한 혜택과 함께 생명 공학 기술의 발전이 가진 문제점을 극대화하여 보여주는 각종 영화, 소설 등의 대중문화가 유행하고 전 세계적으로 생명공학과 관련된 윤리적 문제가 발생하면서, 생명공학 기술이 가진 윤리적, 사회적, 제도적 문제점에 대한 우려의 목소리도 상당하다(김광연, 2014). 따라서 발전하는 생명공학기술을 제대로 이해하고 판단할 수 있도록 유전학 분야의 기본 기식을 함양하는 것은 미래 과학자로서 뿐만 아니라 미래 시민으로서 갖추어야할 기본 소양 중의 하나가 되었다고 볼 수 있다(Lewis & Wood-Robinson, 2000).

이렇게 교육의 필요성이 커짐에 따라 우리나라를 비롯한 세계 여러 나라에서는 유전자, DNA, 염색체, 단백질의 구조와 기능, 유전 법칙, 유전자 발현 등과 같은 유전학에 대한 기본적인 내용을 중등 교육과정에서 제시하고 있다(교육과학기술부, 2011; National curriculum in England, 2012; National Research Council. 2012). 그러나 유전학의 기본 개념 학습에 관한 지금까지의 연구 결과들을 종합해 보면, 많은 학생들이 유전자와 DNA의 세포 내 위치, 유전자-DNA-염색체 간의 관계, 세포 분열의 과정, 멘델의 유전법칙 등을 이해하는데 어려움을 겪으며, 한 개체 내

에서 다른 조직이나 기관마다 다른 DNA를 가지고 있다고 알고 있거나 대립 유전자의 개념을 잘못 이해하는 등 다양한 오개념을 가지는 것으로 나타났다(김동렬, 2010; 정영란 등, 2002; 김선영, 2008; Lewis et al., 2000a; Marbach-Ad, 2001; 오하나, 2015).

유전학 개념은 육안으로 관찰할 수 있는 개념, 도구를 통해 관찰할 수 있는 개념, 상징적으로 이해할 수 있는 개념 등 다른 수준의 개념을 모두 포함하고 있기 때문에 이해하기 어려울 수 있으며(Johnstone, 1991), 서로 간에 의존도가 큰 유전 개념들이(임수민 등, 2013) 시간 또는 내용 구조상 분리되어 있는 경우가 많아 개념 간의 연결이 적절히 이루어지지 않음으로써, 학습의 어려움을 초래할 수도 있다(Boujemaa et al., 2010; Lewis & Wood-Robinson, 2000). 따라서 개념간의 관계를 고려하여 체계적으로 유전 관련 개념들이 제시되는 것이 유전 개념을 이해시키는데 있어서 중요할 것이다.

국내외에서 진행된 유전학 교육에 대한 연구결과를 보면 공통적으로, 유전자, DNA, 염색체, 단백질의 생체 내 역할, 세포 분열을 통한 다음 세대로의 유전정보 전달, 유전정보로부터 단백질이 합성되는 과정 등이 가장 기본적으로 다루어져야할 내용이라는 의견이 많았다(조희형, 1985; Lewis et al., 2000a; 2000b; 2000c; Marbach-Ad, 2001). 특히 유전자의 두 가지 주요 기능, 즉 유전자 발현을 통해 생물의 특징을 결정하는 기능과 한 세대에서 다음 세대로 정보를 전달하는 기능을 모두 이해할 수 있도록 유전 학습 과정이 구성되어야 하고, 이러한 유전자의 기능 이해를 위해서는 생물의 특징을 나타내는데 직접적인 역할을 담당하는 단백질에 대한 개념을 먼저 학습할 필요가 있으며, 이러한 핵심 내용들에 대해 비교적 어린 시기부터 체계적으로 학습할 필요가 있다고 강조하고 있다(Duncan et al., 2009; Roseman et al., 2006).

우리나라에서는 교수 요목기부터 현재의 2009 개정 교육과정까지 유전학과 분자생물학 관련 개념들을 지속적으로 중요한 개념의 일부로써 제시해왔다. 3차 교육과정 까지는 유전자의 전달 기능에 관한 내용이 주로

다루어졌으며(문교부, 1946; 1955; 1967; 1974), 유전자의 발현과 형질의 결정에 관한 내용은 분자생물학의 발달과 더불어 4차 교육과정 이후부터 본격적으로 제시되었다(문교부, 1981). 7차 교육과정 때까지는 이 두 가지 개념 중 유전 정보의 전달 개념이 중학교 3학년 과학, 공통과학, 생물Ⅰ에서 제시된 반면, 유전자 발현 개념은 고등학교 고학년 수준에서 선택적으로 학습하는 생물Ⅱ에서 주로 제시되었다(교육부, 1997).

현재 사용되고 있는 2009 개정 교육과정에서는 유전정보의 전달 기능에 관련된 개념을 이전과 유사하게 중학교 과학과 생명과학 1에서 주로 다루고 있는 반면, 유전정보의 기능과 발현에 관련된 개념은 고등학교 1학년 학생들이 주로 이수하는 고등학교 과학에서부터 제시함으로써, 이전과는 다르게 비교적 이른 시기부터 유전자의 발현 개념을 학습할 수 있게 되었다(교육과학기술부, 2011). 또한 2009 개정 과학과 교육과정의 고등학교 교과는 모두 선택 교육과정으로 분류되어 있어서 학교 또는 학생에 따라 선택한 교과목이 다를 수 있으며, 그 결과 학생들의 유전학에 대한 학습 내용과 이해정도가 달라질 수 있게 되었다.

따라서 본 연구에서는 우리나라 2009 개정 교육과정에 따라 학습하는 고등학생들의 유전학 기본 개념의 이해도와 이해 수준을 조사하고, 이를 해당 학생들의 이수과목 선택과 학습한 교과서의 내용 수준과 비교해 봄으로써, 효과적인 유전학 기본 개념 학습을 위한 교육과정 구성과 교과서 개발에 필요한 시사점을 제시하고자 한다.

제 2 절 연구 목적 및 연구 문제

본 연구에서는 우리나라 2009 개정 교육과정에 따라 학습하는 고등학생들의 이수과목에 따른 유전학 기본 개념의 이해 수준을 조사, 분석하고 이 현상에 대한 원인을 현 교육과정 및 학생들이 학습한 교과서의 내용과 체계에서 찾아봄으로써, 현 교육과정의 유전학 기본 개념 제시 체계와 순서, 수준 등이 학생 개념 이해에 미친 영향에 대해 알아보았다. 이를 통해 앞으로의 교육과정 및 교과서 개정에 필요한 사항들을 제안하고자 한다.

이에 본 연구에서는 다음과 같은 연구문제를 제시한다.

1) 우리나라 고등학생의 이수과목에 따른 유전학에 대한 기본 개념의 이해 수준은 어떠한가?

2) 학생들의 이해 수준에 교육과정 및 교과서는 어떤 영향을 주었는가?

제 3 절 연구의 제한점

본 연구에서는 서울시 지역에 위치한 일반계 고등학교(2개교)에서 연구 대상 학생을 선정하여 우리나라의 모든 학생을 대상으로 하지는 못하였다. 하지만 두 학교는 모두 근방의 중학교에서 무작위로 입학한 학생들로만 구성되어 있어 우리나라의 학생 일반의 특성을 파악하는데 적절하다고 판단하였다.

분석에 사용한 교과서는 연구 대상 학생들이 실제 학습에 이용한 것 각 1종으로 하여 모든 교과서를 대상으로 하지 못하였으나, 연구에 참여한 학습자의 개념 이해수준에 기본적으로 영향을 준 요인을 알아보는 데에 있어서는 가장 적합하였다.

학습자의 개념 이해 수준은 학습자의 학습 발달 수준, 배경 개념, 사회적 상호작용 등 다양한 요인에 영향을 미치지만 그 중 교육과정 및 교과서 요인만을 분석하였다는 점에서 연구의 한계가 있다.

제 2 장 이론적 배경

유전학과 같은 다양한 개념을 포괄하는 학문의 전반의 내용을 이해하기 위해서는 개념을 제시하는 체계와 순서가 중요하므로(정재훈 등, 2010), 지금까지 있었던 유전 교육의 체계와 관련된 선행연구를 통해 중등교육과정의 유전학에서 필수적으로 제시해야 할 핵심개념에 어떤 것이 있는지, 그리고 그 개념들을 보다 효과적으로 학습하도록 도와주는 개념 제시 체계에는 어떤 것이 있는지 알아본다.

다음으로 우리나라 교육과정에서는 지금까지 어떤 체계로 유전학 개념을 제시해 왔는가를 알아보고 이것과 비교하였을 때 2009 개정 과학과 교육과정의 개념제시 체계는 어떤 특성이 있는지 확인한다.

마지막으로, 유전학은 그 발달과정에 따라 의미가 지속적으로 변화하여 왔지만, 현재 명확하게 정의된 바가 없이 유전학, 고전유전학, 현대유전학, 분자 생물학과 같은 다양한 용어로 사용되고 있다. 따라서 본 논문에서 사용하는 용어를 정의하여 내용의 이해를 돕고자한다.

제 1 절 유전 학습을 위한 체계 연구

Hott 등(2002)은 과학 비전공자를 위한 입문생물학(Introductory biology)이 다루는 기본적이고 핵심적인 유전학 주제에 대한 연구에서, DNA가 세대 내의 유전적 다양성과 세대 간의 유전정보의 전달의 역할을 한다는 것과 감수분열과 연관 지어 멘델의 유전 패턴, 표현형이 환경 등에 영향을 받아 예상치 못하는 방식으로 나타나는 것, 환경적 영향과 함께 유전자 산물이 모든 생존 과정을 조절한다는 것, 유전적 다양성을 이해하는 것이 진화를 이해하는데 있어서 필수적이라는 것, 인간을 포함한 다양한 생물에 대한 유전적 이해는 개인적 그리고 사회적으로도 중요하다는 것을 주장하였다. 이 내용을 바탕으로 유전 물질의 특성, 유전, 유전자 발현, 유전자 조절, 진화, 유전학과 사회라는 주제를 유전학 분야

에서 가장 핵심적인 것으로 제안하였다.

Khodor 등(2004)은 유전학에 대한 전반적 개념 형성을 위하여 학습자가 반드시 알아야 하는 그러면서 동시에 이해하기 쉬운 내용을 수준 1으로 지정하고 그것들 간의 관계를 순서를 정하여 제시하였다. 그러고 나서 수준 1에 대한 보다 상세한 내용을 수준 2로 그리고 그것보다 더 상세한 내용을 수준3로 제시하는 체계를 제안하였다. 수준1의 핵심 개념은 세포, 세포분열, DNA의 구조와 기능, 유전자의 기능, DNA와 단백질의 생산, 유성생식을 통한 다양성, 단백질의 세포에서의 기능과 물질대사, DNA의 재조합, 유전자 발현의 조절 등의 내용을 포함하고 있다. 뿐 만 아니라 이와 관련된 물질대사, 환경과의 관련성 등의 내용을 추가 소개하여 생명 현상을 해석하는데 있어서 유전학적 개념이 가장 기본이 된다는 것을 제시하고 있다.

Roseman 등(2006)은 유전 현상을 이해하기 위해서는, DNA가 생물의 형질을 결정한다는 것과 한 세대에서 그 다음 세대로 전달된다는 두 가지 기본 기능을 알아야 함을 강조하는 학습발달과정을 제안하였다. DNA의 두 가지 기능에 대한 개념은 한 가지가 다른 것을 선행하는 것이 아니므로 학습 발달 과정의 각 단계는 두 개념을 모두 포함하도록 구성하였으며 초등교육에서부터 학습이 시작되어야 한다고 주장한다. 또 그는 DNA이전에 단백질을, 유전자와 염색체 이전에 DNA를 제시함으로써 DNA가 생물에서 특성을 결정하는 역할을 이해시키는 것을 도울 수 있다고 말한다. 생물의 특성이 단백질의 활성을 반영하며 DNA가 단백질의 아미노산 서열을 결정하고 아미노산 서열이 단백질의 구조와 기능에 영향을 주어 세포의 거의 모든 일을 수행한다는 것을 이해할 수 있으며, DNA가 한 세대에서 다음 세대로 전달된다는 특성을 이해한 후 유전자와 염색체가 DNA 용어로 정의되어야 만 그들의 관계를 정확하게 이해할 수 있다고 주장한다. 그는 유전학적 내용을 초등학교에서부터 체계적으로 제시할 것을 권장하였다.

Duncan 등(2009)은 Roseman 등(2006)의 학습발달과정이 제시하는 유

전의 핵심개념에 더불어 유전 정보의 흐름과 연관된 생물의 다양성과 유전자 발현의 조절, 진화의 과정 및 환경과의 관계를 포함한 학습발달과정을 제안한다. 이 학습발달과정은 5-10학년 학생들을 위한 것이며 비교적 이른 시기에 유전 개념을 학습할 것을 권장한다.

위 연구들은 공통적으로 유전자 발현의 기능과 유전정보의 세대 간 전달 기능을 유전학의 핵심개념으로서 제시하고 있다. 유전자의 기능과 단백질의 기능, 즉 생명의 중심원리(Central Dogma)와 유전자의 정보 전달 기능을 이해하고 나아가 유전자 발현의 조절, 생물의 다양성, 환경의 영향, 진화의 과정 등에 대해 학습하는 것을 제안하고 있다.

