

초등학생의 학업성취수준에 따른 뇌 선호도와 뇌파에 의한 학습능력의 특성 및 관계

The Characteristics and Relationships of Learning Abilities by Brain Preference and EEG
According to Elementary School Students Academic Achievement Level

김진선 심준영

국제뇌교육종합대학원 뇌교육학과

Jin Seon Kim Jun Young Shim

University of Brain Education

ABSTRACT

This study divided elementary school 6th graders of into a higher academic achievement group (n=19) and a lower academic achievement group (n=19) in order to examine the tendency of left and right hemisphere preferences, characteristics and relationships of learning ability factors by means of EEG. For this purpose, brain waves in performing higher cognitive tasks for 5 min. were measured with a two-channel (Fp1, Fp2) EEG measurement system and hemisphere preference was measured by means of a questionnaire. Our results were as follows. First, hemisphere preference indicated that the higher group showed a left hemisphere tendency and the lower group indicated a right hemisphere tendency. Second, the first learning ability test found that the higher group performed its task rapidly with higher levels of concentration and cognitive strength and lower loading and the lower group conducted its task more slowly with lower levels of concentration and cognitive strength and higher loading. The second test showed that the higher group performed its task rapidly with lower levels of concentration.

* 본 논문은 2015년도 국제뇌교육종합대학원대학교 석사학위 청구논문의 일부임.

Corresponding Author : Jun Young Shim, Department of Brain Education, University of Brain Education,
Gyocheon-eup, Dongnam-gu, Cheonan-si, Chungcheongnam-do 31228, Korea
E-mail : simjy@naver.com

© Copyright 2015, The Korean Society of Child Studies. All Rights Reserved.

Keywords : 학업성취(academic achievement), 뇌선호도(brain preference indicator), 뇌파(EEG), 학습능력(learning ability), 집중력(concentration).

I. 서론

최근 교육학 분야에서는 ‘학습’의 인지적 메커니즘 및 신경생물학적 메커니즘을 밝히는 연구가 부상하면서 뇌기반 학습이론(brain-based learning) 연구 및 적용의 패러다임이 시작되었으며, 학습 메커니즘의 연구가 뇌과학 연구를 중심으로 연결되고 집속되었다(Lee, 2005). 우리나라에서도 1990년대 후반부터 뇌기반 학습이론을 적용하려는 연구가 진행되고 있으나 대부분은 뇌과학에서 밝혀진 전반적인 두뇌 특성을 고려한 수업방식을 제시(Cho, 1998; Jung, 2010; Kim, 2002)하거나 수업모형을 개발(Cho, 2001; Yang, 2014)하는 것에 그치고 있다. 이렇듯 뇌과학을 기반으로 한 교수-학습방법을 교육현장의 학생들에게 보다 쉽고 효과적으로 활용하기 위해서는 해당 학습자의 학업성취와 관련된 뇌 기능이나 뇌 특성에 대한 보다 구체적이고 과학적인 이해가 선행되어야 할 필요가 있다.

학업성취와 관련된 뇌 기능이나 특성 연구를 살펴보면, 영재는 일반아동과 뇌기능에 차이가 있으며(Kim & Lee, 2011), 뇌의 기능분화에 있어서도 일반아동과 차이가 있다(Lee, 2011). 특히, 좌·우뇌의 기능분화와 관련한 연구에서 뇌 선호도(Brain Preference Indicator: BPI)와 학업성취의 관련성을 찾아볼 수 있다. 뇌 선호도란 일상생활 속에서 판단 및 사고 시 좌뇌, 우뇌 혹은 통합 뇌를 더 선호하는가를 보여주는 것으로 모든 생활의 장에서 지속적인 행동양식으로 귀착되는 사고방식을 가리킨다. 즉, 뇌 선호도는 뇌의 기능분화에 따라 어느 쪽의 뇌가 상대적으로

