

## 진화개념의 역사에 근거한 한국과 미국 대학생의 진화개념 수준 비교

하민수\*  
강원대학교A Comparison between Korean and American College Students' Evolution Concepts  
based on the History of Evolutionary IdeasMinsu Ha\*  
Kangwon National University

## ARTICLE INFO

## Article history:

Received 22 May 2017

Received in revised form

25 June 2017

20 July 2017

Accepted 5 August 2017

## Keywords:

evolution concept, ordered  
multiple choice, Rasch analysis,  
conceptual progression,  
multi-cultural study

## ABSTRACT

This study was conducted to identify whether there is a significant difference in the developmental stages of the evolution concept depending on the major and the country. For this study, college students (both biology major and non-biology major) in Korea and the United States answered evolution concept assessment developed by Ha (2007). The data were analyzed based on the method of developed by Ha (2016). As a result of this study, Cronbach alpha for internal consistency reliability and MNSQ indices for item response fitness of the ordered multiple choice method providing 0 to 4 point scores to creationism, teleology, intentionality, use/disuse, and natural selection respectively, satisfied the benchmark. The level of Korean college students' evolution concepts was located in use/disuse and the level of USA college students' evolution concepts was located in teleology. No interaction effect was found between the difference of conceptual progressions of evolution concept by major and country and evolution contexts (human, animal, and plant). There was a significant relationship between developmental stages of evolution concept and their religiosity. Based on the results of this study, we discuss developmental characteristics of evolutionary concepts.

## 1. 서론

과학사와 과학철학, 생물개념학습을 연구하는 많은 연구자들이 생물학의 중심개념으로 진화 개념을 강조하고 있다(Brumby, 1984; Ha, 2016a; 2016b; Kampourakis & Zogza, 2008; Meir *et al.*, 2007; Settlage, 1994). 진화 개념은 유전과 생태와 같은 생물학의 여러 개념들 간의 관계를 유의미하게 연결해줄 뿐만 아니라 생물학적 현상의 궁극적 설명 역시 제공해 준다(Ha *et al.*, 2012). 그럼에도 불구하고 중등학생, 대학생, 또한 생물교사들까지 진화 개념에 대한 바른 이해를 가지고 있지 않다고 알려져 있다. 미국의 생물 교사들의 진화 개념을 조사한 결과 100점에 70점 정도의 수준이었으며(Rutledge & Warden, 2000), 장기간(약 3달 이상)의 진화 개념 교육 프로그램을 투입하여도 이해 수준은 100점 만점에 50점 수준밖에 되지 않았다(Nehm & Schonfeld, 2007). 우리나라의 생물 교사들의 진화 개념의 이해 역시 매우 낮은 수준으로 알려져 있다. Ha & Cha(2007)의 연구에서는 현직 교사가 예비 교사에 비하여 더 많은 오개념을 보였으며, Lee & Cha(2014)의 연구에서는 진화적 설명을 다른 생물 개념에 전이시키는 것을 생물교사들이 어려워하는 것을 확인하였다. 그 이외에 많은 나라에서 실시한 진화 개념의 이해 수준에 관한 연구에서 공통된 결과는 학습자들이 매우 높은 수준의 오개념을 가지고 있다는 것이다(Brumby, 1984; Ha, 2016a; 2016b; Kampourakis & Zogza, 2008; Meir *et al.*, 2007; Settlage, 1994).

과학적 진화 개념(자연선택 및 돌연변이)의 이해를 방해하는 다양한 오개념들이 존재한다. 가장 대표적인 오개념이 목적론적 설명, 의도에 의한 진화적 변화, 라마르크의 용불용설 등이 있다. 또한 과학적 지식의 수준이나 인지적인 능력의 한계로 인하여 가지게 되는 오개념과 달리 종교적인 믿음에 근거하는 창조론적 설명 역시 진화의 대안 개념으로 꾸준히 논의되어 왔다. 생명이 지속적으로 변화하여 왔다는 생각을 가지기 이전 사람들이 생각한 생물이 특정 형질들을 가지게 되는 이유는 형질이 가지는 목적이었다(Opfer *et al.*, 2012). 목적론적 설명의 기원을 살펴보면 아리스토텔레스가 제시한 네 가지 원인 중 하나인 목적인에서 찾을 수 있다(Gotthelf, 1976). 목적인이 과학적 설명에서 의미 있는 원인이 될 수 없는 이유는 철학자 Hume이 강조한 인과성의 원리에 근거한다. 그 중에서 특히 목적인은 원인이 결과보다 먼저 발생해야 된다는 시간적 우선성에 위배된다(Hodgson, 2004). 자연과학의 발달로 목적인은 생물학적 현상의 원인이 될 수 없음이 명확해졌지만 여전히 많은 사람들이 목적론적 설명을 선호하고 있다. 그 이유에 대해서 인지심리학자들은 목적론적 설명이 인지 편향적 속성을 가지고 있기 때문이라 한다(Kelemen *et al.*, 2013; Willard & Norenzayan, 2013). 목적론적 설명이 인지편향적 속성을 가지고 있다는 근거는 목적론적 설명은 특별한 교육이 없어도 자연스럽게 형성되며 지속적으로 유지되는 특성이 있기 때문이라 하였다(Kelemen *et al.*, 2013).

목적론적 설명 이후 학자들이 생각한 가장 오래된 진화적 설명은

\* 교신저자 : 하민수 (msha@kangwon.ac.kr)  
http://dx.doi.org/10.14697/jkase.2017.37.4.659

개체의 내부 의지에 의하여 개체가 변화하였다는 식의 설명이다 (Bowler 2009). 생물은 발달하기 위하여 꾸준히 노력하며, 그런 노력들이 원인이 되어 생명체의 형질의 발달을 이끌어 낸다는 것이다 (Bowler 2009). 이와 같은 설명을 의도에 의한 진화(intentionality)라 한다. 기존의 목적론에 비하여 인과적인 형식을 갖추었다고 하더라도 그 원인이 매우 추상적이며, 그에 대한 구체적인 근거는 미약하였다. 이와 같은 설명 역시 인지편향이라는 주장 역시 최근에 제시되고 있다(Opfer *et al.*, 2012). Opfer *et al.*(2012)의 연구뿐만 아니라 많은 연구(Bartsch & Wellman, 1995; Inagaki & Hatano, 2002; Sinatra *et al.*, 2003; Sinatra *et al.*, 2008)에서 개체의 내부 의지나 특별한 지능이 진화적 설명을 일으킨다는 식의 설명(intentionality)이 학습자의 인지에서 생득적으로 형성되고 매우 견고하게 고정되어 있음을 확인하였고, 이것은 이와 같은 설명이 인지 편향적 속성을 가지고 있음을 보여준다. 목적론과 내부 의도에 관한 설명 이후 제시된 진화적 설명이라마르크의 용불용설이다. 비록 현대 과학은 용불용설의 문제점을 이해하고 있으나 이 설명이 제시된 당시에는 혁명적이었으며, 다윈의 자연선택설이 제시된 이후에도 상당히 오랫동안 과학자들 사이에서 인정받았던 설명이다(Kampourakis & Zogza, 2007). 특히 퇴화형질에 대한 설명에서 다윈의 자연선택설에 비하여 라마르크의 용불용설이 더욱 그럴듯한 설명으로 인정받았었다(Ha & Nehm, 2014). 하지만 유전개념이 발달로 획득형질은 유전되지 않는다는 것이 명확해짐으로서 용불용설은 쇠퇴하게 된다. 앞서 설명한 종교적 설명(창조론), 목적론, 내부 의도, 용불용설은 과학적 진화 설명을 대체하는 대안적 설명들이다. 현대 과학에서 인정받고 있는 진화적 설명은 돌연변이와 자연선택에 기반을 둔 설명일 것이다(Ha & Nehm, 2014). 생명체의 형질은 세포내의 DNA가 가지고 있는 정보에 따라 대부분 결정되는데, DNA는 끊임없이 변화하고 그 과정에서 돌연변이가 발생한다. 때로는 유익한 돌연변이가 생길 수 있으며, 환경에 적합하여 생존과 생식에 유리하면 해당 유전자를 가진 개체가 더 많이 번성할 수 있다. 이와 같은 변화를 통하여 생물종은 끊임없이 변화하는 것이다.

앞서 진화 개념의 과학적 이해를 방해하는 요소들로 제시된 창조, 목적, 의도, 용불용설과 같은 과학적 진화 설명의 대안개념들의 특징은 학습자의 인지구조에서 대안개념들이 상당히 견고하게 유지되고 있다는 것이다. 특이한 점은 창조, 목적, 의도, 용불용설과 같은 과학적 진화 설명의 대안개념들의 발달 과정이 과거에서 현재까지의 시간적 순서에 따라 이어진다는 것이다. 가장 오래된 창조론적 생각부터, 목적, 의도, 용불용설, 그리고 현대 진화론으로 사고의 발달이 이어진다. 따라서 창조론, 진화의 대안 설명, 그리고 현대 진화론의 설명으로의 발달을 진화 개념의 발달 단계로 이해하고, 학생들의 사고가 어느 단계에 위치하는지 확인할 수 있다면 학생들의 진화 개념 발달을 이해하는데 효과적일 것이다. 그와 같은 목적으로 개발된 도구가 Ha(2007)의 진화개념 검사도구이며, 이 도구를 통해 생성한 자료를 과학사적 개념발달을 근거로 개념발달단계가 반영될 수 있도록 분석하는 방법을 고안한 것이 Ha(2016)의 연구이다.