제 2 절 우리나라 과학과 교육과정에서의 유전교육

우리나라 교육과정이 제시하는 유전 관련 개념과 현재 교육과정이 제시하는 유전 관련 개념 중 유전자 발현의 기능과 유전정보의 세대 간 전달 기능 대한 개념 제시 양상을 살펴봄으로써 실제 교육적 적용이 이루어진 우리 과학과 교육과정이 갖는 유전 교육의 흐름을 알아본다.

1. 교수 요목기 ~ 7차 교육과정

유전학 개념은 우리나라에서 광복이후의 교수 요목기에서부터 7차 교육과정까지 중등교육과정에 빠지지 않고 제시되어 왔다. 특히 세포 분열과 멘델의 유전법칙은 모든 교육과정에서 제시되고 있는 것이 특징이며, 교수 요목기를 제외하고는 주로 중학교 3학년 과정에서부터 제시되고 있다(표 1).

생명의 중심원리를 포함한 유전자 발현에 대한 내용은 교수요목기에서부터 2차 교육과정의 고등학교 과정까지는 제시되고 있지 않지만, 이와 관련된 품종 개량에 대한 내용이 제시되어있다. 3차 교육과정에서는 세포분열과 유전법칙만을 제시하고 품종 개량 등에 대한 내용은 빠져있다.

유전자 발현 및 유전 공학과 관련한 내용은 4차 교육과정에서부터 제시되어왔으며, 그 내용은 5차 교육과정을 제외하고는 대체적으로 생물Ⅱ에서만 제시하였다. 5차 교육과정에서는 유전자 발현과 유전 공학 내용이 생물Ⅰ과 고급생물에서 제시되었다(표 1).

<표 1> 교수요목기 ~ 7차 과학과 교육과정의 유전 관련 단원 및 개념

교육과정	내용		
교수요목기	고급 중학교 1-2학년 과학과(생물)	고등중학교 과학과(생물) 3학년 선택용	
	ⅩⅢ. 생식 : 무성생식, 유성생식, 생식세포 분열, 수정작용, 성의 결정 ⅩⅣ. 발생과 생장 ⅩⅪ. 유전과 변이 : 유전형질과 유전단위, **유전의 법칙**, 변이, 유전의 종류, 유전과 염색체, 유전과 환경, 인류의 유전	Ⅳ. 생식발생과 생장 : 세포, 세포분열, 체세포와 생식세포의 분열, 유성생식, 수정, 조직 분화, 기관형성, 생장, 무성생식 Ⅴ. 유전과 변이: **분리의 법칙**, 염색체 급 유전자와 유전형질, 품종개량	
1차	중학교 3학년	고등학교 생물	
	과학의 발달로 생물은 어떻게 개량되나? : 품종개량, 생식법, **유전법칙**, 유전과 생식	1. 생물의 형태와 기능 : 세포, 세포분열, 재생 5. 생물의 종족 유지와 진화 : 생식방법, 생식세포, 수정과 발생, 유전과 변이, 유전의 기구, **염색체와 유전자**, 성과 유전, 돌연변이, 품종개량	
2차	중학교 3학년	생물1	생물2
	7. 생물의 발달 (1) 생물의 번식	(8) 생식과 발생 무성 생식과 유성	(1) 생물체의 구조 세포와 원형질, 조

	번식의 방법, 발생 (2) 유전과 변이 **유전 법칙**, 유전의 얼개, 유전과 환경, 돌연 변이, 사람의 유전 (3) 품종 개량	생식, 성세포, 수정, 세대의 교번과 핵상 교번, 성장과 변태 (9) 유전과 변이 **유전 법칙**, 여러 가지 유전 현상, 암수의 결정, 변이	직, 기관 (4) 생식과 발생 배의 발생, 발생의 기구 (5) 유전과 변이 **유전학의 응용(품종 개량, 우생 등)**	
3차	중학교 3학년	생물		
	6) 생명의 연속성 세포를 바탕으로 생식, **유전 현상** 및 생명의 연속성을 알게 한다. 가) 세 포 나) 생식과 발생 다) **유전과 진화**	1) 생물체의 다양성 2) 생명체의 구조와 기능 : 세포와 세포의 모임 4) 생명의 연속성 : 생식, 발생, **유전**		
4차	3학년	생물1	생물2	
	라) 생명의 연속성 : 세포분열, 무성생식, 유성생식, **멘델의 유전법칙**, 변이, 사람의 유전, 생식과 발생	3) 생식과 발생 체세포 분열, 감수분열, 생식 세포의 형성, 사람의 생식, 수정, 발생 과정과 분화, 유전 : **유전 법칙**, 염색체, 연관과 교차, 성의 결정, 돌연변이	1) 세포 : 세포 내 소기관의 구조와 기능 4) 유전 : **유전물질과 핵산, DNA 복제, 유전정보 전달**, 형질 발현, 오페론설, 유전자의 재조합, 집단유전	
5차	3학년	과학1	생물1	고급생물
	나) 생명의 연속성 (1) 세포 분열 (2) 생식과 발생 (3) 유전과 진화 세포 분열, 무성 생식, 유성 생식, 수정, 발생, **멘델의 법칙**, 변이, 사람의 유전, 진화의 증거, 진화설을 다룬다.	4) 생명의 연속성 ⑴ 세포 분열: 체세포 분열, 생식 세포 분열 ⑵ 생식: 생식 세포의 형성, 사람의 생식 ⑶ 발생: 수정, 발생 과정과 분화 ⑷ 유전: **멘델의 실험**, 연관과 교차, 사람의 유전, 돌연 변이	1) 세포 : 세포의 구조와 기능 3) 유전 : **유전물질, DNA 구조, DNA복제, 유전 정보의 전달, 형질 발현의 조절,** 유전공학의 개념, 유전 공학 활용	1) 생물체를 구성하는 물질 7) 유전 물질 : 염색체와 유전자, DNA 구조, DNA 복제, 염색체의 구조 8) 유전 형질의 발현 : **형질 발현 과정, 형질 발현의 조절, 합성된 단백질의 변형과 이용** 9) 유전 공학 : 세포 융합, 핵치환, 유전자 재조합
6차	3학년	공통과학	생물1	생물2
	(3) 유전과 진화	(5) 생명	(1) 생물의 특성	(1) 생물의 특성

	체세포 분열, 감수 분열, 생식, 수정과 발생, **유전 법칙**, 돌연변이, 사람의 유전	: 생식, **유전**	: 생물과 무생물, 세포의 구조와 기능, 생물체의 유기적 구성 (4) 생물학의 발달과 인간 : 생물학의 중요한 발견이 인류에 미친 영향(진화론, 병원체의 발견, **유전 법칙**, 유전자 등), 현대 생물학과 인간의 미래	: 생물과 무생물, 세포의 구조와 기능, 생물체의 유기적 구성, 핵과 세포질의 성분과 특성, 효소 (4) 생명의 연속성 : 세포 분열, 수정과 발생, **유전 법칙**, **유전자와 형질 발현**, 유전학의 응용, 집단 유전과 진화
	9학년	공통과학	생물1	생물2
7차	(1) 생식과 발생 : 생장, 번식, 염색체, 체세포 분열, 생식세포 분열 (8) 유전과 변화 : **멘델의 유전법칙**, 중간유전, 사람의 유전 연구	(4) 생 명 (다) 생 식	(7) 생식과 발생 : 생식세포 분열, 인공 수정 (8) **유 전** : 염색체와 유전자의 관계, 사람의 유전 형질과 염색체 이상	(1) 세포의 특성 : 세포의 구조 (3) 생명의 연속성 : 세포 분열과 세포 주기, 염색체, 연관과 교차, 핵산의 구성성분, DNA 구조, **자기복제과정, 유전자의 역할**, **유전 정보의 저장과 전달**, **단백질 합성, 유전자 발현의 조절** (5) 생물학과 인간의 미래 : 생명 공학(세포 융합, 핵치환, 유전자 조작)

종합하면, 우리나라 중등학교 과학과 교육과정에서는 주로 세포 분열과 멘델의 유전법칙에 대한 내용은 중학교 수준에서, 유전자 발현에 대한 내용은 고등학교 고학년 수준에서 제시하여 왔다고 볼 수 있다. 이것을 통해 DNA가 생물의 형질을 결정한다는 것과 한 세대에서 그 다음 세대로 전달된다는 두 가지 기본 기능에 대한 내용이 위계적으로 제시되어 왔음을 알 수 있었다.

2. 2009 개정 교육과정

2009 개정 교육과정의 중등 과학 교과가 다루고 있는 내용 및 개념은 다음 <표 2>와 같다.

<표 2> 2009 개정 과학과 교육과정의 유전관련 단원 및 개념

교과	중학교 과학	고등학교 과학	생명과학Ⅰ	생명과학Ⅱ
내용	중학교 3학년 - 생식과 발생 : 무성생식, 유성 생식, 체세포 분열, 생식세포 분열, 염색체와 유전자의 관계, 수정과 발생 - 유전과 진화 : **멘델의 유전 법칙**, 유전 연구와 유전 현상의 이해	Ⅲ. 생명의 진화 1. 생명의 탄생 : 생명의 기본 요소, DNA, 단백질, 세포막의 구조 3. 생명의 연속성 : 유전자와 염색체, **유전 암호, 세포 분열, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달** Ⅴ. 인류의 건강과 과학 기술 1. 식량자원 : **육종** 3. 첨단 과학과 질병치료 : 암의 발생과 진단, 치료	1. 생명 과학의 이해 2. 세포와 생명의 연속성 : 세포와 세포 분열(세포주기와 세포분열, 유전자, 염색체), **유전(멘델 법칙, 사람의 유전 형질,** 유전 형질의 발현(염색체 이상과 유전자 이상)	Ⅰ. 세포와 물질대사 1. 세포의 특성 : 핵, 원핵 세포와 진핵 세포의 비교 Ⅱ. 유전자와 생명공학 1. **유전자와 형질 발현 : 유전 정보의 특성, DNA의 복제, 유전 형질의 발현, 유전자 발현의 조절** 2. **생명 공학** : 생명 공학의 기술과 이용

이전의 교육과정과 유사한 패턴으로 2009 개정 과학과 교육과정의 중학교 과학 교과에서는 세포분열과 멘델의 유전 법칙을 제시하고 있다. 하지만 이전 교육과정과는 다르게 고등학교 과학 교과에는 유전자의 전달에 대한 내용 뿐 만 아니라, 유전자의 발현 및 생명공학 기술에 대한 내용을 포함시킴으로써 보다 이른 시기에 유전정보 발현과 전달, 두 개념을 모두 학습할 수 있는 가능성을 제공하였다.

이기순(2015)은 미국, 영국, 싱가포르와 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정을 비교한 연구에서 우리나라의 교육과정에서는 염색체와 유전자에 대한 성취목표가 명시되어있고 중학교 3학년부터 고등학교 3학년에

이르기까지 반복적이고 체계적으로 학습할 수 있도록 구성되어 있으나 세포와 단백질에 대한 학습이 부족하고 유전과의 연계성이 드러나지 않았다고 주장하였다. 특히 단백질과 유전정보에 대한 연관성을 설명하고 있지 않아 유전과 형질간의 관계를 이해하기 어려울 수 있으며, 돌연변이와 환경의 영향에 대한 내용이 10, 11학년의 영역별 내용에 제시되어 있지만 유전자와 단백질 간의 관계를 이해하기는 어려울 것이라고 주장하였다. 반면 유전정보의 전달과 관련하여서는 멘델의 유전법칙을 반복적으로 그리고 심화하여 제시하고 있다고 하였다.

종합하면, 우리나라 2009 개정 과학과 교육과정은 유전물질의 형질 발현 기능과 한 세대에서 그 다음 세대로 정보를 전달하는 두 가지 기본 기능을 모두 포함하고 있으며, 이전 교육과정과는 다르게 비교적 이른 시기에 형질 발현 기능에 대해 학습할 수 있도록 하고 있다. 특히, 유전물질의 두 가지 핵심 개념이 위계적으로 제시되어 있지 않고, 한 단원에서 종합적으로 다뤄지고 있다는 것이 특징이다. 생명과학 I 과 연관 지어서 유전자-염색체의 관계, 멘델의 유전법칙과 관련된 것은 비교적 체계적으로 제시되어 있다고 할 수 있으나, 교육과정 전반적으로 단백질에 대한 내용이 부족하고 단백질과 유전, 유전자-염색체와 유전간의 연계성이 부족하다. 이에 따라 학생들은 유전물질의 세대 간 정보 전달 개념에 대해서는 비교적 체계적으로 학습할 수 있는 반면, 유전자 발현 기능과 관련한 개념 학습의 경우 어려움을 겪을 수 있다.

제 3 절 용어의 정의

유전학(Genetics)이란 용어는 베이트슨이 멘델의 유전학을 번역하여 세상에 알리면서 사용하기 시작하였다. 멘델의 연구 결과가 세상에 알려진 이후 요한슨이 유전의 단위로서 유전자를 사용하기 시작하였고, 유전자가 한 세대에서 그 다음세대로 전달될 때 나타나는 특성이나 우성과 열성과 같은 개념에 대한 연구가 주를 이루었다. 하지만 그 당시에는 유

전자가 구체적으로 어떻게 역할을 하는지에 대해서는 알 수 없었다 (Allen, G. E., 2003).

20세기 중반, 왓슨과 크릭이 DNA의 구조를 밝혀내고, DNA로부터 RNA를 거쳐 단백질이 합성되는 과정과 단백질에 대한 학문인 단백질학이 생겨나면서 유전 현상을 포함한 다양한 생명 현상을 분자수준으로 해석할 수 있게 되었다.

