

신경과학, 교육심리, 인지심리 연구를 통해 본 뇌기반 교육의 타당성

신종호(申宗昊)* · 조영환(趙穎桓)** · 이규민(李揆敏)*** · 이현주(李炫周)***

논문 요약

본 연구의 목적은 최근 활발히 제안되고 있는 뇌기반 교육 방법들의 타당성을 비판적으로 평가하려는 데 있다. 이를 위해 본 연구에서는 먼저 문헌고찰을 통하여 현재 제안되고 있는 뇌기반 교육원리와 방법들을 정리하였으며, 신경과학적 근거 여부, 기존 교육심리학과 인지심리학 연구결과들과의 일치성 여부, 과도한 일반화의 오류 여부를 주요 준거로 삼아서 뇌기반 교육원리와 방법들을 비판적으로 평가하였다. 뇌기반 교육에 관한 제안들은 크게 사교력 개발과 학습의 두 영역으로 구분되었다. 그러나 상당수의 제안들이 신경과학 연구결과에 근거를 두지 않거나 기존의 교육심리학이나 인지심리학의 연구결과들과 일치하지 않았으며, 신경과학 연구의 부분적인 결과들을 과도하게 추론한 것으로 평가되었다. 신경과학이 교육방법 개발에 기여할 수 있는 잠재력을 충분히 인정하면서도 앞으로는 신경과학 연구들을 총체적인 관점에서 접근하고, 기존 교육학 분야의 연구결과들과의 일치성을 고려하여 신중하게 뇌기반 교육방법들을 제안하는 것이 필요하다.

■ 주요어 : 뇌기반 교육, 신경과학, 두뇌

* 서울대 교육학과, 『2단계 BK21 역량기반 교육혁신 연구 사업단』 참여교수임.

** University of Missouri 박사과정

*** 서울대 교육학과, 『2단계 BK21 역량기반 교육혁신 연구 사업단』 참여 대학원생임.

I. 서론

최근 인간의 학습을 생리적 차원에서 설명하려는 시도로서 두뇌의 구조와 기능에 대한 연구들이 활발하게 이루어지고 있다. 20세기 후반의 급속한 과학기술의 발달은 PET, fMRI 등과 같은 방법을 통해 인간의 두뇌 활동 관찰을 가능하게 하였으며, 이를 기반으로 인간의 사고와 정서에 대한 신경과학(cognitive neuroscience) 연구가 활발히 진행되고 있다. 신경과학 연구를 통해서 인간의 사고능력발달, 사고과정, 사고와 정서의 상호작용 등에 관한 사실들이 밝혀지면서, 이들 연구결과들을 교육 분야에 활용하는 방안에 관한 논의가 또한 활발히 이루어지고 있다. 이와 관련해서 최근에 신경과학 연구에 기반하여 교육현상을 보다 과학적인 방식으로 설명할 수 있다는 낙관적인 기대가 형성되고 있으며, 전통적인 학교, 교실, 교사, 교육과정, 지능과 같은 개념들을 신경과학의 연구결과들에 비추어서 재평가해야 한다는 주장이 제기되고 있다(OECD, 2002).

1990년대 후반부터 미국에서는 두뇌 연구결과에 기반해서 학습현상을 설명하려는 학습과학(science of learning)과 그 결과를 구체적으로 응용하려는 노력들이 적극적으로 추진되고 있다(이정모, 2003). 이러한 신경과학 연구결과를 교육에 접목시키려는 구체적인 노력들은 뇌기반 교육 또는 학습(Brain-based education or learning)이라는 명칭으로 불리고 있으며, 미국에서는 Caine과 Caine(1991), Jensen(1996; 1998) 등의 학자들이 중심이 되어 두뇌기반 학습 원리와 이를 실제 교육장면에 적용한 긍정적인 결과들을 보고하고 있다(김유미, 2002). 국내에서도 두뇌의 학습기제에 부합하는 교육을 실시해야 한다는 주장과 함께 다양한 뇌기반 교육 원리들이 제안되고 있다. 예를 들면, 김유미(2002)는 기존의 신경과학 연구들을 종합하여 7개의 뇌기반 교육 원리를 제시하고 있으며, 조주연(1994; 1996; 1998; 2001a; 2001b)은 주의집중, 학습과 기억, 감정, 창의성 계발을 위해 신경과학 연구결과들을 교수-학습활동에 적용하려고 노력하고 있다. 한편, 이 같은 학술적 접근과는 달리 상업적인 측면에서 뇌호흡 프로그램이 전국적으로 확산되고, 우뇌 학습법과 같은 두뇌 계발 방법에 관한 다양한 서적들이 출판되고 있다.

그러나 최근의 뇌기반 교육에 관한 높은 관심과는 별도로, 뇌기반 교육이라는 이름으로 제안된 다양한 교수-학습 방법들에 대하여 신경과학, 교육심리학, 그리고 인지심리학의 연구결과들에 기초한 이론적 타당성과 교육현장에 적용 가능성에 대한 건전한 평가가 필요하다. Byrnes(2001)는 새로운 과학 기술에 의해서 신경과학적 연구방법들이 발달하고는 있으나, 뇌장애 연구, 동물 연구, 뇌 영상 연구 등이 나름대로의 제한점들을 가지고 있기 때문에 하나의 연구방법에서 나온 결과만을 가지고 교수-학습활동에 그대로 이를 적용해서는 안 된다고

경고한다. 그리고 신경과학에 관한 그 동안의 많은 연구들이 뇌 현상과 인간의 사고, 정서 간의 상호 관련성을 주로 보여주었지, 정확한 대응관계나 인과관계에 대해서는 아직도 분명한 답을 제시하고 있지 않은 상황이라는 점을 명심할 필요가 있다(도경수, 박창호, 김성일, 2002). 예컨대, 복잡한 계산 활동 중 전두엽 부위가 활성화되었다고 해서 전두엽을 개발시키기 위해서 복잡한 계산을 연습해야 한다고 주장할 수는 없다. 복잡한 계산을 할 때 전두엽 부위가 활성화되는 메카니즘을 과학적으로 설명할 수 없을 뿐만 아니라, 뇌가 활성화된다는 것의 의미에 관한 공통된 해석이 없는 상황에서 뇌의 특정 부위의 발달을 위해 어떤 인지활동을 연습해야 한다는 주장은 타당하지 않다. 그러므로 최근 유행처럼 번지고 있는 뇌기반 교육의 타당성을 면밀히 검토하고, 교육현장에 이를 실제 타당하게 적용할 수 있는지를 판단하기 위한 전문가들의 비판적 평가 작업이 필요하다.

본 논문에서는 최근 활발히 제안되고 있는 뇌기반 교육 방법들의 타당성을 신경과학, 교육심리학, 인지심리학에서 이루어진 인간의 사고와 학습에 관한 연구결과를 기반으로 비판적으로 평가해 보고자 한다. 이를 위해 일부 학술지나 상업적인 목적의 서적들에서 주장하고 있는 뇌기반 교육 원리와 방법들을 살펴보고, 이들 뇌기반 교육원리와 방법들에 대하여 비판적으로 검토하고자 한다.

비판적 평가를 위해 본 논문에서는 뇌기반 교육원리와 방법들의 실제 신경과학적 근거 여부, 기존 교육심리학과 인지심리학에서의 연구결과들과의 일치성 여부, 그리고 뇌기반 교육원리와 방법을 제안하는 과정에서 과도한 일반화의 오류를 범하고 있는지를 평가의 주요 준거로 활용하였다. 본 논문에서 이들 뇌기반 교육원리와 방법에 대한 검토와 비판적 평가는 크게 사고력 개발과 학습의 두 영역으로 나누어 이루어졌다.

II. 뇌기반 교육 방법에 대한 분석적 고찰

두뇌의 구조와 기능에 대한 신경과학 연구와 함께 이들 연구결과를 응용한 뇌기반 교육방법에 대한 논의도 활발히 이루어지고 있다. 두뇌에 대한 연구결과를 교육이나 일상생활에 적용하려는 제안들이 최근 학술지 형식부터 상업적인 목적을 가진 서적의 형식까지 다양한 방식으로 출판되고 있다. 본 논문에서는 학술지뿐만 아니라 상업적으로 출판된 서적들이 제안하고 있는 뇌기반 교육 방법을 사고력 개발과 학습활동의 두 영역으로 나누어 분석적으로 제시하고자 한다.

1. 사고력 계발과 관련된 뇌기반 교육 방법들

사고력 계발과 관련된 뇌기반 교육의 제안들은 크게 세 가지로 나누어 볼 수 있다. (1)뇌도 많이 활용할수록 단련된다는 '뇌단련' 제안, (2)다양하고 풍부한 경험이 뇌 발달의 매우 중요한 요소라는 '풍요로운 환경제공' 제안, 마지막으로 (3)좌반구 중심의 학습을 벗어나 우반구 중심 학습을 강조하는 '우뇌 계발 학습법' 제안이 그것이다. 이들 제안 방법 각각을 구체적으로 살펴보면 다음과 같다.

