

수학 교실에서 뇌-기반 학습에 대한 연구

신 인 선 (한국교원대학교)

장 영 일 (한국교원대학교 대학원)

권 점 례 (경기왕곡초등학교)

인간의 교수·학습은 본질적으로 뇌 기능과 많은 관련을 맺고 있기 때문에 뇌-기반 학습에서는 우리의 뇌가 최적으로 학습하는 방식에 기초해 접근을 시도한다. 지난 30년간의 뇌에 대한 연구는 교수·학습에 대해서 이용할 만한 많은 정보를 제시하고 있다. 많은 교육연구자들은 뇌 연구를 기초로 뇌가 최적으로 학습하는 뇌-친화적 환경을 도입하였고, Politano & Paquin(2000)은 현행교실에 실제로 이용 가능한 뇌-기반 환경을 창조하기 위한 기초로서 10가지 요소를 제시하면서 뇌-기반 학습에서 학습자는 자신에게 익숙한 학습감각을 가지고 있으며 그것을 통한 학습이 효과적임을 말하였다. 수학교육에서도 이와 같이 뇌-기반 학습을 배경으로 하는, 학습자의 학습감각을 고려한 교수·학습이 의미있다고 할 수 있다.

본 연구에서는 뇌기반 학습의 의미를 고찰하고, 제 7차 교육과정이 실행되는 초등학교 4학년, 중학교 2학년, 고등학교 1학년에 교실에 대한 학습감각을 조사하였으며, 수학 교실에서 학습자의 학습감각을 고려한 수업활동을 제시하였다.

I. 들어가며

현행 제 7차 교육과정은 '수학적 힘'의 신장을 목표로 하고 있다(교육부, 1999). 수학 교실에서 '수학적 힘'을 구현을 위해서는 전통적인 교수-학습 방법에서 벗어나 새로운 다양한 교수-학습 방법이 필요하게 되었다. 이러한 교수-학습 방법들은 모두 학습자의 개인차를 고려하는 동시에 수학적 지식의 활용도 강조하는 '학습자 중심의 교육'을 반영하고 있는 것으로 보인다. 이것은 '교사가 어떻게 학생들을 가장 잘 가르칠 수 있는가'보다는 '학생들이 언제 가장 잘 학습 할 수 있는가'에 대한 고민이기도 한다. 이런 맥락에서 지금까지 수학교육 연구에서는 인지 발달 단계나 공동체의 문화 등 학습 심리학적인 요소들이 고려되어 왔다.

그러나 인간 학습의 중심에는 '뇌(Brain)'라는 복잡한 활동기관이 있고, 최근 들어 뇌가 기능을 잘 발휘하는 방식에 기초를 두고 있는 뇌 기반 학습(brain-based learning)의 중요성이 부각되고 있다. 또한 수학이라는 학문 자체도 인간의 뇌 활동의 산물이기 때문에 수학 교수-학습도 뇌 기능과 깊은 관련성을 맺고 있음을 짐작할 수 있다.

지난 30년 동안 뇌에 대한 연구는 교수-학습에 이용할 만한 정보들을 제공하고 있다(Jensen, 2000). 뇌 과학 연구를 보면 학생들은 다양한 경로를 통해서 정보를 받아들이고, 또한 학습한 내용

(즉 받아들인 내용)을 자신에게 익숙한 학습 감각(learning sense)을 통해 표현하는데 익숙하다고 한다(Jensen, 2000; Politano & Paquin, 2000). 또한 신경심리학의 연구 결과에서는 다중 감각 경로를 통한 정보를 전달하는 것이 단일 감각 경로를 통해서 전달하는 것보다 신경 반응의 효율성과 반응 시간의 신속성에 있어서 훨씬 효과적이라고 한다(권용주 & Lawson, 1999). 많은 교육자들은 이와 같은 뇌에 대한 연구에서 밝혀진 정보를 이용하여 교실의 관행을 이해하고자 시도 중이다(Politano & Paquin, 2000; Jensen, 2000; 김재용, 2000).

수학교육에서도 뇌에 대한 지식을 ‘수학교실’에서 어떻게 적용할 것인가에 대한 문제가 제기되어야 한다. 학생들은 수학을 학습하는데 저마다 익숙한 학습 감각을 가지고 있고, 그것을 사용하는 것을 좋아하고 그런 형태의 학습이 이루어질 때 더 잘 학습할 수 있는 것으로 짐작된다. 따라서 수학교육에서도 학습자의 뇌에 익숙한 학습 감각이 무엇인지를 분석하고 그것을 고려한 학습 환경을 제공하는 것이 중요하다고 하겠다.

본 연구에서는 수학 교실에서 뇌 기반 학습이 갖는 의의에 대해서 알아보는 것을 목적으로 한다. 연구의 목적을 실현하기 위해서 세 부분의 연구를 실행하였다. 첫 번째 부분에서는 문헌 고찰을 통해서 뇌의 기능에 대해서 간략하게 알아보고, 뇌 기반 학습과 뇌 기능을 활성화시키는데 도움을 주는 뇌 기반 학습 요소에 대해서 알아보았다. 두 번째 부분에서는 초등학교, 중학교, 고등학교 학생들을 대상으로 각 학교급별로 학습 감각을 조사하고 분석하였다. 그리고 마지막 세 번째 부분에서는 조사된 학생들의 학습 감각을 바탕으로 수학 교실에서 적용할 수 있는 활동들을 제시하였다.

II. 뇌-기반 학습(Brain-based Learning)

수학 학습이 효율적으로 이루어지려면 학습자의 뇌 기능에 부합되는 학습 조건을 충족시켜 주어야 한다. 이것은 학습자가 학습하는 최적의 상태가 되도록 준비시키는 것을 의미한다. 지금까지 학습과 뇌 기능 사이의 관계에 대한 많은 연구들이 있어 왔다. 여기서는 뇌 기능과 관련된 생물학적 개념과 신경심리학적 개념을 소개하고, 실제 교실 적용을 위해서 Eric Jensen이 “뇌-기반 교수-학습의 소개(An Introduction of Brain-Based Learning and Teaching)” 세미나에서 제시한 10가지 뇌-기반 학습 요소 10가지를 간략하게 살펴본다(Politano & Paquin, 2000). 더 나아가 뇌 기반 학습에서 고려되는 학생들의 학습 감각에 대해서 알아본다.

1. 뇌 기능에 관한 연구

뇌 기능과 학습 사이의 관계에 대한 연구는 최근 다른 영역에 비해 다양한 방법으로 활발하게 연구되고 있다. 이것은 그만큼 인간의 뇌와 학습에 대한 관심이 다양하다는 것을 의미한다. 여기서는 뇌의 전반적인 구조와 부위별 기능을 간략하게 살펴보고, 신경세포와 관련된 세포들간의 정보전달에

대해서 알아본다. 그리고 이를 토대로 학습에 대한 몇 가지 뇌 과학적 내용을 소개한다.

1) 뇌의 의사소통

뇌 세포는 학습과 기억에서 매우 중요한 역할을 한다. 뇌에서 일어나는 학습은 펩티드를 통해서 수용체의 세포들 사이에 일어난다고 한다.

