개념도를 이용한 고등학생의 개념 분화 유형 분석

심재호 · 정완호[+] · 이길재[++] · 홍준의[+++]
(수락고등학교) · (한국과학교육단체총연합회)[+] · (한국교원대학교)[++] · (대영고등학교)[+++]

Analysis of High School Students' Conceptual Differentiation Patterns using Concept map

Sim, Jae-Ho · Chung, Wan-Ho[+] · Lee, Kil-Jae[++] · Hong, Jun-Euy[+++]
(Surak High School) · (The Korean Federation of Science Education Societies)[+] ·
(Korea National University of Education)[++] · (Dae-Young High School)[+++]

ABSTRACT

The purpose of this qualitative study was to identify high school students' conceptual differentiation patterns on human digestion system. The subjects were 124 high school students and this group was guided to independently construct concept maps. Among them, 19 were selected for an in-depth interview and a short test. The concept maps, interview transcripts and the results of short-test were analyzed to identify conceptual differentiation patterns. The results were as follows. Mainly three distinct conceptual differentiation patterns were identified. The first pattern can be named as an 'Free-flow type'. The group belongs to this pattern expressed numerous examples than meaningful concepts with unclear understanding of hierarchial relation between each concepts. Also, this group had difficulties in grasp interrelations of different concepts. The second pattern can be identified as 'Sequence type'. This group constructed concept maps by featuring conceptual sequence. The group applied meaningful learning, yet assembled concept maps primarily according to sequence of learning and exhibited less organized concept maps than hierarchial type. The third pattern can be named as 'Hierarchial type'. All students elaborated concept maps after lessons. The sequence type changed hierarchial type or sequence mixed with hierarchial type but free-flow type was hardly changed.

Key words: concept map, conceptual differentiation pattern, digestion

I. 서 론

Novak이 Ausubel의 유의미 학습을 촉진할 수 있는 도구로서 개념도를 개발한 이후에 개념도는 학생들이 가지고 있는 지식 구조를 보여줄 뿐만 아니라 유의미 학습을 증진시킬 수 있는 훌륭한 도구가 될 수 있다는 많은 연구 결과들이 제시되었다. 또한 개념도는 교수 전략, 평가 방법, 수업 설계, 협동 학습의 향상을 위한 도구, 교육 과정의 구성을 위한 도구, 상담의 도구, 회사에서의 능률 향상을 이룰 수 있는 방법에 이르기까지 다양하게 이용되어 왔다(Novak & Gowin, 1984; 곽향란, 1990; 김경호, 1996; 이순영, 2000).

하지만 학생들의 개념 분화 유형에 관한 연구는 거의 없었다는 사실에 주목할 필요가 있다. 개념 분화 유형은 개념 유형 또는 개념도 유형과는 다른 개념이다. 개념 유형이란 사람에 따라 어떤 개념에 대해 생각하는 모습의

*2003.4.9(접수) 2003.12.3(1심 통과) 2004.1.19(2심 통과) 2004.2.25(최종 통과) **심재호(sim307@hanmail.net)
***이 논문은 2001년도 두뇌한국 21 사업에 의하여 지원되었음.

차이라고 할 수 있고, 개념도 유형이란 개념도를 작성하는 틀의 차이라고 할 수 있다. 조재근(1999)은 초등학생을 대상으로 분자에 대한 개념을 연구한 결과 분자의 분포를 고려한 개념을 과학적 개념 유형과 준과학적 개념 유형으로 구분하고, 분자의 분포를 고려하지 않은 개념을 비과학적 개념 유형으로 구분하고 있는데, 조재근의 연구는 개념 유형을 연구한 예라고 할 수 있다. 이순영(2000)은 '하이퍼미디어 학습 환경에서 개념도 유형이 학습자의 인지양식에 따라 학업성취도에 미치는 효과'에 관한 연구에서 개념도를 학습 내용에 포함된 개념의 제시 범위에 따라 개괄형(global)과 부분형(local)으로 분류하고, 개념 사이의 관계를 설명하는 명제의 제시 형태에 따라 명시형(explicit)과 은폐형(embedded)으로 구분하였는데, 이 연구는 개념도 유형을 이용한 연구라고 할 수 있다. Wilson(1998)은 산과 염기에 관한 12학년의 학생들과 대학생, 대학원생들의 개념도 구성의 차이를 보고한 바 있다. 이 연구 결과에 따르면, 대학생들은 추상적인 과정과 관련된 개념을 상위 개념으로 설정하는 반면에, 고등학생들은 상위 개념으로서 사건 또는 사물과 연관된 개념을 설정하는 것으로 나타났다. 하지만 Wilson의 연구 역시 학생들의 개념 분화 유형을 연구한 것은 아니며, 단지 학생들이 개념도를 구성함에 있어 어떤 개념을 핵심 개념으로 설정하는지에 대한 차이만을 지적하고 있을 뿐이다. 이러한 연구와는 달리 본 연구에서 언급하는 개념 분화 유형이란 학생들이 개념도를 작성하는 방법의 차이를 말한다. 즉, 학생들이 개념도를 작성할 때 Novak이 가정한 위계를 따르고 있는지 아니면 그들 나름대로의 어떤 다른 방식에 의해 개념도를 작성해나가는지를 알아보는데 있다.

본 연구에서 개념 분화 유형을 알아보고자 하는 이유는 훌륭한 교수 학습이 이루어지기 위해서는 학습자의 지적인 능력뿐만 아니라 학습자의 성향의 차이를 충분히 고려해야 한다는 연구 결과들과 연관이 있다(오영순, 1997; 이순영, 2000). 학습자의 학업 성취에 영향을 미치는 요인들에는 지능이나 선행지식 등의 능력적 특성도 있지만 개인차 변인인 인성, 흥미, 태도, 학습 습관, 인지양식, 자아개념과 같은 비능력적 개인차 특성도 있다. Witkin(1973)은 인지 양식을 학습자간의 지각적, 지적 활동에 있어서 일관되고 지속적인 반응 경향의 개인차로 정의하면서, 전공 선택, 직업적 기초, 학생의 학습 양식, 학업 성취도와 관련된 학급 경영, 교사의 접근 방식 등에 강한 영향을 준다고 하였다. 강심원(1995)은 장독립적 학습자는 탐구 과정 영역에서 장의존적 학습자보다 높은 학업 성취를 보인다고 하였다.

이와 같이 학생들의 인지수준과 학습 양식을 고려하여 학습 경험을 제공하면 학생들의 학습을 촉진할 수 있듯이, 학생들의 개념 분화 유형을 파악하게 되면 학생들의 학습 효과를 높일 수 있을 것이다.

본 연구는 개념도가 학생들의 지식 구조를 표현하고 있다는 Novak의 이론에 기초하고 있지만, 그 지식 구조가 학생의 인지 수준이나 학습 양식에 관계없이 위계적으로 조직될 것이라고는 가정하지 않는다. 따라서 학생들에 따라 개념도를 작성하는데 구분되는 유형이 있을 것이라고 가정한다.