가. 뇌단련

뇌단련은 운동을 열심히 하면 근육이 발달하듯이 뇌도 많이 활용할수록 단련된다는 가정에 근거하고 있다. 이러한 뇌단련 제안들은 단순 계산문제의 연습을 통한 전두연합령 단련 방법, 좌뇌, 우뇌, 간뇌를 총칭하는 전뇌(全腦) 계발 방법, 오감연마를 통한 뇌단련 방법, 움직임 통한 뇌단련 방법으로 구분할 수 있다.

먼저, 단순한 계산문제를 꾸준히 풀면 뇌의 전두연합령이 단련된다는 주장이 제기되고 있다(이규원 역, 2001). 전두연합령은 전두엽의 전단부에 위치하며 사고(思考), 창조(創造), 의도(意圖), 정조(情操) 등의 고차적인 사고기능이 이루어지는 곳이다. 전두연합령 단련 제안들은 단순한 계산을 통해 전두연합령을 단련시킬 수 있고, 이를 통해 궁극적으로 고차적인 정신기능의 활성화를 가져올 수 있다고 주장한다. 그 근거로서 컴퓨터 게임보다 간단한 계산을 할 때 좌우 양쪽 뇌에서 전두연합령과 그 관련 부분이 보다 더 활성화된다는 연구결과를 제시하고 있다. 따라서 어려운 공부를 시작하기 전에 간단한 계산을 1, 2분 동안 먼저 하면 전두연합령과 뇌의 다양한 부분이 활발하게 움직이므로 공부가 조금 쉬워질 수 있다고 제안한다.

둘째, 전뇌(全腦)는 좌뇌, 우뇌, 간뇌를 지칭하는 것으로, 전뇌 계발을 통해 뇌가 단련되고, 이를 통해 사고력이 신장될 수 있다는 제안이 있다(김용진, 1999). 전뇌 계발을 통해 뇌내 호르몬의 유기적인 생성으로 신진대사가 원활히 이루어지며, 심신의 안정상태인 알파파 상태가 되어 베타 엔돌핀이 다량 생성된다고 본다. 전뇌 중 좌뇌는 수학적, 언어표현력, 논리력, 분석력, 비판력과 연관이 있고, 우뇌는 공간지각력, 직관력, 영상력과 관계가 있으며, 간뇌는 초감각능력(extra sensory perception, 이하 ESP), 예지력, 영적 능력과 관련 있다고 본다. 더 나아가 이러한 간뇌 계발을 통한 초고속 정독, 순간기억, 뇌 전체를 이용한 초고속 전뇌학습이 이루어질 수 있다고 제안한다.

셋째, 오감연마를 통해 뇌가 단련된다는 제안이 있다. 미국에서 행해진 한 실험에 의하면 실험 참여자를 약간 어두운 방 안에서 청각 및 시각의 자극과 몸의 움직임을 최소한으로 줄

인 상태에서 3일간 지내게 했다고 한다. 그 결과 뇌는 휴면 상태가 되어 이후 제시된 과제 활동을 제대로 수행하지 못했고, 판단력의 현저한 저하로 '3+5'와 같은 간단한 계산도 할 수 없었으며, 옳은 반응에 대하여서도 부정적인 피드백을 주면 곧 답을 바꾸는 불안정한 심리 상태를 나타내었다고 한다(황정희 역, 1992). 이처럼 오감이 제대로 작용하지 못하면 뇌 활동이 저하된다고 보며, 이를 근거로 오감연마를 통한 뇌의 활성화가 필요하다고 주장한다.

마지막으로, 두뇌 계발을 위한 신체 움직임의 역할에 대한 제안은 움직임이 전정기관을 자극하여 주의집중력을 향상시킬 수 있다는 것과 움직임이 신경세포망 생성을 도와 인지능의 발달을 가져온다는 주장으로 구분할 수 있다. 먼저, 움직임이 전정기관을 자극하여 주의력을 향상시킬 수 있다는 입장에 의하면, 전정기관은 소뇌의 통제를 받으며 망상활성화 체계를 활성화시키는데, 망상활성화체계는 주의집중체계에서 중요한 역할을 하는 것으로 파악된다(Hannaford, 1995). 이러한 관련성을 바탕으로 그네타기, 구르기, 뛰기와 같은 움직임들이 전정기관을 자극하여 주의집중 및 이완을 증가시킬 수 있다고 주장한다(Clarke, 1980).

또한 움직임이 신경세포망을 생성하고, 신경세포망이 증가할수록 두뇌에서 이루어지는 지적 사고과정은 더욱 고도화된다는 견해가 있다(Hannaford, 1995; Pollatscheck & Hagen, 1996). 움직임은 기저핵, 소뇌, 뇌량 등 두뇌의 모든 주요 부위를 강하게 하고 뉴런의 성장과 뉴런과 시냅스의 형성을 촉진하는 BDNF(Brain-Derived Neurotrophic Factor)를 분비한다고 제안된다(Kinoshita, 1977). 이렇게 분비되는 물질은 뉴런이 서로 의사소통하는 능력을 향상 시킴으로서 인지기능을 증진시킬 수 있다는 것이 이를 주장하는 사람들의 기본적 생각이다.

이와 관련 Pollatscheck와 Hagen(1996)은 매일 체육교육을 받은 아동들이 그렇지 않은 아동들보다 동작, 학업수행, 학교에 대한 태도 점수가 높았다고 보고하고 있으며, Hannaford(1995)는 50대와 60대 성인들이 4개월간의 규칙적이고 가벼운 유산소 운동을 한 결과, 지능검사 점수가 10% 정도 증가했다고 보고하였다. 또한, Eric(1994)도 운동과 지능의 관련성을 연구한 13편의 논문을 분석한 결과, 움직임이 두뇌의 성장을 촉진시킬 뿐 아니라 퇴화를 예방해 준다고 주장하였다.

또한 무용에서의 스텝, 공 던지기 등과 같이 계열적으로 이루어지는 동작은 기저핵이나 소뇌 같은 피질 아래 부분에 의해 영향을 받지만, 새로운 동작을 할 때는 전전두피질과 전두엽의 뒤쪽 2/3, 특히 후측 전두엽이 관여하게 된다고 한다. 이 부위는 문제해결이나 계획을 할 때, 새로운 것을 학습하고 행하기 위해 계열화할 때 이용되는 부위이기도 하다(Calvin, 1996). 이와 같은 연구결과를 바탕으로 새로운 동작을 통해 문제해결과 같은 능력이 향상될 수 있다는 주장도 있다.

나. 풍요로운 환경제공

두뇌가 경험에 따라 물리적으로 발달하고 변화될 수 있다는 사실이 확고해지면서 풍요로운 환경의 중요성이 강조되고 있다. 신경과학자들은 주의집중 처리와 관련된 중뇌부위가 풍요로운 환경에서 5-6% 더 성장함을 발견하였고(Fuchs, Montemayor, & Greenough, 1990), Diamond와 Hopson(1988)은 두뇌의 놀라운 가소성을 지적하며, "환경을 풍요롭게 할 때, 두뇌는 더 두툼한 피질, 더 많은 수상돌기 가지, 더 많은 축색돌기 종말과 더 큰 세포체를 갖게 된다."고 제안하였다. 풍요로운 환경제공과 관련된 구체적 제안으로서 본 논문에서는 새로운 경험의 제공과 음악을 통한 두뇌계발에 대해 살펴보고자 한다.

먼저, 새로운 경험을 통해 시냅스 연결망을 증가시켜 두뇌 계발을 촉진할 수 있다는 주장이 제기되고 있다(Scheibel, 1994). 이 입장을 지지하는 사람들은 여행을 통해 새로운 자극과 새로운 사람을 경험하는 것이 뇌의 기억력을 높여주며, 제한된 문화에서의 한정된 경험으로 인해 잃어버릴 수 있는 시냅스들을 살리는 데 도움이 될 수 있다고 한다(김대식, 2003). 즉, 새로운 경험을 통해 사용하지 않았던 신경계를 활성화시켜 두뇌 계발을 촉진시킬 수 있다는 것이다.