더 우세한가를 알아보려는 것이 아니라 일상생활이나 학습할 때 어느쪽 뇌의 사용을 좋아하는가 알아보는 것이다(Go, 1988). 선행연구에서 초등학교 영재학생은 통합뇌 선호형이 많았으며, 일반학생은 우뇌 선호형, 통합뇌 선호형, 좌뇌 선호형 순으로 많이 나타났다(Heo, 2003). Lee (2011)의 연구에서도 영재학생들은 통합뇌 선호형이 많았고, 일반학생들은 좌뇌 선호형이 많았다. 또한 뇌의 인지특성과 학업성적 간에는 의미있는 관련성이 있으며, 일반적으로 좌뇌 우세아 집단이 우뇌 우세아 집단보다 학업성적이 높은 것으로(Go, 1988; Ha, 1985; Lee, 1983) 보고되고 있다.

이상과 같이 학업성취수준에 따른 뇌기능이나 뇌 선호도에 관한 연구들은 질문지를 이용한 연구가 대부분이고 신경생리학적인 연구는 매우 미흡한 실정이다. 뇌기능을 측정하는 직접적인 방법으로는 뇌파(electroencephalogram: EEG)나 fMRI와 같은 뇌영상 장치를 들 수 있다. 이 중 다수의 학생들의 검사에 용이하면서도 간편하게 뇌기능적 차이를 검사할 수 있는 방법으로 뇌파 검사가 있다. 뇌파 검사는 뇌신경세포들의 전기적 활동수준을 객관적인 지표로 나타내어 전기적 활동성이 높아지고 낮아지는 정도를 공간적, 시간적으로 파악할 수 있다(Shin & Shim, 2013). 또한 상대적으로 비용이 적게 들고 부작용이 없으며 시간이 적게 소요되고 장비가 비교적 간단하여 활용하기 좋은 장점이 있다. 그러므로 뇌파 측정은 인체에 아무런 해를 주지 않으면서 인간의 활동에 대하여 실시간의 경과에 따른 두뇌의 기능상태를 추정하기에 적합하기 때문에 무엇보다 과학적이고 객관적인 자료로

사용될 수 있다(Lee, Kim, & Choe, 2001).

학습능력은 학습이 정상적으로 수행되기 위해서 요구되는 능력을 말하며, 보통 인지능력, 집중력, 정보처리 속도 등의 요소로 구성된다. 이 밖에도 좀 더 성공적인 학습수행을 위한 요소로 학습의욕이나 동기 등이 포함된다. 이러한 학습능력의 신경생리학적 뇌파지표들에는 인지유발파형에 나타난 인지감마피크(cognitive gamma peak)의 진폭 변화량을 반영하는 인지강도(cognition strength)와 잠재기를 반영하는 인지속도(cognition speed)가 있다. 이 두 가지는 인지능력을 평가하는 결정 요인으로 인지감마피크는 위스콘신 카드분류 검사, 웨슬러 기억척도검사 등과 같은 신경심리 검사 점수들과 높은 상관을 보인다(Haiq, Pascalis, & Gordon, 1999; Senkowski & Herrmann, 2002)고 알려져 있다. 또한 집중력(concentration)은 여러 자극 가운데 특정한 것을 분명히 인식하는 것으로 학습 성과와 관련이 깊고(Ha, 2002; Park & Seo, 2004), 모든 학습의 기본이 되므로(Lee & Cho, 1991) 학업성취도와 밀접한 관련이 있다. 그리고 과제수행 시 정신적 스트레스 정도를 의미하는 작업부하도(mental workload)는 학습자의 정서상태를 반영한다. 작업부하도와 관련한 뇌파연구에서 학업성취수준이 높은 학생은 많은 스트레스를 받고 있어 학업에 대한 불만이나 욕구의 지속적 충족을 위한 한계 등이 나타날 가능성이 더 크다(Park, 2009). 이러한 선행연구는 스트레스나 각성 등이 학업성취에 영향을 줄 수 있는 변인으로 작용할 수 있음을 의미한다.