학생들이 작성한 개념도에서 차이가 있다면 몇 가지 특성에 따라 구분되는 유형이 있는지 알아볼 필요가 있다. 학생들이 작성한 개념도에서 구분되는 차별성이 있다면 학생들의 개념 분화 유형을 이해하는 데 매우 큰 도움이 될 것이다. 또한 학생들에 따라 개념 분화 유형이 뚜렷하게 차이가 있다면 정확한 개념을 잘 파악하지 못하는 학생으로 하여금 개념을 정교하게 구조화시킬 수 있도록 도와줄 수 있는 방법도 개발될 수 있을 것이다. 따라서 본 연구의 목적은 개념도를 분석함으로써 학생들의 개념 분화 유형의 특성을 알아보는데 있다.

Ⅱ. 연구 방법

1. 연구 대상과 수업 방법

연구 대상은 동일한 교사가 가르치는 남녀 공학 고등학교 1학년 3개반 124명이다. 본 연구에 참여한 학생들은 '소화' 단원을 학습하기 전후에 개념도를 작성하였으며, 개념도 작성은 강제된 것은 아니며, 자발적으로 작성하도록 격려되고 권유되었다. 본 연구는 정량적인 분석 방법보다는 학생들이 작성한 개념도, 인터뷰, 쪽지 시험의 분석을 통한 정성적이고 해석학적 분석 방법을 사용하였다. 인터뷰는 수업 전과 후에 이루어졌으며, 쪽지 시험은 수업 후에 실시되었다. 쪽지 시험을 실시한 목적은 소화 개념에 대한 학생들의 지식을 확인하는 작업과 개념도와 인터뷰에서 학생들이 표현하지 못한 소화 개념들의 정확한 이해 정도를 알아보기 위한 것이었다.

개념의 분화 유형을 알아보기 위해 선정된 내용 영역은

'소화' 단원이며 총 4차시의 수업이 진행되었다. 수업 방법은 강의식 수업과 탐구 수업이 병행되어서 이루어졌다. 일반적으로 학교 현장에서 탐구나 실험 중심의 수업만 진행이 될 경우 개념이나 원리를 잘 이해하지 못하며, 개념과 명제, 원리 중심의 강의식 수업만 진행될 경우 개념, 원리, 명제가 형성되는 과정을 이해하지 못하기 때문이다.

2. 개념도 작성

개념도 작성은 강제성을 띈 것은 아니어서 학생들 중에는 개념도 작성에 참여하지 않는 경우가 있었는데 이러한 학생들은 본인이 원하지 않기 때문에 분석 대상에서 제외시켰다. 개념도는 협동적인 작업이 아니라 개별적으로 자신이 배운 지식에 기초하여 작성하도록 하였으며 교과서나 참고 교재를 보지 않도록 하였다. 이렇게 개념도 작성에 제한을 둔 이유는 본 연구에서 알아보고자 하는 것이 단순히 교재에 포함된 개념구조를 개념도로 나타내는 것이 아니라 학생들이 가진 심리적인 인지구조를 알아보기 위한 것이었다. 개념도의 작성은 매 시간 이루어진 것은 아니며 각 소단원을 시작하기 전과 후에 개념도를 작성하도록 하였다. 개념도의 작성은 수정 및 재작성을 모두 허용하였는데 그 이유는 보다 정교한 개념도를 얻기 위함이었다. 개념도 작성은 교사가 개념을 제시하지 않고 학생들이 개념들을 추출하여 개념도를 작성하였는데 이렇게 개념 선택에 제한을 두지 않은 것은 학생들이 개념을 선택하고 정교할 수 있는 기회를 충분히 제공하기 위함이었다(Jones *et al.*, 1998).

본 연구에서 학생들이 작성한 개념도의 준거를 만들기 위해 전문가 개념도를 먼저 작성하였다. 전문가 개념도는 교과서에 포함된 주요 개념들을 추출하고, 각 개념들의 빈도 계산을 기초로 만들어졌다. 이것은 Lloyd(1990)가 사용한 교재에 포함된 개념들의 출현 빈도를 이용하여 개념도를 작성한 방법을 고려한 것이다. 이렇게 만들어진 전문가 개념도와 학생들이 제출한 개념도의 비교 분석, 학생들 간의 개념도가 상호 비교되었고 그 결과 개념 유형이 결정되었으며 이 연구의 타당성을 높이기 위하여 개념도에 기초한 인터뷰의 해석은 학생이 전달하고자 하는 의미와 교사가 이해하고 있는 의미가 모두 해석될 수 있도록 노력하였다(Johnson & Gott, 1996).

3. 인터뷰와 쪽지시험

각 분화 유형에서 나타나는 특성을 알아보기 위하여 각 분화 유형에 포함된 학생들 중 임의로 19명만을 표집하여 수업전후에 인터뷰를, 수업 후에 쪽지 시험을 실시하였다. 인터뷰는 단순히 개념도 분석에 의해서만 지식구조를 해석하는 것에 대한 연구를 적절히 보완할 수 있고 해석의 신뢰성을 제공하기 때문에(Novak & Gowin, 1984), 본 연구에서도 개념도 작성과 인터뷰가 상호 보완적으로 학생들의 개념구조를 이해하기 위해서 사용되었고, 또한 본 연구에서는 개념도와 인터뷰 결과에서 추출된 대안 개념, 연구자가 독단적으로 해석하기에는 불분명한 개념에 대해 쪽지 시험이 구성되고 투입되었다. 쪽지 시험은 소화 개념도의 분석과 인터뷰를 통해서 얻어낸 정보를 통해서 학생들이 가장 애매하게 생각하거나 대안 개념이 많이 표출되는 것에 대해서만 문항으로 만들었으며, 그 응답은 서술형으로 작성하도록 하였다.

각 개념도 작성 후에는 작성한 개념도에서 개념, 명제, 위계와 관련하여 인터뷰가 이루어졌다. 인터뷰의 대상은 개념도를 작성한 모든 학생들에 대해 이루어진 것은 아니고 인터뷰에 자원한 학생들과 개념도를 분석한 결과 각 유형에 속한 학생들의 수에 비례하여 인터뷰를 할 학생들을 추출하였다. 그 이유는 인터뷰를 하는 것에 대한 시간적인 부담과 개인적인 면담을 꺼리는 학생들이 많았기 때문이다. 인터뷰의 내용은 학생들이 제출한 개념도와 학생들 상호간의 개념도 비교, 전문가 개념도와의 비교를 통하여 특징이 드러나는 것을 중심으로 선택되었다. 즉, '소화' 개념도의 작성에서 나타나는 명료하지 못한 관계성, 연관, 오개념, 사례들을 주로 질문하는 방식으로 인터뷰를 실시하였다.