둘째, 두뇌 계발을 위한 환경적 요소로서 음악의 역할에 대한 제안이 제기되고 있다. 음악은 크게 각성조절, 정보전달, 두뇌자극의 기폭원으로서 역할을 수행한다고 주장된다(Jensen, 1998). 우선, 음악이 각성을 조절하는 도구로서 주의를 유도하는 신경전달물질을 증가 혹은 감소시키는 것으로 제안하는 사람들이 있다. 이에 대한 지지자들은 음악이 정보를 장기기억에 가장 효율적으로 저장할 수 있는 이완된 주의상태인 알파파 상태를 유도함으로써 결국 학습능력을 증진시킬 수 있다고 말한다(Rose & Nicholl, 1997). 구체적으로, 바로크음악(Lozanov, 1978) 또는 바로크 음악과 뉴에이지 음악 모두가 알파파 상태를 유도해 내고, 이를 통해 학생들의 학습을 증진시킬 수 있다고 주장한다(King, 1991). 이처럼 음악을 각성조절의 환경적 요소로 보는 입장에서는 음악을 활용하여 심리적 이완상태를 유도함으로써 학습효과를 최대화할 수 있다고 말한다(Lozanov, 1978).

한편, 음악이 효과적인 정보전달 도구가 될 수 있다는 입장이 있다(Webb & Webb, 1990). 정보가 음악과 연계되어 제공될 경우(예를 들어, '독도는 우리땅'과 같이 독도에 관한 역사적 사실을 노래로 만들어 전달하는 것), 음악이 학생들의 정서와 동기를 긍정적으로 유발할 뿐만 아니라 정보에 대한 장기기억이 보다 효과적으로 이루어질 수 있다는 것이다. 이 입장을 지지하는 사람들은 음악을 통해 정보가 전달되는 경우 음악이 대뇌 변연계를 자극함으로써 음악에 포함된 정보가 장기기억에 보다 공고하게 저장될 확률이 높아진다고 제안한다(Jensen, 1996).

또한, 음악이 두뇌를 자극하는 기폭원으로서 기능을 수행하기 때문에 두뇌 계발에 효과적일 수 있다는 주장이 있다. 음악을 듣고 있는 경우 개인의 두뇌에서는 청각적, 시각적, 인지적, 정의적 동작체계가 모두 활성화되며, 음악 처리 시에는 좌반구와 우반구가 모두 관여하므로 음악경험은 두뇌 전체에 걸쳐 시냅스의 형성과 수초의 성장을 자극해 두뇌 계발을 돕는다고 본다(Black, 1997).

이에 대한 근거로 Ohlhaber(1998)는 음악과 학업증진의 관계, 학습환경 선호도, 외국어 학습을 위한 음악 활용, 음악이 신경망에 미치는 영향과 같은 연구들을 검토한 후 교수-학습 활동에 음악을 통합하도록 추천하고 있다. 또한 Weinberger(1998)는 초등학교 1학년에게 7개월 동안 매일 40분씩 민속 음악을 감상하고 이해하도록 하는 음악 훈련을 실시한 결과, 음악 감상 수업 후의 읽기이해 검사에서 음악 훈련을 받은 집단의 독해 점수가 통제집단의 점수보다 높게 나타났다고 보고하고 있다. 캘리포니아 대학에서 이루어진 유명한 모차르트 효과연구에서 Rauscher 등(1993)은 모차르트 '피아노 소나타 d 장조'를 약 10분간 들려준 집단에서 일시적으로 시공간적 추리능력이 향상되었음을 발견하였다고 한다.

다. 우뇌 계발 학습법

최근 좌뇌의 기능을 중심으로 이루어진 기존 교육에 대한 비판과 함께 우뇌에 기반한 교육의 중요성이 강조되고 있음을 볼 수 있다. 우뇌는 시각적, 비언어적, 창의적인 기능을 담당하며, 특히 우뇌의 시각적 기억은 '마음의 그림'으로 처리되기 때문에 그 기억용량이 매우 크고 순서나 규칙에 제약을 받지 않는다. 따라서 우뇌의 무한한 잠재력을 바탕으로 다양한 우뇌 계발 교육방법들이 제시되고 있는데, 본 논문에서는 크게 시각적 사고, 연상적 언어, 유추적 사고, 공간적 인식, 쓰지 않는 손의 사용을 중심으로 우뇌 계발법을 분석적으로 고찰하고자 한다.

첫째, 시각적 사고를 강조하는 입장은 많은 생각들이 단어나 문장보다 그림, 지도, 다이어그램, 차트, 마인드맵 등을 통해서 훨씬 더 잘 표현되고 이해될 수 있다고 한다(Williams, 1986). 예를 들어, 이해가 어려운 삼투압에 대한 학습에서 학생들 자신이 막(membrane)이나 막을 통과하는 분자(molecule)라는 상상을 통해 삼투압에 대한 이해를 높일 수 있다. 이러한 시각적 사고를 많이 유도함으로써 우뇌적 사고를 촉진할 수 있고, 이를 통해 우뇌를 계발할 수 있다는 것이다.

둘째, 연상적 언어를 강조하는 입장은 언어를 통한 연상적 경험이 강한 내적 경험을 이끌어 낼 수 있다고 말한다(Gordon & Pose, 1980). 언어에는 객관적 언어와 연상적 언어가 있으며, 객관적인 언어는 정확한 의미를 가지고 있는 반면, 연상적 언어는 모호한 특징을 지니

고 있다. 예를 들어, 시인이 "나의 사랑은 붉은 장미와 같다"라고 말했다고 했을 때 그의 의도는 장미의 정확한 색깔 표현이 아니라 이것을 통해 어떤 이미지를 상기시키고자 하는 것이다. 이와 같은 연상적 언어는 학생들에게 깊은 인상을 심어주며, 이것이 우뇌 계발과 관련이 있다고 설명된다.

셋째, 유추적 사고가 우뇌 계발에 많은 도움을 준다고 주장하는 입장이다(Williams, 1986). 유추적 사고는 두 가지 무관한 사물간의 사이를 인지하는 과정으로, 이것은 직선적 대응관계가 아니라 범주적 관련성 파악을 통해 이루어진다. 예를 들어, 차의 엔진과 인간의 몸은 상이하나 어떤 면에서는 차의 엔진과 인간의 심장은 유사점이 있다. 이러한 엔진과 심장 사이의 유사점과 차이점을 이해하는 유추적 사고 활동은 우뇌 계발에 도움이 되는 것으로 제안되고 있다.

넷째, 공간적 인식력을 강조하는 입장은 공간적 인식력이 시각적 능력과 연결되어 있어 입체적 발상을 가능하게 하며, 이를 통해 우뇌의 기능을 계발할 수 있다고 제안한다. 공간적 인식력이란 삼차원의 입체적 공간을 인식하는 능력으로, 넓게는 도시전체의 입체적인 지도를, 좁게는 물체나 입체를 인식하는 것을 말한다(황정희 역, 1992). 예를 들어, 건축가가 되었다는 상상을 통해 건물 전체의 모습, 계단, 복도, 각 방 등을 이미지로 만들거나, 여행과 같이 새로운 공간을 탐색하는 것 등을 통하여 새로운 자극을 받아 우뇌가 활성화될 수 있다고 제안한다.

마지막으로, 양손의 사용을 강조하는 입장으로 이를 통해 평소 발달되지 않은 뇌를 계발시킬 수 있다고 주장한다(김대식, 2003; 김용진, 1999; 이규원 역, 2001). 즉, 오른손 사용자는 왼쪽 뇌만 발달하고, 왼손 사용자는 오른쪽 뇌만 발달하기 때문에, 양쪽 뇌를 골고루 발달시키기 위해서는 양손을 모두 사용해야 한다는 것이다. 즉, 양손을 사용하는 습관을 들이는 것을 통해 좌뇌 뿐만 아니라 우뇌에 있는 수많은 시냅스 연결을 강하게 만들 수 있다고 제안한다.

2. 학습활동과 관련된 뇌기반 교육 방법들

학습활동과 관련된 뇌기반 교육 방법의 제안들은 크게 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 학습자의 내적 요인 조절을 통해 주의력을 높이고자 하는 '주의 촉진 전략'과 기억력을 높이기 위한 '기억 공고화 전략'이 바로 그것이다.

먼저, 학습 활동에 있어 기본적인 인지활동이라고 할 수 있는 주의활동을 촉진하는 뇌기반 교육 방법에 대해 살펴보자. 학생들의 주의력은 두뇌의 상태에 따라 달라질 수 있다. 즉, 주의 사이클 및 뇌파의 고-저 상태에 따라 집중력이 달라져 학습이 능률적일수도 혹은 비능

를적일 수도 있다. 따라서 주의 사이클 및 뇌파와 같이 주의활동에 영향을 미치는 내적 요인을 고려할 필요가 있다는 것이다.

먼저 두뇌에는 고-저 주의 사이클이 있으며, 그것은 90-110분 간격으로 이루어지기 때문에 학습자가 지속해서 주의를 집중하는 것은 어렵다. 따라서 주의 사이클을 강조하는 입장에서는 저 주의 사이클은 두뇌가 휴식이 필요하다는 의미이므로 약간의 휴식이 학습의 효율성을 증가시킬 수 있다고 말한다(Rossi & Nimmons, 1991). 따라서 휴식 시간에 자습을 하거나 밀린 과제를 하는 것은 주의 사이클을 고려했을 때 비능률적인 학습행동이라고 할 수 있다(Jensen, 1998).