뇌는 글리올(gial) 세포와 뉴런을 가지고 있는데, 그 중에도 특히 뉴런은 의사소통을 담당한다. 뉴런은 가늘고 긴 가지 모양의 수상돌기와 두껍고 철사 같은 축삭돌기로 구성된 세포로, 서로 이어져 있지 않고 시냅스¹⁾(synapse)라고 불리는 작은 틈을 두고 떨어져있다. 화학물질인 신경 신호가 시냅스에서 하나의 뉴런에서 다른 뉴런으로 이동하면서 의사소통을 한다. 정보는 미세한 전기형태로 신경을 따라 뇌와 몸을 이동하며, 전기 신호는 뉴런의 축삭돌기 끝 부분에 저장된 신경 전달 물질을 방출하게 하고, 이 신경 전달 물질이 다른 뉴런의 수상돌기 끝부분 수용체에 흡수되면서 이동한다. 뉴런 사이의 의사소통 속도는 일정하지 않으며 축삭돌기가 미엘린²⁾(myelin)이 될 때 전이 속도가 빠르게 일어난다. 이런 반응은 뇌 세포뿐만 아니라 몸 전체를 통해서 의사소통이 된다.

2) 삼위일체의 뇌

삼위일체의 뇌는 MacLean(1978)에 의해 제시된 것으로 뇌의 계통발생과 관련된 모델이다(강호감·하정원(1994)에서 재인용). 인간의 뇌는 구조, 화학, 전기적 신호, 기능 측면에서 매우 복잡하며, 수직적으로는 세 부분으로 나뉘는데 이들이 통합하여 하나의 뇌로 작용한다는 개념이 삼위일체의 개념이다. 이들 각각의 뇌는 인간의 생존과 성장에 필수적인 특수 기능들을 맡고 있으며, 처한 상황을 평가하여 그 순간에 가장 적절한 반응을 결정하게 한다. 뇌의 세 부분은 다음과 같다.

■ 뇌간(brain stem)

뇌간은 생명의 유지 및 생존 본능을 통제하고, 감각의 수용한다. 인간이 위협에 처했을 때, 하향변환(down-shift)하여 반응을 나타내고, 이러한 하향변환은 정보를 더 느리게 처리하여 대뇌피질과 대뇌 변연계로 들어가는 입력을 차단하는 효과를 가지고 있다. 교실에서 위협적인 상황을 느끼면 하향변환이 일어나 학습 가능성이 낮아지게 되고 학습한 내용을 기억하는 데도 장애가 따르게 된다. 또한 뇌간은 심장의 고동이나 소화력, 몸의 온도를 제어하기도 한다. 뇌간 중의 하나인 뇌교는 위아래의 정보와 소뇌의 정보를 전달해 주는 중요한 중간전달장소이기도 하다.

■ 대뇌 변연계(limbic system)

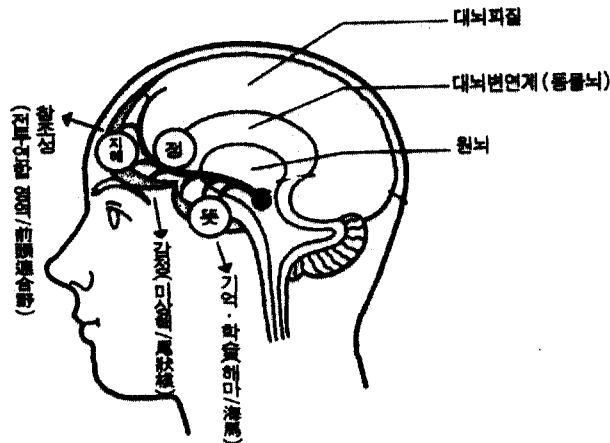
대뇌 변연계는 '감정의 뇌' 또는 '본능의 뇌'라고 불리며 분노, 두려움, 기쁨, 슬픔과 관련이 있고,

-
- 1) 시냅스(synapse)는 뉴런과 뉴런 사이의 기능적 연결 부위로, 이 연결 부위를 통해 뉴런 간의 신호 전달이 이루어진다.
 - 2) 미엘린(myelin)은 전열피복을 가진 유수신경이다. 흥분 전달 속도가 무수 신경보다 100배 이상 빠르고 고위 뇌 정신 기능을 담당하는 대뇌 피질부를 구성한다.

먹기, 마시기, 잠자기 등을 조절한다. 대뇌변연계는 해마, 편도선과 호르몬을 조절하는 시상하부, 뇌하수체로 구성되어 있다. 대뇌변연계는 주로 다음과 같은 세 가지 기능을 담당한다. 첫째, 감각기관을 통해 뇌로 전달되는 정보를 항상 점검하고 이것을 과거의 경험과 비교하여, 뇌가 받은 정보를 적절한 처리 유형으로 변환시킨다. 둘째, 정보를 적절한 기억 저장 영역으로 향하게 한다. 셋째, 정보를 단기기억에서 장기기억으로 전환시킨다. 대뇌변연계는 어떤 정보가 어떻게 처리되고, 나중에 회상하고 사용하기 위해 무엇을 저장할 것인가를 결정하는 관문이기 때문에 학습에서 이러한 정보 여과 역할은 교사와 학생 모두에게 시사점을 가지고 있다.

■ 대뇌피질(또는 신피질, cerebral cortex)

대뇌피질은 생각하는 뇌로서 인간에게 특히 발달되어 있고 인간의 지적 과정을 조절한다. 즉, 사고하고 문제를 해결하며, 분석하고, 창출하고, 종합하고, 다수의 복잡한 문제들을 다룰 수 있다. 우리가 생각하고 결정하고 판단하기 위해 사용하는 뇌의 주된 부위는 대뇌피질이다. 대뇌피질을 포함한 뇌의 각 부분이 각자 다른 일을 맡아서 처리하는 곳으로 알려져 있다. 즉, 뇌는 대뇌피질에서 지도를 가지고 있는 셈이다. 이곳은 학구적인 학습이 일어나는 장소이며 창의력의 본산으로 알려진 연상영역을 가지고 있다.

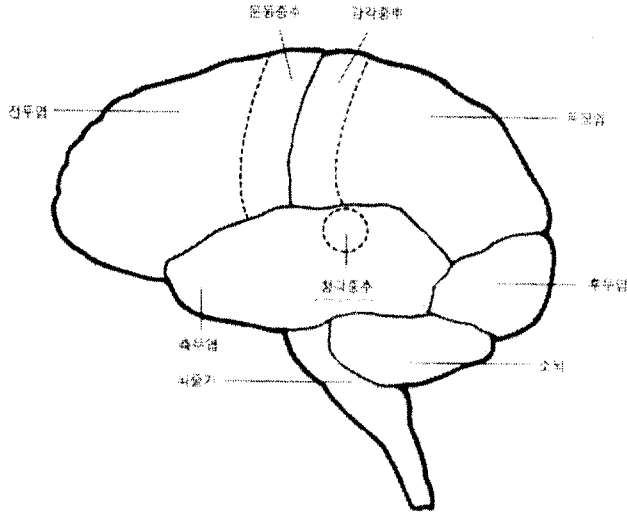


<그림 1> 뇌의 3중 구조(히루야마 시게오(1996, p.33)에서 인용)

3) 뇌의 인식

대뇌반구는 네 개의 엽(lobe), 즉 전두엽(frontal lobe), 측두엽(temporal lobe), 두정엽(parietal lobe), 후두엽(occipital lobe)으로 나누어진다. 학습의 기능은 뇌의 가장 바깥쪽인 대뇌피질에서 일어나며, 이곳은 뇌 발달에서 중요한 부분이다. 대뇌피질의 중앙부에는 운동 감각을 관할하는 운동과 감각의 사령부가 있고, 옆쪽에는 언어 및 청각 사령부, 뒤쪽에는 시각 사령부가 있다. 이들이 효과적으로 기능해야 학습이 원활하게 이루어질 수 있다. 이들 부위는 학습과 고도의 정신 기능, 창조 기능에 영향을 미친다. 구체적으로 살펴보면 다음과 같다. 후두엽은 시각 피질이라고도 하며, 시각에 관련된 정

보를 분석한다. 측두엽은 청각 피질이라고 부르며 여러 가지 기능을 담당하는데, 인지 기능과 기억 기능을 조절하기도 한다. 전두엽은 변연계³⁾와 밀접한 관계를 가지고 있고, 위험 상황의 판단, 계획을 세우거나 목표 지향적인 행위를 주관한다. 두정엽은 정보를 조합하는 곳으로 단어의 의미 조합이나 사고하는 기능을 담당한다. 이는 신체의 각 부위에서 올라오는 감각 정보를 해당 대뇌피질에서 최종적으로 종합한 뒤, 각 부위로 보내는 역할을 하기도 한다.