이상과 같은 맥락에서 인지과제 수행 시 대뇌피질의 뇌파를 측정하여 그 활동상태를 분석하면 학습능력과 관련된 요인들의 두뇌 특성 및 변화양상을 파악할 수 있다. 이는 기존의 심층면접이나 자기보고식 질문지를 사용한 방법들을 보완할 수 있는 실증적인 방법으로써 의미가

있다. 또한 아동들의 학습과정에 관여하는 고도의 인지기능들이 학업성취수준 결정에 어떻게 적용되는지에 대한 신경생리학적 단초를 제공하는 기초자료로써 의의가 있을 것이다.

따라서 이 연구는 초등학교 6학년을 대상으로 학업성취 상위집단 19명과 하위집단 19명으로 구분하여 뇌 선호도 경향과 뇌파에 의한 학습능력 요인인 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도의 특성 및 변화 양상을 알아보는데 연구의 목적이 있다. 특히, 뇌파에 의한 학습능력 검사는 연속 두 차례를 실시함으로써 두 집단의 과제 적응력이나 학습의 패턴 등을 파악하고자 하였다. 이러한 연구 목적을 달성하기 위한 구체적인 연구문제를 제시하면 다음과 같다.

<연구문제 1> 학업성취 수준에 따른 뇌 선호도 경향은 어떠한가?

<연구문제 2> 학업성취 수준에 따라 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도의 집단 특성과 1, 2차 변화 패턴은 어떠한가?

<연구문제 3> 학업성취 수준에 따른 뇌선호도 점수와 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도 간 상관관계는 어떠한가?

II. 연구방법

1. 연구대상

이 연구는 경기도 K시 N초등학교 6학년 전체 학생 124명에게 연구의 취지를 자세히 설명하고 자발적 참여를 희망하는 학생 80명을 모집하여 실험에 대한 부모의 동의를 얻었다. 연구에 참

〈Table 1〉 Subjects mean of higher and lower group in academic achievement by groups

Subject	Higher group(<i>n</i> = 19)	Lower group(<i>n</i> = 19)	<i>t</i>
	<i>M</i> (<i>SD</i>)	<i>M</i> (<i>SD</i>)	
Korean language	57.47(4.26)	38.32(11.49)	6.812***
Math	49.05(6.78)	19.79(10.79)	10.011***
Social studies	58.84(2.61)	21.05(8.31)	18.912***
Science	55.37(6.15)	26.11(7.35)	13.314***
English	58.95(2.25)	37.42(12.26)	7.526***
Average	55.94(1.84)	28.54(4.74)	23.473***

****p* < .001.

Note. Higher group in academic achievement, Lower group in academic achievement.

여한 학생 80명 중에서 학교 기말평가인 국어, 사회, 수학, 과학, 영어의 객관식 문항 총점에서 상위 20%(전체 124명 기준)에 속하면서 검사에 성실히 임한 19명을 학업성취 상위집단, 하위 20%에 속하면서 검사에 성실히 임한 학생 19명을 학업성취 하위집단으로 최종 선정하였다. 이들은 남녀 구분없이 해당 학년 전체학생 124명 중에서 상위 20%(1~25등), 하위 20%(100~124등)에 속하는 학생들이었다. Table 1은 연구대상자의 5가지 과목의 평균에 대한 Independent samples *t*-test 결과로 모든 과목에서 집단 간 유의한(*p* < .001) 차이를 보였다. 모든 대상자는 인지장애가 없고 인지과제 수행에 영향을 미칠 수 있는 약물복용이 없는 대상자들이었다.