Ha(2016)는 Ha(2007)가 개발한 진화개념검사도구의 응답을 학습 발달연구에 활용되는 라쉬 모델 분석을 적용하여 개념발달의 과정을 확인할 수 있는 방안을 고안하였다. 창조, 목적, 의도, 용불용설, 자연선택적 설명의 점수를 1점에서 5점으로 차등적으로 부여하고 라쉬 모델의 부분점수모델을 적용하여 분석하여 학생들이 어느 개념 수준

에 위치하는지 확인할 수 있는 방법이다. 이 방법이 문항반응이론에 근거하여 적합한지 다양한 통계치를 활용하여 확인하였으며, 학생들의 문항 반응은 적합하다고 확인하였다. 하지만 Ha(2016)의 연구의 참여자는 대부분 초등과 중등학생들이다. 진화 개념이 상당히 높은 수준의 과학적 사고임에도 불구하고 선행연구들이 대부분 관심을 가지고 연구한 대학생과 예비교사들에 대한 개념 이해를 면밀하게 조사하지 않았다. 특히 Ha(2016)의 연구에서는 문항의 적합도만 확인하였을 뿐 집단간 학생들의 문항에 대한 반응정도가 차별적인지에 대한 엄밀한 검토가 있지 않았다. 따라서 이 연구는 Ha(2007)의 검사도구를 순위선다형의 방법으로 부분점수 모형을 활용한 라쉬 모델 분석을 활용한 방법의 타당도를 확인하기 위한 추가 연구를 기획하면서 다양한 연구 문제들을 추가하였다.

첫 번째로 미국의 대학생들과의 국제비교이다. 진화 개념의 형성에서 종교라는 문화적 요소의 영향은 매우 크며, 종교는 목적론 등과 같은 과학적 사고방식과도 밀접하게 관련이 있기 때문에 진화 개념의 형성은 사회·문화적인 요소와 밀접한 관련이 있을 것이다. 개념의 형성 과정에서 사회·문화적 요소와의 관련성을 확인하기 위한 좋은 방법이 다른 문화권의 학생들과 개념의 수준을 비교해 보는 것이다. 우리나라 학생들과 미국의 학생들의 진화개념을 조사한 연구는 일부 진행되어 왔다(Ha & Nehm, 2014; Ha, 2016b; Kim & Nehm, 2011). 각 연구에서 사용한 검사도구는 매우 다르다. Ha & Nehm(2014)의 연구에서는 서술형의 검사도구를 사용하여 한국과 미국의 학생들의 진화 개념을 비교하였으며, Ha(2016b)는 Conceptual Inventory of Natural Selection라는 선택형 검사도구를 사용하여 비교하였다. Kim & Nehm(2011)는 8문항으로 된 Evolution Content Knowledge(ECK)는 리커트 척도로 된 문항으로 확인하였다. 이 연구에서는 Ha(2007)이 개발하고 Ha(2016)에 제안한 방법으로 비교할 계획이다.

국가라는 변인과 함께 생물 전공 유무도 중요한 변인으로 고려하였다. 현대 진화론은 돌연변이와 자연선택에 기반을 둔 설명으로, 유전학과 생태학에 대한 이해가 없으면 과학적 개념을 형성하기 매우 어렵다. 즉, 생물전공적 지식의 유무는 진화 개념의 형성에 매우 중요한 요소이므로 전공은 진화 개념의 형성 과정을 이해하는데 중요한 변인이 될 수 있다. 따라서 이 연구에서는 국가와 전공으로 구분된 4개의 집단(한국 생물전공, 한국 비전공, 미국 생물전공, 미국 비전공)의 진화 개념을 비교하는 것이 주된 목적이다.

세 번째로 이 연구에서 주목하고자 하는 연구 문제는 진화 소재에 따른 개념 발달의 수준이다. 진화 소재에 따라 진화 개념의 수준이 다르다는 것은 이전의 연구에서 널리 알려진 바 있다(Ha *et al.*, 2006; Heredia *et al.*, 2016; Nehm & Ha, 2011; Opfer *et al.*, 2012). 이 연구에서는 이와 같은 소재에 따라 나타나는 설명의 차이가 국가와 전공으로 구분된 집단 변인과 교호작용효과가 나타나는지 확인하였다. 이 연구의 목적은 진화 소재에 따른 개념의 발달이 문화(국가)나 교육수준(전공)과 복합적인 효과가 발생하는지 확인하기 위함이다. 이와 비슷한 연구 문제를 제시한 선행연구는 서술형 평가 문항을 활용한 Ha & Nehm(2014)연구이다. 이 연구에서는 진화 소재에 따라 나타나는 과학적 설명과 비과학적 설명의 빈도의 차이가 문화(한국과 미국)와 교육 수준(학년)이 변화함에도 일정함을 확인하여 두 변인간 교호작용효과(interaction effect)가 나타나지 않음을 확인하였다. 교호작용 효과가 유의미하지 않다는 것은 소재에 따라 나타나는 진화 개념의

수준이 문화와 교육의 수준과 무관하다는 것을 의미한다. 다시 말하면, 소재에 따라 진화 개념의 수준이 다를 수 있는데 이와 같은 차이가 학년이 변화하더라도, 국가가 다르더라도 일관된다는 것이다. 소재에 따라 문제해결의 수준이 다른 것은 상황인지(situated cognition)이론의 주요 증거이며, 상황적 문제 해결은 문제 해결에 관한 연구에서 중요한 이론적 근거를 제시하고 있다(Kirsh, 2009; Nehm & Ha, 2011; Newell & Simon, 1972). 상황에 따라 문제 해결이 다른 현상이 교육 수준이나 문화권에 따라 일관성이 있게 나타나는지 확인하기 위해서 효율적인 방법은 다문화비교 연구이나 진화 개념에서 Ha & Nehm(2014) 이외에는 연구된 바 없다. 따라서 이 연구에서는 이 연구 문제를 연구 문제로 설정하였다.

마지막으로 관심을 가지고자 하는 연구 문제는 개념발달과 종교성과의 상관관계이다. 진화이론의 수용과 종교성과의 상관관계에 대한 연구는 다양하게 이루어져 왔다(Heddy & Nadelson, 2013; Lombrozo *et al.*, 2008; Nehm *et al.*, 2009; Trani, 2004). 진화이론의 수용과 종교성과의 관련성에 관한 연구의 결과는 진화론을 수용할수록 종교성이 낮다는 것이다. 하지만 이들의 연구는 단순히 '진화'에 대한 수용에 관한 연구였을 뿐 이 학생이 수용하고 있는 진화론의 단계에 따라 종교성이 유의미한 차이가 있는지를 연구하진 않았다. 이 연구에서 제시하고자 하는 가설은 현대 진화론적 설명에 근접할수록 더욱 과학적인 사고를 가지고 있으며, 그에 따라 종교성은 계속 낮아진다는 것이다. 이 연구의 이론적 근거는 많은 연구들에서 제시한 과학적 사고력과 종교성과의 부적 상관관계에 있다(Hergovich *et al.*, 2005; Kanazawa, 2010; Pesta *et al.*, 2010; Razmyar & Reeve, 2013; Sherkat, 2011; Zuckerman *et al.*, 2013). Hergovich *et al.*(2005)은 비판적 사고 능력과 초자연적인 현상에 대한 믿음과 부적 상관관계가 있음을 실험적으로 밝혔으며, Kanazawa(2010)는 자유주의자거나 무신론자들의 지적 수준이 더 높다고 주장하였다. Razmyar & Reeve (2013)은 인지적인 능력과 인지적으로 문제를 해결하는 방법과 종교성과의 상관관계가 있음을 강조하였다. Sherkat(2011)은 종교와 과학적 소양 사이에 부적적인 관계가 있다고 강조하였고, Zuckerman *et al.*(2013)은 종교성과 지적 수준에서 부적적인 상관관계가 있음을 메타 분석을 통해 확인하였다. 최근에 이루어진 많은 연구들은 더 과학적인 성향을 가진 사람이 덜 종교적이라는 가설이 타당함을 보이고 있다. 이 연구에서는 이와 같은 경향성을 진화 교육의 상황에서 확인하고자 한다. 과학사와 진화적 설명의 발달에 관한 논의에서 생명 형질의 존재 이유에 대한 설명은 창조론에서 목적, 의도, 용불용설, 현대 진화론으로 이어져왔다. 목적, 의도, 용불용설로 이어지면서 진화론적 사고는 더 과학적으로 변해왔다. 그런 면에서 마지막 단계인 돌연변이와 자연선택의 현대 진화론적 설명은 가장 과학적이다. 앞서 과학적 사고와 종교성과의 상관관계에 관한 이론을 적용한다면 보다 과학적 진화론적 사고를 가진 학생이 덜 종교적일 것이다. 용불용설적 설명 단계에 있는 학생과 현대 진화론적 설명 단계에 있는 학생 모두 진화론에 대해서 수용하는 태도를 보이겠으나, 과학사적으로 생각하면 현대 진화론적 설명에 있는 학생이 용불용설적 설명의 단계에 있는 학생에 비하여 더 과학적이며 덜 종교적일 것이다. 창조, 목적, 의도, 용불용설, 현대 진화론으로 사고의 단계가 높아질수록 종교성은 단계적으로 낮아지는 것이 연구 가설이다. 이 연구 가설이 성립한다면 진화론의 수용과 종교성의 상관관계가 있다는 기존의 설명에서 보다 확장되어, 진화론

적 사고가 과학사적 단계에 따라 발달할수록 종교성이 낮아진다는 설명으로 이끌어질 수 있다.

이와 같은 연구의 목적에 근거하여 제시된 자세한 연구문제는 다음과 같다.

1. 진화적 사고의 과학사적 발달 과정(창조, 목적, 의도, 용불용설, 자연선택)을 토대로 순위선다방식(ordered multiple choice)과 부분점수모델(partial credit model)을 적용한 방법이 한국과 미국, 전공과 비전공 학생들에게 적용될 때 일반화가 가능한가?
2. 전공과 국가에 따른 네 집단(한국 생물전공, 한국 생물비전공, 미국 생물전공, 미국 생물비전공)의 진화 개념 수준은 어떻게 다른가?
3. 전공과 국가에 따른 진화 개념의 발달 수준은 인간, 동물, 식물별 소재에 따라 차이가 있는가?
4. 진화 개념의 발달과정과 종교성은 관련성이 있는가?