<그림 2> 4엽으로 이루어진 대뇌반구(서유현(1997, p.33)에서 인용)

4) 뇌 기능 분화

인간의 대뇌는 두 개의 반구로 나누어져 있고 연구에 의하면 이들은 서로 다른 기능을 담당한다. 출생시 좌·우 뇌반구는 내부 조직과 구조가 같으나 출생 후 그 역할이 나뉘어지게 되는데 이것을 뇌기능 분화라고 한다. 뇌기능 분화는 창의적 사고와 관련해서 연구되고 있고, 좌·우 반구의 효율적이고 전체적인 통합적 사용이 수학학습에도 효율적이라고 한다. Skemp(1987)는 좌·우뇌 기능을 <표 II-1>과 같이 특징짓고 있다.

<표 II-1> 좌·우뇌의 기능(Skemp(1987, p.143)에서 인용)

우뇌의 기능	좌뇌의 기능
시-공간적 (모것 의사소통 포함) 유추적, 직관적 종합적 총체적 동시적, 다중 처리 구조적 유사성	언어적 논리적 분석적 선형적 순서적 개념적 유사성

3) 변연계는 중간 뇌의 위쪽인 후각 뇌에서 발달된 부분으로, 감각의 생성시 관여한다.

2. 뇌-기반 학습과 뇌-기반 학습 요소

다음에서는 Jensen(2000)과 Politano & Paquin(2000)의 연구를 중심으로 '뇌-기반 학습'과 뇌 기반 학습의 요소들에 대해서 살펴본다.

1) 뇌-기반 학습

교육연구자들은 행동적, 인지적, 심리적 측면에서 학습과 관련된 이론을 바탕으로 학생들을 이해하고, 그들의 행동이나 산출물을 보고 학습을 해석하며, 학습 방법을 정교화시킴으로써 학습의 일면을 밝혀왔다. 그러나 인간의 내부에서 일어나는 학습 과정은 직접 볼 수 없기 때문에 간접적인 행동의 증거로 미루어 짐작하는 형태로 연구가 이루어졌다. 교수·학습은 본질적으로 인간의 뇌와 관련된 기능을 바탕으로 이루어지고, 모든 학습자는 어떤 상황에서도 자신만의 고유한 뇌와 연결되어 있다.

뇌기능과 관련된 학습에 대한 연구는 지난 15년간 활발하게 이루어져 왔다고 할 수 있다(Raebeck, 1999). 지금까지 뇌 과학에 관한 선행 연구에서는 효율적인 학습을 위한 뇌 친화적 수업 환경을 구축할 수 있는 많은 정보가 축적되었다(Raebeck, 1999; Jensen, 2000; Politano & Paquin, 2000; 김재영, 2000; 배진호, 2001; 손유정, 2000; 손승아·안경숙, 1997; 이은이, 2000; 이효순, 2001; 조주연, 1994). 이를 통해서 뇌가 학습하는 방식에 관한 지식을 일상적인 교실과 학교에 적용하고, 학생들로 하여금 뇌의 역량을 최대한 발휘할 수 있도록 하는 뇌-기반 환경의 설계를 가능하게 했다.

학습은 전적으로 뇌에서 일어나므로 뇌의 속성에 따라 학습을 파악하고 바람직한 학습 방법을 설정하는 것은 학습을 좀더 과학적으로 파악할 수 있는 면에서 의미가 있다고 할 수 있다. 교수·학습에서의 뇌-기반 접근은 뇌가 기능하는 방식을 고려하여 학습자의 뇌가 자연스럽게 학습하는 상황을 마련하는 것이다. 뇌-기반 학습은 학습을 뇌 기능과 관련해 바라보려는 시도이며, 뇌 기능의 이론적 토대를 실제 교실에 적용하도록 시도하는 것이다. 교사는 뇌 기능에 대한 지식을 교실에서 사용함으로써 학생들의 학습에 대해 보다 나은 결정을 내릴 수 있다. 나아가 학습자들이 그들 나름의 방법으로 학습할 수 있는 다양한 기회를 제공하고, 실수도 최소화시킨다. 다시 말하면, 뇌-기반 학습은 학습자가 뇌와 함께 학습하도록 돕는 것이다.

2) 뇌-기반 학습 요소

Eric Jensen은 뇌-기반 학습 환경을 창조하기 위해 고려해야 하는 10가지 학습 요소를 소개하였다(Politano & Paquin, 2000). 이들은 교실에서 뇌-기반 활동을 계획하는데도 사용된다. 다음에서는 Eric Jensen이 제안한 10가지 학습 요소에 대해서 알아본다.

▶ 유일함(unicqueness)

뇌는 지문처럼 유일하다. 뇌는 경험을 통해 변화하는 가소성을 가지고 있다(조주연, 1994). 뇌의 학습 방식은 구조에 영향을 받고, 학생들은 각자의 학습 스타일, 학습 감각, 학습 능력을 가진다. 학습은 이미 알고 있는 것에서 시작하고, 학생들에게는 다양한 경험을 제공할 필요가 있다. 유일성을 고

러한 수업은 개인에서 전체에 대한 수업이기에 수업에는 활동이 포함되어야 한다. 유일성 수업은 학생들에게 “공유된 경험과 개인적인 반응”을 가지도록 도울 수 있는 것이다. 학생들의 뇌는 이해하고 있는 것에 대해 표상화와 구조화에 참여할 때 학습하게 된다. 여기에는 사고의 과정과 이해에 대한 표현이 있으며 스스로 선택하는 다양한 길이 제공된다. 즉, 자신의 학습 스타일과 발달 단계에 적당한 방법의 선택으로 학습하는 동안 같은 개념을 갖도록 돕는 방법이다. 학생들은 교실 안에서 자신이 알고 있는 것을 보여주기 위해 수업 안에서 끊임없이 도전 받아야 한다. 유일성을 고려한 성공적인 수업에는 “선택과 다양성”이라는 두 가지 요소를 가진다.