4. 개념 분화 유형 분석 방법

본 연구에서는 개념도를 정량적으로 평가하는 방식인 개념도 점수보다는 개념도 구조의 특성을 중요시하고 있다. 학생들이 작성한 개념도에서 개념의 수는 많은데 명제는 단순한 경우, 또는 개념과 명제는 잘 나타나는데 위계는 잘 나타나지 않는 경우 등과 같은 특징을 찾아내고자 하였다. 이러한 기준을 중시한 이유는 개념도에서 위계나 연관은 보이지 않지만 개념 사이의 관계는 서술한 경우, 명제를 명확하게 표현할 수도 있지만 그렇지 않는 경우, 개념 간의 관계가 위계를 따른 것이거나 인과적일 수도 있지만 나열하는 형식이 되는 경우도 있다는 Ruiz-

Primo와 Shavelson(1996)의 연구 결과 때문이다.

개념 분화 유형의 구분 기준을 설정하는데는 Mason (1992)의 개념도 평가틀도 참고하여 이루어졌다. Mason은 개념도를 평가하는 항목에서 핵심 개념 대 비핵심 개념의 수, 명제의 명료한 정도, 수평 관계의 정도, 위계의 정도, 연결어의 수를 포함시켰다.

본 연구에서는 학생들이 작성한 개념도에 대하여 3명의 과학 교육 전문가가 개념 분화 유형을 결정하였는데, 2명 이상의 의견이 일치할 경우 그 개념도의 유형을 확정하였다. 개념 분화 유형을 구분하는 주요 기준은 다음과 같다.

개념 사이의 2단계 이상의 위계나 일련의 계열성도 없고, 개념과 사례들이 혼재되면서 핵심 개념보다는 비핵심 개념이나 사례의 수가 더 많이 포함된 개념도를 구성하는 유형을 추출하였다. 남은 개념도 중에서 개념과 개념 사이의 관계가 교과가 진행된 순서를 반영하고 있거나, 어떤 개념을 중심으로 연상되는 개념으로 연결되는 유형을 추출하였다. 마지막으로 개념과 개념간의 위계 관계가 2단계 이상 포함되어 있으며 명제가 비교적 뚜렷한 유형을 추출하였다.

Ⅲ. 연구 결과

1. 개념 분화 유형

1) 나열형(19명 중 6명)

본 연구에 참여한 학생들 중에는 중학교에서 배운 소화에 대한 개념들을 거의 회상하지 못해서 너무 빈약한 개념도를 작성하는 경우가 있었다. 그에 반하여 개념과 개념과의 관계는 불명확하면서 다수의 개념들을 포함하는 개념도를 만드는 학생들이 있었다. 이 학생들 중 극히 일부는 과학 학업 성취도가 매우 높은 학생도 있었다. 이러한 특징은 Novak *et al.*(1983)이 학업 성취도가 높은 학생들이 더 정교한 개념도를 작성하는 경향이 일반적이지만, 학업 성취도에 관계없이 개념도를 정교하게 작성하는 정도는 다양하다고 보고한 것과 일치한다. 이 유형에 속하는 학생들이 작성한 개념도의 특징은 소화 개념에 대한 여러 가지 하위 개념들이 남아 있으나 이들 개념들이 서로 의미 있게 분화된 것이 아니라 단순 기억에 의해 연결되어 있으며, 개념들 사이에 연관성을 이끌어 내지 못하고 있었다. Heinze-Fry와 Novak(1990)도 암기 학습은 서로 연관된 개념들을 만드는 것이 아니라 단순히 기억에 의해 명제들을 만들어낸다고 하였다. 인터뷰에 참여한 학생들 중 4 명의 학생들이 이 유형을 나타내었는데, 2 명은 소화와 관련하여 11 개 이하의 사전 개념을 가지고 있었지만 2 명은 30 개가 넘는 사전 개념을 제시하였지만 교과에서 핵심 개념들을 추출하지 못했으며, 개념들 사이의 관계에 일관성도 없었다.

개념의 수가 매우 많은 2 명의 학생의 경우 명제에 사용된 연결어의 수에 주목할 필요가 있다. 개념의 수는 30개가 넘지만 서로 다른 명제는 불과 세 가지 밖에 없었다. 또한 음식 개념은 사례로 가득 차 있다. Mason(1992)도 너무 많은 사례나 용어를 제시하는 개념도를 매우 비조직화된 개념도로 분류하고 있다. 이러한 유형에 속하는 학생 중 하나가 작성한 개념도를 분석한 결과 '몸'에 관련된 개념들에는 소화 기관들의 명칭이 나열되어 있고, '효소'에 관련된 개념들에는 여러 가지 효소의 명칭들이 나열되어 있음을 알 수 있었다. 이것은 상위 개념에 대해서 하위 개념이 포섭되는 모습이 아니라 단순히 사례들만 나열되어 있는 것이다.

다음은 개념의 수가 매우 적고 위계도 없는 개념도를 작성한 학생 A와 수업 전에 면담한 일부 내용이다.

〈학생 A의 수업 전 인터뷰〉

교사 : 입에서 무엇이 분해되나?

학생 A : 녹말이요.

교사 : 침에는 무엇이 들어 있지?

학생 A : 몰라요.

교사 : 위나 소장에서는 무엇이 분해되지?

학생 A : 잘 기억이 나지 않아요.

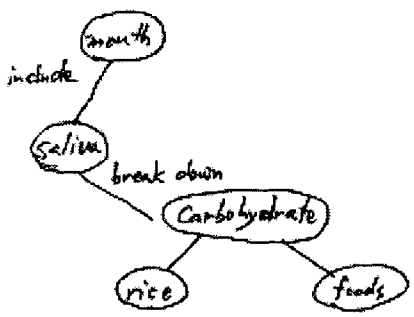

Fig. 1. The concept map of student A prior lesson in human digestion system. Note that the number of concepts is very small and hierarchial relations do not reveal

다음은 학생 C와 수업 전에 면담한 일부 내용이다. 학생 A에 비해서 학생 C는 매우 많은 개념들과 사례들을 제시하고 있다.

〈학생 C의 수업 전 인터뷰〉

교사 : 침하고 다른 효소들을 따로 구분한 이유는?

학생 C : 그냥 그렇게 적었는데요.

교사 : 효소만 나열하고 어떤 작용을 하는 것을 적지 않은 이유는? 어떤 작용을 하는지 알고 있니?

학생 C : 잘 몰라요.

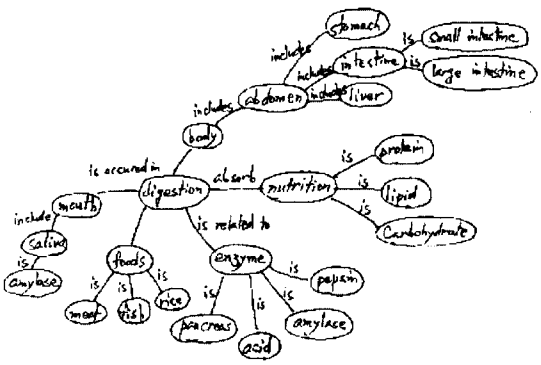

Fig. 2. The concept map of student C prior lesson in human digestion system. Note that most lables are examples and hierarchial relations do not reveal

이 학생이 작성한 개념도를 보면 명제의 형성이 단순히 "~이 있다"와 같은 사례들의 나열에 불과하고 의미 있게 개념 정착이 된 것이 아님을 알 수 있다.