## II. 연구 방법

### 1. 설문 참여자

이 연구의 자료는 우리나라와 미국의 생물전공과 비생물 전공의 대학생들이다. 설문 연구에서 참여자의 인적 사항에 대한 정보 수집은 필수적이나 본 연구에서는 제한된 정보만 수집되었으며, 편의표집(Convenient sampling)으로 수집되었다. 하지만 각 집단별로 유사성에 대해서 유추할 수 있는 수준의 정보는 수집되었다. 우리나라 생물전공 학생(이하 한국 생물 전공)은 3개 대학의 생물학과와 생물교육과에 재학 중인 학생들이다. 참여자는 총 141명으로 전체의 14.3%이다. 일반생물학 강좌를 수강 중인 1학년 학생들이 대부분이며(83.7%), 3학년 학생도 일부 포함되어 있다(11.3%). 한국의 생물 비전공(이하 한국 비전공)은 사범대에 재학 중인 대학생들로 인문과 사회 전공의 학생들이다. 이 학생들은 전체 129명으로 이 연구의 총 참여자의 13.1%이다. 1학년(39.5%)과 2학년(58.9%)가 대부분을 차지하고 있기 때문에 한국의 생물전공학생들과 연령대는 비슷하다.

한국과 미국 학생들을 비교하는 것이 이 연구의 주된 연구문제이기 때문에 이 두 집단의 동질성의 확보는 매우 중요하다. 먼저 미국 학생들의 자료는 중부의 한 주립대에서 일반생물학 강좌를 수강하는 학생들이다. 이 강좌는 생물학 전공자들을 대상으로 하는 것과 비전공학생들을 대상으로 하는 반으로 구분되는데, 각 강좌에서 자료들이 수집되었다. 미국의 생물전공 학생은 207명으로 전체 참여자의 21.0%이었다. 이 학생들은 생물학을 전공하기 위하여 입학한 학생들이기 때문에 일반생물학 강좌 역시 비전공학생들의 수업에 비하여 더 높은 수준이다. 미국의 생물 비전공 학생은 508명으로 전체 참여자의 51.6%이었다. 이 학생들은 필수 교양으로 과학과목을 이수해야 되기 때문에 일반생물학을 수강하는 학생이다. 한국의 비전공의 경우 일반생물학을 수강한 적이 없지만 미국의 비전공은 일반생물학을 수강하고 있기 때문에 더 많은 지식을 가지고 있다고 볼 수 있다. 하지만 일반생물학에서 진화가 차지하는 부분은 제한적이기 때문에 진화적 사고에 큰 영향을 주었다고 볼 수 없다. 예를 들어 Nehm & Schonfeld(2007)의 연구에서 약 3달 이상의 진화 개념 교육 프로그램

을 투입했음에도 불구하고 이해 수준은 100점 만점에 50점 수준밖에 되지 않았음을 고려하였을 때 그 영향력은 미미하였을 것으로 판단된다. 참여자에 대한 설명들을 고려하여 이 연구의 결과를 이해할 필요가 있을 것이다. Programme for International Student Assessment (PISA)나 Trends in International Mathematics and Science Study (TIMSS)와 같은 많은 예산이 투입되는 규모가 큰 연구와 달리 본 연구나 서론에 소개한 국제 비교 연구들과 같이 규모가 작은 국제 비교연구에서는 한 집단을 대표하는 수준의 연구자료 표집은 현실적으로 어렵다. 이 점은 이 연구의 제한점으로 이해해야 될 것이며, 지속적으로 이루어지는 많은 연구들을 통해서 일반화 하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

## 2. 검사도구

이 연구에서 사용한 검사도구는 Ha(2007)가 개발한 진화 개념에 관한 검사도구이다. 이 검사도구의 문항은 다양한 생물들의 모양이 제시되고 해당 형질이 발생하게 된 이유에 대해서 5가지의 보기로 구성된다. 5가지의 설명은 앞서 서론에 소개한 종교적 설명인 창조론과 오개념인 목적, 의도, 용불용설의 비과학적 설명 세 가지와, 돌연변이와 자연선택의 현대적 진화 개념으로 구성되어 있다. Ha(2007)가 개발한 검사도구는 총 18문항인데, 문항의 수가 많아 응답의 질이 저하될 것을 우려하여 12개 문항을 선별하여 투입하였다. 12개 문항은 척추 모양, 지핀, 손모양, 성대, 기린, 매, 북극곰, 버펄로, 장미, 선인장, 수련, 도깨비풀의 소재로 되어 있다. 국문으로 된 문항은 영문으로 번역을 하였으며, 번역된 영문은 원어민의 수정과 재확인을 여러 번 거쳐서 확인하였다. 이 검사도구의 내적 일관성 신뢰도는 연구 결과에 제시되어 있다.

두 번째 종교성을 확인하기 위한 척도는 Lombrozo *et al.*(2008)이 개발하여 사용한 문항을 참고하여 사용하였다. ‘나는 신을 믿는다’ 문항은 그대로 번역하였으며, ‘나는 천국과 지옥 같은 사후 세계가 있다고 믿는다’ 문항은 ‘천국과 지옥’이라는 문구를 추가하였다. 마지막 문항(나는 나 자신이 종교에 관심 없으며 종교적이지 않다고 생각한다) 역시 일부 수정하여 사용하였다. 이 검사도구의 내적일관성신뢰도(Cronbach alpha)는 한국 생물 전공이 0.830, 한국 비전공이 0.875, 미국 생물 전공이 0.836, 미국 비전공이 0.799이었다. 종교성 문항의 Rasch 모델 분석에서 Infit MNSQ는 세 문항 각각 0.78, 1.05, 1.17, Outfit MNSQ는 각각 0.77, 1.03, 1.17으로 적합하였다. Person reliability는 0.8, Item reliability는 1.0으로 적합한 수치였다.

## 3. 분석방법

본 연구에 사용한 검사도구의 분석은 창조, 목적, 의도, 용불용설, 돌연변이와 자연선택으로 이어지는 과학사적 개념발달의 순서를 적용하여 차등적인 값을 부여하는 방법으로 분석된다. 이와 같은 분석을 위하여 라쉬 모델의 부분점수모형(partial credit model-Rasch analysis)을 사용하였다. 기존의 인간, 동물, 식물의 세 가지 맥락에서 따로 분석하던 것을 단일 차원과 3차원으로 구분하여 하는 것 중에서 어느 것이 더 적합한지 분석하였다. 차원 분석이 타당하지 않기 위하여 Final Deviance와 Akaike Information Criterion을 확인하였다.

Final Deviance는 1차원이 27235.4, 3차원이 27382.1로 그 비율이 99.5%이었으며, Akaike Information Criterion는 1차원이 27333.4, 3차원이 27490.1로 그 비율이 99.4%로서 두 값이 의미 있는 차이가 없음을 확인하였다. 따라서 이 연구에서는 단일차원 부분점수모형 라쉬모델 분석과 각 맥락별로 따로 분석하는 두 가지 방법 모두 사용하였다.

문항의 질적수준을 확인하기 위하여 문항의 참여자들의 능력이 적절한지 확인하는 값으로 Item Separation Reliability이 사용되며, 문항들의 난이도가 학생들의 능력을 구분할 수 있는지 확인하는 값으로 EAP/PV Reliability를 사용하였다. Item Separation Reliability는 0.9이상, EAP/PV Reliability는 0.8이상일 경우 매우 적합하다고 할 수 있다(Boone *et al.*, 2014). 라쉬 모델 분석은 학생들의 능력치와 문항의 난이도를 통하여 경향성을 확인하고, 경향성에 따라 학생들의 응답을 예측한다. 예측과 실제 응답이 차이가 날 경우 적합하지 않은 자료로 판단하는데 그 값이 MNSQ(mean-square)이다. MNSQ가 1일 경우 가장 적합하며, 1에서 벗어날 경우 적합하지 않다고 판단한다. Wright & Linacre(1994)는 부분점수모형에서 적합한 MNSQ는 0.6-1.4이라 하였다(Boone *et al.*, 2014). 또한 국가와 전공에 따라서 문항에 대한 반응이 차별적인지 아니면 일관성이 있는지 확인하기 위하여 차별적 문항 기능(differential item functioning)을 확인하였다. 문항에 포함된 내용을 이해하는데 있어서 개인의 지식수준이나 문화적 배경에 따라 다양할 수 있다. 측정도구에 대한 이해가 집단마다 차별적이라면 해당 문항으로 생성된 값을 직접적으로 비교할 수는 없을 것이다. 이 점은 측정도구가 가지는 중요한 타당도 중 하나로, Messick(1995)은 일반화 타당도라 하고 강조하였다. 이 연구에서는 라쉬모델 분석을 통해 국가별, 전공별로 차별적 문항 기능 분석을 DIF 차이를 통하여 확인하였다. DIF 값의 차이가 0.64이상일 경우 해당 문항은 집단별로 차별적으로 이해되고 있다고 할 수 있다(Boone *et al.*, 2014). 국가와 전공으로 구분된 4개 집단의 점수의 차이를 확인하기 위하여 이원분산분석을 사용하였으며, 효과크기는 partial eta squared(이하 PES)를 사용하였다. 또한 종교성과 개념점수와의 상관관계를 확인하기 위하여 Pearson 상관관계를 사용하였다. 라쉬모델 분석은 ConQuest 4.5.0과 WINSTEPS 3.92.1(차별적 문항 반응 분석)을 사용하였으며, 기타 통계 분석은 SPSS 22버전을 사용하였다.