▶사정활동(Assessment)

풍부한 사정활동은 뇌에 피드백을 제공하는 반면, 빈약한 사정활동은 뇌 기능 능력을 억제한다. 교사에게의 풍부한 사정활동은 학생들의 학습방법과 수업의 태도를 알 수 있기에 뇌에 친근한 요소라는 유용한 정보로 사용된다. 교사는 사정활동에서 학생들의 뇌의 발달 단계를 이해하고, 노력을 식별하고 학습이 향상되도록 도와야 한다. 교실에서는 활동을 구체화하므로 사정활동이 학습 환경에서 이루어지는 것이 뇌에 위협이지 않기에 효과적이다. 뇌-기반의 사정활동의 열쇠는 표상에 있다. 학생들의 표상 능력은 사정활동에 대한 정확한 정보를 제공할 뿐만 아니라 학생들은 표상에서 학습의 ‘의미’와 ‘이해’를 만들게 된다. 뇌-기반 사정활동은 교사와 학생이 책임을 공유하는 것이며, 학생들과 함께 표준의 특성에 대해 토론하고 중요 목록을 작성한다. 학생들은 자기-사정활동을 통해 사고하고 반성하게 되며, 동료-사정활동에서는 동료로부터 학습을 구성하는 것을 배울 수 있게 된다.

▶정서

뇌-기반에서는 정서가 학습의 “의미”와 “관계”를 만드는데 중요함을 말한다. 신경과학은 정서적인 요소에 대한 과학적인 기초로 첫째, 감정은 고유의 경로를 가지며 둘째, 감정은 화학반응 효과로 뇌의 학습과 기억에 영향을 준다고 설명한다. 대뇌 변연계는 ‘감정의 뇌’라고 불려지기도 하며, 정의적인 요소와 관련된다. 최근 연구에서는 편도선⁴⁾이 정서의 대부분을 포함한 뇌의 구조라고 밝혀졌다 (Jensen, 2000). 정서는 세포(뉴런)들 사이에 의사소통 반응이 일어나도록 화학적인 활동을 야기시킨다. 정서의 화학성은 학습자 행동에 영향을 주고 감정적인 경험 후에 여전히 몸에 남게 된다. 학습은 정서에 의해서 강하게 영향을 받으며, 감정이 강하면 강할수록 경험과 연결되기 쉽고, 경험이 강하면 강할수록 기억으로 연결되기 쉽게 된다.

▶의미

뇌가 의미를 만드는 것은 정보를 받아들이는 것보다 더 중요하다. 뇌는 정보에 대한 반응보다는 의미에 더 관심을 가진다. 뇌는 패턴, 관련성, 정서를 통하여 의미를 창출한다. 새로운 정보가 들어오

4)편도선(amygdala)은 지각적 정보의 과정과 뇌의 감정적 정보의 부호화를 책임진다.

면 뇌는 현재의 이해와 지식에 고리를 만들기 위해 패턴과 연결성이 있는 환경을 찾는다. 패턴이 인식되면 그 패턴은 학습자의 이전지식에 새로운 정보를 연합시키고 조직하도록 한다. 지식은 상황에서 감각을 만들어가기에 간접 경험을 통해서만 개념이 제시되면 학습이 억제되고 학습동기가 둔화된다. 학습은 실제의 삶과 연결되고, 주제적이고, 사전경험에 의존한 학습 방식을 가질 때 최대로 된다. 뇌는 경험과 흥미 신경 영역사이에 연결성을 만들면서 관계성을 창출하며, 자료는 학습자와 관계성을 가질수록 의미는 커진다. 정서는 뇌의 화학적 반응을 야기 시키고, 중요성에 대해 뇌에 신호를 보내며 의미를 만든다. 뇌-기반 학습은 학생들이 깊은 내면화된 의미에 이르도록 하는 것이다. 학생들은 주의집중과 의미창출을 동시에 할 수가 없기 때문에 의미를 만드는 시간이 필요하다(Jensen, 2000). 이르기 위해 학습자는 학습한 것에 대해 말하고, 반성하고, 응용할 기회를 가져야 한다.

▶다중 경로(multi path)

학습에 대한 정보가 많을수록 학생들은 개념을 이해하고 기억할 수 있는 더 많은 기회가 주어진다. 뇌는 다중 감각 경로를 통한 정보 전달이 신경 반응의 효율성과 반응시간의 신속성에 있어 효과적이다(권용주 & Lawson, 1999). 뇌는 자료 제공 방법과 새로운 활동을 더할수록 학습의 성취에 대한 더 많은 개연성을 가진다. 뇌는 새로운 것에 민감하므로 상황이 되풀이 되면 망상 조직⁵⁾은 거의 활동하지 않는다. 뇌는 새로운 것에 경계를 하고, 주의하게 되며, 피드백을 통한 경로로 스트레스를 줄이고, 다음 해야할 일에 대한 유용한 정보를 얻는다.

제공되는 경로에 따라 학생들이 자신의 고유한 의미와 이해를 구조화 할 수 있도록 다양한 표현 방법이 제공되어야 한다. 또 학생들에게 공유하고, 토론하며, 반성하는 기회를 제공해야 한다. 학생들은 동료의 표현 양식을 공유하면서 학습을 재인지 할 수 있는 기회를 갖는다. 그러나 종종 교사는 자신에게 친근한 방법으로 가르치는 경향이 있기 때문에 교사와 다르게 학습하고 사고하는 학생들을 제한하기도 한다.

▶뇌-몸(Brian-Body)

뇌는 유기체를 통합하며 학습한다. 인간의 행동과 감정은 몸의 중추신경계, 면역계, 펩티드계에 영향을 받는다. 우리의 몸은 모든 것이 연결되어 있기 때문에 학습은 몸의 물리적인 입장에 의존한다고 할 수 있다. 신경계는 뇌, 척수, 수 만개의 신경세포로 구성되어있다. 펩티드는 정보전이와 관련이 있으며 몸 전체에 피의 흐름을 통해서 이동한다. 몸은 마음으로부터 신호를 받고, 마음은 몸에 정보를 제공한다. 면역시스템은 육체, 정신 건강에 영향을 받고 잠은 주의집중에 영향을 준다. 몸은 움직임을 통해 뇌가 반응하도록 준비시키며, 증가된 혈액의 흐름은 더 많은 산소를 뇌에 생성하게 만든다. 운동은 스트레스를 거절하고 단기기억을 개선시키며, 신경의 의사소통을 도와주고 뇌가 더 창의

5) 망상조직(reticular formation)은 뇌교와 중뇌를 통해 골수로부터 뇌간을 운행하는 핵의 그물과 같은 형태로서 경계 수준 조절, 호흡, 심장 혈관, 잠자는 패턴을 제어하고 신피질의 감각으로부터 정보를 조절한다.

적으로 사고하도록 돕는다. 움직임은 소뇌와 망상조직을 자극한다. 뇌간의 맨 위에 있는 핵⁶⁾들은 감각으로부터 정보를 조절하기 때문에 주의집중에 중요하다. 이런 과정은 균형, 조정, 행동에서 사고로 전환하는 능력에 영향을 준다.

▶ 기억

뇌는 기억을 저장하는 것이 아니라 재창조한다. 뇌에서 기억은 활성화 될 때, 정보와 경험을 다시 상기하도록 하는 흔적이라고 할 수 있다(Politano & Paquin, 2000). 기억은 명시적(explicit) 기억과 함의적(implicit) 기억으로 묘사된다. 명시적 기억은 의미적(semantic) 기억과 일화적(episodic) 기억으로 분류되고, 함축적 기억은 절차적 기억과 반사적 기억으로 분류된다. 의미적 기억이 단어와 기호를 다루는 동안 일화적 기억은 시간과 공간을 다룬다(Marilee, 1998, Politano & Paquin(2000)에서 재인용). 해마⁷⁾는 명시적 기억과 관련이 있는 뇌의 구조이고, 함축적 기억은 소뇌와 관련이 있다. 정서적인 기억은 다른 기억보다 우선 시 되고, 모든 기억 중에 가장 강력하게 남으며, 감정은 기억을 강화한다. 정서적 기억은 편도선과 관련이 되며, 편도선은 감정적 내용을 통해 정보를 여과하고 기억의 목록을 작성하고 정리한다.