Dahm(2008), Smith 등(1992)은 멘델의 유전학을 고전적인 유전학(Classical Genetics)로 보았으며, Duncan 등(2009)는 고전유전학으로 설명되곤 했던 유전학적 패턴을 포함하여 분자적 메커니즘과 세포 수준의 메커니즘까지로 확장된 것을 현대 유전학으로 보았다. 김은희 등(2009)은 과학사적으로 유전학을 멘델 이전의 시대, 멘델의 시대, 모건의 시대, 크릭과 왓슨의 시대로 구분한 바 있다.

이처럼 유전학이란 용어는 시대에 따라 다양한 의미를 가지고 있다. 이 논문은 유전자의 형질 발현 기능 및 세대 간 정보 전달 기능을 모두 포괄하는 유전학의 핵심개념에 대한 내용을 다루고 있으므로, 멘델의 유전법칙, 왓슨과 크릭에 의해 밝혀진 DNA 구조 및 생명의 중심원리를 모두 포함하여 유전학으로 구분하며, 유전학 중 분자 수준의 내용을 분자 생물학으로 칭하기도 하였다.

제 3 장 연구 내용 및 방법

제 1 절 연구 대상

2009 개정 교육과정의 유전학 학습 효과 및 영향을 알아보기 위하여 서울 소재의 일반계 고등학교 두 곳(A, B)을 선정하고, 개념 검사지를 활용하여 학생들의 유전학 개념에 대한 이해 수준을 조사·분석하였다.

A 고등학교 1학년 학생은 전학생 일부를 제외하고는 과학 교과(S)만을 이수하였으며, A 고등학교 2학년 학생은 과학 교과와 생명과학Ⅰ(SBI)을 이수하였다. B 고등학교 1학년 학생은 과학교과를 이수하지 않고 생명과학Ⅰ(BI)을, B 고등학교 2학년(자연계)은 생명과학Ⅰ과 생명과학Ⅱ(BIBⅡ)를 이수하였다. 설문지 조사에 응한 학생 수는 모두 393명이었으나, 이 중에서 모든 검사에 참여하지 않았거나 불성실하게 응답한 학생 52명의 응답 결과를 제외하였다. 그 결과 최종 연구 대상은 총 341명이며, 그 구성은 <표 3>과 같다.

<표 3> 연구 대상의 구성

이수과목	과학(S)	생명과학Ⅰ (BⅠ)	과학, 생명과학Ⅰ (SBI)	생명과학Ⅰ, 생명과학Ⅱ (BIBⅡ)	전체
A	141	1	71	-	212
B	-	64		64	128
전체	141	65	71	64	341

(단위 : 명)

제 2 절 연구 방법

1. 개념 검사지의 개발

유전학의 기본 개념에 대한 학생들의 이해도와 이해 수준을 알아보기 위하여 개념 검사지를 개발하였다. 개념 검사지를 개발할 때에는, 학생들이 사용하는 교과서 및 선행 연구에서 공통적으로 나타나는 유전자, DNA, 단백질, 염색체를 핵심 개념으로 정한 후, 이 개념들과 관련된 선행 연구에서 사용된 검사지를 참고하였다(Lewis and Wood-Robinson, 2000; Marbach-Ad & Stavy, 2000; Marbach-Ad, 2001; Aronson & Silveira, 2009). 검사지는 유전자, DNA, 염색체, RNA, 단백질의 구조와 기능 등에 대한 T/F형 문항(48 문항), 각 물질 간의 관계를 어떻게 이해하고 있는지를 확인하는 서술형 문항(4 문항), 유전 현상을 해석하는 능력을 보기 위한 선택형 문항(6 문항)으로 구성하였다. 서술형 문항을 제외한 모든 문항에는 '모름'을 선택할 수 있게 하여 임의 선택을 방지하였다. 생물교육전문가 1인, 분자세포생물학 연구실의 박사과정 5인과 고등학교 생명과학 교사 10인의 검토를 통해 타당도를 검증 받았으며, 연구를 위한 실제 조사에 참여하지 않은 경기도 지역 고등학생을 대상으로 한 pilot test를 거쳐 검사지를 수정한 후 사용하였다.

2. 개념 이해도 및 이해수준 분석

연구 대상 학생들에 대한 유전학 개념 이해도 조사는 각 교과 이수가 끝난 시점인, 2015년 1월에서 2월에 걸쳐 서울특별시에 소재한 두 일반 인문계 고등학교에서 각각 진행되었다. 학생들의 개념 별 이해도와 이해 수준을 분석하기 위하여, 서술형을 제외한 개념검사지의 각 문항을 개념의 내용과 수준으로 분류한 후, 각 문항 또는 문항군에 대한 연구 대상

집단의 정답률을 조사하였다. 각 문항과 관련된 개념의 내용과 수준 분류에는 Duncan 등(2009)의 유전학습 발달과정 연구에서 제시된 개념의 분류와 내용 수준을 <표 4>와 같이 수정하여 사용하였다. 유전학 관련 개념을 유전정보의 위치와 구성(A), 유전정보의 기능과 발현(B), 단백질의 구조와 기능(C), 유전정보의 전달과 다양성(D)으로 구분하였으며, 각각의 내용 수준에 따라 이해하기 쉬운 것부터 1, 2, 3의 세 수준으로 나누었다. 서술형 문항은 답변 내용을 위와 같은 분류 기준으로 구분한 후, 각 수준에 해당하는 응답 비율을 조사 하였다.

각 문항 또는 문항군에 대한 정답률의 통계 분석에는 SPSS 20.0 프로그램을 사용하였으며, 대상 집단에 따른 문항군의 평균 정답률에 대해서는 일원배치 분산분석(F검정)을, 각 문항에 대한 정답률에 대해서는 교차분석(카이제곱검정)을 수행하여 집단 간에 이해도의 차이가 나타나는 개념과 차이가 나타나지 않는 개념을 확인하였다.

<표 4> 유전학 개념의 종류와 수준

핵심개념	수준	내용
A. 유전 정보의 위치와 구성	1	모든 생물은 세포에 유전자(유전정보)를 갖는다.
	2	유전정보는 염색체에 저장되어 있다
		유성생식을 하는 생물에서 염색체는 쌍을 이룬다.
		한 개체 내의 모든 세포는 생식세포를 제외하고 같은 염색체 세트를 가진다.
	3	유전자는 DNA 분자 내의 염기 서열이다
		DNA 분자가 염색체를, 염색체가 유전체를 구성한다.
B. 유전 정보의 기능과 발현	1	유전자는 생물이 어떻게 자라고 발달하며 기능하는지에 대한 정보를 가지고 있다
		환경은 생명체의 형질에 영향을 미칠 수 있다.
	2	유전자는 생체 내 기능을 담당하는 분자(대부분 단백질)를 만드는데 필요한 정보를 가지고 있다
		유전정보의 변화는 단백질의 구조 변화를 통해 기능에 영향을 미칠 수 있다.
		환경은 생명체 내의 단백질의 종류와 양에 영향을 주어 세포 기능에 영향을 줄 수 있다.
	3	유전 암호는 단백질을 구성하는 아미노산 서열로 번역된다.
		한 개체에서 모든 세포의 유전정보는 동일하지만, 사용(발현)되는 유전자는 서로 다르다.
		환경 요인은 유전자 발현이나 단백질의 기능에 영향을 주어 형질에 영향을 미칠 수 있다.
		유전자 돌연변이는 단백질의 구조와 기능에 영향을 미쳐 형질에 영향을 준다.
C. 단백질의 구조와 기능	1	세포는 생존을 위해 여러 가지 필수 기능을 수행 한다.
		서로 다른 세포들의 구조와 기능에는 공통점과 차이점이 있다.
	2	단백질은 세포에 필요한 기능을 수행하는 작은 기계와 같이 작용 한다
		단백질은 기능에 적합한 모양과 성질을 가지며, 다양하다.
		단백질에는 모든 세포에 필요한 기본적인 종류와, 세포 고유의 기능을 담당하는 종류가 있다.
	3	단백질은 아미노산 서열에 의해 결정되는 고유한 입체 구조를 갖는다.
		단백질은 그들이 가지는 고유한 성질에 따라 서로 다른 여러 종류의 기능을 수행한다.
D. 유전 정보의 전달	1	모든 생물은 생식을 통해 유전정보를 자손에게 전달한다.
		세포는 분열하여 동일한 유전정보를 가지는 새로운 세포를 만든다.
		유성생식을 하는 생물에서 각 부모는 다음 세대가 가지는 유전정보의 절반을 제공한다.
		형질은 다양하며, 개체 간에는 유전정보의 차이에 기인하는 형질의 변이가 있다.
	2	세포 분열 이전에 유전정보가 복제되며, 두 딸세포 각각은 두 세트의 염색체를 갖는다.
		감수분열에서 염색체 세트가 분리되어, 각 생식세포는 한 세트의 염색체만을 갖는다.
		유전자에는 변이가 존재하며, 대립유전자들은 각 염색체의 같은 좌위에 위치한다.
		유전자 변이(대립유전자의 종류)와 표현형 사이에는 특정한 상관관계가 있다.
	3	DNA 복제는 오류를 막기 위해 정확히 조절된다.
		감수분열 과정에서 염색체의 교환, 무작위 분리가 일어나 유전적 다양성이 증가한다.
		우성과 열성의 유전적 관계는 유전자 산물의 기능과 상호작용으로 설명될 수 있다.

제 4 장 연구결과 및 논의

제 1 절 개념의 종류와 수준에 따른 학습자 이해도 분석

2009 개정 교육과정을 통해 학습한 고등학교 학생들이 유전학 개념을 어떻게, 어떤 수준으로 이해하고 있는지와 학생들이 이수 과목에 따라 유전학 개념의 이해 정도에 차이가 나타나는지를 확인하기 위하여 서울특별시에 소재한 두 고등학교에서 과학 만 이수한 학생(S), 과학과 생명과학Ⅰ을 모두 이수한 학생(SBI), 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생(BI), 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생(BIBⅡ)들을 대상으로 유전학 개념의 이해도를 조사하고 그 정답률을 비교하였다(표 5).

그 결과 '유전정보의 위치와 구성(A)'과 관련된 문항에 대해서는 과학만을 이수한 학생, 과학과 생명과학을 이수한 학생, 생명과학Ⅰ과 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 등 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생을 제외한 모든 그룹에서 73% 이상의 높은 정답률을 나타냈으며, 특히 높은 수준의 개념(A3)에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과의 정답률의 차이가 더 크게 나타났다.

'유전정보의 기능과 발현(B)'이나 '단백질의 구조와 기능(C)', '유전정보의 전달(D)'에 관련된 낮은 수준의 개념에 대한 문항(B1, C1, D1)에서는 모든 집단의 정답률이 최소 74.11%로 비교적 높게 나타났다. 반면 '유전정보의 기능과 발현'에 관련된 높은 수준의 개념(B2, B3)에 대한 문항들의 정답률은 과학을 이수한 학생들(S, SBI)이 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생들(BI)에 비해서는 높게 나타났으나 그 차이가 유의한 수준은 아니었으며, 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생들에 비해서는 현저히 낮게 나타났다. '단백질의 구조와 기능(C)'에 관련된 문항에서는 중간 수준(C2)의 경우 이수 과목에 따른 집단 간의 차이가 나타나지 않고 모두에게서 정답률이 낮게 나타났으며, 높은 수준(C3)의 경우 생명과학Ⅱ 이수

자의 정답률이 95%의 유의수준에서 더 높게 나타났다. ‘유전정보의 전달(D)’에 관련된 높은 수준의 문항(D2)에 대해서는 생명과학Ⅱ를 이수한 학생을 제외하고 전반적으로 정답률이 낮게 나타났으며, 특히 과학만을 이수한 학생들은 생명과학Ⅰ을 학습한 학생(SBI, BI)에 비해서도 매우 낮은 정답률을 나타냈다.