## III. 연구 결과 및 논의

### 1. 검사도구의 타당도 및 신뢰도

과학사에 근거하여 4가지 대안설명과 과학적 설명을 포함한 5가지 보기로 구성된 진화 개념 검사도구를 순위선다형의 방법으로 부분점수모형을 사용한 라쉬분석으로 분석한 결과 타당한 적합도와 신뢰도를 확인하였다. 먼저 Item separation reliability는 0.947로서 연구 대상이 검사도구의 질적 수준을 확인하는데 적합함을 확인하였다. EAP/PV Reliability는 0.913으로 검사도구의 문항이 참여자들의 진화 개념의 수준을 구분하는데 적합하는 도구임을 확인하였다. 내적 일관성 신뢰도(Cronbach alpha)는 한국 생물전공이 0.923, 한국 비전공이 0.926, 미국 생물전공이 0.915, 미국 비전공이 0.922로 0.9 이상으로 매우 높은 수치의 내적 일관성을 보이고 있었다.

Table 1. Rasch item fit index and differential item functioning result.

Item	Estimate	Rasch item fit indices		Differential item functioning (DIF contrast)	
		Unweighted MNSQ	Weighted MNSQ	Major	Country
Item 1	0.178	1.19	1.18	0.00	-0.29
Item 2	0.054	1.24	1.31	0.36	0.41
Item 3	0.008	0.93	0.98	0.00	0.16
Item 4	0.161	0.90	0.99	0.10	0.00
Item 5	-0.313	1.12	1.06	-0.24	-0.46
Item 6	-0.029	0.84	0.92	-0.13	0.00
Item 7	0.024	0.96	0.97	0.04	0.18
Item 8	-0.217	1.17	1.24	0.06	-0.19
Item 9	-0.283	1.06	1.08	0.00	0.30
Item 10	0.145	1.14	1.07	-0.11	-0.12
Item 11	0.102	0.94	0.99	0.00	0.00
Item 12	0.168	0.86	0.92	-0.09	-0.07

Table 1은 12개 문항의 Estimate(문항의 난이도)와 MNSQ를 보여 주고 있다. MNSQ는 자료에서 확인되는 경향성으로 학생들의 능력치를 예측하고, 실제값과 차이가 있을 경우 부적합하다고 판단하는데 활용하는 수치이다. Wright & Linacre(1994)는 부분점수모형에서 적합한 MNSQ가 0.6-1.4이라 하였다(Boone *et al.*, 2014). Table 1에 나타나는 값을 확인하면 이 범위에 모든 값들이 포함되는 것을 확인할 수 있다. 이 연구에서 중점적으로 보고자 하는 것은 이와 같은 결과들이 한국과 미국의 자료, 생물전공과 생물비전공의 자료의 사이

에서 일관성이 있게 나타날 수 있는지에 관한 것이다. 이와 같은 것은 일반화 타당도로 집단간의 점수를 비교하기 위해서 앞서 확인해야 되는 중요한 타당도이다(Messick, 1995). 라쉬 모델 분석을 수행하면 DIF 차이 값을 확인할 수 있는데, 그 절대값이 0.64이상일 경우 해당 문항은 집단별로 차별적으로 이해되고 있다고 할 수 있다(Boone *et al.*, 2014). Table 1을 보면 절대값이 최대가 전공의 경우 0.36, 국가간은 0.46임을 확인할 수 있다. 이 결과는 이 연구에서 사용한 평가도구와 분석방법이 한국과 미국, 생물 전공과 비전공 모두에게 적용될

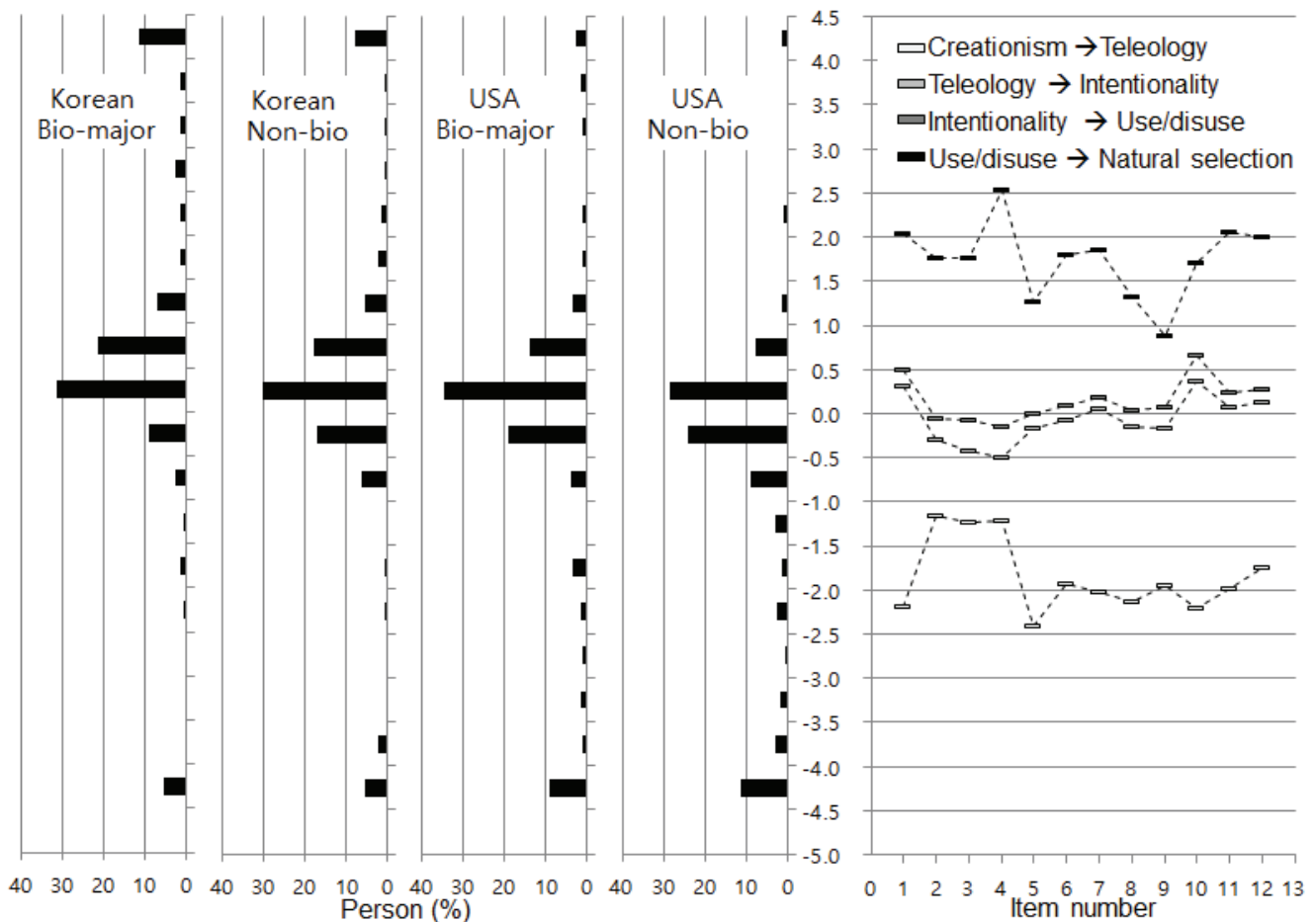


Figure 1. Wright map of Rasch analysis



수 있고, 타당도 등의 수치를 일반화 할 수 있음을 보여주고 있다. 이상의 결과로부터 Ha(2007)이 개발하고 Ha(2016)에 제안한 방법으로 분석하는 것이 한국뿐만 아니라 미국의 자료들에게도 적합하다는 것을 확인할 수 있다.

## 2. 전공과 국가에 따른 네 집단의 진화 개념 수준 비교

이 연구는 한국과 미국, 생물전공과 생물비전공의 기준으로 구분된 네 가지 집단(한국 생물전공, 한국 비전공, 미국 생물전공, 미국 비전공)의 진화 개념의 수준을 비교하였다. 순위선다형의 방법을 활용하고 부분점수모형의 라쉬모델 분석의 결과 Figure 1과 같은 Wright map을 확인하였다. Figure 1에 제시된 Wright map을 설명하면, 창조적 설명에서 목적론적 설명으로 넘어갈 수 있는 수준(logit)이 -1.85, 목적론적 설명에서 내부의도적 설명으로 넘어갈 수 있는 수준 -0.07, 내부의도적 설명에서 용불용설적 설명으로 이어지는 수준이 0.15, 용불용설적 설명에서 돌연변이와 자연선택의 과학적 설명으로 이어지는 수준이 1.75이었다. 목적론에서 내부 의도적 설명으로 이어지는 과정과 용불용설에서 과학적 설명으로 이어지는 과정이 인지적으로 매우 높은 수준의 사고 발달임을 확인할 수 있다.

logit값의 구간에서 각 집단별로 가장 많은 학생들이 분포하는 구간을 확인하면 한국 생물전공의 경우 -0.5~0.0에 9.22%, 0~0.5에 31.21%, 0.5~1.0에 21.28%, 1.0~1.5에 7.09%의 학생들이 분포해 있었다. 한국 비전공의 경우 -1.0~-0.5에 6.20%, -0.5~0.0에 17.05%, 0.0~0.5에 30.23%, 0.5~1.0에 17.83%, 1.0~1.5에 5.43%의 학생들이 분포해 있었다. 한국의 생물전공에 비하여 생물 비전공 학생들은 더 넓은 범위에 분포하고 있었으며, 더 낮은 개념 수준에 많은 학생들이 분포해 있었다. 미국 생물전공의 경우 -0.5~0.0에 18.84%, 0.0~0.5에 34.30%, 0.5~1.0에 14.01%의 학생이, 미국 비전공의 경우 -1.0~-0.5에 9.25%, -0.5~0.0에 24.02%, 0.0~0.5에 28.54%, 0.5~1.0에 8.07%의 학생이 분포해 있었다. 미국의 학생 내에서는 전공이 비전공에 비하여 더 좁은 범위에 학생들이 분포해 있었으며, 한국과 비교하여서는 더 낮은 개념 수준에 위치하고 있음을 확인할 수 있다.