▶ 음식물

음식물은 인간이 느끼는 방법과 일을 수행하는 방법에 관계가 있다. 인간이 마시는 물의 양과 먹는 음식의 질 사이에는 강한 상호관계가 있고, 탈수는 학습을 가난하게 한다. 물은 인간의 뇌의 70%를 구성하고 있으며, 혈액의 압력과 스트레스 수위가 올라가기에 갈증을 가지며 소금의 농도가 상승하는 동안 혈액의 물의 농도는 내려간다. 학습자가 탈수가 되면 학습자의 뇌는 화학적인 조화는 물의 부정적으로 바뀐다. 음식물은 뇌의 신경 전달 물질⁸⁾의 분비와 관계가 있고, 그것은 학습자의 행동과 사고에 영향을 준다.

▶ 주기와 리듬

뇌의 주의집중에는 주기를 가지며 에너지와 휴식에 의해 영향을 받는다. 주기가 낮을 때는 주의 집중하는 능력이 거의 없게 된다. 알맞은 휴식동안 편도선은 감정을 처리하고, 해마는 기억을 분류한다. 잠을 박탈당하게 되면 복잡한 것에 대한 회상능력이 손상된다. 신경세포는 끊임없이 신경흥분을 전하고 신경세포를 지치게 하며 효율을 떨어뜨리기에 휴식을 취해야만 신경 흥분이 원활하게 전도된다(서유현, 1997). 화학적인 감정은 학습의 수행, 기억, 학습하는 방법의 변화를 야기 시킨다. 교실 뇌는 생존이나 도전, 휴식의 필요성에 주의한다.

6) 핵에는 편도모양의 핵, 미상핵, 수정체 모양 핵, 미상핵외리, 시상부가 있다.

7) 해마는 작동기억에서 장기기억으로 전이시키며 학습을 통합하고 의미에 있어서 중요하다.

8) 신경 전달 물질(neurotransmitters)은 뇌에서 제작되는 화학물질로, 도파민(dopamine), 노르에피네프린(norepinephrine), 세르토민(serotonin) 3가지가 있다.

▶위협의 제거

많은 뇌 연구에서는 위협이 뇌 세포를 손상시키고 몸의 화학성분을 부정적으로 변화시킨다고 보인다. '위협'은 뇌가 생존의 위협을 느낄 때 인식되며, 도움의 필요나 방어적인 자세의 원인이 된다. '고민'은 통제할 수 없는 스트레스로 인하여 생기고, '스트레스'는 위협이 있을 때 나오는 반응이다. 뇌는 적당한 스트레스로서 도전을 인식한다. 학습자가 통제할 수 있다면 스트레스는 학습에 효과적이다. 반면, 고민과 위협은 학습을 손상시키는데 크게 기여한다. 뇌의 우선 순위는 생존이고 위협의 때에 뇌에서 고등사고기능은 희생된다. 뇌는 위협을 인식할 때, 에피네프린(epinephrine)이 분비되고 몸을 방어 상태로 준비시킨다. 높은 콘디솔 수준은 해마에서 뇌 세포의 죽음을 이끌고, 기억을 감소시킨다. 고민과 위협은 또한 나쁜 주기를 창출하기도 한다. 고민과 위협의 때의 뇌의 혈액 유동과 전기적 활동은 척수와 소뇌로 집중하고 중뇌와 대뇌피질은 감소하는 뇌의 생존모드일 때, 뇌는 환경을 이해하며 관계와 패턴을 인식하기란 거의 불가능하다. 뇌는 과도한 고민과 위협의 때에 문제를 해결할 수 없게 된다. 학생들의 계속된 스트레스는 두정엽과 전두엽에서는 거의 혈액을 받지 않도록 한다.

3. 학습 감각(learning sense)

인간의 뇌는 몸의 감각 기관을 통해 지식이나 정보를 받아들인다. 지식이나 정보가 들어오면 뇌는 그것의 가치여부를 판단한 후 선택적으로 받아들이고, 저장하며, 과거의 지식과 결합하기도 하고, 새로운 결합을 통하여 아이디어를 창출해내기도 하며, 그 정보의 흐름을 계속할 것인지를 결정한 후 다음 세포로 전달하는 역할을 한다(이은이, 2000).

또 인간의 뇌는 익숙한 것에 잘 반응하는데, 모든 신경 세포는 사용하면 할수록 회로가 많아지고 튼튼해진다(서유현, 1997). 학습자의 뇌는 학습을 하는 동안 자신에게 익숙한 방식으로 정보를 받아들이고, 학습한 것에 대한 표현도 자신에게 익숙한 방식으로 한다. 이와 같은 학습에 대해서 학생들이 가지고 있는 감각을 교사와 학생이 이해하고 사용한다면 정보를 인식하거나 처리하는 데서 나타나는 개인 차를 발견할 수 있게 될 것이며, 그것을 교수·학습에 활용할 수도 있을 것이다(Politano & Paquin, 2000).

<표 III-3> 시각적, 청각적, 운동적 학습자의 특징

시각적 학습자	청각적 학습자	운동적 학습자
<ul style="list-style-type: none"> · 시각적 정보를 통하여 가장 잘 학습한다. · 주변에 있는 것들을 자세하게 관찰한다. · 보통 소음이 집중하는 것을 방해하지 않는다. · 본 것을 쉽게 기억한다. · 눈이 마주치는 것을 좋아한다. · 말을 빨리 해버린다. · 학습한 내용을 머리 속으로 그려본다. · 들은 것보다 본 것을 잘 기억하는 경향이 있다. · 맞춤법을 잘 틀리지 않는다. · 읽어주는 것을 듣는 것보다 직접 읽는 것을 더 좋아한다. · 글쓰기를 좋아한다. · 예술 작품 감상을 좋아한다. · 낙서를 잘 좋아한다. · 말로 설명해 주는 것보다 무엇인가를 보여주면서 설명해주는 것을 좋아한다. · 말로 된 전달사항을 잊어버리는 경향이 있다. · 지시사항이나 교재를 말로 된 것보다 쓰여져 있는 것이 더 좋다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 청각적 정보를 통하여 가장 잘 학습한다. · 혼잣말을 잘 한다. · 보통 소음이 집중을 어렵게 한다. · 들은 것을 잘 기억한다. · 말하기를 좋아하고, 토론을 좋아한다. · 억양, 음조, 목소리 크기를 조절하면서 리듬감 있게 말한다. · 남의 말을 잘 흉내낼 수 있다. · 웅변가처럼 말하는 것을 좋아한다. · 종종 마음 속으로 대화한 내용에 대해 다시 생각해 본다. · 글 쓰기보다 말하기를 더 잘한다. · 소리를 내어 글을 읽고, 듣는 것을 좋아한다. · 음악 듣는 것을 좋아한다. · 말로 자신의 생각 표현하기를 좋아한다. · 만화를 보는 것보다는 코미디 듣는 것을 좋아한다. · 어떤 내용을 글로 쓰기보다는 말로 하는 것을 좋아한다. 	<ul style="list-style-type: none"> · 신체 움직임을 통해 가장 잘 학습한다. · 움직이는 것을 좋아하고, 활동적이다. · 몸으로 직접 실행해 본 것을 보다 쉽게 기억한다. · 종종 다른 사람의 주의를 끌기 위해 그들의 어깨를 치는 것과 같은 신체 접촉을 한다. · 말을 천천히 한다. · 건거나 움직이면서 기억을 한다. · 책을 읽을 때 손가락으로 짚어 가면서 읽는다. · 과제를 수행할 때 읽거나 듣기 보다는 직접 행해보는 것을 더 좋아한다. · 글씨체가 엉망이다. · 게임과 연극을 좋아한다. · 의태어를 많이 사용한다. · 대화 할 때 제스처를 사용한다. · 조용하게 앉아있는 것은 힘이 든다. · 자신이 알고있는 것을 표현할 때 신체를 사용하는 것을 더 좋아한다.