주의력과 관련해 고려할 수 있는 또 다른 요인이 바로 알파(α)파다. 인간의 뇌파는 활동상태에 따라 델타(δ)파, 세타(θ)파, 알파(α)파, 베타(β)파, 감마(γ)파의 다섯 가지로 나누어지는데, 수면상태일 때는 델타파, 반수면 상태일 때는 세타파가 나오며, 감마파는 스트레스를 받을 때 나타난다. 베타파는 사람이 긴장했을 때 나온다. 알파파는 마음이 평온해져서 깊은 사색에 빠질 때 나오며, 이 때 집중력, 창조력, 기억력 등이 좋아진다고 한다(서유현, 1994). 이를 바탕으로 알파파를 강조하는 입장에서는 명상이나 선, 음악을 통하여, 또는 알파파와 같은 주파수의 전류가 흐르는 코일을 머리에 쓰도록 하는 방법 등을 통해서 알파파 심리상태를 유도할 수 있다고 주장한다(한국알파코일연구회, 1990).

둘째, 기억을 공고화하기 위한 뇌기반 교수-학습 전략으로 많이 언급되는 것이 '처리시간 갖기'와 '잠자기 전 공부하기' 방법이 있다. 먼저, 학습 후 이를 처리할 수 있는 적절한 시간을 가짐으로써 새로 형성된 시냅스가 강화된다는 주장을 살펴보면, 복잡한 내용일수록 처리시간이 더 많이 요구되기 때문에 새로운 내용을 학습한 후에 학습내용을 공고화할 수 있도록 개인적인 처리시간을 가져야한다고 제안한다. 외부의 자극이 차단되고, 두뇌가 학습한 내용을 기존 지식과 연합시킬 수 있을 때 학습은 더 효과적일 수 있고, 따라서 이런 연합과 공고화가 일어나도록 하기 위해 적절한 휴식시간이 필요하다는 것이다(Jensen, 1998; Hobson, 1994). 이와 관련하여 새로운 학습 후 이에 대한 작문, 소집단 토의, 혼자 생각하는 시간을 갖기 등이 학습내용과 관련된 시냅스를 공고화하는 구체적 방법으로 제안되고 있다.

한편, 기억의 공고화를 위해 잠자기 전 학습을 강조하는 입장에서는 잠들기 전 15분 동안 반복된 언어정보는 의식의 제어 없이 자동적으로 저장된다고 주장한다(이영재 역, 1991). 사람의 뇌는 REM(rapid eye movement) 수면시간에는 활동적인 반면, non-REM 수면 시간에는 활동이 둔화되는데 이러한 수면시간은 하룻밤에 45회 반복해서 나타난다. 잠자기 전 학습의 효과성을 지지하는 입장에서는 REM 수면시간 동안 낮에 있었던 일들이 뇌 속에서 빠르게 반복되므로 잠자기 전에 학습한 내용이 REM 시간 동안 해마에서 반복되어 오랫동안 기억에 남을 수 있다고 주장한다(김대식, 2003; 신미숙 역, 2003).

Ⅲ. 뇌기반 교육 방법에 대한 비판적 평가

사고력 계발과 학습활동과 관련하여 지금까지 제안되어온 뇌기반 교육의 교수-학습 방법들을 분석적으로 살펴보았다. 이들 제안들이 모두 실제 신경과학 연구에 기반한 것은 아니므로 이를 비판적으로 분석, 평가할 필요가 있다. 또한 신경과학에 근거를 둔 제안도 극히 제한적인 실험실 상황에서 이루어진 연구나 동물 대상 연구, 뇌손상을 입은 사람들을 대상으로 한 연구에 기반한 경우도 있어, 이 연구들을 교육원리나 방법에 적용할 때 과도한 추론과 일반화가 있었는지에 대하여 비판적으로 판단할 필요가 있다. 따라서 본 논문에서는 뇌기반 교육에서 제안되는 교수-학습방법들이 실제 신경과학 연구결과에 근거하고 있는지, 그리고 연구결과의 지나친 일반화 가능성에 대하여 교육심리학, 인지심리학 연구결과를 중심으로 비판적으로 분석, 평가하고자 한다.

1. 사고력 계발 방법에 대한 비판적 평가

가. 뇌단련을 통한 사고력 계발

먼저 뇌단련과 관련된 세 가지 뇌기반 교육방법의 타당성에 대해 논하고자 한다. 먼저, 계산을 통한 전두연합령 활성화가 고차적 사고능력에 긍정적인 영향을 미친다는 주장은 신경과학적 근거가 부족하다. 즉, 전두연합령 중에서 계산 시의 활성화 부위와 고차적 사고 시의 활성화 부위가 일치하는 정도에 대한 구체적 근거가 부족하다. 또한 고차적 사고를 필요로 하는 복잡한 과제를 수행할 때 뇌의 한 부위만 활성화 되는 것이 아니라 여러 부위가 네트워크를 이루어서 함께 활성화 된다는(Kosslyn & Anderson, 1992) 점을 고려하면, 뇌의 특정 부위를 단련시켜야 한다는 주장은 더욱 설득력이 떨어진다.

그리고 전두연합령의 단련이 모든 영역에 적용되는 일반적인 인지기능의 발달을 가져온다는 주장은 기존의 교육심리학과 인지심리학의 연구들과도 불일치한다. 최근 인지심리학 연구에 따르면, 비록 문제해결 방식은 동일하더라도 문제의 구체적인 맥락이 변화하면 문제해결이 어려워지며(Bassok, 2003), 전문가의 빠르고 효과적인 문제 해결력은 일반적인 발견법(heuristic)의 사용에서가 아니라 특정 문제와 관련된 잘 구조화된 스키마를 가지고 있는 것에서 비롯된다(Best, 1999). 또한 사전지식이 문제해결과 학습에 중요한 영향을 미친다는 점을 고려할 때(Recht & Leslie, 1988), 계산을 많이 하면 계산능력은 향상될 수 있으나 계산과 무관한 영역에서 문제해결력 향상을 기대하는 것은 어렵다고 판단된다.

둘째, 전뇌(全腦) 계발을 통해 뛰어난 학습 및 기억능력을 갖도록 할 수 있다는 주장 역시

신경과학적 근거가 부족하다. 전뇌 계발에서 중시하는 간뇌는 대뇌와 소뇌 사이에서 각성(arousal)을 조절하는데, 간뇌가 초감각 능력이나 영적 능력과 관련이 있다는 이들의 주장은 신경과학적 근거가 없는 것이다. 그리고 기존 교육심리학 및 인지심리학의 연구들은 정보처리의 깊이와 정교화 정도에 따라 기억 정도가 결정되며(Anderson, 2000), 전문성은 해당 분야에서의 지속적인 경험과 반성, 그리고 실천적 연습을 통해 계발된다고 보고하고 있다(Ericsson et al., 1993). 이러한 연구결과들은 뛰어난 기억이나 학습능력이 지속적인 유의미 경험과 학습을 통해서 나타나는 결과이지, 쓰지 않는 뇌 부분을 사용함으로써 단기간에 계발되는 것이 아님을 보여주는 것이다.

셋째, 모든 감각기관을 통한 학습활동이 효과적이라는 오감연마를 통한 사고력 계발 제안은 직접적 신경과학 연구결과에 근거하지 않은 것이다. 이들 제안들은 자극이 결핍된 환경에 노출됨으로써 사고력이 저하되었다는 실험 결과에 의존하고 있는데, 사고력 발달에 필요한 최소한의 자극과 환경경험이 주어져야 한다는 것과 많은 양의 자극과 환경경험이 주어지면 사고력 발달이 촉진된다는 것은 서로 별개의 내용이다(Byrnes, 2001). 따라서 오감을 단련시키기 위해서 많은 자극이 주어 학습능력을 향상시킨다는 주장은 타당하지 않다.

더욱이 작업기억 능력에 관한 연구에 따르면, 작업기억에서 한 번에 처리할 수 있는 과제의 양이 제한되어 있기(Baddeley, 1998; Sweller, 1999) 때문에, 오감을 통해 여러 자극을 동시에 제시할 경우 인지적 과부하(cognitive load)가 유발될 수 있다. Mayer(2001)의 연구에 따르면, 멀티미디어를 이용하여 번개의 형성과정을 그림과 소리만으로 제시한 경우가 이 외에 추가적으로 설명글을 제시한 경우보다 긍정적인 학습 결과를 가져왔다. 왜냐하면 학습자의 작업기억 능력을 초과하는 과도한 시각 자료가 제공될 경우 학습자가 학습내용에 관한 정신적인 표상을 구성하는 데 인지적 과부하를 경험하기 때문이다. 따라서 하나의 감각기관을 활용하더라도 학습자가 처리 가능한 한계 내에서 체계적으로 자료를 제시하는 것이 필요하며, 반드시 다양한 감각기관을 통해 학습을 해야 하는 것은 아니다.