Figure 2는 학생들의 수준(Rasch measure)의 값의 차이를 국가와 전공으로 구분된 4개 집단의 평균을 비교한 이원분산분석(two-way ANOVA)의 값을 나타낸 것이다. X축은 국가로 명명척도이나 그래프를 막대가 아닌 선으로 제시된 것은 이원분산분석의 결과를 선형의 그래프로 그릴 경우 F검정의 결과값들을 시각적으로 보다 명확하게 이해할 수 있기 때문이다. 그래프의 오른쪽에는 5가지 개념별 threshold값의 평균이 제시되어 있다. 이 threshold값을 근거로 학생들의 개념 수준이 대략적으로 어느 단계에 위치하고 있는지 확인할 수 있다. 목적론적 설명에서 내부 의도적 설명이 -0.07, 내부 의도적 설명에서 용불용설적 설명이 0.15, 용불용설적 설명에서 돌연변이와 자연선택적 설명이 1.75이다. 학생들의 진화 개념의 수준의 평균 점수는 우리나라 생물전공이 0.699(SD=1.891)으로 가장 높았으며, 그 다음이 한국의 비전공이다(M=0.296, SD=1.835). 한국의 학생들의 개념 수준은 '용불용설'의 단계에 있는 것으로 이해할 수 있다. 미국의 생물 전공 학생의 평균점수는 -0.202(SD=1.846), 비전공은 -0.700(SD=1.821)으로 '목적론'의 단계에 있는 것으로 이해할 수 있다. 이원분산분석의 결과 전공에 관한 변인의 F검정 값은 유의미하였(F[1,981]=11.094, p=0.001, PES=

0.011), 국가 변인 역시 전공과 마찬가지로 유의미한 차이를 보였다(F[1,981]=49.142, p=0.000, PES=0.048). 두 변인의 효과크기를 비교하면 국가가 전공에 비하여 4개 이상 되는 효과크기를 보이는 것을 확인할 수 있다. 그래프에서 두 선이 평행한 것에서 확인할 수 있듯이 두 변인간의 교호작용효과(interaction effect)는 유의미하지 않았다(F[1,981]=0.124, p=0.725, PES=0.000).

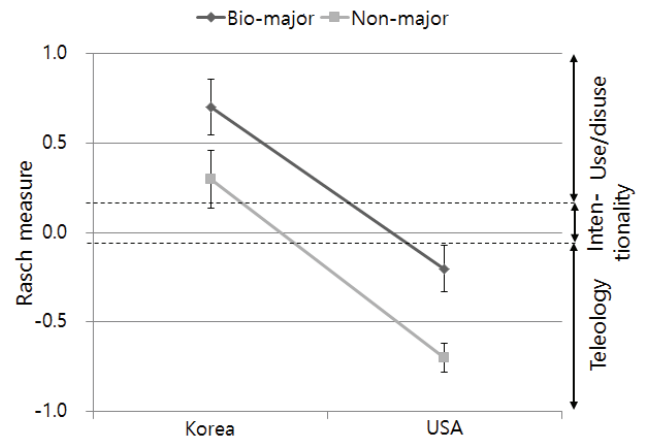


Figure 2. The result of two-way ANOVA using Rasch person measure

Figure 3는 학생들의 수준(Rasch person measure)와 5가지 개념별 threshold값의 평균을 근거로 각 학생별 개념 수준을 정한 뒤 그 비율을 나타낸 것이다. threshold값의 평균은 창조론적 설명에서 목적론적 설명으로 이어지는 기준이 -1.85, 목적론적 설명에서 내부 의도적 설명이 -0.07, 내부 의도적 설명에서 용불용설적 설명이 0.15, 용불용설적 설명에서 돌연변이와 자연선택적 설명이 1.75이다. 창조론적 설명의 경우 한국 생물전공이 6.38%, 한국 비전공이 9.30%, 미국 생물전공이 14.49%, 미국 비전공이 20.47%로 미국 학생들의 비율이 더 높다. 목적론적 설명의 경우 한국 생물전공이 13.48%, 한국 비전공이 20.16%, 미국 생물전공이 23.67%, 미국 비전공이 33.86%로 미국 학생들의 비율이 더 높다. 내부 의도적 설명의 경우 한국 생물전공이 5.67%, 한국 비전공이 13.95%, 미국 생물전공이 10.63%, 미국 비전공이 10.63%로 한국 생물전공을 제외하고 비슷한 수준이다. 용불용설적 설명의 경우 한국 생물전공이 55.32%, 한국 비전공이 42.64%, 미국 생물전공이 43.96%, 미국 비전공이 31.50%로 한국의 생물전공이 월등히 높다. 마지막으로 과학적 개념의 경우 한국 생물전공 19.15%, 한국 비전공이 13.95%, 미국 생물전공이 7.25%, 미국 비전공이 3.54%로 한국 학생들의 비율이 더 높은 것을 확인할 수 있다. 국가와 전공으로 구분된 집단간 비율의 차이를 카이 제곱 검정을 통해 확인한 결과 유의미 하였다(Pearson Chi-Square=104.32, df=12.00, p=0.000). 일련의 결과들을 통하여 한국의 대학생들의 진화론적 사고가 미국의 대학생보다 더 현대적이라는 것을 확인할 수 있었다.

그렇다면 왜 이와 같은 현상이 나타나는 것일까? 그 이유에 대한 문헌적 근거가 두 가지 제시될 수 있다. 첫 번째는 종교성에 관한 것이다. 종교성이 강할수록 목적론적 추론을 더 많이 한다는 것은 여러 연구를 통해 알려져 있다(Banerjee & Bloom, 2014; Heywood & Bering, 2014; Kelemen & DiYanni, 2005). 종교성 점수에서 확인할 수 있듯이 미국의 대학생들은 한국의 학생들에 비하여 더 높은

수준의 종교성을 가지고 있으며, 그로 인하여 목적론적 사고에서 벗어나 인과적인 사고인 내부의도나 용불용설로 이동하지 않을 수도 있다. 두 번째로 우리나라 성인들이 미국 사람들보다 더 많은 정보를 통한 인과관계를 만들려는 성향이 강하다는 연구들을 통해서 추론할 수 있다(Choi *et al.*, 2003). 한국과 미국의 성인들을 대상으로 인과관계에 대한 성향을 조사한 Choi *et al.*(2003)의 연구에서의 결과는 한국 성인들이 미국의 성인들에 비하여 더 많은 정보를 통하여 복잡한 인과관계 추론에 강하다고 하였다. 과학사적 발달과정을 보았을 때 목적론에서 내부 의도, 용불용설, 돌연변이와 자연선택적 사고로 이어지면서 과학적 정보의 양이 더 많아지고 진화적 사고가 복잡해져 왔다. Choi *et al.*(2003)의 연구 결과를 통해 생각하면 한국 사람들이 이와 같은 복잡한 사고를 더 많이 활용하고 있다고 이해할 수 있다.

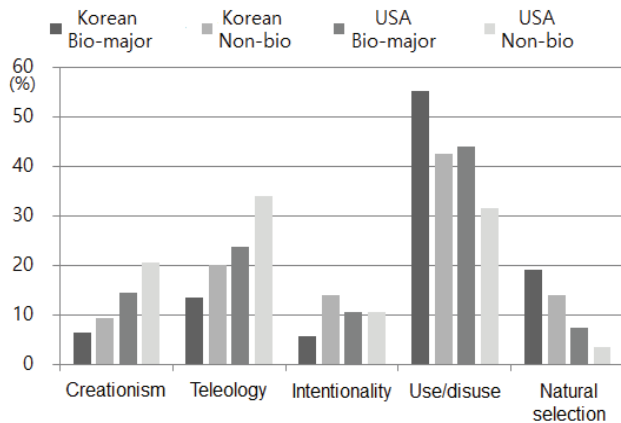


Figure 3. The percentage of students in each conceptual steps

### 3. 인간, 동물, 식물에 따른 진화 개념 수준

진화 소재가 인간, 동물, 식물에 따라 진화 개념의 수준이 전공과 국가 별로 차이가 있는지 확인하기 위하여 3개 소재 별로 4문항씩 각각 분석하였다. 단일 차원의 분석은 12개의 많은 문항수이나 문항수가 줄게 되면 평가 도구의 기능도 변하게 된다. 따라서 4문항씩 분석하는 것에도 문항의 기능에 이상이 없는지 확인하기 위하여 MNSQ를 확인하였다. 먼저 Infit의 경우 인간 문항이 각각 1.03, 1.21, 0.89, 0.79, 동물 문항의 경우 각각 1.02, 0.84, 0.92, 1.24, 식물 문항의 경우 1.09, 0.97, 0.98, 0.93로 적합한 수준인 0.7~1.3수준에 들어왔다. Outfit의 경우 인간 문항이 각각 1.24, 1.20, 0.87, 0.83, 동물 문항이 각각 1.09, 0.81, 0.90, 1.15, 식물 문항이 각각 1.03, 1.03, 1.00, 0.91으로 적합한 수치였다. Person reliability와 item reliability도 인간 문항이 각각 0.77, 0.97, 동물 문항이 0.81, 0.90, 식물 문항이 0.81, 0.97로 정상적인 평가 문항의 기능을 수행하고 있음을 확인할 수 있었다.

전공과 국가별로 각 영역별 점수를 비교한 것은 Figure 4에 제시되어 있다. 마찬가지로 이원분산분석을 수행한 결과 전공에서는 인간 문항( $F[1,981]=5.717$ ,  $p=0.017$ ,  $PES=0.006$ ), 동물 문항( $F[1,981]=14.681$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.015$ ), 식물 문항( $F[1,981]=12.113$ ,  $p=0.001$ ,  $PES=0.012$ ) 모두 유의미하였다. 국가 변인에서는 인간 문항( $F[1,981]=43.691$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.043$ ), 동물 문항( $F[1,981]=60.652$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.058$ ), 식물 문항( $F[1,981]=38.854$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.038$ ) 모두 유의미하였다. 전공과 국가의 교호작용효과는 인간 문항( $F[1,981]=0.194$ ,  $p=0.660$ ,

$PES=0.000$ ), 동물 문항( $F[1,981]=0.113$ ,  $p=0.737$ ,  $PES=0.000$ ), 식물 문항( $F[1,981]=0.994$ ,  $p=0.319$ ,  $PES=0.001$ )으로 유의미하지 않았다. F값의 유의도, 전공과 국가 변인간의 효과 크기, 유의미하지 않은 교호작용효과 등 인간, 동물, 식물 문항 모두에서 비슷한 수준을 보이고 있음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 특성은 한국과 미국 학생들이 가지고 있는 진화 개념의 수준이 소재에 상관없이 일관성이 있음을 보여주고 있다.