개념도의 분석, 인터뷰 결과에서 보듯이 이 학생은 소화에 대한 개념들이 상호 연관성을 가지고 연결되어 있지 않고 흩어져 있다. 이 학생에게는 생물 수업에서 소화의 개념들은 어떤 의미를 가진 개념들이 조직화된 것으로 정착되지 못하고 개념들 사이의 관련성이 매우 희박하기 때문에 외워야하는 단어들의 나열로밖에는 다른 유의미한 의미를 가지지 못하고 있는 것이다. 따라서 개념과 개념과의 연결이 어떤 순서나 위계를 나타내지 않고 단지 몇 가지의 단순한 명제들의 나열에 불과하다.

2) 순서형(19명 중 4명)

연구에 참여한 학생들 중에는 소화와 관련된 개념들을 소화가 일어난 순서에 따라 개념도를 작성하는 학생들이 있었다. 이러한 학생의 특성은 소화에 대한 구체적인 하위 개념들이나 사례는 기억하지 못하지만 소화에 대한 어느 정도의 흐름, 즉 효소는 어떤 작용을 하는지, 입, 위에서는 어떤 영양소가 분해되는지를 연결시켰다.

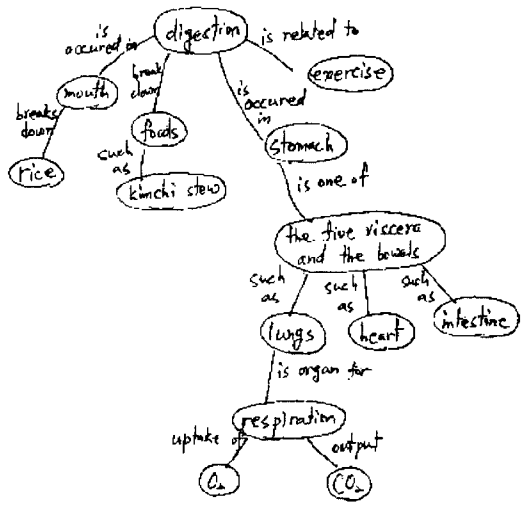

Fig. 3. The concept map of student F prior lesson in digestion system. Note that this student construct concept map primarily according to sequence of learning

수업 전에 학생 F가 그린 개념도를 보면 나열형으로 나타낸 개념도에 비하여 소화에 대한 과학 개념의 체계를 갖추진 못했지만 나름대로 의미 즉 순서를 가지고 연결되어 있음을 알 수 있다. 음식물은 위에서 소화되며, 위는 오장 육부의 하나이고, 오장 육부에는 폐, 소장, 심장이 있다는 형식으로 연관된 개념들을 연결해 나가고 있음을 알 수 있다. 하지만 위계 관계가 분명하지 않아서 각 소화기관에서 어떤 음식물이 어떻게 소화되는지는 표현하지 못하고 있다.

개념도는 본래 개념들의 위계 관계를 고려하여 작성하는 것인데 학생 F는 개념들 사이의 순서를 고려하여 개념도를 작성하고 있다. 이것은 교사가 생각하는 위계와 학생의 심리적 위계가 다를 수 있기 때문이다(심재호, 1996). 개념도를 작성하는 학생들 중에는 위계 관계가 아닌 그림 또는 연상되는 개념을 연결하는 방식으로 개념도를 작성하였는데, 이런 유형의 학생들은 인터뷰에서 연상되는 대로 개념도를 그리는 것이 더 명확하게 자신의 생각을 표현할 수 있다고 하였다.

3) 위계형(19명 중 9명)

개념도를 작성하는 학생들 중에는 개념도 구성에서 요구하는 특징인 위계, 명제, 가지 등의 관계를 잘 표현하고 있는 학생들이 있었다. 연구 대상 중 많은 수의 학생들이 이러한 특징을 나타내었지만 위계, 가지를 형성하는 수에 있어서는 많은 차이를 보였다. 이 부류는 개념의 수에 있어서 중학교에서 배웠던 소화에 대한 하위 개념들이 약간 남아 있는 것에서부터 많이 남아 있는 학생들까지 그 차이가 많았지만 개념도를 작성하는 특징에 있어서 공통적으로 위계를 가진 개념도를 작성하였다. 또한 개념과 개념과의 관계인 명제의 형성이 "나열형"이나 "순서형"보다 더 구체적이고 명확하다. 즉 나열형의 경우에는 개념과 개념과의 연결어를 보통 "~이다" 또는 "~있다"와 같은 형식으로 두 개념의 관계가 명확하지 않음에 비하여 위계 관계에 의해 개념을 형성하는 학생들은 "~이다", "~포함한다", "~흡수한다", "~작용한다" 등의 다양한 연결어들을 사용하고 있었다.

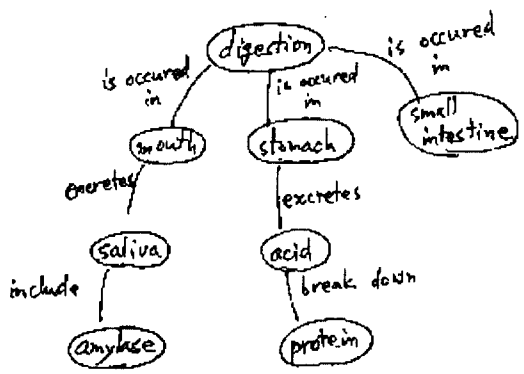

Fig. 4. The concept map of student G prior lesson in human digestion system. We can see hierarchy of concepts

위계형에 속하는 학생들 중 개념과의 관계가 매우 조직적이고 많은 수의 개념과 명제 및 추상적 개념들을 포함하는 개념도를 작성한 학생들이 있었다. 인터뷰 결과 이런 학생들의 특징은 과학에 흥미를 가지고 있으며 과학 잡지를 자주 읽거나 과학과 관련된 특별 활동에 참여한 경험을 가지고 있으며 수업 전에 중학교에서 배운 소화와 관련한 개념들이 유의미하게 정착되어 있음을 알 수 있었다. 다음은 이런 부류에 속하는 학생 G와 인터뷰한 내용을 나타낸 것이다.

〈학생 G의 수업 전 인터뷰〉

교사 : 화학적 소화와 기계적 소화의 차이점은?

학생 G : 소화 효소가 있는 것이 화학적 소화이지요. 효소의 특이성 말해도 되요? 효소는 특이성을 가지고 있고, 온도, pH에 영향을 받지만 기계적 소화는 이러한 것과 관계가 없어요.

교사 : 이렇게 개념도를 그리는 것이 도움이 되니?

학생 G : 알고 있는 지식을 정리하는 데는 도움이 되요.