넷째, 움직임이 전정기관과 망상활성화 체계를 자극하고 신경세포망을 발달시킴으로써 주의력 및 사고력 발달을 도울 수 있다는 제안이 있다. 그러나 망상활성화 체계는 주로 각성이나 수면주기와 관련이 있으므로(Stirling, 2002) 학습을 위해 주의를 집중하는 데 망상활성화 체계가 미치는 영향은 크지 않다. 또한 망상활성화 체계가 움직임과 관련이 있다고 해서 수학문제를 해결하는 것과 같은 다른 활동을 수행할 때도 망상활성화 체계가 중요한 역할을 할 것이라고 추론하는 것은 논리적 비약이다.

그리고 체육활동만으로 학생들의 학업성취가 향상되고(Pollatscheck & Hagen, 1996), 유산소 운동만으로 노인들의 지능이 높아졌다는 연구(Hannaford, 1995)들은 중요한 매개변인을 간과하고 있다. 움직임을 통해 시냅스 형성을 촉진하는 물질이 분비된다고 하더라도 학습이

이루어지기 위해서는 학습자들이 실제로 유의미한 학습을 해야 한다. 만약 학생들이 운동만 열심히 하고 학습활동을 지루해하거나 주의를 집중하지 않으면, 움직임이 학업성취에 미치는 영향은 거의 없거나 부정적일 것이다. 또한 기존의 지능 연구들 중에서 50-60대 노인들의 지능이 4개월 만에 10% 정도 증가할 수 있다는 주장을 지지할 수 있는 관련 연구를 찾아보기 힘들다. 따라서 운동이 신체와 정신적 건강에 중요하다는 주장과 별개로 운동이 직접적으로 학업성취나 지능에 영향을 미친다는 견해는 타당하지 않다.

마지막으로, 새로운 동작을 통해 문제해결력을 향상시킬 수 있다는 주장은 신경과학적 근거가 부족하다. 새로운 동작을 할 때 활성화되는 뇌 부위와 문제를 해결할 때 활성화되는 뇌 부위가 일치하는지에 관한 경험적 근거가 없기 때문이다. 또한 새로운 동작을 할 때 전전두피질과 후측전두엽이 활성화된다는 연구결과를 가지고 이들 부위가 발달할수록 문제해결을 잘한다는 인과적 추론을 하는 것은 또한 논리적으로 타당하지 않다.

나. 풍요로운 환경제공을 통한 사고력 계발

풍요로운 환경요소와 관련하여 새로운 경험과 음악의 제공이 사고력 계발에 긍정적 영향을 미친다는 제안에 대하여 비판적으로 분석, 평가하면 다음과 같다.

먼저, 새로운 경험이 두뇌계발을 돕는다는 주장은 새로운 경험이 시냅스를 증가시키고 이것이 다시 사고능력 향상과 관련된다는 것으로 요약하여 말할 수 있다. 새로운 경험은 기존의 지식체계를 더 풍요롭게 하고, 지식들 간에 새로운 연결을 형성하거나 공고화 할 수 있다는 점에서 두뇌계발에 긍정적일 수 있다. 성인이 되어도 두뇌는 가소성을 가지고 있기 때문에 새로운 경험이 시냅스의 증가나 변화에 기여할 수 있다. 다만, 반성적 경험이 동반되지 않는 경험은 학습으로 연결되기 어렵기 때문에(Jarvis, 1987) 새로운 경험을 한다는 사실 그 자체보다는 그 뒤에 따르는 반성적 사고가 더 중요하다는 것을 명심할 필요가 있다.

둘째, 음악이 각성을 조절하고, 정보를 전달하는 도구로 사용될 수 있으며, 두뇌를 자극한다는 주장들을 비판적으로 검토하면 다음과 같다. 바로크 음악을 듣는 것이 알파파 상태를 유도함으로써 학습효과를 향상시킬 수 있다는 주장이 타당하기 위해서는 외부 자극에 의해 유도된 알파파 상태가 학습에 미치는 영향이 먼저 규명되어야 한다. 예컨대, 알파파는 주로 사색을 하거나 주의를 집중할 때 나타나는 뇌파로, 바로크 음악에 의해 유도된 알파파 상태와 주의를 집중할 때 나타나는 알파파 상태가 질적으로 동일한지, 특정 학습과제를 수행하는 동안 알파파 상태가 지속되는 정도, 학습에 영향을 미칠 수 있는 다른 요인들을 통제했을 때 알파파 상태가 학업성취에 미치는 영향에 관한 추가적 연구가 필요하다.

그리고 음악이 정보전달 도구로 활용될 경우 정서와 관련된 대뇌 변연계를 자극할 가능성

이 높으나, 구체적인 음악의 속성에 따라 유발되는 정서와 학습의 관련성에 관한 신경과학 연구는 부족한 것이 사실이다. 물론 음악의 리듬과 결합하여 학습내용을 암기하는 방법은 교육 현장에서 자주 적용되는 기억술로, 많은 교사들이 그 효과에 동의한다. 그러나 음악을 이용한 기억술은 학습 내용이 알파벳, 인물, 연대기 등의 단순한 사실 정보에 제한된다는 한계를 가지고 있다.

또한 음악 감상 후에 독해력이나 시공간 추리력이 향상되었다는 실험(Weinberger, 1998b; Rauscher, 1993)에 관해서는 대안적 설명이 가능하다. 호손효과(Hawthorne Effect)는 피험자들이 실험 처치와 무관하게 그들이 실험대상이 되고 있다는 사실을 인식하는 것만으로도 연구자들이 원하는 결과를 산출하기 위해 노력하는 현상이다. 관련 연구에서 음악을 감상한 실험집단의 학생들은 이후 특별한 학습활동이 있을 것을 예상하거나 특별한 처치를 받고 있다고 인식함으로써 더 높은 학업성취를 보였을 수도 있다. 그리고 음악 감상이 구체적으로 어떠한 과정을 거쳐서 학습에 영향을 미치는지에 관한 구체적 연구가 부족하기 때문에 음악 감상만으로 학습능력을 향상시킬 수 있다는 주장은 수용하기 어렵다.

다. 우뇌 계발 학습법

우반구의 속성과 관련된 과제들을 많이 수행함으로써 우뇌를 계발할 수 있다는 제안들에 대한 비판적 검토는 다음과 같다. 좌뇌와 우뇌는 조화롭게 서로 다른 기능을 담당하기 때문에 좌뇌는 논리적이고 언어적인 과제를 수행하고 우뇌는 창의적이고 비언어적인 과제를 수행한다는 주장은 타당하지 않다. 예컨대, 언어 기능은 주로 좌반구에서 처리한다고 알려져 있으나, 감정이 실린 말을 하거나 들을 때는 우반구도 활성화 된다(Wallesch et al., 1985; Lechevalier et al., 1989). 또한 최근의 신경과학 연구에 따르면, 좌뇌와 우뇌의 기능적 차이는 처리하는 과제의 차이가 아니라 정보처리방식이나 반응하는 주파수의 패턴에 따른 차이이다(Sergent, 1982; Kitterle et al., 1990). 따라서 좌뇌와 우뇌를 수행하는 과제의 특성에 따라서 기능을 구분하고 우뇌를 계발해야 한다는 주장은 신경과학적 근거가 부족하다고 할 수 있다.

특히, 왼손을 사용함으로써 우뇌를 계발해야 한다는 주장은 신경과학적 근거가 부족한 주장으로, 왼손 사용 시에 우뇌가 활성화되는 상관관계가 있다고 해서 왼손 사용이 우뇌 발달을 가져온다는 인과적 추론은 하기 어렵다. 또한 왼손 사용이 운동과 무관한 사고능력을 향상시킨다는 생각은 신경과학적 근거가 없는 과도한 추론이다. 따라서 왼손 사용으로 우뇌가 발달하고 우뇌가 발달함으로써 우뇌가 담당하는 시공간 능력이 향상될 것이라는 추론은 타당하지 않다.