<표 5> 유전학 개념의 종류와 수준에 따른 학생 집단의 정답률

문항군 \ 집단	S(a)	SBI(b)	BI(c)	BIBII(d)	전체	F	p	사후검정
A. 유전정보의 위치와 구성(10)	77.66	77.75	66.15	79.84	75.89	10.420	.000***	a, b, d > c^S
A 2(4)	73.05	75.7	66.92	76.17	73.02	2.453	.063	-
A 3(6)	80.73	79.11	65.64	82.29	77.81	11.966	.000***	a, b, d > c^S
B. 유전정보의 기능과 발현(14)	59.17	61.07	54.07	75.89	61.73	16.312	.000***	d > a, b, c^S
B 1(3)	76.12	87.32	81.54	86.46	81.43	5.259	.001**	b, d > a^D
B 2(3)	50.83	54.93	43.59	74.48	54.74	14.417	.000**	d > a, b, c^S
B 3(8)	55.94	53.52	47.69	72.46	56.96	12.687	.000***	d > a, b, c^S
C. 단백질의 구조와 기능(8)	64.80	67.78	67.88	73.83	67.71	4.215	.006**	d > a^S
C 1(4)	88.83	90.85	88.85	93.75	90.18	1.411	.239	-
C 2(2)	44.68	45.77	51.54	47.66	46.77	.683	.563	-
C 3(2)	36.88	43.66	42.31	60.16	43.70	6.425	.000*	d > a, c^S
D. 유전정보의 전달(14)	50.00	62.78	63.96	76.67	60.33	32.117	.000***	d > b, c > a^S
D 1(6)	74.11	82.86	82.56	86.2	79.81	6.147	.000*	b, c, d > a^D
D 2(8)	31.91	47.71	50.00	69.53	45.71	40.502	.000***	d > b, c > a^S

D : Dunnett T3, S : Scheffe
p^*<.05 p^{**}<.01 p^{***}<.001
S, 과학 이수자; SB1, 과학、생명과학Ⅰ 이수자; B1, 생명과학Ⅰ 이수자; B1B2, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

이러한 결과를 종합해 보면 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과는 ‘유전정보의 위치와 구성’에 관련된 개념 학습에서는 효과적이었던 반면, ‘단백질의 구조와 기능’, ‘유전정보의 전달’에 관한 개념 학습에서는 학습 효과가 매우 낮았으며 ‘유전정보의 기능과 발현’에 관련된 개념의 학습에는 제한적인 학습 효과가 있는 것으로 보였다. 2009 교육과정의

고등학교 과학 교과에서는 ‘생명의 진화’ 단원과 ‘인류의 건강과 과학기술’ 단원에서 단백질, 염색체, 유전자, DNA, 유전암호, 유전자의 복제와 분배, 생식을 통한 유전자 전달, 다양성 등 유전학 개념들을 포괄적으로 다루도록 내용 체계와 성취기준이 제시되어 있다. 그럼에도 불구하고 과학 과목을 이수한 학생들의 개념 이해도는 ‘유전정보의 위치와 구성’에 관련된 개념 이외에는 높지 않은 것으로 나타났다. 또‘유전정보의 전달’과 관련된 개념들은 2009 개정 교육과정의 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학 I 에서 세포 분열 및 멘델의 유전 법칙에 대한 개념이 다루어지도록 되어 있으나, 과학을 이수한 학생 뿐 만 아니라 과학과 생명과학 I 을 이수한 학생들에서도 유전정보의 전달에 관한 중간 수준 이상의 개념에 대해서는 이해도가 높지 않은 것으로 나타났다. 이와 같이 교육과정상의 내용 체계와 학생들의 이해수준이 일치하지 않는 현상에 대한 원인과 학생들의 개념 이해도에 영향을 미치는 요인들을 분석하기 위하여, 개념 별로 각각의 문항에 대한 학생들의 이해도를 구체적으로 살펴보았다.

제 2 절 '유전정보의 위치와 구성' 관련 개념의 이해도

'유전 정보의 위치와 구성' 관련 개념에 대한 개념검사지의 문항은 총 10개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 6>과 같다.

<표 6> '유전 정보의 위치와 구성' 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
A1	유전자의 구성 성분은 무엇인가?	2	80.9	95.8	64.6	93.8	83.3	29.87	.000
A2	상동염색체는 크기와 모양이 같다.	2	78.7	87.3	78.5	85.9	81.8	3.58	.311
A3	유전자는 염색체의 한 부분이다.	2	78.0	76.1	78.5	75.0	77.1	.34	.953
A4	단백질은 염색체를 구성한다.	2	54.6	43.7	46.2	50.0	49.9	2.72	.437
A5	DNA는 두 가닥이 꼬여있는 이중나선 구조를 하고 있다.	3	94.3	100.0	96.9	100.0	97.1	7.81	.050
A6	DNA의 당-인산 골격에는 정보가 없다.	3	58.2	56.3	29.2	57.8	52.2	17.04	.001
A7	DNA 한 가닥의 정보를 알면, 반대쪽 가닥의 정보도 알 수 있다.	3	76.6	80.3	41.5	84.4	72.1	38.79	.000***
A8	DNA는 염색체를 구성한다.	3	89.4	94.4	87.7	92.2	90.6	2.27	.517
A9	DNA의 구성단위는 무엇인가?	3	78.0	84.5	81.5	95.3	83.3	9.68	.021
A10	모든 생물이 DNA를 갖는다.	3	87.9	59.2	56.9	64.1	71.6	32.57	.000***

p*<.05, p**<.01, p***<.001

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

DNA가 이중나선 구조(A5)를 하고 있고, 염색체를 구성한다(A8)는 것과 상동염색체의 정의(A2), 유전자가 염색체의 한 부분을 차지하고 있다(A3)는 것에 대해서는 이수한 과목과 상관없이 모든 집단에서 높은 정

답률(75.0~100%)을 나타낸 반면, DNA가 뉴클레오티드로 구성되어 있다(A1)는 것, DNA의 구조와 구체적인 정보저장 방법(A6), 염기쌍의 상보적 결합(A7)에 관한 문항에 대해서는 과학 이수자와 생명과학Ⅱ이수자가 생명과학I 이수자에 비해 높은 정답률을 나타냈다(표 6). 유전자와 염색체에 대한 기본 개념들은 중학교 과학에서도 제시되는 개념이며, 고등학교에서도 과학(생명의 탄생, 생명의 연속성), 생명과학Ⅰ(세포와 세포분열), 생명과학Ⅱ(유전자와 형질발현)에서 반복 설명하고 있어 많은 학생들에게 익숙한 개념인 것으로 생각된다. 반면에 DNA의 분자구조에 기초한 상보적인 염기쌍 구조나 염기서열을 통한 정보 저장 방법 등에 대한 내용은 생명과학I에서는 다루고 있지 않아 생명과학I 만을 이수한 학생들이 이해하기는 어려웠을 것으로 여겨지며, 과학을 이수한 학생들이 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생들과 유사한 정도로 높은 정답률을 나타냈다는 사실은 과학 과목 학습이 이들 개념의 이해에 효과적이었음을 의미한다.

한편 단백질이 염색체의 구성성분(A4)이라는 문항에 대한 정답률은 다른 문항의 정답률과 비교하였을 때 모든 학생 집단에서 낮게 나타났다. 염색체가 DNA와 단백질로 구성되어 있다는 설명이 염색체의 뉴클레오솜 구조 그림을 포함하여 과학, 생명과학I 및 생명과학Ⅱ 교과서에 모두 실려 있다는 점에서 50%에 가까운 학생들이 단백질이 염색체의 주요 구성 성분임을 인지하지 못하고 있다는 것은 주목할 만한 결과이다.

이러한 원인으로는 염색체를 구성하는 DNA가 유전정보를 저장하는 기능을 한다는 사실에 대해서는 교과서의 여러 부분에서 잘 설명되어 있는 반면, 단백질에 대해서는 단순히 염색체를 구성하는 요소로만 소개할 뿐 염색체를 구성하는 단백질이 어떤 기능을 하는지에 대한 구체적인 설명이 없다는 것을 들 수 있을 것이다. 염색체를 구성하는 주요 단백질인 히스톤은 DNA와 함께 뉴클레오솜을 형성하여 염색질 구조를 형성함으로써, DNA를 핵이라는 작은 공간에 들어갈 수 있도록 응축시키면서도 필요한 유전정보를 쉽게 꺼내 사용할 수 있도록 접근성을 유지시키는 매

우 중요한 역할을 담당하고 있다. 히스톤과 같이 염색체를 구성하는 주요 단백질의 기능과 중요성에 대한 내용이 추가된다면 염색체의 구성에 대한 개념을 학생들이 이해하는데 큰 도움이 될 것이다.

또한 DNA의 당-인산 골격이 정보를 저장하는가(A6)에 대한 정답률도 과학, 과학과 생명과학I, 생명과학Ⅱ 이수자에서 각각 58.2%, 56.3%와 57.8%로 다른 문항에 비해 낮았던 반면, 염기쌍의 상보적인 결합(A7)에 대해서는 상대적으로 높은 정답률을 나타낸 것으로 보아 학생들은 당-인산-염기로 이루어진 DNA의 분자구조와 입체구조에 대한 이해를 바탕으로 염기쌍의 상보적인 결합을 이해한 것이 아니라 단순히 염기쌍이 상보적인 결합을 한다는 사실을 암기한 것으로 여겨진다.

한편 모든 생물이 DNA를 갖는다(A10)는 것에 대해서는 과학을 이수한 학생 집단에서 정답률이 가장 높게 나타났는데, 이는 생명과학Ⅰ에서 바이러스가 유전물질로 RNA를 가질 수 있다는 내용을 제시하기 때문인 것으로 여겨진다.

학생들이 유전물질의 관계를 어떻게 이해하고 있는 지를 구체적으로 확인해보기 위해 DNA와 유전자의 관계를 묻는 주관식 문항에 대한 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하여 응답 비율을 비교하여 보았다. 유전자와 DNA가 동일한 물질이라는 응답은 A1로, 유전자가 DNA로 구성된 염색체에 존재하며 염색체의 일부를 차지한다는 응답은 A2로, 유전자가 DNA 내의 특정 염기 서열의 일부 또는 DNA 중에서 특정 정보를 가지고 있는 부분이라는 응답은 A3으로 구분하였다. 또한 일부 유전자와 DNA가 공통적으로 한 세대에서 다음 세대로 전달되는 물질이라는 응답은 D1으로 구분하였다. 무응답이나 둘 사이에는 관계가 없다는 등의 모든 틀린 응답은 W(오답)으로 분류하였다. <표 7>에 나타난 바와 같이 생명과학I과 Ⅱ를 모두 이수한 집단에서는 오답자의 비율이 43.8%로 가장 낮은 반면 가장 수준 높은 응답(A3)을 한 학생의 비율이 23.4%로 가장 높게 나타난 것으로 보아 DNA와 유전자의 관계에 대해 가장 이해수준이 높은 것으로 여겨진다. 생명과학Ⅰ 만을 이수한 집단에서는

다른 집단에 비해 오답의 비율은 가장 높았고(70.8%) 가장 수준 높은 응답(A3)을 한 학생의 비율은 가장 낮아서(3.1%) 이들 개념에 대한 이해수준이 이 세 집단 중 가장 낮은 것으로 나타났다.

과학과 생명과학Ⅰ 이수자 간에 유의한 차이가 있는 것은 아니었으나, 절대적인 응답 수를 비교하면 과학 이수자에서 더 높은 수준의 응답 빈도가 더 많았다는 것을 통해 유전자와 DNA의 관계를 학습하는데 있어서 과학 교과가 보다 높은 수준의 내용을 이해하는데 도움이 된다는 것을 알 수 있었다. 대부분의 학생들은 유전자와 DNA가 유전물질로서 역할을 한다는 것은 인지하고 있었으나 그 둘을 구분하지는 못하였다. 과학, 생명과학Ⅰ 교과서 상에 DNA의 일부분이 유전자로서 작용하고 있음이 그림을 통해 명시되어 있음에도 불구하고 학생들은 이 사실에 대해 거의 기억하지 못하고 있다. 특히, 과학을 이수한 후 생명과학I을 이수한 학생들의 경우 과학만을 이수한 학생들과 비교하였을 때, 유전자와 DNA의 관계에 대해 설명하기를 더 어려워하였다. 이것은 생명과학I의 교과가 DNA와 유전자 자체의 특성에 대해 집중하여 학습하기 보다는 유전 정보의 전달자로서의 역할을 더 학습하기 때문인 것으로 보인다.

<표 7> 유전자-DNA의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준					전체
			A1	A2	A3	D1	W	
집단	S	응답수(명)	9	27	14	6	85	141
		비율(%)	6.4	19.1	9.9	4.3	60.3	100.0
	SBI	응답수(명)	0	14	3	10	44	71
		비율(%)	.0	19.7	4.2	14.1	62.0	100.0
	BI	응답수(명)	4	11	2	2	46	65
		비율(%)	6.2	16.9	3.1	3.1	70.8	100.0
	BIBⅡ	응답수(명)	5	14	15	2	28	64
		비율(%)	7.8	21.9	23.4	3.1	43.8	100.0
전체		응답수(명)	18	66	34	20	203	341
		비율(%)	5.3	19.4	10.0	5.9	59.5	100.0

A1, 유전자와 DNA는 동일한 물질이다; A2, 유전자와 DNA는 염색체를 구성한다; A3, 유전자는 DNA 서열의 일부이다; D1, DNA와 유전자는 다음세대로 전달되는 물질이다; W, 무응답 및 오답
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

이상의 결과를 종합해 보면 과학을 이수한 학생들은 '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념을 잘 이해하고 있어 생명과학 Ⅱ를 수강한 학생들과 유사한 이해 수준을 나타내었으며, 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생과 비교하였을 때 DNA의 구조와 유전정보의 저장 방법, 상보적인 염기쌍 형성 등에 대한 이해도가 현저히 높게 나타났다. 따라서 과학 교과가 이들 개념의 학습에 매우 효과적임을 알 수 있었다. 하지만 대부분의 학생들이 유전자와 DNA의 관계를 분명하게 모르는 것으로 보아 DNA의 정보 저장 방식과 그 특성에 대한 학습에서는 부족함이 나타났다. 또한, '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념 중 DNA의 분자 구조와 염색체를 구성하는 단백질에 대한 이해도가 모든 학생 집단에서 나머지 개념에 비해 현저히 낮음을 확인할 수 있었으며, 따라서 향후 이들 개념의 이해를 증진시킬 수 있는 방향으로 교육과정 또는 교과서 내용이 개선되어야 할 것이다.

제 3 절 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념의 이해도

'유전정보의 기능과 발현'에 관한 문항은 총 14개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 8>과 같다.