2. 연구도구

1) 뇌 선호도 검사

뇌 선호도(BPI)는 좌, 우뇌 반구의 선호도를 측정하기 위한 질문지 검사법이다. 이 검사는 Jacquelyn와 Priscilla의 'Whole brain thinking'에 수록되어 있는 뇌 선호도 검사를 Go(Jacquelyn & Priscilla, 1984/1991)가 번역하여 우리나라 실정

에 맞도록 수정 보완한 것으로 J. Kim(2013)과 Shim(2010)의 연구에서 사용된 것을 이 연구 대상자에 맞게 수정하여 사용하였다. 이 검사 도구는 Lee(1983)와 Seo(1984)가 초등학교 6학년을 대상으로 사용하였고, Park (1997)은 초등학교 5학년을 대상으로 사용했던 것이다.

이 검사는 총 34문항으로 구성되어 있으나 복수의 답을 할 수 있고, 초등학교 6학년 학생이 의미를 파악하여 선택하기에는 무리가 있는 2문항을 제외하였다. 각 문항은 좌뇌 및 우뇌 사용, 통합뇌 사용과 관련된 진술문으로 되어있으며, 문항별로 각 진술문 중 자신에게 가장 적합하다고 생각하는 한 가지만을 선택하도록 하는 자기 반응식 검사이다. 뇌 선호도의 판별 점수는 각 문항에 배정된 점수를 합하여 총점을 구한 후, 문항의 수로 나누어 산출된 평균 점수에 따라 뇌 선호도를 구분한다. 평균점수가 1에 가까울수록 좌뇌 성향, 9에 가까울수록 우뇌 성향으로 판정하며, 1 혹은 9에 가까울수록 뇌의 기능분화가 높은 사람으로 판정한다. 또한 평균점수가 5에 근접하면 양쪽 뇌를 고르게 사용하는 사람으로 판정한다(Jacquelyn & Priscilla, 1984/1991). 이 연구에서는 뇌 선호도 경향성을 BPI 5를 기

준으로 좌뇌와 우뇌 경향성으로 나누어 결과를 산출하였다.

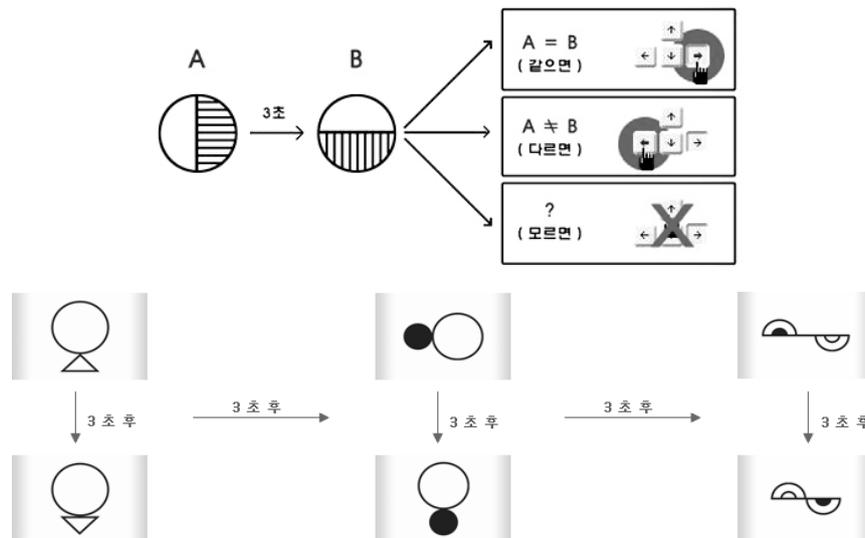
2) 학습능력검사 및 분석

학습능력검사는 고차인지기능을 측정하는 것으로 전산화 뇌파측정시스템인 CANS 3000(LXE3232, Laxtha Inc. Korea)을 사용하여 Figure 1과 같이 탈문화적인 도형패턴을 사용한 레이븐 유사도형 구분과제(Raven like pattern discrimination task)를 제시하고 반응하게 하는 검사이다. 이 검사는 인지와 관련된 감마대역의 파형을 자극제시 시점 기준으로 평균화하여 유발감마반응(induced gamma response)을 추출한 후, 각 피크들의 진폭과 잠재기를 주요하게 분석하여 인지기능을 평가하도록 고안되어 있다(Ministry of Education and Science Technology, 2009; Shin & Shim, 2013).