반면, 우뇌 계발을 주장하지 않는 범위 내에서 시각적 사고, 연상적 언어, 유추적 사고 방법들을 교육활동에 적극 활용해야 한다는 주장은 기존의 교육심리학이나 인지심리학의 연구 결과와 일치하며, 학습결과를 높이기 위해 효과적으로 활용될 수 있는 방법이다. 작업기억 이론이나 이중부호화 이론에 따르면, 시각-그림(visual-pictorial) 자료와 청각-언어(auditory-verbal) 자료에 대한 정보처리 채널이 서로 분리되어 있기 때문에(Baddeley, 1998; Paivio, 1986), 두 종류의 정보를 동시에 제공하여도 인지적 과부하를 유발하지 않고 효과적으로 이들 정보를 처리할 수 있다. 따라서 학교 교육의 상당 부분이 언어적 자료들과 교사의 설명에 편중되어 있다는 것을 고려하면, 수업에서 시각적 자료 혹은 시각적 정보처리를 유도하는 연상적 언어나 메타포를 적절히 사용하는 것은 학습에 긍정적인 영향을 미칠 것이다. 특히, 학습자들이 동일한 자료에 대해서 시각적 표상과 언어적 표상 간에 연합을 형성하도록 하는 교수-학습 방법이 고려될 수 있다(Paivio, 1986).

2. 학습력 계발 방법에 대한 비판적 평가

가. 주의 촉진 전략

먼저 학습활동과 관련하여 학습자의 주의를 강화시키는 데 적용될 수 있는 주의 사이클을 고려한 학습법에 대해 살펴보고자 한다. 학습자의 주의 사이클을 고려한 학습방법은 뇌가 집중할 수 있을 때 공부하고, 피곤해지면 쉬는 것이 효과적이라는 제안으로 신경과학적 근거로서 Klein이 수행한 일련의 연구들을 들 수 있다. 먼저, Klein 등(1986)은 두뇌의 고-저 사이클에 따라 사고 및 학습 능력의 변화를 확인하였으며, 두뇌에서의 혈액의 흐름과 호흡의 변화가 학습과 관련이 있다고 제안하였다. 또한 Klein과 Armitage(1979)는 피험자에게 언어 및 시공간 과제에 대해 8시간동안 매 15분마다 검사를 실시한 결과 언어 과제와 시공간 과제 점수가 90-100분 주기로 변동되어 나타나는 것을 확인할 수 있었다.

또한 기존 교육심리연구에서도 학습자의 주의 사이클을 고려하는 것이 필요하다는 근거를 찾을 수 있다. 학습 상황과 내용에 따라 차이가 있으나 2세 아동은 5-6분, 5세 아동은 30분 정도로 주의 집중력이 유지되며, 연령이 증가할수록 이 시간은 길어진다(Gary & Foltz, 1991). 이와 같이 학습자의 제한된 주의지속 시간 때문에 주의 사이클을 고려한 교수-학습 방법이 요구된다고 할 수 있다.

한편, 주의 촉진 전략으로 알파파를 인위적으로 유도하여 학습능력을 높이려고 하는 주장이 있다. 예를 들면, 알파파와 같은 전류가 흐르는 코일을 머리에 쓰도록 함으로써 알파파를 유도할 수 있다는 주장이 있다. 그러나 실제로 알파파가 유도되었다는 신경과학적 근거는

제시되지 않았으며, 만들어진 알파파가 주의에 어떠한 영향을 미치는지에 관한 연구결과도 없다. 따라서 인위적으로 알파파를 유도하여 집중력을 향상시킬 수 있다는 주장은 설득력이 적다고 할 수 있다.

한편, 기존연구들에 의하면 주의 촉진은 뇌파와 상관없이 다양한 전략들에 의해서 이루어질 수 있다. 먼저, 주의환기 전략은 새롭고 신기한 사건을 제시함으로써 학습자의 호기심을 유발하는 방법으로, 시청각 자료, 일상적이지 않은 내용의 적절한 활용 등을 들 수 있다. 그리고 탐구적 주의환기 전략으로 학습자 스스로 문제나 질문 등을 만들게 함으로써 능동적 반응을 유도할 수 있다. 마지막으로 다양성의 전략을 통해 수업 전개를 변화시키고, 정보 제시방식을 변형시킴으로써 학습자의 흥미를 유지시킬 수 있다(Keller & Suzuki, 1988; Small, 2000; Rheinberg, Vollmeyer, & Rollet, 2000). 오히려 이와 같은 주의 촉진 전략들이 알파파를 유도하는 방법보다 주의 촉진에 더 도움이 될 것으로 생각된다.

나. 기억의 공고화 전략

먼저, 단위내용 학습 후 적절한 처리시간을 통해 새로 형성된 시냅스가 강화되도록 해야 한다는 주장에 대해 살펴보고자 한다. 이 주장의 제안자들은 신경과학적 근거로 장기상승작용(long-term potentiation)을 들고 있다. 장기상승작용은 해마와 피질 영역에서 신경 회로가 고빈도의 전극으로 자극되면, 그 회로를 따라 그 이상의 자극에 대한 세포들의 민감성이 증가하는 것을 말한다(Barnes, 1979). 장기상승작용은 새로 형성된 시냅스를 강화하기 위해서 단위내용 학습 후 적절한 처리시간(반복적 경험활동 포함)이 요구된다는 것을 보여주지, 학습을 한 후 휴식을 취하는 것이 필요하다는 근거로는 적절치 않다.

제안자들의 주장같이 시냅스 공고화를 위해 휴식을 취하는 방법보다 오히려 학습과 관련된 반성적 사고를 하거나 의미를 파악하기 위해 노력하는 것이 시냅스 공고화에 더 효과적일 수 있다. 이와 관련하여 Mezirow(1990)는 경험 자체보다 중요한 것은 경험에 대한 반성을 통한 지적인 성장이라고 지적한다. 또한 Jarvis(1987)는 반성적 경험이 동반될 때 구체적 경험이 보다 효과적으로 학습으로 연결되기 쉽다고 제안한다.

한편, 잠자기 전 공부를 강조하는 사람들은 REM 수면 기간 동안 낮에 있었던 일들이 의식적으로 기억되기 때문에 잠자기 전 15분간의 공부가 중요하다고 말한다. 그러나 최근 Siegel(2001)의 연구에 의하면, 몇 개월 또는 몇 년 동안 REM 수면을 취할 수 없게 하는 약을 복용한 사람의 경우에도 기억에 부정적인 영향이 없었으며, 오히려 기억력이 개선되었다고 한다. 따라서 잠자기 전 공부하는 것이 학생들에게 효과적인 방법은 아니라고 할 수 있다.

기존 인지심리연구에서 볼 때 위 제안은 기억의 역행간섭과 관련된 것으로, 낮에 학습한

내용보다는 잠자기 전 학습한 내용이 역행간섭에서 자유롭기 때문에 더 기억률이 높을 수 있다는 것이다 (Del Rey, Liu, & Simpson, 1994; McGoech et al., 1993). 하지만 기억의 간섭 현상에는 역행간섭뿐만 아니라 순행간섭도 존재하며, 순행간섭이 있는 경우 잠자기 전 공부의 효과는 확신할 수 없는 것으로 잠자기 전 공부가 기억력을 높인다는 주장은 과도한 일반화라고 할 수 있다.

IV. 결론

신경과학 연구결과와 뇌기반 교육에 관한 제안들은 학계와 일상생활 속에서 점점 더 빠르고 폭넓게 확산되어 가고 있다. 신경과학 연구들 중에서도 특히 교육과 관련된 연구들은 대중매체를 통해서 많이 소개되고 있으며, 뇌기반 교육과 관련된 상업적 광고와 도서들도 많이 보급되고 있다. 예컨대, 2004년 현재 뇌와 관련된 출판 도서가 300여권이고, ‘뇌호흡’이나 ‘뇌단련’을 주창하는 학원들이 점점 더 증가하고 있는 추세이다.

이처럼 뇌와 관련된 교육적 제안들에 대한 일반인들의 관심이 점점 더 높아져 가고 있는데 반해서 교육과 관련된 신경과학 연구의 많은 부분들이 아직까지 미지의 영역으로 남아있기 때문에 뇌기반 교육의 제안들을 무비판적으로 수용할 경우 잘못된 결론에 도달하기 쉽다. 이러한 취지에서 본 논문은 현재까지의 신경과학 연구들과 대표적인 뇌기반 교육의 제안들을 정리하고, 비판적인 입장에서 뇌기반 교육들을 검토하였다.

Byrnes와 Fox(1998)에 따르면, 신경과학 연구에 대한 학자들의 태도는 다음의 네 가지 유형들 중에 하나에 속한다고 한다. 첫째, 신경과학 연구 결과들을 쉽게 받아들인다. 둘째, 신경과학적 접근을 완전히 거부하고 신경과학적 연구 결과들을 무의미한 것으로 간주한다. 셋째, 신경과학 연구에 무관심하고 잘 알지 못한다. 넷째, 인지과학의 다양한 연구방법들에 의해서 발견된 내용들 중의 일부분으로 신경과학 연구들을 조심스럽게 수용한다. 이 네 가지 유형 중에서 본 논문은 네 번째 입장을 택하고 있으며, 뇌기반 교육의 제안들을 비판적으로 검토하기 위해서 크게 신경과학적 근거와 기존 교육심리와 인지심리 연구들과의 일치성이라는 두 가지 기준을 설정하여 적용하였다.