<표 8> 유전정보의 기능과 발현 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
B1	유전자는 생물의 형질에 영향을 준다.	1	81.6	94.4	87.7	95.3	88.0	11.49	.009
B2	DNA는 자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.	1	70.9	83.1	75.4	76.6	75.4	3.84	.280
B3	생물마다 염색체의 수는 다르다.	1	75.9	84.5	81.5	87.5	80.9	4.72	.194
B4	유전자는 단백질을 만들 수 있는 정보 단위이다.	2	30.5	39.4	35.4	51.6	37.2	8.60	.035
B5	생물에서 기능하는 물질에 대한 정보는 DNA가 저장하고 있다.	2	56.7	56.3	24.6	82.8	55.4	44.53	.000
B6	유전자의 정보는 절대 변화하지 않는다.	2	65.2	69.0	70.8	89.1	71.6	12.64	.005
B7	개체 간 형질 차이와 염기서열의 관계	3	58.9	54.9	52.3	71.9	59.2	6.08	.108
B8	DNA의 정보는 변화될 수 있다.	3	63.1	73.2	63.1	79.7	68.3	7.20	.066
B9	유전 정보가 바뀌면 단백질의 기능에 변화가 생길 수 있다.	3	52.5	62.0	52.3	64.1	56.6	3.75	.290
B10	RNA는 DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다.	3	70.2	60.6	32.3	70.3	61.0	29.86	.000
B11	유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다.	3	65.2	62.0	47.7	82.8	64.5	17.63	.001
B12	RNA는 단백질 합성 과정에서 중요한 역할을 한다.	3	62.4	56.3	50.8	81.3	62.5	14.56	.002
B13	RNA는 형질이 나타나게 하는데 꼭 필요한 물질은 아니다.	3	40.4	35.2	38.5	56.3	41.9	7.16	.067
B14	인체의 조직이나 기관마다 서로 다른 종류의 유전자를 가지고 있다.	3	34.8	23.9	44.6	73.4	41.6	38.77	.000

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

가장 낮은 수준인 '수준 1'에 해당하는 문항의 정답률은 이수과목과 관계없이 모든 학생 집단에서 70% 이상으로 높게 나타난 반면, 높은 수준의 문항에 대해서는 전체적으로 정답률이 낮게 나타났으며, 이수과목에 따라 정답률의 차이가 크게 나타났다. DNA 또는 염색체가 유전물질로써 생물의 형질을 결정한다는 것(B1, B2)과 생물체마다 염색체의 개수가 다르고(B3) 다양한 형질을 가지고 있으며, 유전자의 변화로 인해 질병이 나타날 수 있다는 것 등은 중학교 과학(유전과 진화)에서 이미 다루어진 개념으로 고등학교 과학(생명의 연속성)과 생명과학Ⅰ(세포와 세포 분열)에서도 자세히 다루어지고 있어 이수과목에 상관없이 모든 학생들에게 친숙한 개념인 것으로 보인다.

생명과학Ⅱ를 학습한 학생들은 수준 2와 3에 해당하는 높은 수준의 거의 모든 문항에 대해서 다른 과목을 학습한 학생들과 비교하였을 때 높은 정답률을 나타내었다. 과학을 학습한 학생들은 유전정보로부터 RNA 합성 과정을 거쳐 단백질이 만들어지는 과정과 RNA의 구조 및 기능에 관련된 문항들(B5, B10, B11, B12)에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 학습한 학생집단 보다 더 높은 정답률을 나타내었다. 반면 단백질을 만드는 정보 단위로서의 유전자 개념(B4), 유전정보의 차이와 단백질의 기능 또는 형질의 차이 사이의 관계(B7, B9), 형질 발현 과정에서 RNA의 중요성(B13), 조직이나 기관의 차이에 대한 분자적 이해(B14)에 관한 질문 등에서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과 이해도의 차이가 나타나지 않았다. 이러한 결과로부터 과학 교과를 이수한 학생들은 유전자 또는 DNA를 주형으로 RNA가 합성되고, RNA 정보를 바탕으로 단백질이 합성되는 전사와 번역 과정에 대해서는 잘 이해하고 있는 반면, 유전정보의 단위라는 유전자의 진정한 의미와 유전자 발현 및 조절의 생물학적 의의에 대해서는 잘 이해하지 못하고 있음을 알 수 있었다. 예를 들면, 과학을 이수한 학생들은 "RNA는 DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다(B10)"와 "유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다(B11)"는 질문에 대해서는 생명과학Ⅰ만을 이수한 학생들에 비해 현저하

게 높은 정답률을 나타낸 반면에 “RNA는 형질이 나타나는데 꼭 필요한 물질이 아니다(B13)”는 질문에 대해서는 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들과 유사하게 낮은 정답률을 나타내었다.

‘유전정보의 기능과 발현’에 관한 내용은 일찍이 그 교육적 중요성이 강조되었음에도 불구하고(조희형, 1985), 2009 교육과정 이전에는 주로 고등학교 2, 3학년 학생들이 선택하는 생물Ⅱ에서만 다루어졌다. 게다가 분자적 수준의 내용은 학생들의 발달 수준과 맞지 않아 저학년 학생들이 이해하기 어려울 수 있다는 주장도 있었다(강연경 등, 2008). 그러나 본 연구 결과에서 과학을 학습한 고등학교 1학년 학생들이 DNA의 구조와 DNA로부터 전사, 번역을 거쳐 단백질이 합성되는 과정에 대해 생명과학Ⅰ을 학습한 학생들에 비해 높은 이해도를 나타내는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해 고등학교 저학년 수준에서 분자생물학의 기본 내용들을 이해하는 데 큰 어려움이 없다는 것을 알 수 있었다.

이와 같이 과학을 이수한 많은 학생들이 단백질 합성 과정을 기억하고 있음에도 불구하고 여전히 유전자 발현과 형질의 관계와 생물학적 의미를 잘 이해하지 못하는 이유로는 현행 교육과정에 의해 개발된 교과서와 교육현장에서 DNA로부터 단백질이 합성되는 유전자 발현 과정에 대해서는 강조하여 설명하고 있으나, 이 과정을 통해 형질, 또는 생명체의 특징이 결정되는 과정에 대해서는 상세히 다루지 않고 있다는 것을 들 수 있을 것이다. 다음 장에서 자세히 다루겠지만, 현행 교육과정의 중학교 과정에서는 단백질을 영양소의 일종으로 소화와 관련된 내용을 위주(영양소의 소화와 흡수)로 다루고 있으며, 고등학교 과학과 생명과학Ⅰ 교과에서도 생명체의 구성 물질로써 매우 제한적으로 다루고 있어, 학생들이 생명현상에서 단백질의 기능과 중요성에 대해 이해하기가 매우 어려운 실정이다. 이로 인해 학생들은 유전자 발현 과정이 유전정보를 이용해서 단백질을 만드는 과정이라는 사실을 배웠지만 이렇게 만들어진 단백질이 생명현상을 일으키고 생명체의 형질, 즉 특성을 결정한다는 사실을 이해하는 데는 어려움을 겪고 있는 것으로 보인다. 따라서 향후 교육

과정 개정이나 학교 현장의 교수 학습과정에서 단백질의 기능 및 중요성과 유전자-단백질-형질의 관계가 더 많이 강조되어야 할 것이다.

또한, 고등학교 과학이나 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들은 생명과학Ⅱ를 이수한 학생들과는 달리 “인체의 조직이나 기관이 모두 같은 유전체를 가지고 있다(B14)”는 질문에 대해 매우 낮은 정답률을 나타냈다. 인체를 구성하는 모든 세포가 서로 다른 유전자를 가지고 있다는 것과 같은 오개념을 학생들이 지니고 있다는 것은 Lewis 등(2000b), 정영란 등(2002) 등의 이전 연구에서도 지속적으로 제기되었던 것이다. 현행 교육과정에서는 고등학교 고학년이 학습하는 생명과학Ⅱ에서만 인체를 구성하는 모든 세포가 동일한 유전체를 가지고 있으며 상황과 조건에 따라 유전자 발현이 조절된다는 것을 설명(Ⅱ-1. 유전자와 형질발현)하고 있다. 중·고등학교 과학, 생명과학Ⅰ에서는 세포분열의 과정에 대한 설명이 충분하게 되어 있으나 유전체 개념에 대한 설명이 부족할 뿐만 아니라 하나의 수정란에서 체세포분열을 거쳐 개체가 발생하는 과정을 세포 분열과 연계하여 제시하지 않고 있다. 이로 인해 학생들은 체세포 분열의 결과 두 딸세포가 유전적으로 동일하다는 것은 알고 있지만, 그것과 연관하여 하나의 다세포 개체를 구성하는 모든 세포가 동일한 유전체를 가지고 있을 것이라는 것은 이해하지 못하는 것으로 보인다. 따라서 향후 교육과정 개정이나 교수학습의 과정에서는 체세포 분열과 발생의 과정을 연계하여 제시하는 것이 필요할 것이다.

학생들이 유전물질과 단백질의 관계에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 확인하기 위하여 유전자와 단백질의 관계(표 9) 및 DNA와 단백질의 관계(표 10)를 설명하라는 서술형 문항의 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하고 그 응답 비율을 비교해보았다. 유전자와 단백질의 관계에 대한 응답으로는 “유전자와 단백질이 염색체를 구성 한다”, “유전자가 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다”, “유전자가 단백질의 아미노산 서열 정보를 저장하고 있다” 등과 같이 각각 A2, B2, B3 수준에 해당하는 응답이 많았으며, 무응답이나 오답자를 제외한 응답자의 비율과 응답 수

준은 생명과학Ⅰ과 Ⅱ를 모두 이수한 학생 집단이 가장 높고, 생명과학Ⅰ만을 이수한 집단이 가장 낮았으며, 과학만을 이수한 학생 집단과 과학 및 생명과학I을 모두 이수한 집단은 중간 수준의 응답률과 응답 수준을 나타냈다(표 9). DNA와 단백질의 관계에 대한 문항의 경우에도 “DNA가 염색체를 구성 한다”, “DNA로부터 단백질이 만들어 진다”, “DNA의 염기서열이 단백질의 아미노산 서열을 결정 한다” 등과 같이 각각 A3, B2, B3 수준에 해당하는 응답이 많았으며, 집단 간의 응답 비율과 응답수준은 유전자와 단백질의 관계에 대한 문항의 결과와 유사하게 나타났다(표 10). 주목할 만 한 점은 생명과학Ⅰ 만을 학습한 집단에서는 거의 나타나지 않았던 유전자 또는 DNA가 단백질을 합성하는데 필요한 정보를 가지고 있다는 B3 수준의 응답이 과학을 학습한 학생 집단에서 비교적 높게 나타났다는 것이다. 따라서 과학 교과는 생명과학Ⅱ 교과만큼은 아니지만, 유전자 및 DNA의 핵심적인 기능 중 하나를 학습하는데 있어서 효과적인 것으로 여겨진다.

<표 9> 유전자-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준				전체
			A2	B2	B3	W	
집단	S	응답수(명)	7	5	8	121	141
		비율(%)	4.96	3.55	5.67	85.82	100.00
	SBI	응답수(명)	1	6	5	59	71
		비율(%)	1.41	8.45	7.04	83.10	100.00
	BI	응답수(명)	2	3	0	60	65
		비율(%)	3.08	4.62	.00	92.31	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	0	11	12	41	64
		비율(%)	.00	17.19	18.75	64.06	100.00
전체		응답수(명)	10	25	25	281	341
		비율(%)	2.93	7.33	7.33	82.40	100.00

A2, 유전자와 단백질은 함께 염색체 구성;
B2, 유전자는 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다;
B3, 유전자는 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보를 저장하고 있다;
W, wrong(틀림);
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

<표 10> DNA-단백질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답 유형 및 수준				전체
			A3	B2	B3	W	
집단	S	응답수(명)	13	1	8	62	84
		비율(%)	15.48	1.19	9.52	73.81	100.00
	SBI	응답수(명)	5	5	3	58	71
		비율(%)	7.04	7.04	4.23	81.69	100.00
	BI	응답수(명)	3	0	1	60	64
		비율(%)	4.69	.00	1.56	93.75	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	2	3	21	38	64
		비율(%)	3.13	4.69	32.81	59.38	100.00
전체		응답수(명)	23	9	33	218	283
		비율(%)	8.13	3.18	11.66	77.03	100.00

A3, DNA와 단백질이 함께 염색체를 구성;
B2, 유전자는 단백질에 대한 정보를 저장하고 있다;
B3, 유전자는 단백질의 아미노산 서열에 대한 정보를 저장하고 있다;
W, wrong(틀림)
S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

그런데 위의 검사 결과에서 흥미로운 사실 중의 하나는 과학을 이수한 학생 집단과 생명과학Ⅱ를 이수한 학생 집단 모두에서 DNA-단백질의 관계에 대한 응답율과 응답수준이 유전자-단백질 관계에 비해 높게 나타났다는 점이다. 유전자가 DNA로 구성되어 있으므로 DNA-단백질의 관계와 유전자-단백질의 관계에 대한 응답률과 응답수준이 비슷할 것으로 예상되었으나, 실제 결과에서는 DNA-단백질 관계에 대한 정답률이 높게 나타났다. 이 결과는 학생들이 DNA로부터 단백질이 합성되는 과정, 즉 전사와 번역 과정에 대해서는 잘 이해하고 있지만 유전자의 구성이나 유전자 발현의 진정한 의미는 잘 이해하지 못하고 있음을 의미하는 것으로 해석할 수 있으며, 이는 앞에 살펴본 T/F 형 및 선택형 문항 분석 결과와도 일치하는 결과이다.