이상에서 소화 개념에 관한 학생들의 개념 분화 유형을 분석해 보았다. 물론 학생들이 작성한 개념도를 보고, 나열형, 순서형, 위계형으로 분류하는 개념 분화 유형 분석 방법은 식물 또는 동물의 분류처럼 뚜렷하게 구분될 수 있는 기준을 가진 것은 아니다. 그렇지만 개념도와 인터뷰를 통하여 학생들의 개념 분화의 유형을 어느 정도 구분함으로써 개념 분화와 발달 과정에서 지식을 구조화하는 특성이 다르다는 것을 알 수 있었으며 또한 교사가 똑같은 수업을 하여도 어떤 학생들은 왜 수업 내용을 이해하지 못하는지에 대한 이유를 파악할 수 있는 근거를 제공해 줄 수 있었다.

또한 개념 분화 유형을 분석함으로써 학생들이 가진 사전 개념 및 개념이 변화하는 동안에 나타나는 특징들을 파악함으로써 각 유형에 맞게 개념 발달을 촉진할 수 있는 수업 전략을 세울 수 있을 것이라고 본다.

〈Table 1〉은 이상에서 분석한 개념 분화 유형의 특성을 정리한 것이다. 일단 이들 유형을 나열형, 순서형, 위계형으로 나누었다. 그 다음 나열형은 개념들의 수가 매우 적고 명확하지 못한 개념들을 사용하여 개념도를 작성한 경우와 개념과 사례의 수를 많이 포함시켰으나 여러 가지 개념들 사이의 관계를 이해하지 못하여 단순한 명제를 사용하고 위계가 거의 없는 개념도를 형성하는 두 가지 하위 유형으로 구분하였다. 순서형은 교과 순서에 따라 개념도를 작성하는 유형이다. 마지막으로 위계형은 위계에 따라 개념도를 작성하지만 위계의 정도는 학생들에 따라 차이가 있었다.

2. 수업 후의 개념 분화 유형 분석

수업 후에 수업 전의 개념 분화 유형이 그대로 유지되고 있는지 아니면 보다 조직화된 개념 분화 유형으로 변화되었는지를 개념도, 인터뷰, 쪽지 시험을 통해 알아보았다.

Table 1. The characteristics of conceptual differentiation patterns

conceptual differentiation pattern	character
free-flow	sub-category · They hardly can construct concept map as they are lack in clear concepts. · They constructed concept map that included simple proposition and weak hierarchy, because they did not understand among various concepts.
sequence	They constructed concept map in order of sequence.
hierarchy	They constructed concept map according to hierarchy. The level of hierarchy is diverse.

1) 나열형

수업 전에 나열형에 포함되었던 6 명의 학생들 중에서 4명은 수업 후에도 나열형을 나타내었고, 1 명은 수업 후에 위계형으로, 1 명은 순서형과 위계형이 혼합된 유형으로 변화되었다. 이것은 수업을 통해서 유의미한 개념을 획득한 경우라고 볼 수 있다. 하지만 4 명의 학생들은 수업 후에도 자신의 개념 분화 유형을 변화시키지 못했는데 이것은 이 학생들이 소화에 포함된 여러 개념들의 정의나 개념과 개념 사이의 관계를 파악하지 못했기 때문이라고 판단된다.

소화 개념 분화 유형에서 나열형에 속했던 학생 중 개념의 수가 매우 적고 개념과 개념간의 관계를 제대로 알지 못했던 학생의 수업 후의 개념도와 인터뷰 결과를 알아본 바는 다음과 같았다.

〈학생 A의 수업 후 인터뷰〉

교사 : 간이 하는 역할은?

학생 A : 음식물을 소화시켜요.

교사 : 간이 음식물을 소화시키니?

학생 A : ...

교사 : 위액은 어떤 상황에서 잘 작용하나?

학생 A : 위는 강한 산성에서 잘 작용해요.

교사 : 왜?

학생 A : 음식물을 잘 녹이니까요.

교사 : 음식물을 잘 녹여서 소화가 잘 되는 것인가?

학생 A : ...

학생 A : 위벽이 그것을 싸고 있어서 잘 안 녹아요. 또한 위에서 소화되는 것이 보다 강해요. 그리고 음식물이 염기성이라서 위에서 소화가 잘되는 것 아닌가요?

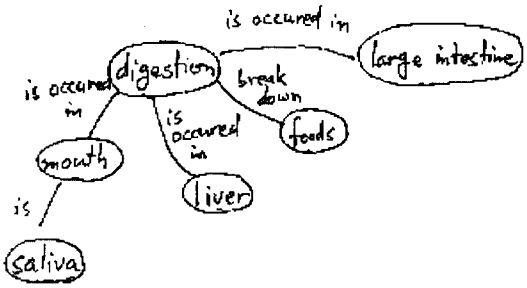

Fig. 5. The concept map of free-flow type post to lesson in human digestion system

이 학생의 경우 수업 후에도 소화에 대한 개념들이 거의 분화되지 않고 배운 개념들이 머리 속에서 서로 연관되지 못한 낱낱의 개념들로 흩어져 있음을 알 수 있다. 단지 수업 전에 비하여 수업 후에 작성한 개념도에서는 개념의 수는 증가되었으며, 각 개념들 사이의 명제의 수도 많아졌다. 하지만 침이 소화 효소임은 알지만 어떤 작용을 하는지는 모르며, 간에서 소화가 일어난다고 생각하고 있다. 또한 위에서는 산성이며 강한 산성은 음식물을 잘 녹이니까 소화가 잘 되며, 음식물이 염기성이기 때문에 위에서 소화가 잘 된다고 생각하고 있는데 이것은 중화반응의 개념이 잘못 연결되어 나타난 것이다. 또한 위벽을 싸고 있어서 그것이 잘 안 녹는다고 했는데 이것은 뮤신의 작용을 혼동하고 있는 것이다.

이러한 결과는 수업 시간에 학습한 내용들이 머리 속에서 올바른 개념 또는 유의미한 개념들로 정립되지 못하고 각각의 개념들은 서로 연관이 없는 개념들로 분획되어 있거나, 이전에 학습한 전혀 관련이 없는 내용들과 엉뚱하게 연결되어 개념들의 의미가 혼재되어 있음을 알 수 있다. 이는 쪽지 시험에서도 나타난다. 다음은 학생 A가 쪽

지 시험에 대해 응답한 내용이다.

〈학생 A의 쪽지 시험 결과〉

1. 기계적 소화와 화학적 소화는 어떤 차이가 있을까? 또는 이로 음식물을 분해하는 것과 침에 의해 분해되는 것은 어떤 차이가 있을까?(분해 과정의 차이점과 분해 후의 생성물의 차이를 생각해 보라.)

...

2. 소화의 의미는 무엇일까? 에너지를 얻기 위해
3. 섭취한 음식물 중 어떤 영양소가 소화 기관을 거쳐갈 때 분해되는 것일까?

...

4. 쓸개즙과 소화 효소의 차이점은 무엇일까?

...