이들 기준을 중심으로 뇌기반 교육에 대해서 비판적으로 검토한 결과 뇌기반 교육이라고 불리는 상당수의 제안들이 신경과학 연구결과들을 무비판적으로 수용할 뿐만 아니라 신경과학적 연구 결과에 근거하지 않은 경우가 많이 있음을 확인할 수 있었다. 또한 뇌기반 교육의 제안들 중에는 기존의 교육심리학이나 인지심리학 연구결과들과 일치하지 않으면서도 신

경과학 연구의 부분적인 결과만을 가지고 과도한 추론을 하는 경우도 많이 있음을 확인할 수 있었다.

신경과학 연구는 첨단 장비들을 이용하여 인간의 사고과정과 정서 상태를 직접적으로 관찰할 수 있다는 점에서 앞으로 인지과학 연구와 교육방법 개발에 획기적인 발전을 가져올 가능성이 높다. 그러나 신경과학의 무한한 잠재력에도 불구하고 아직까지는 극복해야 할 과제들이 많기 때문에 신경과학 연구결과들을 교육 현장에 적용하는 데 있어서 신중해야 한다. 예컨대, 인간의 정보처리가 반드시 뇌의 각 부분들과 직접적으로 연결되는 것은 아니며 (Raynor & Pollatsek, 1989), 연구방법에 따라서 PET를 사용하여 발견한 뇌의 부위와 fMRI를 사용하여 발견한 뇌의 부위가 서로 다를 수도 있다(Byrnes & Fox, 1998). 또한 교육은 부분적인 인지기능만으로 이루어지는 것이 아니라 다양한 변인들이 상호작용하면서 이루어지기 때문에 신경과학 연구결과만을 이용하여 교육방법을 개발하는 것이 어려울 수도 있다. 따라서 신경과학 연구들이 가지고 있는 제한점들을 충분히 고려한 상태에서 뇌기반 교육에 관한 제안들이 이루어져야 한다.

그리고 신경과학 연구들에 기반해서 교육적 제안을 할 때는 본 연구에서 제안한 기준을 고려할 필요가 있다고 생각된다. 먼저, 관심 있는 영역의 신경과학 연구들을 총체적으로 살펴봄으로써 연구방법에 따라서, 혹은 학자에 따라서 상충되는 결과가 존재하는지 검토하여야 한다. 또한 신경과학 연구가 단순히 인지적 활동과 뇌의 활성화 부위를 연결시키는 상관관계 연구일 경우에는 무리하게 인과적 추론을 하여서는 안 될 것이다. 예컨대, 계산할 때 전두연합령이 활성화된다고 해서 전두연합령이 발달한 사람은 계산을 잘 한다거나 계산을 많이 하면 전두연합령이 발달한다고 추론하는 것은 과도한 추론이다. 특히 이러한 잘못된 추론에 기반해서 학생들에게 고등사고능력을 발달시키기 위해서 단순한 계산을 많이 시켰음에도 문제해결력이나 비판적 사고력이 향상되지 않는다면, 경험과학으로서 교육 연구에 대한 심각한 불신을 초래할 수 있을 것이다.

그리고 신경과학 연구결과들을 충분히 검토했다면, 신경과학에 기반한 교육적 제안들이 기존의 교육심리학과 인지심리학의 연구결과들과 얼마나 일치하는지를 함께 살펴보아야 할 것이다. 물론, 뇌기반 교육이 전통적 교육방법과 다른 획기적인 제안을 할 수도 있으나 그러한 제안들도 기존의 인지심리학이나 교육심리학 연구들로 설명될 수 있는 부분이 있으며, 기존 연구들과 일치하지 않는 교육적 제안들은 그 타당성을 면밀히 검토해 보아야 한다. 그러므로 앞으로 신경과학 연구들을 교육에 적용하고자 할 때는 관련된 신경과학적 근거와 기존 교육심리 및 인지심리 연구들을 종합적으로 검토하는 신중한 자세가 요구된다고 하겠다.

참고문헌

- 김대식 (2003). 공부혁명. 서울: 에듀조선.
- 김용진 (1999). 21C 전뇌혁명. 서울: 새로운 문화사.
- 김유미 (2002). 두뇌기반 교수-학습의 원리와 적용방안탐색. *교육학연구*, 40(3), 247-270.
- 도경수, 박창호, 김성일 (2002). 인지에 관한 뇌 연구의 개괄적 고찰, 평가 및 전망. *한국심리학회지: 실험 및 인지*, 14(4), 321-343.
- 서유현 (1994). 뇌를 알고 머리 쓰자. 서울: 동아일보사.
- 신미숙 역 (2003). 기억력을 기른다. Fumiyo Yamashita, Kioku-ryoku wo tsukeru. 서울: 지식공작소.
- 이규원 역 (2001). 내 두뇌는 내 스스로 키운다. Ryuta Kawashima, Jibun no Nowo Jibunde Sodateru. 서울: 한울림
- 이영재 역 (1991). 이렇게 하면 기억력이 좋아진다. L.I. 쿠프리아노비취. 서울: 양진문화사.
- 이정모 (2003). 융합과학-인지과학-학습과학: 그 연결의 개념적 틀과 응용적 의의. *한국인지과학회 춘계학술대회 자료집*. 한국인지과학회.
- 조주연 (1994). 뇌 가소성이 교육에 주는 시사점 고찰. *교육학연구*, 32(2), 23-38.
- 조주연 (1996). 인지과학적 발견에 기초한 주의집중 방략. *한국 초등교육*, 8(2), 219-242.
- 조주연 (1998). 학습 및 기억에 대한 인지과학적 발견의 교육적 적용. *초등교육연구*, 12(2), 5-27.
- 조주연 (2001a). 뇌 과학에 기초한 창의성 교육의 원리와 방향. *학생생활연구*, 27, 115-141.
- 조주연 (2001b). 감성의 뇌과학적 기제와 초등학교 감성교육의 방향. *초등교육연구*, 14(3), 391-410.
- 한국알파코일연구회 역 (1990). α 가 당신의 미래를 결정한다. Ken Hashimoto. 서울: 문조사.
- 황정희 역 (1992). 당신은 우뇌형 인간인가? 좌뇌형 인간인가?. Yoshiya Shinagawa. 서울: 성원사.
- Anderson, J. R. (2000). *Learning and memory: An integrated approach*. New York: John Wiley & Sons.
- Baddeley, A. L. (1998). *Human memory*. Boston: Allyn and Bacon.
- Barnes C. A. (1979). Memory deficits associated with senescence: a neurophysiological and behavioral study in the rat. *J. Comp. Physiol. Psychol.*, 93, 74-104
- Bassok, M. (2003). Analogical Transfer in Problem Solving. In J. E. Davidson, & R. J. Sternberg (Eds.), *The psychology of problem solving* (pp. 343-369). Cambridge, UK: Cambridge

University Press.

- Best, J. B. (1999). *Cognitive psychology*. Belmont, CA: Wadsworth.
- Black, S. (1997). The musical mind. *EJ* 537-554.
- Byrnes, J. P. (2001). *Minds, brains, and learning: understanding the psychological and educational relevance of neuroscientific research*. New York: Guilford Press.
- Byrnes, J. P., & Fox, N. A. (1998). The educational relevance of research in cognitive neuroscience. *Educational Psychology Review*, 10(3), 297-342.
- Caine, R. N., & Caine, G. (1991). *Making connections*. Alexandria, VA: ASCD.
- Calvin, W. (1996). *How brains think*. New York: Basic Books.
- Chomsky, N. (1965). *Aspects of the theory of syntax*. Cambridge, MA: The MIT Press.
- Clarke, D. (1980, September 1). Spinning therapy calms hyperactivity, accelerates physical development. *Brain/Mind Bulletin*, 5(20B), 2-4.
- Davis, R. (1991). Teaching stress management in an elementary classroom. *Journal of Physical Education*, 62(2), 65-70.
- Del Rey, R. & Liu, X. & Simpson, K. J. (1994). Does retroactive inhibition influence contextual interference effects? *Research Quarterly for Exercise and Sports*, 65, 120-126.
- Diamond, M., & Hopson, J. (1998). *Magic trees of the mind*. New York: Plume.
- Edwards, V. D., & Hofmeier, J. (1991). A stress management program for elementary and special-population children. *Journal of Physical Education*, 62(2), 61-64.
- Eric, O. (1994). Fit kids, smart kids – New research confirms that exercise boost brainpower. *Parents Magazine*, 33-35.
- Ericsson, K. A., Krampe, R. T., & Tesch-Roemer, C. (1993). The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100, 363-406.
- Fallin, K., Wallinga, C., & Coleman, M. (2001). Helping children cope with stress in the classroom setting. *Childhood Education*, 78(1), 17-24.
- Fuchs, J. L., Montemayor, M., & Greenough, W. T. (1990). Effect of environmental complexity on the size of superior colliculus. *Behavioral and Neural Biology*, 54(2), 198-203.
- Gary, M., & Foltz, T. (1991). *Children-how they grow: elementary school children ages 6 to 8*. University of Missouri-Columbia.
- Gordon, W. J. J., & Pose, T. (1980). *The new art of the possible*. Cambridge, MA: Porpoise Books.
- Hannaford, C. (1995). *Smart moves*. Arlington, VA: Great Ocean.