제 4 절 '단백질의 구조와 기능' 관련 개념의 이해도

'단백질의 구조와 기능'에 관한 문항은 총 8개로, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준과 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 11>과 같다. 각 문항에 대한 정답률 분석 결과 '수준 1'에 해당하는 문항의 정답률은 이수 과목에 관계없이 모든 학생집단에서 78.7% 이상으로 높게 나타났으나, '수준 2' 또는 '수준 3'에 해당하는 문항의 경우 그 내용에 따라 정답률이 낮게 나타나거나 이수 과목에 따른 정답률의 유의한 차이가 나타나기도 하였다.

수준 1에 해당하는 단백질이 아미노산으로 구성(C1)되고 에너지원으로서 사용(C2)될 수 있으며, 달걀, 육류, 콩 등에 많이 포함(C3)되어 있고, 다양한 생명활동에 필요하다(C4)는 내용은 중학교 과학(중2, 영양소의 소화와 흡수), 고등학교 과학(생명의 탄생, 과학적 건강관리), 생명과학Ⅰ(생명 현상의 특성, 생명활동과 에너지)교과에서 공통적으로 단백질을 소화 및 물질대사와 연계하여 아미노산으로 구성된 에너지원으로 사용되거나 우리 몸을 구성하는 영양소 또는 물질대사 등에 관여하는 물질이라는 것을 반복적으로 제시하고 있기 때문에 모든 집단의 학생들이 비교적 잘 알고 있는 것으로 보인다.

수준 2에 해당하는 문항 중, 단백질이 세포의 생존에 있어서 필수적인 물질이라는 것(C5)에 대해서는 모든 학생 집단에서 정답률이 61% 이상으로 나타나 어느 정도 인식하고 있는 것으로 보이지만, 단백질은 생물의 생김새와 관계가 없다(C6)나 단백질의 구조가 그 기능을 결정한다(C7) 등과 같은 문항에 대해서는 생명과학Ⅱ 이수자에게서도 정답률이 매우 낮게 나타났다. 반면 단백질이 pH나 온도와 같은 환경요인에 의해 변성될 수 있다는 것(C8)에 대해서는 생명과학Ⅱ 이수자에게서 이해도가 매우 높게 나타났는데, 이는 생명과학Ⅱ 교과서에서 pH와 온도에 의한 효소의 변성이 구체적으로 제시되고 있어 이를 단순히 암기한 결과로 보인다.

이러한 결과를 종합해보면, 현행 교육과정을 이수한 많은 학생들이 이수 과목에 상관없이 단백질의 기능을 영양소의 하나 또는 효소로서의 작용 등 매우 제한된 범위에서만 이해하고 있으며, 생명현상 전반에 걸친 단백질의 작용과 중요성에 대해서는 거의 인식하지 못하고 있는 것으로 여겨진다. 실제로 현행 고등학교 교육과정에서는 생명체의 구성 물질과 효소 단원을 제외하고는 단백질의 구조와 기능에 관한 내용이 거의 다루어지지 않고 있으며, 생명현상에서 단백질의 중요성도 전혀 강조되지 않고 있다. 실제로 교과서에서는 생명현상을 설명하기 위해 효소, 헤모글로빈, 항체 등과 같은 다양한 단백질의 특성과 작용에 대해서 다루고 있지만, 학생들은 단백질이 생명현상을 일으키는 핵심 물질이며 생명체가 유전정보를 사용하여 특정한 단백질을 만들어 냄으로써 생명현상이 일어나고 생명체의 형질이 결정된다는 사실에 대해서는 거의 인식하지 못하고 있는 것으로 여겨진다.

<표 11> 단백질의 구조와 기능 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SBI	BI	BIBII	전체	X^2	p
C1	단백질의 구성단위는 무엇인가?	1	78.7	81.7	83.1	92.2	82.7	5.64	.130
C2	단백질은 에너지원으로 사용된다.	1	92.9	93.0	86.2	90.6	91.2	2.88	.411
C3	단백질은 달걀, 육류, 콩, 생선 등에 많이 포함되어있다.	1	94.3	94.4	96.9	96.9	95.3	1.18	.759
C4	단백질은 물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동에 필요하다.	1	89.4	94.4	89.2	95.3	91.5	3.20	.361
C5	우리 몸의 세포는 단백질 없이 생존할 수 없다.	2	61.0	63.4	75.4	70.3	66.0	4.87	.181
C6	단백질은 생물의 생김새(모양)를 결정한다.	2	28.4	28.2	27.7	25.0	27.6	.27	.966
C7	단백질은 3차원적 구조에 의존하여 특별한 기능을 수행할 수 있다.	3	29.8	21.1	23.1	34.4	27.6	3.97	.265
C8	단백질은 pH, 염의 농도, 온도 혹은 다른 환경 조건이 변하면, 변성될 수 있다.	3	44.0	66.2	61.5	85.9	59.8	34.18	.000***

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

<표 12> 단백질-형질의 관계에 대한 응답유형 및 수준

			응답유형 및 수준				전체
			C1	C2	C3	W	
집단	S	응답수(명)	2	11	1	127	141
		비율(%)	1.42	7.80	.71	90.07	100.00
	SBI	응답수(명)	1	10	0	60	71
		비율(%)	1.41	14.08	.00	84.51	100.00
	BI	응답수(명)	0	3	2	60	65
		비율(%)	.00	4.62	3.08	92.31	100.00
	BIBⅡ	응답수(명)	0	12	4	48	64
		비율(%)	.00	18.75	6.25	75.00	100.00
전체		응답수(명)	3	36	7	295	341
		비율(%)	.88	10.56	2.05	86.51	100.00

C1, 단백질은 에너지원으로 쓰이거나 몸을 구성 한다;
C2, 단백질이 기능을 하여 형질을 결정 한다;
C3, 단백질의 고유한 구조와 모양 등에 의존하여 형질이 결정 된다;
W, wrong(틀림)

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

학생들이 단백질의 기능에 대해 얼마나 이해하고 있는지를 확인하기 위하여 단백질과 형질의 관계를 묻는 주관식 문항에 대한 응답을 <표 4>의 내용 수준에 따라 구분하고 학습 과목 별로 응답률을 비교해보았다(표 12). 단백질과 형질의 관계에 대한 학생 응답 중 단백질이 아미노산으로 구성되어 있으며 우리 몸을 구성하는데 쓰인다는 등의 단순한 단백질 기능에 대한 응답은 C1으로 분류하였으며, 단백질이 형질과 관련이 있다거나 다양한 단백질이 다양한 형질을 결정한다는 응답은 C2로, 단백질의 형태, 입체구조 등을 비롯한 고유한 특성에 의해 형질이 결정된다는 응답은 C3으로 분류하였다. 그 외에 모르겠다거나 잘못된 응답은 W로 코딩하였다(표 12). 그 결과 전체적으로 정답률이 매우 낮았는데, 특히 과학을 이수한 학생들과 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들에서는 C2 또는 C3 수준의 응답률이 8.51%와 7.70%로 매우 낮아 대부분의 학생들이 단

백질의 기능을 생명체의 구성 물질 중 하나로써 단순하게 이해하고 있으며 단백질과 형질의 관계에 대해서는 제대로 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 생명과학Ⅱ를 이수한 학생들에서는 C2 수준과 C3 수준의 응답률이 각각 18.75%와 6.25%로 과학이나 생명과학Ⅰ 만을 이수한 학생들에 비해서는 높게 나타났으나, 여전히 75%의 학생들은 단백질과 형질의 관계에 대해 명확히 이해하지 못하는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 앞의 분석 결과 나타난 유전자와 형질 또는 DNA와 형질의 관계에 대한 이해도(표 8)에 비해 현저히 낮은 값으로써, 현행 교육과정 및 학습 현장에서 유전자와 DNA의 중요성에 비해 단백질의 기능과 중요성에 대해서는 거의 다루어지지 않고 있기 때문에 나타나는 현상으로 보인다. DNA로 구성된 유전자에 담겨진 유전정보가 발현되어 단백질이 만들어지며, 이들 단백질의 작용에 의해 생명현상이 나타나고 생명체의 특성이 결정되는 것이므로, 생명의 중심원리를 이해하기 위해서는 단백질의 기능과 중요성에 대한 이해가 필수적일 것이다. 따라서 향후 단백질의 구조와 기능에 대한 학생들의 이해도를 증진시킬 수 있도록 교육과정 및 교수학습의 개선이 필요할 것으로 여겨진다.

제 5 절 ‘유전 정보의 전달’ 관련 개념의 이해도

‘유전 정보의 전달’ 관련 개념에 대한 문항은 총 14개로 각 문항의 내용, 각 문항에서 요구하는 개념의 수준, 각 문항에 대한 학생들의 정답률은 <표 13>과 같다.

유전자(D1), 염색체(D2), DNA(D3, D4)와 같은 유전물질이 세포 분열을 통해 한 세대에서 다음 세대로 전달된다는 것과 단백질이 유전물질이 아니라는 것(D5, D6)등 낮은 수준(수준 1)의 문항에 대해서는 과학 만을 학습한 학생들이 생명과학Ⅰ 또는 생명과학Ⅰ, Ⅱ를 모두 이수한 학생들에 비해 정답률이 다소 낮기는 하지만, 모든 집단에서 정답률이 63.1% 이상으로 나타나 모든 학생들이 이들 개념을 비교적 잘 이해하고 있다는 것을 알 수 있었다. 이것은 중학교 과학, 고등학교 과학, 생명과학Ⅰ에 걸쳐서 세포 분열의 의미와 멘델의 유전 법칙이 교육과정 상 비교적 체계적이고 연계성 있게 구성되어 있고(이기순, 2015), 그에 따라 중학교 과학(체세포 분열과 생식세포 분열, 유전 법칙), 고등학교 과학(생명의 연속성), 생명과학Ⅰ(세포와 세포분열, 유전) 교과서에서 세포분열을 통해 유전물질인 염색체가 딸세포로 전달되어 다음 세대로 형질이 전달된다는 것과 멘델의 분리의 법칙 내용이 그림과 함께 상세하게 설명되어 있기 때문으로 여겨진다.

그러나 중간 수준(수준 2)의 일부 문항에 대해서는 이수 과목에 따른 학생들의 정답률에 크게 차이가 나타났는데(표 13), DNA가 세포 분열 전에 복제된다는 것(D8), 세포 주기 진행 과정에서의 염색체의 상태(D9), 우성 표현형과 열성 표현형을 구분하는 것(D13)과 우성 표현형의 부모에서 열성 표현형의 자손이 나올 수 있는 이유(D14) 등의 문항에 대해서는 과학을 이수한 학생들이 각각 55.3, 26.2, 19.1, 23.4%로 가장 낮은 정답률을 나타내었다. 과학과 생명과학I을 모두 이수한 학생들은 67.6, 50.7, 60.6, 46.5%로, 생명과학I 만을 이수한 학생들은 75.4, 52.3, 55.4, 61.5%로 과학만 이수한 학생들과 비교하였을 때, 상대적으로 높은 정답

률을 나타내었으며, 생명과학I, Ⅱ를 모두 이수한 학생들은 81.3, 81.3, 76.6, 81.3%로 가장 높은 정답률을 나타냈다.

<표 13> 유전 정보의 전달 관련 문항 응답 분석 결과

N	내용	수준	정답률(%)						
			S	SB1	BI	BIBII	전체	X^2	p
D1	유전자는 한 세대에서 그 다음으로 전달되는 물질이다.	1	88.7	91.5	95.4	92.2	91.2	2.65	.449
D2	염색체는 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.	1	64.5	78.9	72.3	81.3	72.1	8.30	.040
D3	DNA는 세포 분열을 통해 다음 세대로 전달된다.	1	63.1	83.1	75.4	75.0	71.8	10.47	.015
D4	DNA는 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전 물질이다.	1	77.3	84.5	89.2	90.6	83.6	7.92	.048
D5	자손이 부모를 닮는 것은 부모가 가지고 있던 단백질을 물려받기 때문이다.	1	81.6	77.5	83.1	87.5	82.1	2.38	.498
D6	단백질은 한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.	1	69.5	81.7	80.0	90.6	78.0	12.59	.006
D7	부모 세대에서의 단백질 생산 능력이 자손에서도 동일하게 나타나는 이유는?	2	44.0	59.2	47.7	79.7	54.5	24.51	.000
D8	DNA는 세포가 분열하기 이전에 복제된다.	2	55.3	67.6	75.4	81.3	66.6	16.52	.001
D9	염색체는 모든 세포 주기에서 관찰되지는 않는다.	2	26.2	50.7	52.3	81.3	46.6	55.69	.000
D10	생식세포에서 염색체는 쌍으로 존재한다.	2	34.8	26.8	36.9	46.9	35.8	6.04	.109
D11	상동염색체를 구성하는 두 유전물질의 염기서열은 동일하다.	2	20.6	42.3	33.8	50.0	33.1	20.95	.000
D12	유사분열 후 모세포와 딸세포는 유전적으로 동일한가?	2	31.9	28.2	36.9	59.4	37.2	17.63	.001
D13	교배 실험에서 우성 표현형과 열성 표현형을 구분할 수 있는가?	2	19.1	60.6	55.4	76.6	45.5	73.46	.000
D14	우성 표현형의 부모에서 열성 표현형의 자손이 어떻게 나타나는가?	2	23.4	46.5	61.5	81.3	46.3	67.24	.000

$p^{*}<.05$, $p^{**}<.01$, $p^{***}<.001$

S, 과학 이수자; SBI, 과학、생명과학 이수자; BI, 생명과학Ⅰ 이수자; BIBII, 생명과학Ⅰ、Ⅱ 이수자

세포분열과 멘델의 유전법칙에 대한 내용은 중학교 과학(생식과 발생, 유전과 진화)에서 다루어지는 내용으로, 고등학교 과학(생명의 진화)에서도 다시 다루어지고 있으나 실제로 고등학교 과학에서는 생명의 진화 한 단원 안에 생명체의 구성 물질, 세포막의 구조, 생명체의 탄생, 진화와 다양성, 유전자와 유전암호, 세포분열, 유전자 복제 및 유전자 전달 등 매우 많은 내용 요소들이 한꺼번에 간략히 다루어지고 있어 제한된 지면과 수업 시수 안에서 이들 개념을 습득하기에는 어려움이 있는 것으로 판단된다. 반면 생명과학I 교과는 한 단원에서 멘델의 유전법칙만을 집중적으로 다루고 있어 유전 정보의 전달 관련한 개념 습득에 더 유리한 것으로 보인다.