이 연구에서는 인지유발파형에 나타난 인지감마 피크의 진폭 변화량(높이)을 반영하는 인지강도, 인지유발파형에 나타난 인지감마피크의 잠재기(출현시점)를 반영하는 인지속도, ‘SMR+M-Beta파

Theta파’에 의해 정량화(Lubar & Lubar, 1984)하여 분석되는 집중력을 분석하였다. 또한 뇌파의 스펙트럼 분포가 저주파에 비해 고주파쪽으로 얼마만큼 상대적으로 편향되었는지 정량화하는 SEF 90%(Spectral Edge Frequency-90%)를 반영한 작업부하도를 분석하였다. 작업부하도는 학습능력 과제를 수행할 때 느끼는 정신적인 스트레스 정도를 반영한다.

‘단순패턴 지각 → 단기기억으로 저장 → 패턴과의 비교 및 판단 → 반응’ 순서로 이루어진 학습능력검사는 5분 30초 동안 30문제의 과제수행 시에 시간의 흐름에 따라 Figure 1과 같이 난이도가 쉬운 도형구분과제에서부터 어렵고 복잡한 과제순서로 제시된다(Shin & Shim, 2013). 10 문항씩 낮은(Low), 중간(Medium), 높은(High) 난이도별로 구분되어 인지강도, 인지속도, 집중력 및 작업부하도를 평가할 수 있도록 구성되어 있다. 구체적인 과제 수행방법은 먼저, 모니터 화면에 3초 동안 제시된 도형 패턴을 보고 기억한 후, 그 다음 5초 동안 제시된 패턴에 주의를



<Figure 1> How to perform Raven like discrimination task

기울여 직전의 패턴과 비교하고, 두 도형의 일치 여부를 인지하면 반응기를 손가락으로 눌러 문제에 반응하도록 하였다.

측정된 자료는 256Hz 샘플링 주파수, 0.5~50Hz의 bandpass filter, 12-bit AD변환에 의해 컴퓨터에 저장하고, 실시간 데이터수집 및 시계열 분석(time series analysis) 프로그램인 Laxtha의 TeleScan(Ver. 2.85)을 이용하여 데이터를 수집하고 분석하였다. 뇌파의 주파수 대역(frequency band)은 세타(theta: 4-8Hz), 알파(alpha: 8-12Hz), SMR(sensory motor rhythm: 12-15Hz), M-Beta(mid-beta: 15-20Hz), H-Beta(high-beta: 20-30Hz), 감마(gamma: 30-50Hz)파로 설정하였다.

3. 연구절차

뇌파측정시스템에 의한 학습능력검사의 적응을 위해 전체 피험자를 대상으로 검사 수행방법 및 뇌파측정 동안의 주의사항에 대해 사전교육을 실시하였다. 사전교육에 대한 충분한 이해를 확인한 후, 뇌 선호도 검사지를 배부하여 질문에 답을 하도록 하였다. 특히, 이 질문지가 우열을 가리기 위한 것이 아니며, 자신의 뇌 선호 패턴을 알아볼 수 있는 검사임을 인지시켜 성실하게 답할 수 있게 유도하였다.