Politano & Paquin(2000)은 학습자의 학습감각이 시각적 감각, 청각적 감각, 운동적 감각으로 구성 된다고 하였다. 시각적 감각은 아이디어를 그림 형식으로 받아들이거나 나타내는데 익숙한 감각을 말한다. 청각적 감각은 들으면서 정보 받아들이기를 선호하는 감각으로, 자신의 생각이나 느낌, 문제 해결 전략과 개념들을 말로 표현하기를 좋아한다. 이런 학습자에게는 교실 안에서 읽거나 말하기를 시키는 것이 학습 전략에 효과적이다. Skemp(1987)는 시각적 이미지를 사용하는 것이 보다 개인적이고 아이디어를 간략하게 전달할 수 있고, 청각적 이미지를 사용하는 것은 의사소통에 보다 용이하고 집단적인 성격을 가진다고 하였다. 운동적 감각에 익숙한 학습자는 활동을 하면서 정보를 받아들일 때 기억이 오래 가며, 움직이는 것을 좋아한다.

Politano & Paquin(2000, p.86)은 학생들의 학습 감각을 검사할 수 있는 검사지를 제시하고 있다. 이 검사지의 각 문항은 <표 II-3>과 같이 시각적, 청각적, 운동적 학습자의 특징에 대한 것이다.

앞에서 살펴보았듯이 학습은 뇌의 대뇌 피질 부분에서 일어난다. 뇌의 정보 전달 과정을 학습 감각과 연결시켜 생각할 수 있다. 시냅스의 연결 고리가 많을수록, 연결 강도가 강할수록 뇌의 정보 처

리는 용이해지고 다양해진다. 이런 관점에서 학습자에게 보다 익숙한 감각을 기초로 다양한 학습 경로를 제공해 줄 때 시냅스의 연결 고리는 더 풍부해지고, 연결 강도를 보다 강해지며 보다 효율적인 학습이 이루어진다고 볼 수 있다.

III. 수학 교실에서 학생들의 학습 감각 분석

다음에서는 학생들의 학습 감각을 분석하기 위해 실시한 조사연구를 제시한다. 초등학교, 중학교, 고등학교 학생들을 대상으로 각각 학습 감각을 조사하고, 하위 영역(시각적 감각, 청각적 감각, 운동적 감각) 간에 차이와 학생들의 학습 감각의 영역별 분포를 알아보았다.

1. 연구 대상

본 연구에서는 학생들의 학습 감각을 분석하기 위해서 청주시에 소재하는 고등학교 1학년 한 학급과 중학교 2학년 한 학급, 서울에 소재하는 초등학교 4학년 한 학급을 대상으로 학습 감각 조사를 실시하였다. 연구대상으로 지정된 학년에서는 모두 현행 제 7차 교육과정이 적용되고 있었다. 각 학교급별 학생 수는 <표 III-1>과 같다.

<표 III-1> 학교급별 학생 수

학 교	초등학교	중학교	고등학교	합계
학생 수	34 명	38 명	30 명	102 명

2. 검사 도구

학생들의 학습 감각을 조사하는 검사 도구로는 Politano & Paquin(2000, p.84)에 소개된 학습 감각 검사지를 사용하였다. Politano & Paquin에 소개된 검사지는 모두 49문항으로 구성되어 있었으나 본 연구에서는 우리나라 실정에 맞지 않거나 부적절하다고 생각되는 4문항을 제외하고 45문항을 번안하여 사용하였다(<표 II-3> 참고). 앞의 표에서는 각 영역별로 문항을 구분해 놓았지만 본 검사에서는 각 영역별로 문항을 고르게 섞어서 사용하였다. 또한 Politano & Paquin에 소개된 검사지에서는 검사지의 해당 항목에 표시를 하는 체크리스트 형식으로 구성되어 있으나 본 연구에서는 학생들의 반응을 보다 자세하게 분석하기 위해 '매우 그렇다', '대체로 그렇다', '보통이다', '대체로 아니다', '전혀 아니다'의 다섯 개 척도를 주었다. 검사 문항은 영역별로 시각적 감각 16문항, 청각적 감각 15문항, 운동적 감각 14문항이고, 모두 45문항으로 구성하였다.

3. 자료 수집 및 분석

번안한 학습 감각 검사지를 각 학교급별 연구 대상 학급에 투입하여 학생들의 학습 감각에 대한 자료를 수집하였다.

자료 분석에 있어서 학생들의 학습 감각을 5단계 평정법을 사용하여 ‘매우 그렇다’는 5점, ‘대체로 그렇다’는 4점, ‘보통이다’는 3점, ‘대체로 아니다’는 2점, ‘전혀 아니다’는 1점을 부여하여 각 영역별로 학생들의 점수를 알아보았다. 각 학교급별 학생들의 학습 감각에서의 차이를 알아보기 위해서 각 학생이 획득한 영역별 점수를 백분율 점수로 바꾼 후 SPSSwin 9.0을 사용하여 하위 영역간 평균차 검정(t-검정)을 실시하였다. 또 학생의 영역별 백분율 점수가 60점 이상인 경우 그 영역의 학습 감각을 가지고 있는 것으로 판단하였다. 예를 들어 영역별 백분율 점수가 시각적 감각 70.67, 청각적 감각 65.75, 운동적 감각 56인 학생 A의 경우 시각적 감각과 청각적 감각을 가지고 있는 것으로 판단하였다. 그것을 바탕으로 개별 학생들의 학습 감각 분포를 학교급별로 알아보았다.

4. 결과 분석

1) 학교급별 학습 감각의 영역 간 차이 분석

다음은 학교급별 학생들의 학습 감각에서의 차이를 알아보기 위해서 t-검정을 실시한 결과이다. 먼저 <표 III-3>은 초등학생들의 학습 감각을 알아보기 위해서 하위 영역간 t-검정한 결과를 나타낸 것이다. 표에서 알 수 있듯 ‘시각적-청각적’, ‘청각적-운동적’ 사이에는 유의미한 차이를 보이고 있지 않지만 ‘시각적-운동적’ 사이에는 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 유의미한 차이를 보이고 있음을 알 수 있다. 이것은 초등학교의 경우 시각적 학습자로 보이는 학생이 운동적 학습자로 보이는 학생보다 유의미하게 많음을 나타낸다.

<표 III-3> 초등학생들의 학습 감각 하위 영역간 t-검정 결과

	시각적 학습자	청각적 학습자	운동적 학습자
시각적 학습자		.059 (1.952)	.001** (3.534)
청각적 학습자			.116 (1.616)
운동적 학습자			

* $p<0.05$, ** $p<0.01$, 괄호 안의 수는 t-값임.