한편, 생식세포에서는 염색체가 쌍으로 존재하지 않는다는 것(D10)과 상동염색체의 염기서열이 동일하지 않다는 것(D11), 유사분열 후 모세포와 딸세포가 유전적으로 동일하다는 것(D12)과 관련된 문항에 대해서는 과학이나 생명과학Ⅰ을 이수한 학생들의 정답률이 모두 37% 미만으로 매우 낮았으며, 생명과학I, Ⅱ를 이수한 학생들에서도 정답률이 각각 46.9, 50.0, 59.4%로 상대적으로 낮게 나타났다. 이 결과는 학생들이 세포분열의 과정에 대해 학습하였음에도 체세포분열과 감수 분열 과정에서 유전체의 복제, 염색체의 분리, 대립유전자와 상동염색체의 행동에 대해서는 정확히 이해하지 못하고 있음을 의미하며, 이는 학생들이 세포분열의 의미나 상동염색체가 서로 다른 정보를 가지고 있다는 것을 이해하지 못한다는 선행 연구 결과와도 일치하는 것이다(lewis et al., 2000c; 김미영 등, 2014). 따라서 향후 학생들이 이들 개념을 잘 이해할 수 있도록 DNA 복제, 체세포분열 및 감수분열, 유전법칙 등과 같은 각각의 생명현상 뿐 만 아니라 이들의 연관 관계와 생물학적 의미가 강조되는 방향으로 교육과정 및 교수학습 방법이 개선되어야 할 것이다.

제 5 장 결론 및 제언

본 연구에서는 우리나라의 유전학 교육 과정에서 나타나는 문제점을 알아내고 그에 대한 보완점을 제시하기 위해서, 2009 개정 과학과 교육과정을 이수한 고등학생들을 대상으로 유전학 개념의 이해 수준을 조사, 분석하였다.

그 결과, 2009 개정 교육과정의 고등학교 과학 교과에 대한 내용 체계와 성취기준에는 DNA, 단백질 등 생명의 기본 구성요소와 유전자, 염색체, 유전암호, 생식과 유전자 전달, 유전자 다양성과 진화 등 유전학과 관련된 개념들이 포괄적으로 다뤄질 수 있도록 제시되어 있음에도 불구하고, 과학 과목 이수는 '유전정보의 위치와 구성'에 관련된 개념과 '유전정보의 기능과 발현' 관련 개념 중 유전자 발현 과정에 대해서만 제한된 학습효과를 나타내었으며, 단백질의 구조와 기능, 생식과 유전자 전달, 유전자 다양성과 진화 등과 관련된 개념에 대해서는 학습효과가 미비함을 확인할 수 있었다. 2009 개정 고등학교 과학 교과의 교육과정에 제시된 유전학 관련 내용 요소와 성취기준은 유전학의 거의 모든 내용을 포괄하고 있지만 여섯 단원 중 한 단원에 집약되어 있으며, 5단위 교과에서 이 모든 개념을 다루는 것은 현실적으로 매우 어려운 것으로 여겨진다(교육과학기술부, 2011). 또한 다양성과 진화의 원리에 관한 내용의 학습은 유전자의 구조와 발현, 단백질의 구조와 기능, 생식과 유전의 원리 등 여러 가지 생명현상에 대한 이해가 바탕이 되어야 하는 개념으로 고등학교 1학년 학생들이 학습하는 과학 과목의 한 단원 안에서 다루기는 어려울 것으로 여겨진다. 따라서 향후 교육과정 구성 시에는 지나치게 많은 개념을 제시하기 보다는 개념의 체계와 위계를 고려하여 적정량의 학습 개념을 제시하는 것이 필요할 것으로 여겨진다.

또한 본 연구를 통해 2009 개정 교육과정의 과학 과목을 다양한 조합으로 이수한 모든 집단에서 공통적으로 나타난 특징 중의 하나는 생명과학

II를 이수한 학생들조차도 단백질에 대한 이해도가 매우 낮으며, 그 결과 학생들이 유전자, 유전자 발현 및 발현 조절의 의미를 이해하는데 어려움을 겪고 있다는 사실이다. 예를 들면 학생들은 유전자에 의해 형질이 결정된다는 사실은 잘 알고 있지만 개체의 형질(모양)이 단백질에 의해 결정된다는 사실은 잘 모르고 있으며, RNA가 단백질 합성에 필수적이라는 사실은 알고 있지만 RNA가 형질을 나타내는 데에는 필수적이라는 사실은 잘 모르고 있었다. 생물학에서 가장 중요한 생명의 중심원리(DNA-RNA-단백질)를 이해하기 위해서는 유전자의 기능과 더불어 단백질의 기능과 중요성에 대한 이해가 필수적이다. 즉, 생명현상의 도구인 단백질을 만들어내는 정보를 저장하는 곳이 유전자라는 사실을 아는 것이 중심원리를 이해하는 데 있어서 핵심인데도 불구하고, 현행 교육과정에서는 유전자에 대해서는 중학교 과학에서부터 고등학교 과정까지 그 내용을 매우 강조하고 있는 반면, 생명현상에서 단백질의 기능과 그 중요성에 대한 내용은 매우 부족한 실정이다. 따라서 향후 교육과정이나 교과서의 개정 시에는 단백질의 구조와 기능 및 중요성에 대한 내용이 함께 강조될 필요가 있는 것으로 생각된다.

또한 학생들은 과학, 생명과학I, 생명과학II 학습을 통해 유전학의 근본 원리를 이해하고 있기 보다는 그 생명현상 자체나 그 생명현상이 일어나는 과정을 단순히 암기하는 경향도 나타났다. 학생들은 DNA의 상보적인 결합 원리는 모른 채 DNA가 상보적으로 결합함을 단순히 암기만 하고 있었으며, DNA로부터 RNA를 거쳐 단백질이 만들어지는 유전자 발현 과정은 잘 암기하고 있지만 유전자가 단백질을 만들기 위한 정보를 저장한다는 사실과 유전자 발현을 통해 생명체의 특징(형질)이 결정되고 생명현상이 나타난다는 사실은 잘 모르고 있으며, 수정란으로부터 체세포 분열을 통해 개체가 형성되고 체세포분열 결과 유전적으로 동일한 딸세포가 만들어진다는 사실은 알고 있지만 한 개체의 서로 다른 조직에 있는 세포들의 유전자가 동일하다는 사실은 알지 못하고, 교배실험에서 우성과 열성 형질의 판별이나 분리비율 등은 잘 알고 있지만 상동염색체

나 대립유전자의 의미는 잘 모르고 있었다. 학생들에게 유전자의 구성과 유전자 발현 과정이나 교배실험에서 형질과 유전자의 분리 비율 등을 가르치는 이유는 유전자와 유전자 발현의 의미나 세대 간 유전자 전달의 원리 이해를 돕고 나아가 생명 현상의 근본 원리를 이해시키기 위함인데, 현재는 이러한 교육의 목표가 충분히 달성되지 못하고 있는 것으로 여겨진다. 학교 현장에서 입시 위주의 교육이 행해져 왔던 것도 원인이 될 수 있겠지만, 현재 교육과정 및 교과서, 교수 학습 과정이 생명현상에 대한 단순 지식과 과정을 강조하고 있는 것도 영향을 준 것으로 보인다. 따라서 향후 교육과정 및 교과서의 재구성 할 때에 유전학 관련 개념을 골고루 제시하여야 하며, 개념 간 연관성, 생물학적 의미를 더 강조하는 방향으로 교수학습과정을 개선한다면 중심원리를 포함한 유전학적 개념을 보다 효과적으로 이해할 수 있을 것이라고 기대한다.

학생들의 개념에 대한 이해수준은 교육과정과 교과서의 영향만 받는 것은 아니다. 학생들의 개념에 대한 학습은 교과서뿐만 아니라 그들의 발달 수준과 언어, 사회적 상호작용, 과학에의 관심도 및 흥미도 등 다양한 측면에서 영향을 받는다(김미영 등, 2007)는 점에서 학생의 이해 수준을 다양한 측면에서 분석할 필요가 있다. 이 연구를 근거로 우리나라 학생들의 특성을 반영하여, 학생들이 보다 체계적으로 유전학을 학습할 수 있게 도와주는 학습체계 및 방법에 대한 연구가 앞으로 필요하다.

참 고 문 헌

Allen, G. E. (2003). Mendel and modern genetics: the legacy for today. *Endeavour*, 27(2), 63-68.

Aronson, B. D., & Silveira, L. A. (2009). From genes to proteins to behavior: a laboratory project that enhances student understanding in cell and molecular biology. *CBE Life Sci Educ, 8*(4), 291-308.

Boujemaa, A., Pierre, C., Sabah, S., Salaheddine, K., Jamal, C., & Abdellatif, C. (2010). University students' conceptions about the concept of gene: Interest of historical approach. *Us-china Educ, 7*(2), 9-15.

Dahm, R. (2008). Discovering DNA: Friedrich Miescher and the early years of nucleic acid research. *Hum Genet, 122*(6), 565-581.

Duncan, R. G., Rogat, A. D., & Yarden, A. (2009). A Learning Progression for Deepening Students' Understandings of Modern Genetics Across the 5th-10th Grades. *Journal of Research in science teaching, 46*(6), 655-674.

Hott, A. M., Huether, C. A., McInerney, J. D., Christianson, C., Fowler, R., Bender, H., Karp, R. (2002). Genetics content in introductory biology courses for non-science majors: Theory and practice. *Bioscience, 52*(11), 1024-1035.

Johnstone. (1991). Why is science difficult to learn? *Journal of Computer assisted learning, 7*, 75-83.

Khodor, J., Halme, D. G., & Walker, G. C. (2004). A hierarchical biology concept framework: a tool for course design. *Cell Biol Educ, 3*(2), 111-121.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000a). All in the genes? – young people's understanding of the nature of genes. *Journal of Biological Education, 34*(2), 74-79.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000b). What's in a cell? - young people's understanding of the genetic relationship between cells, within an individual. *Journal of Biological Education, 34*(3), 129-132.

Lewis, J., Leach, J., & Wood-Robinson, C. (2000c). Chromosomes: the missing link - young people's understanding of mitosis, meiosis, and fertilisation. *Journal of Biological Education, 34*(4), 189-199.

Lewis, J., & Wood-Robinson, C. (2000). Genes, chromosomes, cell division and inheritance - do students see any relationship? *International Journal of Science Education, 22*(2), 177-195.

Marbach-Ad, G. (2001). Attempting to break the code in student comprehension of genetic concepts. *Journal of Biological Education, 35*(4), 183-189.

Marbach-Ad, G., & Stavy, R. (2000). Students' cellular and molecular explanations of genetic phenomena. *Journal of Biological Education, 34*(4), 200-205.

National curriculum in England. (2013). *Science programmes of study: key stage 3.* England.

National Research Council. (2012). *A Framework for K-12 science education : Practices, Crosscutting Concepts, and Core Ideas.* Washington, D. C.: The National Academies Press.

Roseman, J. E., Caldwell, A., Gogos, A., & Kurth, L. (2006). *Mapping a Coherent Learning Progression for the Molecular Basis of Heredity.* Paper presented at the National Association for

Research in Science Teaching Annual Meeting.

Smith, M. U., & Sims, O. S. (1992). Cognitive-Development, Genetics Problem-Solving, and Genetics Instruction - a Critical-Review. *Journal of Research in science teaching, 29*(7), 701-713.

강연경 & 송방호. (2008). 중등과학 유전 관련 내용의 학교, 학년급간 연계성 분석. *한국생물교육학회, 36*(4), 429-443.

교육과학기술부. (2011). 2009 개정 고교 과학과 교육과정, 교육과학기술부 고시 제 2011-361호[별책9].

교육부. (1997). 7차 과학과 교육과정, 교육부 고시 제 1997-15호.

김광연. (2014). 자유주의 우생학과 생명정치 : 유전자 결정론과 생명계급의 문제점을 중심으로. *생명윤리정책연구*, 8(2), 109-313.

김동렬. (2010). High School Students' Understanding of Genetic Concepts and Their Difficulties in Learning Genetics. *한국 교원대학교 교육연구원, 26*(5), 27-42.

김미영 & 이길재. (2007). 생식과 유전 개념에 대한 고등학생들의 개념 생태 분석. *한국생물교육학회, 35*(4), 678-691.

김미영 & 이신영. (2014). 세포 분열에 대한 교과서의 내용과 고등학생들의 개념 이해 분석. *한국생물교육학회, 42*(3), 326-341.

김선영. (2008). 유전 개념 상호 관계에 대한 학생들의 개념적 이해. *한국생물교육학회, 36*(4).

김은희, 이미숙 & 이길재. (2009). 과학사 개념틀에 근거한 교육 과정 및 교과서에 나타난 유전 개념 분석. *한국생물교육학회, 37*(3), 403-417.