측정 시간은 수업이 끝난 방과 후 시간을 활용하여 대상자가 원하는 시간을 사전 조사하고 조율하여 측정순서를 정하였다. 측정은 외부소음과 햇빛이 차단되고 정서적으로 안정감을 줄 수 있는 상담실을 사용하였으며, 두 대의 뇌파 측정시스템을 이용하여 뇌파측정 전문가 2명이 피험자 2명을 동시에 측정하였다. 모든 측정 환경 및 조건은 동일하게 적용하였으며, 1차와 2차에 걸쳐 2회를 연속하여 측정하였다. 이는 동일한 검사를 연속하여 실시하면서 나타나는 과

제의 적응력과 학습태도, 학습 패턴 등의 뇌파 변화를 살펴보기 위함이었다.

구체적인 측정 절차는 과제 설명(1분) → 전극 부착(5분) → 잡파(artifacts)의 혼입 여부 및 안정된 실시간 뇌파상태 점검(3분) → 1차 학습능력 검사(5분 30초) → 뇌파 기록 및 휴식(2분) → 2차 학습능력검사(5분 30초) → 뇌파 기록(2분) → 전극 제거 및 정리(4분)의 과정으로 피험자 1명의 측정시간은 평균 30분 정도 소요되었다.

4. 자료분석

이 연구에서 얻어진 모든 자료들은 통계분석 프로그램인 SPSS 17.0을 이용하여 전산처리하였다. 모든 분석 요인들에 대해서는 집단의 동질성 여부를 알아보기 위하여 정규성 검정을 실시하였다. 뇌 선호도 경향에 대한 집단 간 차이, 연속된 두 차례의 학습능력검사에 대한 집단 내, 집단 간 차이 검정은 정규성이 확보된 경우, 모수적 방법인 Paired samples *t*-test 및 Independent samples *t*-test를 실시하였다. 그러나 정규성이 확보되지 못한 경우에는 비모수적 방법인 Wilcoxon Signed-Rank test 및 Mann-Whitney *U* test를 실시하였다. 그리고 뇌 선호도 점수와 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 정신부하도 간의 상관관계를 알아보기 위하여 Pearson 방법에 의한 상관분석을 실시하였다.

Ⅲ. 연구결과

1. 학업성취 수준에 따른 뇌 선호도 경향의 차이

뇌 선호도(BPI)에 대한 집단 간 차이를 알아보기 위하여 Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk

〈Table 2〉 Group differences of BPI

Division	Higher group	Lower group	<i>t</i>
	<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	
BPI	4.70(0.77)	5.35(0.61)	-2.872**

** $p < .01$.

의 정규성 검정을 실시한 결과, 유의수준 .05보다 크게 나타나 정규성을 만족한 것으로 나타났다. Independent samples *t*-test를 실시한 결과, Table 2와 같이 학업성취 상위집단과 하위집단의 평균이 각각 4.70과 5.35로 유의한($t = -2.872$, $p < .01$) 차이가 있는 것으로 나타났다. 이러한 결과는 학업성취 상위집단은 좌뇌 경향성을 반영하고, 하위집단은 우뇌 경향성 반응을 의미한다.

2. 뇌파에 의한 학습능력의 특성 비교

Independent samples *t*-test와 Paired samples *t*-test를 사용하기 위해서는 변수에 대한 정규분포를 가정할 수 있어야 한다. 학습능력 요인에 대한 Kolmogorov-Smirnov와 Shapiro-Wilk의 정규성 검정 결과, 1차와 2차 검사 모두 ‘인지강도’와

‘작업부하도’에서 유의수준 .05보다 작게 나타나 정규성을 만족하지 못하였다. 이에 모수적 방법의 적용은 무리가 있으므로 비모수적 방법을 권장할 수 있다. 따라서 정규성을 만족하지 못한 ‘인지강도’와 ‘작업부하도’의 집단 간 차이 검정은 비모수검정을 실시하였다.