진화 소재에 따라 개념발달의 단계가 달라진다는 것은 앞선 연구에서 확인되었다(Ha, 2016). 이 연구에서도 인간, 동물, 식물에 따라 Rasch person measure값이 다른 것을 통하여 소재에 따라 발달의 정도가 다르다는 것을 확인할 수 있다. 이 연구에서 추가적으로 확인하고자 한 것이 인간, 동물, 식물에 따른 진화 개념의 발달 정도의 차이가 전공과 국가에 따라 차이가 있는지에 대한 것이다. 그 결과 차이가 없음을 확인하였다.

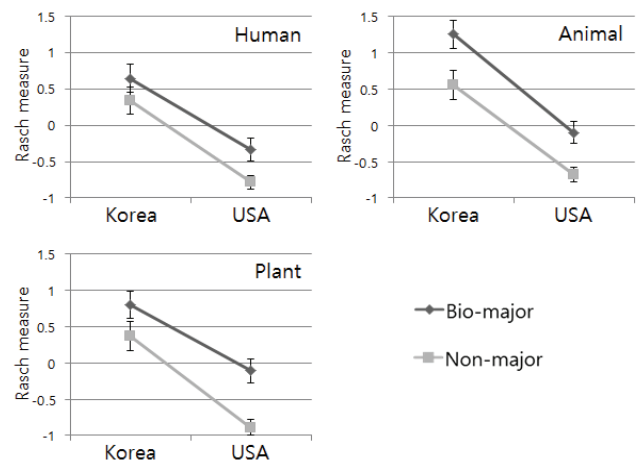


Figure 4. The result of two-way ANOVA using Rasch person measure of human, animal, and plant items

이원분산분석과 함께 상관관계 분석을 통해서도 이 연구문제를 확인하였다. 인간, 동물, 식물 문항의 점수의 상관관계(Pearson correlation)를 확인하였다. 인간과 동물 문항 점수, 인간과 식물 문항 점수, 동물과 식물 문항 점수의 상관관계가 모두 높게 나왔다. 인간과 동물 문항 점수의 상관관계 계수, 인간과 식물 문항 점수의 상관관계 계수, 동물과 식물 문항 점수의 상관관계 계수는 각각 한국 생물전공이 0.843 ( $p<0.001$ ), 0.871 ( $p<0.001$ ), 0.880 ( $p<0.001$ )이었다. 한국 비전공 학생들의 경우 0.866 ( $p<0.001$ ), 0.846 ( $p<0.001$ ), 0.888 ( $p<0.001$ )으로 나타났다. 미국의 생물 전공 학생들은 각각 0.817 ( $p<0.001$ ), 0.799 ( $p<0.001$ ), 0.917 ( $p<0.001$ )으로 마찬가지로 높은 수준이었다. 미국의 비전공 학생들의 경우 0.867 ( $p<0.001$ ), 0.852 ( $p<0.001$ ), 0.870 ( $p<0.001$ )로 나타났다. 이 결과들을 토대로 세 소재에 따라서 학생들의 개념 발달 단계가 비슷하다는 것을 확인할 수 있었다. 또한 이와 같은 높은 상관관계가 한국과 미국, 생물 전공과 비전공 상관없이 일관성이 있게 높게 나왔으므로 앞서 이원분산분석의 결과와 마찬가지로 인간, 동물, 식물에 따른 진화 개념에 대한 발달 수준이 문화(국가)나 교육수준(전공유무)에 영향을 받지 않음을 확인하였다.

이상의 연구 결과들은 Ha & Nehm(2014)는 진화의 소재에 따른 과학적 설명과 비과학적 설명의 빈도의 차이와 문화(한국과 미국), 교육 수준(학년)과의 교호작용효과(interaction effect)가 나타나지 않음을 확인한 연구와 함께 논의해야 된다. 교호작용효과가 유의미하지 않다는 것은

소재에 따라 나타나는 진화 개념의 수준이 문화와 교육의 수준과 무관하다는 것을 의미한다. 소재에 따라 진화 개념의 수준이 다를 수 있는데 이와 같은 차이가 학년이 변화하더라도, 국가가 다르더라도 일관성이 있다는 것이다. 이 연구에서도 Ha & Nehm(2014)의 연구와 같은 맥락이다. 전공과 국가에 따라 진화 개념의 발달 정도는 다르나 해당 차이는 소재와 관련 없이 일관성이 있게 나타난다. 또한 이 연구 결과들은 진화 개념의 수준이 설명의 소재와 관련이 있다는 Nehm & Ha(2011), Opfer *et al.*(2012), Heredia *et al.*(2016)의 연구들을 결과를 더욱더 일반화하는 결과라 이해할 수 있다.

#### 4. 진화 개념에 따른 종교성 점수 비교

이 연구에서는 마지막으로 진화 개념의 발달 단계와 종교성과의 관계를 알아보는 연구 문제를 추가로 설정하였다. 진화 개념의 발달 단계에 관한 한국과 미국의 비교 연구를 수행하면서 주제가 다소 관련성이 낮아 보이는 종교성에 관한 비교연구를 추가한 것은 진화 개념의 발달과 종교적 생각은 밀접한 관련이 있음이 지난 수십 년 동안 이루어진 많은 연구들에서 강조되었기 때문이다(Colburn & Henriques, 2006; Dagher & BouJaoude, 1997; Downie & Barron, 2000; Fysh & Lucas, 1998).

이 연구에서는 그 동안 진화 개념이 발달과 종교성에 관한 논의에서 좀 더 확장된 연구 가설을 제시하였다. 기존의 연구에서는 진화론의 수용과 종교성의 상관관계의 확인이 주된 연구 문제였다면 이 연구에서는 진화 개념이 현대적 관점으로 발달할수록 종교성이 낮아진다는 가설의 확인이 주된 연구문제이다. 진화적 설명은 인과성이 결여된 목적론, 의도라는 추상적 원인을 제시한 내부 의도적 설명, 과학적 오개념인 용불용설을 거쳐 돌연변이와 자연선택의 현대적인 진화론으로 설명이 발전해 왔다. 현대적인 관점으로 사고 단계가 발전하면서 종교성은 감소했을 것이라는 이 연구의 가설이다. 이 가설을 확인하기 위하여 학생의 개념 수준별 단계에 따른 종교성의 점수를 비교분석하였다. 학생들의 진화 개념 발달에 관한 threshold값의 평균을 근거로 각 학생들의 진화 개념 수준을 창조론적 설명, 목적론적 설명, 내부 의도적 설명, 용불용설적 설명, 돌연변이와 자연선택적 설명으로 구분하고, 각 집단마다의 종교성의 점수를 비교하였다. 이 결과는 Figure 5에 제시되어 있다. Figure 5에서 전체 학생들의 점수를 비교해 보면, 창조론적 설명 단계에 있는 학생들의 종교성은 4.61, 목적론적 설명 단계에 있는 학생들의 종교성은 2.10, 내부 의도적 설명 단계에 있는 학생들의 종교성은 1.10, 용불용설적 설명 단계에 있는 학생들의 종교성은 0.37, 자연선택적 설명 단계에 있는 학생들의 종교성은 -0.45로 단계적으로 종교성 점수가 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이 차이에 관한 F검정 결과는 유의미하며( $F[4,980]=96.22$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.282$ ), 사후검정 결과 모든 단계의 점수의 차이는 의도와 용불용설 사이의 p값이 0.069을 제외하고 전부 0.01수준에서 유의미하였다.

국가와 전공별로 구분된 집단별로 확인하면 집단간 경향성은 약간 다르다. 한국 생물전공의 경우에는 창조론과 목적론적 설명의 단계 학생들의 경우 종교성이 상대적으로 높으나 그 외에 진화적 설명(의도, 용불용설, 현대 진화론)의 경우는 종교성이 유의미하게 낮다( $F[4,136]=12.53$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.269$ ). 한국 비전공의 경우에는 창조론적 설명 단계의 학생과 그 외의 학생들의 종교성의 점수에서 유의미한 차이가 나타났다( $F[4,124]=14.48$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.318$ ). 미국 생

물전공의 경우에는 창조론에서 내부 의도적 설명의 학생까지와 용불용설과 현대 진화론적 설명 단계에 있는 학생들에서 유의미한 차이가 나타났다( $F[4,202]=16.33$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.244$ ). 미국 비전공의 경우 한국의 전공 학생들과 비슷한 양상으로, 창조론과 목적론적 설명의 단계 학생들의 경우 종교성이 상대적으로 높으나 그 외에 진화적 설명(의도, 용불용설, 현대 진화론)의 경우는 종교성이 유의미하게 낮았다( $F[4,503]=46.93$ ,  $p=0.000$ ,  $PES=0.272$ ). 약간씩의 차이가 있긴 하나 창조론적 설명 단계에서 현대 진화론으로 점차 과학적 설명의 단계로 이어질수록 종교성이 낮아지는 양상은 모든 집단에서 고루 나타난 것이다. 이와 같은 양상은 상관관계 검정에서도 확인할 수 있다. 진화 개념의 평가 점수와 종교성과의 의 Pearson 상관관계는 한국 생물전공이  $r=-0.465(p<0.001)$ , 한국 비전공이  $r=-0.426(p<0.001)$ , 미국 생물전공은  $r=-0.469(p<0.001)$ , 미국 비전공이  $r=-0.494(p<0.001)$ 으로 모든 집단이 비슷한 수준의 상관관계를 보였다.