문교부. (1946). 초중등학교 교수요목집.

문교부. (1955). 1th Curriculum for middle school, 문교부령 제45호 별책

문교부. (1967). 2nd Curriculum for high school 인문계 고등학교 교육과정, 문교부령 제181호

문교부. (1974). 3차 인문계 고등학교 교육과정, 문교부령 제 350호.

문교부. (1981). 4차 고등학교 교육과정, 문교부 고시 제422호. 별책 4.

오하나. (2015). 멘델유전에 대한 고등학생들의 이해도 및 오개념 확인과 생명과학 I 교과서 요인 분석. *이화여자대학교*.

이기순. (2015). 국가 수준 과학과 교육과정에 제시된 유전 관련 내용의 국제 비교. *서울대학교 석사학위*.

임수민, 박민정 & 김영신. (2013). 학습 과정에 따른 고등학생들의 유전 관련 개념의 다양성 및 근접성 분석. *한국생물교육학회, 41(4),* 589-600.

정영란 & 김은주. (2002). 염색체, 유전자, 유전정보에 대한 학생들의 이해도 연구. *한국생물교육학회, 30*(4), 316-324.

정재훈, 이영은, 김영신. (2010). 고등학교 생물 교사가 제시한 유전 *영역의 배경개념 조사. 중등교육연구, 58(2), 25-47.*

조희형. (1985). 고등학교 생물 과정에 필요한 기본 개념의 확인 및 결정. *한국과학교육학회*, 5(1), 11-17.

[부 록 1] - 개념검사지

유전 개념 이해도 조사

안녕하십니까?
본 검사지는 유전 개념에 관한 이해도를 알아보기 위한 것입니다.
각 문항을 자세히 읽어본 후 해당되는 번호에 체크를 하거나 답안을 작성해 주시기 바랍니다. 이 설문은 연구 목적 이외에 사용되거나 공개되지 않으며 성적과도 무관합니다. 여러분의 생각대로 솔직하게 응답해주시기 바랍니다.
연구에 참여해주셔서 감사합니다.

서울대학교 사범대학 일반대학원
생물교육전공 김 현 경

1. 기본 정보

(1) (　　) 고등학교 (　　) 학년
　　이름 :
　　계열 : (공통 / 자연계 / 인문계)

(2) 성별 : (남 , 여)

(3) 다음 중 본인이 학습했던 또는 학습 중인 교과목을 모두 선택해주세요. (중복 체크 가능)
① 고등학교 과학(☞(3)-1로)　② 생명과학Ⅰ　③ 생명과학Ⅱ(☞(3)-2로)

(3)-1. [(3)에서 ①에 체크하였으면, 답해주세요.] 고등학교 과학, Ⅲ. 생명의 진화 단원을 학습하였습니까?
① 예　② 아니오　③ 기억나지 않음.

(3)-2. [(3)에서 ③에 체크하였으면, 답해주세요.] 고등학교 생명과학Ⅱ. 유전자와 생명공학 단원을 학습하였습니까?
① 예　② 아니오　③ 기억나지 않음.

2. 다음은 생물학적 용어(유전자, DNA, 단백질, 염색체, RNA)에 대한 질문입니다. 각 질문에 솔직하게 답해주세요.

A. 유전자

① 나는 유전자에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 유전자에 대해 들어는 보았으나, 유전자가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 유전자에 대해 들어보았으며, 유전자에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 유전자는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ DNA ⓑ RNA ⓒ 단백질 ⓓ 탄수화물 ⓔ 지방 ⓕ 모름

(2) 다음은 유전자에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	각 생명체마다 갖고 있는 유전자의 종류가 다르다.			
ⓑ	한 세대에서 그 다음으로 전달되는 유전 물질이다.			
ⓒ	유전자는 단백질이나 RNA를 만들 수 있는 정보 단위이다.			
ⓓ	유전자의 정보를 바탕으로 RNA가 합성될 수 있다.			
ⓔ	유전자는 에너지원으로 사용된다.			
ⓕ	물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동을 진행한다.			
ⓖ	유전자는 생물의 형질에 영향을 주지 않는다.			
ⓗ	인체의 조직이나 기관마다 서로 다른 종류의 유전자를 가지고 있다.			
ⓘ	유전자는 염색체의 한 부분이다.			
ⓙ	유전자의 정보는 절대 변화하지 않는다.			
ⓚ	유전자에서 곧바로 단백질이 합성된다.			

다음 면에 계속 ☞

B. DNA

① 나는 DNA에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 DNA에 대해 들어는 보았으나, DNA가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 DNA에 대해 들어보았으며, DNA에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) DNA는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 DNA에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	두 가닥의 사슬이 서로 마주 보며 꼬여있는 이중나선 구조이다.			
ⓑ	세포가 분열하기 이전에 복제된다.			
ⓒ	당-인산 골격에 정보가 저장되어 있다.			
ⓓ	염색체를 구성한다.			
ⓔ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전 물질이다.			
ⓕ	한 가닥의 정보를 알면, 짝을 이루는 반대쪽 가닥의 정보도 알 수 있다.			
ⓖ	모든 생물이 DNA를 갖는다.			
ⓗ	자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.			
ⓘ	DNA의 정보는 절대 변화하지 않는다.			
ⓙ	세포 분열을 통해 다음 세대로 전달된다.			
ⓚ	DNA의 모든 서열은 RNA로 전달된다.			

다음 장에 계속 ☞

C. 단백질

① 나는 단백질에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 단백질에 대해 들어는 보았으나, 단백질이 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 단백질에 대해 들어보았으며, 단백질에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 단백질은 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 단백질에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	에너지원으로 사용된다.			
ⓑ	물질대사, 운동, 신호 전달 등 다양한 생명 활동에 필요하다.			
ⓒ	우리 몸의 세포는 단백질 없이도 어느 정도는 생존할 수 있다.			
ⓓ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓔ	유전 정보가 바뀌면 단백질의 기능에 변화가 생길 수 있다.			
ⓕ	3차원적 구조에 의존하지 않고 특별한 기능을 수행할 수 있다.			
ⓖ	pH, 염의 농도, 온도 혹은 다른 환경 조건이 변하면, 변성될 수 있다.			
ⓗ	단백질은 생물의 생김새(모양)와는 관계없다.			
ⓘ	염색체를 구성한다.			
ⓙ	자신의 몸을 구성하고 그 기능을 유지할 수 있는 모든 정보를 저장한다.			
ⓚ	달걀, 육류, 콩, 생선 등에 많이 포함되어 있다.			
ⓛ	자손이 부모를 닮는 것은 부모가 가지고 있던 단백질을 물려받기 때문이다.			

다음 면에 계속 ☞

D. 염색체

① 나는 염색체에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 염색체에 대해 들어는 보았으나, 염색체가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 염색체에 대해 들어보았으며, 염색체에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) 다음은 염색체에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	모든 세포 주기에서 관찰할 수 있다.			
ⓑ	크기와 모양이 같은 염색체를 상동염색체라고 한다.			
ⓒ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓓ	생식세포에서 염색체는 쌍으로 존재한다.			
ⓔ	상동염색체를 구성하는 두 유전물질의 염기서열은 동일하다.			
ⓕ	일반적으로 인간은 46개의 염색체를 갖는다.			
ⓖ	생물마다 염색체의 수는 다르다.			

다음 장에 계속 ☞

E. RNA

① 나는 RNA에 대해 전혀 들어본 적이 없다. ❑

② 나는 RNA에 대해 들어는 보았으나, RNA가 무엇인지는 전혀 모른다. ❑

③ 나는 RNA에 대해 들어보았으며, RNA에 대해 아는 것이 있다. ❑

만약 ③에 체크를 했다면, 다음 질문에 답해주세요.

(1) RNA는 무엇으로 구성이 되어있나요?

ⓐ 디옥시리보뉴클레오타이드 ⓑ 리보뉴클레오타이드 ⓒ 아미노산 ⓓ 지방산 ⓔ 포도당 ⓕ 모름

(2) 다음은 RNA에 대한 설명입니다. 맞다고 생각하면 '맞음'에, 틀리다고 생각하면 '틀림'에, 잘 모르겠다면 '모름'에 체크(✓) 해주세요.

문항 번호	설명	맞음	틀림	모름
ⓐ	두 개의 사슬로 구성된 이중나선 구조를 하고 있는 물질이다.			
ⓑ	한 세대에서 그 다음 세대로 전달되는 유전물질이다.			
ⓒ	염색체를 구성하는 물질이다.			
ⓓ	형질이 나타나게 하는데 꼭 필요한 물질은 아니다.			
ⓔ	세포 내에서 다양한 기능을 한다..			
ⓕ	DNA 한 가닥과 상보적으로 짝을 이룰 수 있다.			
ⓖ	아미노산 서열에 대한 정보를 저장하는 기능만 갖는다.			
ⓗ	에너지원으로 사용된다.			
ⓘ	단백질 합성 과정에서 중요한 역할을 한다.			

다음 면에 계속 ☞

3. 다음 각 개념간에 어떤 관계가 있는지 최대한 아는 대로 설명해보세요. 관계가 없다고 생각하면 '관계없음', 모르겠다면 '모르겠음'이라고 써주세요.

(1) 유전자-단백질

(2) 유전자-DNA

(3) 단백질-형질

(4) DNA-단백질

다음 장에 계속 ☞

※ 다음 유전과 관련된 문항(4~6)을 해결해주세요.

4. 어떤 식물의 씨앗 몇 개를 정원에 심었다. 이 씨앗들에서 자란 식물들의 꽃 색깔이 서로 달랐다면, 그 원인은 무엇일까?

① 씨앗들이 서로 다른 종류의 색소를 가지고 있기 때문.
② 씨앗에 따라 유전 물질의 종류가 다르기 때문.
③ 씨앗에 따라 DNA를 구성하는 염기 서열이 다르기 때문.
④ 씨앗들이 서로 다른 종류의 단백질을 가지고 있기 때문.
⑤ 모르겠다.

5. ㉠인슐린을 생산할 수 있는 박테리아로부터 어떤 물질을 분리했다. 이 물질을 인슐린을 생산할 수 없는 다른 종류의 박테리아에 삽입하였다. 그 결과 후자의 박테리아가 인슐린을 생산하기 시작하였다. ㉡물질이 삽입된 박테리아는 계속 분열하였고, ㉢새로 생겨난 박테리아에서도 인슐린이 생산되었다.

5-1. ㉠으로부터 분리된 물질은 무엇으로 구성되어 있는가?

① DNA ② RNA ③ 단백질 ④ 지방 ⑤ 녹말

5-2. ㉢에서도 인슐린이 생산된 이유는 무엇인가?

① 인슐린이 스스로 복제 되어 다음 세대로 전달되었기 때문에
② 모세포에 삽입되었던 물질이 유전되었기 때문에
③ ㉢은 ㉠으로부터 나온 것이기 때문에
④ 모르겠다.

5-3. 다음 중 가장 옳은 것은 무엇인가?

① ㉠과 ㉡은 유전적으로 동일하다.
② ㉠과 ㉢은 유전적으로 동일하다.
③ ㉡과 ㉢은 유전적으로 동일하다.
④ 모르겠다.

다음 면에 계속 ☞

6. 식물 A는 붉은 색 또는 흰 색의 꽃을 피운다. 붉은 꽃과 흰 색 꽃을 교배하였더니, 자손 식물의 꽃 색깔이 모두 붉은 색으로 나왔다. 이 자손 식물들끼리 교배를 시켰더니 붉은색 꽃과 흰 색 꽃이 모두 나타났다.

6-1. 식물A의 꽃 색깔에 대한 우성 표현형과 열성 표현형을 구분하여 써보세요. 모르겠다면, 모름에 ✓하세요.

① 우성 (　　)　　② 열성 (　　)　　③ 모름 (　　)

6-2. 붉은 색의 자손 식물들 사이에서 흰 색 꽃이 나온 이유는 무엇인가?

① 열성 유전자가 우성 유전자로 변화하였기 때문이다.

② 우연하게 돌연변이가 나타났기 때문이다.

③ 열성 유전자는 모든 생물체에 잠재해 있기 때문이다.

④ 우성 유전자와 쌍을 이루고 있던 열성 유전자가 다음 세대로 전달되었기 때문이다.

⑤ 모르겠다.

연구에 참여해주셔서 감사합니다.

Abstract

The purpose of this study is to provide supplements to Korean genetics education by analysing the students' understanding levels of genetics who educated under 2009 revised curriculum in Korea. For this purpose, a concept test was applied to high school students who finished Science, Life Science Ⅰ or Life Science Ⅱ of 2009 revised curriculum. The concept test includes 4 different kinds of question categories, like 'Location and Composition of Genetic information', 'Functions and Expression of genetic information', 'Structure and Functions of Protein', 'Inheritance of genetic information' and is divided into 3 levels by difficulty. The results of the concept test were analyzed based on the topics and difficulty of questions and the subject that students had taken in school. From these results, we found that the 'Science' improved students'understanding only on the limited topics, such as 'Location and composition of genetic information' and some concepts regarding 'Functions and expression of genetic information', Despite of this subject covering almost all concepts related with genetics. Moreover, most students experience difficulties understanding the basic principles such as the meaning of genes, central dogma, and gene expression control, due to the lack of understanding of the structure and function of proteins. Thus, we propose to regulate the amount of concepts in one topic and to adjust the curriculum and instructions to help students to understand the biological meaning, not just to memorize.

Keywords : Genetics, Genetics education, DNA, Gene, Protein, Central Dogma

Student number : 2013-21443