1) 집중력의 차이

난이도별 집중력 수준의 집단 간 차이를 알아보기 위해 Independent samples *t*-test를 실시한 결과, Table 3과 같이 1차 검사의 낮은 난이도에서 학업성취 상위집단(-2.23)이 하위집단(-2.79)에 비해 집중력의 평균값이 유의하게($t = 2.539$, $p < .05$) 높게 나타났다. 중간 난이도에서 상위집단(-2.19)이 하위집단(-2.71)에 비해 집중력의 평균값이 유의하게($t = 2.219$, $p < .05$) 높게 나

〈Table 3〉 Differences in the concentration level between groups

Division	Level of difficulty	Higher group	Lower group	<i>t</i>
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	
1st test	Low	-2.23(0.89)	-2.79(0.39)	2.539*
	Medium	-2.19(0.82)	-2.71(0.61)	2.219*
	High	-2.19(0.81)	-2.68(0.59)	2.099*
2nd test	Low	-2.43(0.62)	-2.55(0.46)	0.686
	Medium	-2.37(0.73)	-2.51(0.42)	0.744
	High	-2.20(0.71)	-2.50(0.53)	1.433

* $p < .05$.

<Table 4> Differences in the concentration level by measurement times

Division	Level of difficulty	1st test	2nd test	<i>t</i>
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	
Higher group	Low	-2.23(0.89)	-2.43(0.62)	1.348
	Medium	-2.19(0.82)	-2.37(0.73)	1.282
	High	-2.19(0.81)	-2.20(0.71)	0.028
Lower group	Low	-2.79(0.39)	-2.55(0.46)	-1.921
	Medium	-2.71(0.61)	-2.51(0.42)	-1.478
	High	-2.68(0.59)	-2.50(0.53)	-1.475

타났으며, 높은 난이도에서도 상위집단(-2.19)이 하위집단(-2.68)에 비해 평균값이 유의하게($t = 2.099, p < .05$) 높게 나타났다.

측정시기별 1, 2차 검사에 대한 집중력 변화를 알아보기 위해 Paired samples *t*-test를 실시한 결과, Table 4와 같이 두 집단 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 통계적으로 의미있는 차이는 없지만 평균값에서 상위집단은 1차보다 2차 검사 시 모든 난이도에서 집중력이 낮아지는 경향을 보였으며, 하위집단은 1차 검사보다 2차 검사 시 모든 난이도에서 집중력이 높아지는 경향을 보였다.

2) 인지 강도의 차이

인지강도의 집단 간 차이를 알아보기 위해 Mann-Whitney *U* test를 실시한 결과, Table 5와 같이 1차 검사의 낮은 난이도에서 상위집단(23.26)은 하위집단(15.74)에 비해 인지강도의 평균순위가 유의하게($U = 109.00, p < .05$) 높게 나타났다. 높은 난이도에서도 상위집단(23.32)이 하위집단(15.68)에 비해 평균순위가 유의하게($U = 108.00, p < .05$) 높은 것으로 나타났다.

인지강도의 1, 2차 측정시기별 변화를 알아보기 위해 Wilcoxon signed-rank test를 실시한 결과, Table 6과 같이 두 집단 모두 유의한 차이

<Table 5> Differences in cognition strength between groups

Division	Level of difficulty	Higher group	Lower group	<i>U</i>
		Mean rank (Rank total)	Mean rank (Rank total)	
1st test	Low	23.26(442.00)	15.74(299.00)	109.00*
	Medium	22.16(421.00)	16.84(320.00)	130.00
	High	23.32(443.00)	15.68(298.00)	108.00*
2nd test	Low	22.84(434.00)	16.16(307.00)	117.00
	Medium	21.21(403.00)	17.79(338.00)	148.00
	High	20.47(389.00)	18.53(352.00)	162.00

* $p < .05$.