5. 위에서 분비되는 염산은 소화 작용에 어떤 역할을 할까? 미처 소화되지 않은 음식물을 강력한 산으로 소화시켜 준다.
6. 위에서 분비되는 위산은 어떤 음식물을 소화시킬 수 있는가? 잘 소화되지 않는 음식물

쪽지 시험의 결과는 개념도 분석 결과 및 인터뷰 결과와 일치한다. 문제 1에서 화학적 소화에 대해서 전혀 알지 못하며, 문제 2에서는 소화와 호흡 개념을 혼동하고 있고, 문제 3, 4는 답을 하지 못했으며 문제 5에서는 위산은 강력한 산이기 때문에 잘 소화되지 않는 음식물을 소화시켜 준다고 적고 있다. 이 학생의 면담 결과에서 보듯이 소화에 대한 하위 개념이 거의 형성되지 못하는 학생들은 학습에 필요한 사전 개념을 거의 가지고 있지 않으며 이 때문에 개념은 매우 불명료한 상태로 존재하게 된다. 그에 따라 이런 학생들은 대안개념을 형성하게 된다. 이것은 정리되지 않는 개념들의 혼재에서 나타난 결과라고 볼 수 있다. 즉, 위산의 작용에 대한 해석에서 이 학생은 위산은 산성, 음식물은 염기성이라서 중화되면 소화가 잘 될 것이라는 사고를 가지며, 또한 위산은 강력해서 모든 영양소를 다 분해할 수 있다고도 생각한다. 또한 쪽지 시험에서 보듯이 소화 개념과 호흡 개념을 혼동하고 있다. 이러한 결과는 이전에 배운 개념들과 새로운 개념들이 서로 구분되거나 명확하게 정의되지 않은 채 두 개의 개념이 혼재되어 나타난 대안개념이라고 할 수 있다.

2) 순서형

이 유형에 속하는 학생들의 경우 소화 단원을 학습한 후에 소화에 대한 하위 개념들이 넓고 깊게 확장되지는 않지만 소화에 대한 일부 개념들의 수는 확장되었다. 나열형에 속했던 학생들 중 3명은 수업 후에 순서형과 위계형이 혼합된 개념도를 작성하였지만 1명은 여전히 순서형을 나타내었다. 위계형으로 변화하지 못한 1 명은 수업 전에 순서형이었지만 수업 후에 나열형이 혼합된 순서형을 나타내었다. 순서형과 위계형을 혼합한 모습의 개념도를 작성한 학생들은 소화가 일어나는 순서인 입, 위, 소장, 대장 순으로 개념을 연결시키고 있었지만 각 소화 기관에서 일어나는 소화 과정을 위계에 의해 연결시키고 있었다. 〈Fig. 6〉는 수업 후에도 계속 순서형을 나타낸 학생이 작성한 개념도이다.

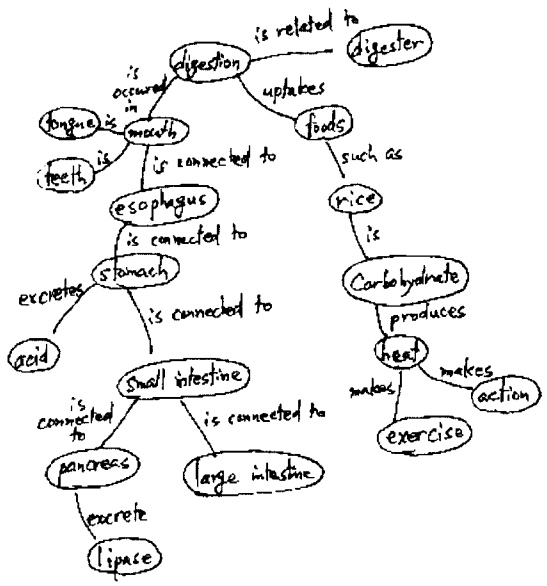

Fig. 6. The concept map of sequence type post to lesson in human digestion system, student constructs concept map as the nutrients go through digestive organs

이 학생이 작성한 개념도에서 알 수 있듯이 수업 전에는 소화를 위, 소장, 대장으로 연결하여 순서형을 나타내었으며 수업 후에도 입, 위, 소장, 대장으로 이어지는 개념도를 작성하였다. 물론 수업 전에 비하여 각 소화 기관에서 분해되는 영양소를 더 첨가시켰다. 개념의 수는 증가하였지만 순서형을 계속 지속하면서 순서형에 더 체계를 갖춘 모습이 되었다고 할 수 있다. 수업 전과 유사하게

이 학생은 소화와 관련하여 다른 개념들 즉, 음식물, 열량, 소화제 등을 소화 개념과 관련시키고 있는데 이것이 소화 개념의 분화에 도움을 주는 것은 아님을 알 수 있다. 또한 인터뷰 결과에 의하면 소화 개념들을 습득함에 있어서 정확한 개념들을 인식하지는 못하고 있다는 것을 알 수 있었는데, 위액과 이자액의 기능을 혼동하여 위액이 이자액처럼 여러 가지 물질을 분해할 수 있다고 답하였으며, 소화는 음식물을 분해하는 것뿐 아니라 소화 기관을 따라 내려가는 것 또는 음식물을 흡수하는 것을 모두 소화라고 답하였다. 다음은 이 유형에 속하는 학생 F가 쪽지 시험에 대해 응답한 내용이다.

〈학생 F의 쪽지 시험 결과〉

1. 기계적 소화와 화학적 소화는 어떤 차이가 있을까? 또는 이로 음식물을 분해하는 것과 침에 의해 분해되는 것은 어떤 차이가 있을까?(분해 과정의 차이점과 분해 후의 생성물의 차이를 생각해 보라.)
   화학적 소화는 소화 효소에 의해 음식물이 분해되는 것이다.
2. 소화의 의미는 무엇일까? 양분을 분해하고 흡수하는 것
3. 섭취한 음식물 중 어떤 영양소가 소화 기관을 거쳐갈 때 분해되는 것일까? 탄수화물, 단백질, 지방
4. 쓸개즙과 소화 효소의 차이점은 무엇일까?
   쓸개즙은 단지 효소의 작용을 도와주기만 한다.
5. 위에서 분비되는 염산은 소화 작용에 어떤 역할을 할까? 효소를 활성화시켜서 위액이 여러 가지 물질을 분해시킬 수 있도록 한다.
6. 위에서 분비되는 위산은 어떤 음식물을 소화시킬 수 있는가? 녹말, 단백질

3) 위계형

수업 전에 소화 개념에서 위계형을 나타냈던 학생들은 수업 후에도 위계형을 지속하였다. 이 유형의 경우 학습 전의 개념도에 비해 학습 후의 개념도에서 상당한 정도의 개념 성장이 일어나지만 조직화의 정도는 사전 개념의 조직화의 정도에 많이 의존하였다. 위계형 개념도를 작성한 학생들 중에서 쪽지 시험에 대한 응답 결과 몇 가지 측면에서 관심을 둘 만한 내용이 있었다. 다음은 학생 G가 응답한 쪽지 시험 결과이다.