이상의 결과를 종합할 때 앞서 제시한 연구 가설은 타당해 보인다. 과학적 사고의 수준이 발달할수록 더 과학적이며, 덜 종교적이라는 것이다. 용불용설과 돌연변이 및 자연선택 모두 생물이 변해 왔다는 진화론적 설명이지만, 용불용설 수준의 개념을 가진 학생에 비하여 현대 진화론에 대한 단계에 있는 학생들이 더 과학적 설명을 수용하고 있다고 할 수 있다. 또한 그들이 덜 종교적이었다. 이 연구는 종교성과 진화론의 수용에 관한 기존의 연구를 확장하면서, 종교성과 진화 개념의 발달과도 관련성이 있음을 보여주고 있다. 또한 진화론의 수용과 종교성이 부적인 상관관계가 나타난다는 많은 연구들과도 일맥상통한다.(Heddy & Nadelson, 2013; Lombrozo *et al.*, 2008; Nehm *et al.*, 2009; Trani, 2004). 이 연구의 결과는 최근에 이루어진 과학적 사고와 종교적 믿음 간의 관련성에 관한 많은 연구들의 결과들과도 일치한다. Hergovich *et al.*(2005)은 비판적 사고 능력과 초자연적인 현상에 대한 믿음과 부적 상관관계가 있음을 실험적으로 밝혔다. Sherkat(2011)은 종교와 과학적 소양 사이에 부적인 관계가 있다고 강조하였고, Zuckerman *et al.*(2013)은 종교성과 지적 수준에서 부적인 상관관계가 있음을 메타 분석을 통해 확인하였다. 진화적 설명은 상당히 많은 과학적 증거를 토대로 구성되어야 하며, 초자연적인 믿음을 벗어나야 구성할 수 있다. 보다 현대적인 진화 개념을 가지기 위해서는 인과성에 대한 이해가 강조되어야 한다. 따라서 보다 현대적인 진화 개념을 가진 학생이 덜 종교적인 결과가 나타날 수 있을 것으로 추론된다.

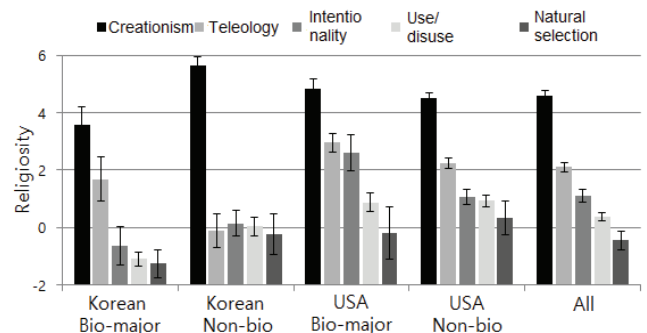


Figure 5. The differences of religiosity between students in different conceptual steps



## V. 결론 및 제언

이 연구는 한국과 미국의 대학생들의 진화 개념의 발달 단계를 생물 전공과 비생물전공으로 구분하여 확인하여 네 가지 연구 문제를 해결하고자 진행되었다. 네 가지 연구 문제는 진화적 사고의 과학사적 발달 과정(창조, 목적, 의도, 용불용설, 자연선택)을 토대로 순위선다방식으로 분석하는 방법의 일반화 가능성, 전공과 국가에 따른 네 집단(한국 생물전공, 한국 생물비전공, 미국 생물전공, 미국 생물비전공)의 진화 개념 수준 차이, 소재별 진화 개념의 발달 수준의 차이, 진화 개념의 발달과정과 종교성과의 관련성이다. 이 연구를 위하여 우리나라와 미국의 대학생들에게 Ha(2007)가 개발한 진화 개념에 관한 검사도구 12문항과 종교성에 관한 검사도구 3문항의 자료의 응답을 받아 분석하였다. 이 연구 결과를 토대로 결론을 제시하면 다음과 같다.

먼저 진화적 사고의 과학사적 발달 과정(창조, 목적, 의도, 용불용설, 자연선택)을 토대로 순위선다방식으로 분석하는 방법이 한국과 미국, 전공과 비전공 학생에게도 적합하게 적용될 수 있는 방법임이 확인되었다. 내적일관성신뢰도, 라쉬 모델 분석 등 문항 적합도에 관한 다양한 분석을 통하여 진화 개념의 발달 단계를 확인하는 방법이 타당하다는 것을 확인하였다. 또한 전공과 국가 간의 차별적 문항 기능 분석에 관한 결과를 통하여 진화 개념이 발달 단계에 관한 평가 방법이 전공(교육수준)과 국가(번역 유무)에 따라 차별성이 없으며 일반적으로 적용가능함을 확인하였다.

두 번째, 진화 개념의 발달 단계를 확인한 결과 우리나라 대학생들은 용불용설 수준, 미국의 대학생들은 목적론적 설명 수준에 있는 것으로 확인되었다. 한국의 대학생들이 보다 발달된 형태의 설명을 가지고 있었다. 전공별로는 생물 전공이 비생물전공보다 발달된 수준의 진화 개념을 가지고 있었다. 하지만 그럼에도 불구하고 한국과 미국의 대학생 모두 과학적 개념 수준에 있지 않았다. 용불용설이 목적론에 비하여 발달된 형태의 진화적 설명이긴 하나 역시 대표적인 진화 오개념이다. 이 결과는 Ha(2016)에서 제언한 바와 같이 진화 개념 발달 단계별 맞춤형 수업 개발에 효율적으로 활용될 수 있다. 용불용설이 과학적으로 타당하지 못하다는 것과 목적론이 논리적으로 타당하지 못하다는 것은 다르며, 따라서 용불용설과 목적론적 사고의 수준에 있는 학생들을 위한 진화 개념 교육 역시 달라야 한다. 한국 학생들의 경우 용불용설에 대한 과학적 오류에 대한 개념 교육이 중심이 되어야 된다면 미국 학생들의 경우에는 목적론이 가지는 논리적 한계에 대한 논리 교육이 진화 개념이 효율적인 발달을 위해서 선행되어야 할 것이다.

세 번째로 전공과 국가에 따른 진화 개념의 발달 수준은 진화 설명 소재와 교호작용효과가 있는지 확인한 결과 유의미한 교호작용효과가 없는 것으로 확인되었다. 이와 같은 현상은 특정 문화권이나 생물 교육에서 특별한 진화 소재가 강조되고 있는 것과 같은 상황은 아니라는 것을 의미한다. 진화 개념의 발달 수준이 소재에 따라 차별적일 수 있고, 전공과 국가에 따라 그 차이가 유의미하나 그런 경향성이 소재에 따라 다르게 나타나지 않는다.

마지막으로 진화 개념의 발달 단계와 종교성은 유의미한 관련성이 있었다. 더욱더 과학적인 진화 개념을 가지고 있을 때 덜 종교적이었다. 기존의 연구에서는 진화론의 수용과 종교성과의 상관관계를 중심으로 조사하였다면 이 연구는 진화 개념이 발달단계와 종교성과의

상관관계를 확인한 것이 의미가 있다. 창조론을 제외한 목적론, 내부 의도, 용불용설, 현대 진화론 모두 비종교적인 성격의 설명이지만 과학사에서 나타나는 것과 같이 현대의 진화 설명이 더 많은 증거를 가지고 있다. 따라서 현대의 진화적 설명을 수용하고 있으면 더 과학적인 사고를 가지고 있는 것이며, 덜 종교적이라 할 수 있다. 이 연구 결과는 진화 수용과 종교성과의 상관관계에 관한 지난 수십 년간의 연구를 확장하고, 과학적 사고와 종교성과의 관련성에 관한 이론에 대한 추가 증거로서 가치가 있을 것이다.

이 연구는 제목에서는 한국과 미국의 학생들을 대상으로 연구하였다고 하였지만 제한된 범위의 학생들을 대상으로 한 연구 결과를 토대로 국가 수준으로 일반화 하는 것은 한계가 있을 것이다. 한국의 비전공 학생과 달리 미국의 비전공학생들은 일반생물학 수업을 수강하고 있었으며, 그들의 수강하고 있는 일반생물학 강좌 역시 한국과도 다를 것이다. 이 연구 결과를 국가 수준으로 확대하여 해석하는 것은 분명히 한계가 있을 것이다. 아마도 이와 같은 한계점에 대한 해결책은 연구 결과에서 참여자의 수준, 상황 등의 차이에서 발생할 수 있는 효과를 유의미하게 낮추기 위해 많은 양의 자료를 수집하는 것이다. 본 연구와 같은 소규모의 연구에서 참여자의 상황을 통제하거나, 많은 양의 자료를 수집하는 것은 불가능하다. 이와 같은 점들을 이 연구의 제한점으로 이해될 수 있기를 기대한다. 예산이나 연구 여건 등의 여러 가지 이유로 특정 주제에 대한 국제 비교 연구가 PISA나 TIMSS와 같은 대단위 수준으로 이루어질 수 없다. 이와 같은 연구들이 보다 일반화할 수 있는 결론을 생성하기 위해서는 더 많은 연구자들이 소규모의 국제비교 연구를 수행해야 될 것이다. Ha & Nehm(2014)의 연구에서 강조한 것과 같이, 개념 발달이 교육이나 문화권의 영향인지 아니면 인간이 가지고 있는 인지적인 수준의 한계에 의하여 발생하는 것인지를 이해하기 위해서 다문화 비교 연구는 더 많이 연구될 필요가 있다.