<표 III-4>는 중학생들의 학습 감각을 분석하기 위해 하위 영역간 t-검정을 실시한 결과이다. 표에서 알 수 있듯 ‘청각적-운동적’ 범주를 제외한 ‘시각적-청각적’, ‘시각적-운동적’ 사이에는 유의미한 차이를 보이고 있는데, ‘시각적-청각적’의 경우 유의수준 $\alpha=0.01$ 에서 유의미한 차이를 보이고 있으며, ‘시각적-운동적’의 경우 유의수준 $\alpha=0.05$ 에서 유의미한 차이를 보이고 있다. 이것을 중학생의 경우 시각적 학습자로 보이는 학생이 청각적 학습자, 운동적 학습자로 보이는 학생보다 유의미하게 많음을 나타낸다.

<표 III-4> 중학생들의 학습 감각 하위 영역간 t-검정 결과

	시각적 학습자	청각적 학습자	운동적 학습자
시각적 학습자		.006** (2.930)	.021* (2.412)
청각적 학습자			.909 (-0.115)
운동적 학습자			

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, 괄호 안의 수는 t-값임.

<표 III-5>는 고등학생들의 학습 감각을 분석하기 위해 하위 영역간 t-검정을 실시한 결과이다. 표에서 알 수 있듯 고등학생들의 경우 하위 영역의 어느 범주에서도 유의미한 차이를 보이고 있지 않다.

<표 III-5> 고등학생들의 학습 감각 하위 영역간 t-검정 결과

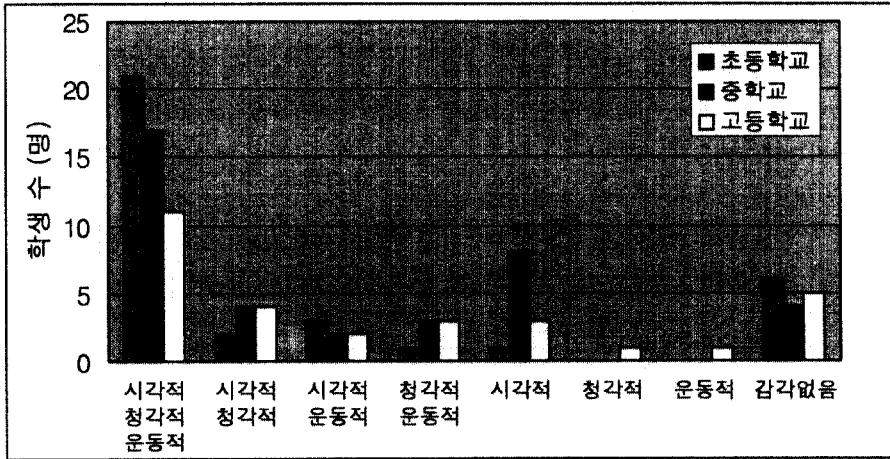
	시각적 학습자	청각적 학습자	운동적 학습자
시각적 학습자		.252 (1.167)	.295 (1.066)
청각적 학습자			.894 (-0.134)
운동적 학습자			

※ 괄호 안의 수는 t-값임.

2) 학교급별 학습 감각의 분포 분석

<표 III-6>은 학교급별 학생들의 학습 감각 분포를 나타낸 것이다. 분포를 보면, 초등학교, 중학교, 고등학교 모두 세 가지 감각을 모두 가지고 있는 학생 수 비율이 가장 높게 나타났고, 다음으로 두 가지 감각을 가지고 있는 학생 수 비율이며, 가장 낮은 비율을 보인 것이 한 가지 감각을 가지고 있는 학생들이다. 또 세 가지 감각을 모두 가지고 있는 학생 수 비율이 초등학교에서 가장 높고 학년이 올라갈수록 줄어들어 고등학교에서 가장 낮은 비율을 보이고 있다.

<표 III-6> 학교급별 학생들의 학습 감각의 분포



IV. 수학 교실에 적용할 수 있는 학습 감각을 고려한 활동의 예

수학에서 아이디어를 인식하는 것은 기호의 사용과 밀접한 관계가 있다. Skemp(1987)는 수학에 사용되는 두 가지 기호로 시각적 기호와 언어적 기호를 들고 있다. 이들 기호는 수학에서 함께 쓰이기도 하고 따로 쓰이기도 한다. 대부분의 학습자는 어느 한쪽을 선호하지만 두 가지를 모두 선호하는 학습자도 있다.

Hiebert et al.(1997)은 수학 학습에서 학생들에게 학습 기회를 제공하고, 의미를 구조화하는데 사용되는 도구로 구두 언어, 활동자료, 지필 기호를 들고 있다. 학생들은 익숙한 도구를 사용할 수 있을 때 이전의 경험과 새로운 활동을 보다 쉽게 연결시킬 수 있으며, 이런 연결은 학습자가 학습 감각을 형성하는데도 중요하다.

학생들이 자신의 학습 감각을 이해하고 있을 때 이것은 학습자가 생각하거나 느낀 것, 이해한 것을 표현하는 도구로 사용될 수 있다. 시각적 전략은 학습자의 주요 아이디어를 시각적인 표상(예를 들어, 그림, 차트, 그래프, 글)의 방식을 사용해서 나타내는 것을 말하고, 청각적 전략은 읽은 것이나 들은 것에 대해 말로서 나타내 보이는 것을 말하며, 운동적 전략은 활동을 통해서 기억을 돕는 것을 말한다. 다음에서는 학생들이 자신의 학습 감각을 이용할 수 있게 하는 활동을 소개한다. 이 활동들은 대부분 Politano & Paquin(2000)을 참고한 것으로, 수학 교실에 적용 가능하도록 재구성하였다.

활동 1 : 학습 감각(VAK)

■ 목표

- 교사와 학생들이 학습감각을 사용하고 이해하는 것을 돕기 위해서

·인식, 조작, 정보를 표현하는데 개인적인 차이와 선호도를 발견하도록 돕기 위해서

■ 방법

- 시각적, 청각적, 운동 감각적이란 용어를 소개한다.
- 각각의 학습감각의 특성에 대해서 이야기한다.
- 수학수업에서의 시각적, 청각적, 운동 감각적 특성은 무엇이 있으며, 강도는 얼마나 되는지 학생들과 이야기한다.
- 학생들과 결과물 중에서 범주를 정해 분류한다.
- 결과물을 바탕으로 학생들에게 자신이 두드러진 학습감각을 찾아보도록 도전한다.
- 이 각각의 학습감각을 자유자재로 사용할 때 자신에게 적합한 것을 발견하게 될 것이라고 말한다.

활동 2 : 시각적 대본

■ 목적

·학생들의 기억과 이해를 돕는 시각적 도구를 제공하기 위해서

■ 방법

- 학생들이 자기자신만의 대본을 만들면 기억하는데 효과가 있다고 말해준다.
- 두세 명이 팀을 이룬다.(모둠형 배열이 아니면 짝과 팀을 이루는 것이 바람직하다)
- 학생들에게 수업시간의 주요한 것을 다시 기억하도록 하는 대본을 만들도록 한다. (주요 내용은 수학적 개념, 문제 푸는 기술, 문제를 해결하기 위한 주요 아이디어일 수도 있다.) 그림이나 글을 사용한다.
- 시간을 10분 이내로 제한 두고 너무 자세히 하지 않도록 한다. 교사는 시각적 단서로서 학생들의 결과물들을 사용할 수 있고, 학생들은 방과후 자신만의 대본을 가지고 가족들과 이야기하며 복습의 기회를 가질 수 있다.