〈학생 G의 쪽지 시험 결과〉

1. 기계적 소화와 화학적 소화는 어떤 차이가 있을까? 또는 이로 음식물을 분해하는 것과 침에 의해 분해되는 것은 어떤 차이가 있을까?(분해 과정의 차이점과 분해 후의 생성물의 차이를 생각해 보라.)
   이빨로 잘게 부수기만 하는 것이 기계적 소화이고 분해 후 처음 물질과 같다. 그러나 침에 의해 분해되는 것은 소화 효소를 이용해서 물질이 처음의 것과 다르게 되는 화학적 소화이다.
2. 소화의 의미는 무엇일까? 분해하는 것
3. 섭취한 음식물 중 어떤 영양소가 소화 기관을 거쳐갈 때 분해되는 것일까? 탄수화물, 단백질, 지방
4. 쓸개즙과 소화 효소의 차이점은 무엇일까? 쓸개즙은 단지 소화 효소의 작용을 도와주는 것이고, 소화 효소는 양분을 화학적으로 분해하는 것이다.
5. 위에서 분비되는 염산은 소화 작용에 어떤 역할을 할까? 펩신의 작용을 활성화, 유해한 세균을 죽이는 작용
6. 위에서 분비되는 위산은 어떤 음식물을 소화시킬 수 있는가? 없다

쪽지 시험의 결과에서 보듯이 이 학생의 경우 상당한 부분에서 거의 대부분의 내용을 이해하고 있음을 알 수 있다. 이 학생과의 인터뷰에서 가끔씩 드러나는 것이 있었는데 "기억하기 힘들다"라는 응답이었다. 개념의 분화와 조직화가 다른 학생에 비해 매우 정교하게 이루어져 거의 전문가 수준의 개념도를 작성하는 학생의 경우에도 유의미학습과 암기 학습을 함께 사용하고 있음을 알 수 있었는데 이러한 반응은 개념도를 이용한 많은 연구 결과들에서 초등학생들이 훌륭한 개념도를 작성하는 방법을 빨리 배우는 반면에, 고등학교나 대학교 학생들은 종종 개념도 작성에 어려움을 느끼고 있는데, 이것은 부분적으로 암기 학습의 습관에 기인한 것이다(Novak & Wandersee, 1990)라는 보고와 일치하고 있다.

이상의 분석 결과 소화 개념 분화 유형이 수업 후에 지속된 경우가 있지만 변화된 경우도 있다는 사실을 알 수 있었다. 〈Table 2〉는 소화 개념 분화 유형이 수업 후에 어떻게 변화되었는지를 나타낸 것이다.

〈Table 2〉에서 보듯이 나열형이 위계형으로 변화되는 것은 매우 힘들다는 것을 알 수 있으며, 순서형의 경우에는 위계형으로 바뀌어갈 수 있음을 알 수 있다. 그렇지만 순서형의 틀을 쉽게 바꾸지는 않는다는 것을 알 수 있다.

Table 2. The change of conceptual differentiation pattern

pattern		N
pre-concept map	post-concept map	
F	F	4
F	H	1
F	Se+H	1
Se	Se+F	1
Se	Se+H	3
H	H	9

*F is a free-flow type, Se is a sequence type and H is a hierarchial type.

나열형이 순서형이나 위계형으로 쉽게 변화될 수 없는 이유는 나열형의 특징에 근거한 것이라고 볼 수 있다. 나열형을 나타내는 학생의 경우 개념도를 구성할 수 있는 개념의 수가 매우 적거나 개념과 개념과의 관계를 확실하게 알지 못하기 때문에 수업 후에도 새로운 개념을 정착시킬 수 있는 정착지가 거의 없다고 할 수 있다.

순서형의 경우에는 비록 위계 관계를 만들어 내지는 못하지만 개념의 연결을 일이 일어난 순서대로 연결시키고 있으므로 새로운 개념도 순서형으로 결합시키거나 순서형과 위계형이 혼합된 모습으로 개념을 정착시키고 있음을 알 수 있다. 위계형의 경우에는 수업 후에 나열형이나 순서형으로 변한 경우는 없다. 이러한 결과는 위계형의 경우 개념의 정착이 학생의 심리적인 위계에 의해 형성되어 있으며 이에 따라 수업 후에도 같은 방식으로 위계를 적용하고 있다고 할 수 있다. 비록 수업 후에 개념 분화 유형이 변화되지 않은 학생이 있지만 수업 후에 모든 학생은 개념도의 작성에서 개념의 수, 명제의 종류, 가지의 수, 연관의 수는 증가하는 경향을 나타내었다. 이것은 개념도를 이용한 다른 연구 결과와 일치한다.

Ⅳ. 결론 및 제언

본 연구에서는 학생에 따라 구분되는 개념의 분화 유형이 있는지 그리고 이 분화 유형의 각각의 특징은 무엇인지를 고찰하고자 하였다. 개념도를 이용하여 소화에 대한 개념 분화 유형을 살펴본 결과 개념도를 작성하는 특징에 따라 나열형, 순서형, 위계형을 구분할 수 있었다. 나열형의 경우에는 소화에 대한 개념의 수가 매우 적거나 그렇지 않으면 개념의 수가 매우 많은 두 가지 경우로 나누어 볼 수 있었다. 개념의 수가 매우 적은 경우에는 개념 분화가 이루어질 수 있는 재료가 없어서 개념도를 제대로 만들지 못한다고 할 수 있다. 많은 수의 개념들을 가졌음에도 나열형을 나타낸 경우는 각각의 개념들이 어떤 체계, 조직을 가지고 개념과의 관계를 형성해 나가는 것이 아니라 핵심 개념과 비핵심 개념 및 사례들을 구분하지 못하고 연상되는 대로 개념도를 작성하고 있기 때문에 개념 사이의 관계 또는 의미를 파악할 수 없는 개념 분화 유형을 만들게 됨을 알 수 있었다.

순서형은 분해된 음식물이 어디로 이동해 가는지에 따라 개념도를 작성해 나가는 경우가 많았다. 이 유형에서는 수업의 순서 또는 음식물이 어디에서 어디로 이동하는지가 소화에 대한 개념이 분화하는데 크게 작용함을 알 수 있었다. 위계형은 개념의 위계를 중시하여 개념도를 형성하는데, 각 소화 기관, 각 소화 기관에서의 소화 작용, 분해 산물과 같이 체계를 갖춘 개념도를 형성하였다.

소화에 관한 수업 후에 나열형은 순서형이나 위계형으로 거의 변하지 않았지만 순서형은 나열형이 결합된 순서형과 위계형이 결합된 순서형으로 변하였다.