## 국문요약

이 연구는 진화 개념의 발달 단계가 전공과 국가에 따라서 유의미한 차이가 있는지 확인하기 위하여 진행되었다. 이 연구를 위하여 한국과 미국의 대학생의 자료를 생물 전공과 비생물 전공에 따라 구분하여 수집하였다. Ha(2007)이 개발한 도구를 사용하여 Ha(2016)의 분석방법에 근거하여 순위선다형으로 분석하였다. 연구 결과 진화적 사고의 과학사적 발달 과정(창조, 목적, 의도, 용불용설, 자연선택)을 토대로 순위선다방식으로 분석하는 방법이 한국과 미국, 전공과 비전공 학생에게도 적합하게 적용될 수 있는 방법임이 확인되었다. 진화 개념의 발달 단계를 확인한 결과 우리나라 대학생들은 용불용설 수준, 미국의 대학생들은 목적론적 설명 수준에 있는 것으로 확인되었다. 전공과 국가에 따른 진화 개념의 발달 수준은 진화 설명 소재와 교호작용효과가 있는지 확인한 결과 유의미한 교호작용효과가 없는 것으로 확인되었다. 진화 개념의 발달 단계와 종교성은 유의미한 관련성이 있었다. 이 연구 결과들을 토대로 진화 개념의 발달 특성에 대해서 논의한다.

**주제어 :** 자연선택, 진화 개념, 과학사, 한미비교연구

## References

- Banerjee, K., & Bloom, P. (2014). Why did this happen to me? Religious believers' and non-believers' teleological reasoning about life events. *Cognition*, 133(1), 277-303.
- Bartsch, K., & Wellman, H. M. (1995). *Children talk about the mind*. New York: Oxford University Press.
- Boone, W. J., Staver, J. R., & Yale, M. S. (2014). *Rasch Analysis in The Human Sciences*. Dordrecht: Springer.
- Bowler, P. J. (2009). *Evolution: The history of an idea*. Berkeley, CA: University of California Press.
- Brumby, M. N. (1984). Misconceptions about the concept of natural selection by medical biology students. *Science Education*, 68(4), 493-503.
- Choi, I., Dalal, R., Kim-Prieto, C., & Park, H. (2003). Culture and judgement of causal relevance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 84(1), 46-59.
- Colburn, A., & Henriques, L. (2006). Clergy views on evolution, creationism, science, and religion. *Journal of Research in Science Teaching*, 43(4), 419-442.
- Dagher, Z. R., & BouJaoude, S. (1997). Scientific views and religious beliefs of college students: The case of biological evolution. *Journal of research in Science Teaching*, 34(5), 429-445.
- Downie, J. R., & Barron, N. J. (2000). Evolution and religion: attitudes of Scottish first year biology and medical students to the teaching of evolutionary biology. *Journal of Biological Education*, 34(3), 139-146.
- Fysh, R., & Lucas, K. B. (1998). Religious beliefs in science classrooms. *Research in Science Education*, 28(4), 399-427.
- Gotthelf, A. (1976). Aristotle's conception of final causality. *Review of Metaphysics*, 30, 226-254.
- Ha, M. (2007). Development of the instructional strategies of evolution based on the cross-sectional analysis of evolution conception. Unpublished master thesis. Cheong-ju: Korean National University of Education.
- Ha, M. (2016). Examining the validity of history-of-science-based evolution concept assessment and exploring conceptual progressions by contexts. *Journal of the Korean Association for Science Education*, 36(3), 509-517.
- Ha, M. (2016a). The comparative analysis of evolution conceptions in pre- and in-service biology teachers. *Biology Education*, 44(2), 277-288.
- Ha, M. (2016b). Examining the validity of history-of-science-based evolution concept assessment and exploring conceptual progressions by contexts. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 36(3), 509-517.
- Ha, M., Cha, H. Y., & Ku, S. (2012). A comparative study of Korean and United States college students' degree of religiosity, evolutionary interest, understanding and acceptance and their structures. *Journal of the Korean Association for Research in Science Education*, 32(10), 1537-1550.
- Ha, M., & Cha, H. Y. (2007). A qualitative cross-sectional study on explanation about evolution mechanism. *Biology Education*, 35(1), 106-116.
- Ha, M., & Nehm, R. H. (2014). Darwin's difficulties and students' struggles with trait loss: cognitive-historical parallels in evolutionary explanation. *Science & Education*, 23(5), 1051-1074.
- Ha, M., Lee, J. K., & Cha, H. Y. (2006). A cross-sectional study of students' conceptions on evolution and characteristics of conception formation about it in terms of the subjects: Human, animals and plants. *Journal of Korean Association for Research in Science Education*, 26(7), 813-825.
- Heddy, B. C. & Nadelson, L. S. (2013). Variables associated to public acceptance of evolution in the United States. *Evolution: Education and Outreach*, 6(3) 1-14.
- Heredia, S. C., Furtak, E. M., & Morrison, D. (2016). Exploring the influence of plant and animal item contexts on student response patterns to natural selection multiple choice items. *Evolution: Education and Outreach*, 9(1), 1-10.
- Hergovich, A., & Arendasy, M. (2005). Critical thinking ability and belief in the paranormal. *Personality and Individual Differences*, 38(8), 1805-1812.
- Heywood, B. T., & Bering, J. M. (2014). "Meant to be": how religious beliefs and cultural religiosity affect the implicit bias to think teleologically. *Religion, Brain & Behavior*, 4(3), 183-201.
- Hodgson, G. M. (2004). Darwinism, causality and the social sciences. *Journal of Economic Methodology*, 11(2), 175-194.
- Inagaki, K., & Hatano, G. (2002). *Young Children's Naive Thinking about the Biological World*. New York: Psychology Press.
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2007). Students' preconceptions about evolution: How accurate is the characterization as "Lamarckian" when considering the history of evolutionary thought? *Science & Education*, 16(3-5), 393-422.
- Kampourakis, K., & Zogza, V. (2008). Students' intuitive explanations of the causes of homologies and adaptations. *Science & Education*, 17(1), 27-47.
- Kanazawa, S. (2010). Why liberals and atheists are more intelligent. *Social Psychology Quarterly*, 73(1), 33-57.
- Kelemen, D., & DiYanni, C. (2005). Intuitions about origins: Purpose and intelligent design in children's reasoning about nature. *Journal of Cognition and Development*, 6(1), 3-31.
- Kelemen, D., Rottman, J., & Seston, R. (2013). Professional physical scientists display tenacious teleological tendencies: Purpose-based reasoning as a cognitive default. *Journal of Experimental Psychology: General*, 142(4), 1074.
- Kim, S. Y., & Nehm, R. H. (2011). A cross-cultural comparison of Korean and American science teachers' views of evolution and the nature of science. *International Journal of Science Education*, 33(2), 197-227.
- Kirsh, D. (2009). Problem Solving and Situated Cognition. In Philip Robbins & M. Aydede (Eds.) (pp. 264-306) *The Cambridge Handbook of Situated Cognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lee, S. N., & Cha, H. (2014). Qualitative case study of biology teachers' recognition process of evolutionary explanations included in teaching not the title of evolution in biology. *Biology Education*, 42(4), 450-466.
- Lombrozo, T., Thanukos, A., & Weisberg, M. (2008). The importance of understanding the nature of science for accepting evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(3), 290-298.
- Meir, E., Perry, J., Herron, J. C., & Kingsolver, J. (2007). College students' misconceptions about evolutionary trees. *The American Biology Teacher*, 69(7), 71-76.
- Messick, S. (1995). Validity of psychological assessment: Validation of inferences from persons' responses and performances as scientific inquiry into score meaning. *American Psychologist*, 50(9), 741-749.
- Nehm, R. H., & Ha, M. (2011). Item feature effects in evolution assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 48(3), 237-256.
- Nehm, R. H., & Schonfeld, I. S. (2007). Does increasing biology teacher knowledge of evolution and the nature of science lead to greater preference for the teaching of evolution in schools? *Journal of Science Teacher Education*, 18(5), 699-723.
- Nehm, R. H., Kim, S. Y., & Sheppard, K. (2009). Academic preparation in biology and advocacy for teaching evolution: biology versus non-biology teachers. *Science Education*, 93(6), 1122-1146.
- Newell, A., & Simon, H. A. (1972). *Human Problem Solving* (Vol. 104, No. 9). Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall.
- Opfer, J. E., Nehm, R. H., & Ha, M. (2012). Cognitive foundations for science assessment design: knowing what students know about evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 49(6), 744-777.
- Pesta, B. J., McDaniel, M. A., & Bertsch, S. (2010). Toward an index of well-being for the fifty US states. *Intelligence*, 38(1), 160-168.
- Razmyar, S., & Reeve, C. L. (2013). Individual differences in religiosity as a function of cognitive ability and cognitive style. *Intelligence*, 41(5), 667-673.
- Rutledge, M. L., & Warden, M. A. (2000). Evolutionary theory, the nature of science & high school biology teachers: Critical relationships. *The American Biology Teacher*, 62(1), 23-31.
- Settlage Jr, J. (1994). Conceptions of natural selection: a snapshot of the sense-making process. *Journal of Research in Science Teaching*, 31(5), 449-457.
- Sherkat, D. E. (2011). Religion and scientific literacy in the United States. *Social Science Quarterly*, 92(5), 1134-1150.
- Sinatra, G. M., Brem, S. K., & Evans, E. M. (2008). Changing minds? Implications of conceptual change for teaching and learning about biological evolution. *Evolution: Education and Outreach*, 1(2), 189-195.
- Sinatra, G. M., Southerland, S. A., McConaughy, F., & Demastes, J. W. (2003). Intentions and beliefs in students' understanding and acceptance of biological evolution. *Journal of Research in Science Teaching*, 40, 510-528.
- Trani, R. (2004). I won't teach evolution; it's against my religion. And now for the rest of the story... *The American Biology Teacher*, 66(6), 419-427.
- Willard, A. K., & Norenzayan, A. (2013). Cognitive biases explain religious belief, paranormal belief, and belief in life's purpose. *Cognition*, 129(2), 379-391.
- Wright, B.D. & Linacre, J.M. (1994). Reasonable mean-square-fit values. *Rasch Measurement Transactions*, 8(3), 370.
- Zuckerman, M., Silberman, J., & Hall, J. A. (2013). The relation between intelligence and religiosity: A meta-analysis and some proposed explanations. *Personality and Social Psychology Review*, 17(4), 325-354.