활동 3 : 주고받기식 대화

■ 목적

·학생들의 기억과 이해력을 돕기 위한 청각적 도구를 제공하기 위해서

■ 방법

- 수업시간에 이해한 내용을 옆 짝과 눈을 마주보고 이야기하게 한다.
- 주제는 수업 시간의 주요한 점에 대해서 대화를 시작하게 한다.
- 교사는 이야기의 순서를 정해주고 학생들이 그 순서대로 서로 주고받으며 대화하게 한다. 학생들은 주요 아이디어에 대해 순서를 상기하면서 서로 주고받으며 대화하기 때문에 반성과 기억에 도움을 줄 수 있다. 또한 상대방이 오류를 범할 때, 도움을 주거나 받을 수 있고, 표현능력을 기를

수 있다.

활동 4 : 매듭 묶기

■ 목적

- 학생들의 기억과 이해를 돕기 위한 운동감각적 도구를 제공하기 위해서

■ 방법

- 수업이 진행되는 동안 기억해야하는 주요한 내용에 대해서 말한다.
- 60cm의 정도의 끈을 개인별로 준비한다.
- 학생들은 어떤 개념의 설명이나 수업 시간에 중요한 부분을 스스로 판단하고, 주요 부분이라고 판단된 부분일 때 끈에 매듭을 만든다.
- 교사는 학생들에게 주요한 점을 다시 말하도록 시키거나 학생들은 3~4명 짝을 이루어 운동학적 단서로서 줄에 묶여진 매듭을 풀면서 주요한 부분을 말하면서 기억을 상기시킬 수 있다. 이것은 학생이 알고 있는 것을 반성하도록 돕는다.

V. 맺으며

인간의 활동 중 어느 것도 뇌를 거치지 않는 것이 없다. 학습에 있어서도 마찬가지이다. 뇌 기반 학습은 이런 사실을 반영하는 하나의 학습 이론이다. 따라서 수학교육에서도 인간의 뇌 기능과 학생들의 학습감각을 고려해서 이를 교수-학습에 반영하는 것도 의의가 있을 것으로 보인다.

본 연구는 세 부분으로 나뉜다. 첫 번째 부분에서는 뇌 기반 학습의 의의를 고찰하였고, 두 번째 부분에서는 초등학교, 중학교, 고등학교 학생들을 대상으로 학습 감각을 조사하였으며, 세 번째 부분에서는 수학 교실에서 적용할 수 있는, 학습 감각을 고려한 활동의 예를 제시하였다. 연구 결과를 요약하면 다음과 같다.

첫째, 지금까지 연구된 뇌에 관한 일반적인 개념들은 학습에 있어 뇌는 가장 중요한 부분임을 다시 한번 확인하고 있다. 뇌의 구조와 기능, 뇌 안의 세포인 뉴런들의 의사소통 방식 등 뇌에 관한 연구는 학습을 바라보는 새로운 관점으로 뇌-기반 학습을 설명하고, 이에 유일성, 사정활동, 정서, 의미, 다중 경로, 뇌-몸, 기억, 음식물, 주기와 리듬, 위협의 제거라는 10가지 요소를 제시했다.

뇌-기반 요소 중 유일성에서는 학습자에게는 나름대로의 학습 감각(시각적, 청각적, 운동적)을 가지고 있음을 말한다. 학습자는 정보를 받아들이고 이해에 대한 표현에 있어 친근한 학습 감각을 가지고 있어 이를 도구로 해서 학습하는데 익숙하다.

둘째, 초등학교, 중학교, 고등학교 학생들의 학습 감각을 조사한 결과 초등학교 학생들의 경우 시각적 감각이 운동적 감각보다 뛰어났고, 중학교 학생들의 경우 시각적 감각이 청각적 감각과 운동적 감각보다 뛰어났으며, 고등학생들의 경우 세 가지 학습 감각 사이에 차이가 없는 것으로 나타났다.

또 학생들의 학습 감각의 분포를 살펴본 결과 세 가지 감각에 모두 익숙한 학생들이 가장 많은 비율을 차지했고, 한 가지 감각에만 익숙한 학생이 가장 적은 비율을 차지했다.

수학교육에 뇌 기반 학습의 개념이 소개된 것은 최근의 일이다. 그렇다고 해서 뇌 기반 학습이 기존의 이론과는 상반되는 새로운 것을 제시하는 것이 아니다. 인간의 뇌 기능을 학습의 측면에서도 고려하여 학생들에게 뇌 기능을 최상으로 활성화시킬 수 있는 학습을 제공하는 것을 말한다. 수학교육의 측면에서도 인간의 뇌 기능과 학습 감각을 고려함으로써 수학 교실에 적용할 수 있는 보다 많은 뇌 기반 활동들을 개발되어야 할 것으로 보인다.

참 고 문 헌

- 강호감·하정원 (1994). 인간의 뇌의 발달과 인지기능의 발달에 관하여, 인천교육대학교 논문집, 25, pp.291-310.
- 교육부 (1999). 중학교 교육 과정 해설(III) - 수학, 과학, 기술·가정 -, 서울: 대한교과서주식회사
- 권용주 & Dawson, A. E. (1999). 과학 교수·학습 과정에서 실험활동 중심 수업의 효율성에 대한 신경학적 설명, 한국과학교육학회지, 19(1), pp.29-40.
- 김재영 (2000). 뇌기능 발달에 기초한 초등과학 교육과정 개발에 관한 연구, 서울대학교 박사학위논문.
- 배진호 (2001). 뇌친화적요소를 고려한 과학교육, 뇌 기능에 기초한 생물교육. pp.27-32
- 손승아·안경숙 (1997). 창의성 증진을 위한 뇌기능의 향상방안, 서울여자대학교 대학원 논문집, 5, pp.301-315.
- 손유정 (2000). 창의성에 관한 뇌과학적 연구 및 창의성 교육의 방향, 서울교육대학교 석사학위논문.
- 이은이 (2000). 뇌과학에 기초한 암기학습과 이해학습의 비교 분석, 서울교육대학교 석사학위논문.
- 이효순 (2001). 초등학교 아동이 인식하는 뇌친화적 요소와 과학태도 및 과학학습기억의 관계, 부산교육대학교 석사학위논문.
- 조주연 (1994). Implications of cognitive science research on Brain plasticity for the educational practice. 서울교육대학교 논문집 27(1), pp.367-382.
- 하루야마 시게오 (1996). 腦內革命 2. 박해순(역) (2000). 서울: 사람과 책
- Hiebert, J.; Carpenter, T.P.; Fennema, E.; Fuson, K.; Wearne, D.; Murray, H.; Olivier, A. & Human, P. (1997). *Making sense: Teaching and learning mathematics with understanding*. Portsmouth, NH: Heinemann
- Jensen, E. (2000). *Brain-based learning*. San Diago, CA: The Brain Store Publishing.
- Politano, C. & Paquin, J. (2000). *Brain-based learning with class*. Canada: Canadian Cataloguing in Publication Data.

- Raebeck, B. (1999). Structuring middle schools for brain-compatible learning, *Principle*, 79(2), pp.48-49.
- Skemp, R. (1987). *The Psychology of Learning mathematics*. Lawrence Erlbaum Associates, Inc.
- 황우형(역) (2000). 수학학습심리학. 서울: 사이언스북스.