나열형이 순서형이나 위계형으로 전환되지 못하는 이유는 너무 적은 개념을 가진 경우에는 개념을 분화시킬 수 있는 재료가 없어 개념 분화 자체가 아예 힘든 상황이다. 이 경우에는 보다 많은 개념들의 의미를 이해할 수 있는 기회가 주어져야 할 것이라고 본다. 그에 반하여 개념을 많이 가지고 있다고 하여도, 비슷한 성격의 개념들을 묶어서 개념들을 몇 가지 영역으로 분류할 수 있는 능력이 부족하거나 개념 사이의 관계성을 분명하게 인식하지 못하는 경우에는 순서형이나 위계형으로 변하기 힘들다. 이 경우에는 유사한 개념들을 묶어 보다 큰 개념 속에 포함시키는 활동이나 개념도의 작성 연습으로 개념 사이의 관계를 이해시키는 활동들이 필요할 것이다.

이상의 결과에서 보듯이 개념 분화 유형을 구분할 수 있었다는 점은 과학 교육에 많은 시사점을 제공해 준다. 즉, 어떤 개념 분화 유형에 속하는 학생에게 어떠한 수업 방법, 수업 전략, 개념 형성의 촉진 방법을 사용해야 할 것인가를 판단할 수 있는 하나의 토대를 제공해 주고 있는 것이다. 예를 들면 나열형으로 개념도를 작성하는 학생의 경우 명제와 위계를 잘 형성하지 못하여 개념이 분화되지 못하고 개념을 정교하게 조직화할 수 없다. 이 학생들에게는 명제와 위계 형성을 도와줄 수 있는 도구나

방법들이 개발된다면 이 학생들의 개념 분화는 훨씬 촉진될 수 있을 것이다. 또한 과학 교재에 포함된 개념들에 대한 관련 정보와 사례, 비유들을 제시하여 교재를 정교화하는 것은 학생들에게 개념 분화를 도와줄 수 있는 하나의 방법이 될 것이다. 순서형의 경우 위계 형성은 잘 못하지만 일의 순서에 따른 개념 형성은 쉽게 일어난다. 이러한 학생들에게는 학습의 순서를 중시하는 수업 방법을 사용하면 더욱 효과적인 수업의 결과를 얻을 수 있을 것이다. 물론 이러한 방법들의 효과를 알아보기 위해서는 개념 분화 유형과 그것에 적합한 개념도 적용 수업 효과에 대한 연구 등이 뒤따라야 한다고 본다.

국 문 요 약

본 연구에서는 소화 개념을 주제로 고등학생들의 개념 분화 유형이 어떤 것이 있으며, 이 개념 분화 유형의 각각의 특징은 무엇인지 알아보고자 하였다. 이를 위하여 124명의 고등학생들이 수업 전후에 개념도를 작성하였고, 이 중 19명을 표집하여 인터뷰, 간단한 쪽지 시험을 실시하였다. 학생들이 작성한 개념도, 인터뷰 내용, 쪽지시험의 결과는 학생들의 개념 분화 유형을 추출하기 위해 분석되었다. 소화 개념에서 개념 분화 유형은 3가지로 구분되었는데, 첫째 유형은 나열형이라고 할 수 있다. 이 유형에 속하는 학생들은 개념도의 작성에서 개념보다는 사례들을 많이 제시하고 있으며, 개념들 사이의 위계 관계가 분명하지 않고, 개념들 사이의 관계성을 파악하는 데 어려움을 보였다. 두 번째 유형은 순서형이라고 부를 수 있는데 이 학생들은 학습의 순서에 따라 개념도를 작성하는 특징을 보였으며, 위계형보다 덜 조직화된 개념도를 작성하였다. 세 번째 유형은 개념의 위계에 따라 개념도를 작성하는데 위계형이라고 할 수 있으며 위계 형성의 정도는 차이가 많았다. 이들 세 가지 유형에 속하는 학생들은 수업 후에 모두 개념도를 보다 정교화 시켰으며, 순서형은 순서형과 위계형이 혼합된 유형 또는 나열형과 순서형이 혼합된 유형으로 바뀌는 사례가 많았으나 다른 유형에 속한 학생들은 개념 유형이 거의 변화되지 않았다. 이러한 연구 결과를 비춰볼 때 나열형에 속하는 학생들이 순서형이나 위계형으로 전환할 수 있도록 도와줄 수 있는 도구들과 효과적인 수업 전략의 개발이 필요하리라고 본다.

참 고 문 헌

곽향란(1990). 중학교 생물교수 전략으로서의 개념도 적용. 서울대학교 석사학위 논문.

강심원(1994). 인지양식에 따른 인지수준과 과학 탐구능력에 관한 연구. 한국교원대학교 석사 학위 논문.

김경호(1996). 위계형 개념도식화 수업모형이 아동의 개념 획득에 미치는 영향. 한국교원대학교 석사 학위 논문.

심재호(1996). 식물 분류 개념에서 중학생들의 심리적 위계에 따른 수업 효과. 한국교원대학교 대학원 석사학위 논문.

오영순(1997). 사려성-충동성 인지양식에 따라 귀납적 수업과 연역적 수업이 학업 성취에 미치는 효과.

이순영(2000). 하이퍼미디어 학습 환경에서 개념도 유형이 학습자의 인지양식에 따라 학업성취도에 미치는 효과. 한국교원대학교 석사 학위 논문.

조재근(1999). 분자와 분자운동에 관한 초등학생들의 개념 유형 분석. 한국교원대학교 석사 학위 논문.

Heinze-Fry, J. A., & Novak, J. D.(1990). Concept mapping brings long-term movement toward meaningful learning. *Science Education*, 74(4), 461-472.

Hunt, D.(1979). Learning styles and student needs: An introduction to conceptual level. In student learning styles: Diagnosing and prescribing programs. Reston, VA.

Johnson, P. & Gott, R.(1996). Constructivism and evidence from children's ideas. *Science Education*, 80(5), 561-577.

Jones, M. G., Rua, M. J., & Carter, G.(1998). Science Teachers' Conceptual Growth within Vygotsky's Zone of Proximal Development. *Journal of Research in Science Teaching*, 35(9), 967-985.

Lloyd, C.(1990). The elaboration of concepts in three biology textbooks: facilitating student learning. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10), 1019-1032.

Mason, C. L.(1992). Concept Mapping: A Tool to develope reflective Science Instruction. *Science Education*, 76(1), 51-63

Novak, J. D., & Gowin, B., & Johansen, G. T.(1983).

The use of concept mapping and knowledge vee mapping with junior high school students. *Science Education*, 67(5), 625-645.

Novak, J. D., & Gowin, B.(1984). Learning how to learn. Cambridge University Press.

Novak, J. D., & Wandersee, J. H.(eds.).(1990). Perspectives on concept mapping. *Journal of Research in Science Teaching*, 27(10).

Ruiz-Primo, M. A., & Shavelson, R. J.(1996). Problems and Issues in the use of concept maps in science assessment. *Journal of Research in Science Teaching*, 33(6), 569-600.

Wilson, J. M.(1998). Differences in knowledge networks about acids and bases of year-12, undergraduate and postgraduate chemistry students. *Research in science education*, 28(4), 429-446.

Witkin, H. A.(1973). The role of cognitive style in academic performance and in teacher-student relations, Unpublished Report, Prinston, N. J.: Educational Testing Service.