- Hobson, J. A. (1994). *Chemistry of conscious states*. Boston, MA: Little, Brown and Co.
- Jarvis, P. (1987). *Adult learning in the social context*. London: Croom Helm.
- Jensen, E. (1996). *Brain-based learning*. Del Mar, CA: Turning Point.
- Jensen, E. (1998). *Teaching with the brain in mind*. Alexandria, VA: ASCD.
- Keller, J. M. & Suzuki, K. (1988). Use of the ARCS Motivation Model in Courseware design. In: D. H. Jonassen (Ed.), *Instructional Design for Microcomputer Courseware*(pp. 401 - 434). Hillsdale, NJ: Lawrence Erlbaum Associates.
- King, J. (1991). Comparing alpha induction differences between two music samples. Abstract from the center for research on learning and cognition. University of North Texas.
- Kinoshita, H. (1977). Run for your brain's life. *Brain Work*, 7(1), 8.
- Kitterle, F., Christman, S., & Hellige, J. (1990). Hemispheric differences are found in identification, but not detection of low versus high spatial frequencies. *Percept Psychophys*, 48, 297-306.
- Klein, R., & Armitage, R. (1979, June). Rhythms in human performance. *Science*, 204(4399), 1326-1328.
- Klein, R., Pilon, D., Prosser, S., & Shannahoff-Khalsa, D. (1986, October 23). Nasal airflow asymmetries and human performance. *Biological Psychology*, 2, 127-137.
- Kosslyn, S. M., & Andersen, R. (Eds.). (1992). *Frontiers in cognitive neuroscience*. Cambridge, MA: MIT Press.
- Lechevalier, B., Petit, M. C., Eustache, F., Lambert, J., Chapon, F., & Vaider, F. (1989). Regional cerebral blood flow during comprehension and speech (in cerebrally health subjects). *Brain and Language*, 37, 1-11.
- Lewis, C. E., Siegel, J. M., & Lewis, M. A. (1984). Feeling bad: Exploring sources of distress among pre-adolescent children. *American Journal of Public Health*, 74, 117-122.
- Lozanov, G. (1978). *Suggestology and outlines of suggestopedy*. New York: Gordon & Breach.
- Mayer, R. E. (2001). *Multimedia learning*. New York: Cambridge University Press.
- McGoech, J. L., Introini-Collison, I. B., Cahill, L. F., Castellano, C., Dalmaz, C., Parent, M. B., & Williams, C. L. (1993). Neuromodulatory systems and memory storage: Role of the amygdala. *Behavioural Brain Research*, 58, 81-90.
- Mezirow, J. (1990). *Transformative dimensions of adult learning*. San Francisco: Jossey Bass.
- OECD (2002). *Understanding the brain: towards a new learning science*. OECD.
- Ohlhaber, D. (1998). Learning with music in the classroom: What research says. EJ 574 195.

- Paivio, A. (1986). *Mental representations*. Oxford, England: Oxford University Press.
- Pollatschek, J., & Hagen, F. (1996). Smarter, healthier, happier. International Health, Racquet, and Sportsclub Association Booklet, Boston, Mass.
- Rauscher, F. H., Shaw, G. L., Levine, L. J., Ky, K. N., & Wright, E. L. (1993). Music and spatial task performance. *Nature*, *365*, 611.
- Recht, D. R., & Leslie, L. (1988). Effect of prior knowledge on good and poor readers. *Journal of Educational Psychology*, *80*, 16-20.
- Rheinberg, F., Vollmeyer, R., & Rollet, W. (2000). Motivation and action in self-regulated learning. In M. Boekaerts, P. R. Pintrich, & M. Zeidner (Eds.), *Handbook of self-regulation* (pp. 503-529). San Diego, CA: Academic Press.
- Rose, C., & Nicholl, M. J. (1997). *Accelerated learning for the 21st century*. New York: A Dell Trade Paperback.
- Rossi, E. L., & Nimmons, D. (1991). *The 20-minute break: Using the new science of ultradian rhythms*. Los Angeles: Jeremy Tarcher.
- Ryan, N. M. (1989). Stress-coping strategies identical from school age children's perspective. *Research in Nursing and Health*, *12*, 111-122.
- Scheibel, Arnold. (1994, November 1). You can continuously improve your mind and your memory. *Bottom Line Personal*, *15*(21), 9-10.
- Sergent, J. (1982). The cerebral balance of power: Confrontation of cooperation? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, *8*, 252-272.
- Siegel, J. M. (2001). The REM sleep-memory consolidation hypothesis. *Science* *294*:1058-1063.
- Small, R. (2000). Motivation in instructional design. *Teacher Librarian*, *27*(5), 29-31.
- Stirling, J. (2002). *Introducing neuropsychology*. New York: Taylor & Francis.
- Sweller, J. (1999). *Instructional design in technical areas*. Camberwell, Australia: ACER Press.
- Wallesch, C. W., Henriksen, L., Kornhuber, H. H., & Paulson, O. B. (1985). Observations on regional cerebral blood flow in cortical and sub-cortical structures during language production in normal man. *Brain and Language*, *25*, 224-233.
- Webb, D., & Webb, T. (1990). *Accelerated learning with music*. Norcross, GA: Accelerated Learning Systems.
- Weinberger, N. M. (1998). The music in our minds. *Educational Leadership*, *56*, 36-40.
- Williams, L. V. (1986). *Teaching for the two sided mind*. New York: Simon & Schuster.

* 논문접수 2006년 11월 10일 / 1차 심사 2006년 12월 3일 / 2차 심사 2006년 12월 11일

* 신중호: 서울대학교 교육학과를 졸업하고, 동 대학원 교육학과에서 석사학위를 취득하였으며, 미국 미네소타대학 (University of Minnesota) 교육심리학과에서 박사학위를 취득하였다. 현재 서울대학교 교육학과 교수로 재직 중이며, 주요 저역서로는 "교육심리학", "학습과학", "학습장애아동의 이해와 교육" 등이 있다.

e-mail: jshin21@snu.ac.kr

* 조영환: 서울대학교 교육학과를 졸업하고, 동 대학원 교육학과 교육공학 전공으로 석사학위를 취득하였다. 현재 미국 미조리대학(University of Missouri) 교육공학 박사과정에 재학중이다.

* e-mail: yhc2k2@mizzou.edu

* 이규민: 서울대학교 교육학과를 졸업하고, 동 대학원 교육학과 교육공학 전공으로 석사학위를 취득하였으며, 동 대학원 교육학과 교육공학 전공 박사과정에 재학중이다.

* e-mail: kalas2@hanmail.net

* 이현주: 연세대학교 심리학과를 졸업하고, 코네티컷대학(University of Connecticut) 대학원 교육심리학과에 석사학위를 취득하였으며, 서울대학교 대학원 교육학과 교육심리학 전공 박사과정중에 있다.

* e-mail: hjlee613@snu.ac.kr

Abstract

Study on the validity of Brain-based Learning evaluated through research in educational psychology and cognitive neuroscience

Jongho Shin* · Young Hoan Cho** · Gyumin Lee*** · Hyunjoo Lee***

This study was intended to critically evaluate the validity of Brain-Based Learning which has been nowadays actively suggested. The principles and methods of Brain-Based Learning were collected through document review, and they were evaluated by three prime criteria. The criteria were ① a cognitive neuroscience basis, ② consistency with educational psychology and cognitive psychology research results, ③ hasty generalization fallacy. As a result, the suggestions about Brain-Based Learning are consisted of two areas: development of cognitive ability and learning ability. However, there are many suggestions which do not have a cognitive neuroscience basis, consistency with existing educational psychology and cognitive psychology, or sound reasoning. Although cognitive neuroscience has great potential to improve educational methods, Brain-Based Learning should be carefully suggested based on precise understanding of cognitive neuroscience and reflection on the consistency with other educational research results.

Key words: Brain-based learning, cognitive neuroscience, brain

* Dept. of Education, Seoul National University, Currently participate in the Brain Korea 21 Division of Competency-based Education Innovation

** School of Information Science and Learning Technologies, University of Missouri

*** Dept. of Education, Seoul National University, Currently participate in the Brain Korea 21 Division of Competency-based Education Innovation