〈Table 6〉 Differences in cognition strength by measurement times

Division	Level of difficulty	1 st test	2 nd test	Z
		Mean rank (Rank total)	Mean rank (Rank total)	
Higher group	Low	9.14(64.00)	10.50(126.00)	-1.248
	Medium	12.56(113.00)	7.70(77.00)	-0.724
	High	9.15(119.00)	11.83(71.00)	-0.966
Lower group	Low	8.67(78.00)	11.20(112.00)	-0.684
	Medium	8.64(95.00)	11.88(95.00)	0.000
	High	10.40(52.00)	9.86(138.00)	-1.730

는 나타나지 않았다. 통계적으로 유의한 차이는 나타나지 않았지만 평균순위에서 학업성취 상위집단은 1차보다 2차 검사 시, 중간 난이도에서는 낮아지는 경향을 보였고, 낮은 난이도와 높은 난이도에서는 높아지는 경향을 보였다. 하위집단에서는 높은 난이도에서 낮아지는 경향을 보였고, 낮은 난이도와 중간 난이도에서는 높아지는 경향을 보였다.

3) 인지 속도의 차이

난이도별 인지속도의 집단 간 차이를 알아보기 위해 Independent samples *t*-test를 실시한 결과, Table 7과 같이 1, 2차 검사의 모든 난이도

에서 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 통계적으로 의미있는 차이는 없었지만 평균값에서 학업성취 상위집단이 하위집단에 비해 1, 2차 검사의 모든 난이도에서 평균값이 낮게 나타나 인지속도가 빠른 경향을 보였다.

1, 2차 측정시기별 차이를 알아보기 위해 Paired samples *t*-test를 실시한 결과, Table 8과 같이 모든 난이도에서 두 집단 모두 유의한 차이가 없는 것으로 나타났다. 통계적으로 의미있는 차이는 없었지만 평균값에서 1차보다 2차 검사 시, 학업성취 상위집단은 모든 난이도에서 평균값이 낮게 나타나 인지속도가 빨라지는 경향을 보였다. 하위집단에서는 낮은 난이도와 높

〈Table 7〉 Differences in cognition speed between groups

Division	Level of difficulty	Higher group	Lower group	t
		M(SD)	M(SD)	
1 st test	Low	1.34(0.33)	1.45(0.33)	-0.981
	Medium	1.51(0.38)	1.60(0.52)	-0.599
	High	1.59(0.44)	1.64(0.58)	-0.272
2 nd test	Low	1.26(0.40)	1.40(0.30)	-1.162
	Medium	1.41(0.54)	1.71(0.38)	-1.765
	High	1.56(0.52)	1.57(0.52)	-0.053

<Table 8> Differences in cognition speed by measurement times

Division	Level of difficulty	1 st test	2 nd test	<i>t</i>
		<i>M(SD)</i>	<i>M(SD)</i>	
Higher group	Low	1.34(0.33)	1.26(0.40)	0.958
	Medium	1.51(0.38)	1.41(0.54)	0.907
	High	1.59(0.44)	1.56(0.52)	0.364
Lower group	Low	1.45(0.33)	1.40(0.30)	0.452
	Medium	1.60(0.52)	1.71(0.38)	-0.834
	High	1.64(0.58)	1.57(0.52)	0.394

은 난이도에서는 평균값이 낮아져 인지속도가 빨라지는 경향을 보였으나 중간 난이도에서는 평균값이 높아져 인지속도가 느려지는 경향을 보였다.

4) 작업부하도의 차이

작업부하도의 집단 간 차이를 알아보기 위해 Table 9와 같이 Mann-Whitney *U* test를 실시한 결과, 1, 2차 검사의 모든 난이도에서 집단 간 평균순위에 유의한 차이가 나타나지 않았다. 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 평균순위에서 학업성취 상위집단은 하위집단에 비해 1차

낮은 난이도를 제외한 모든 난이도에서 작업부하도가 낮은 경향을 보였다. 1, 2차 측정시기별 변화를 알아보기 위해 Wilcoxon signed-rank test를 실시한 결과에서도 Table 10과 같이 모든 난이도에서 유의한 차이가 나타나지 않았다. 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 평균순위에서 학업성취 상위집단은 높은 난이도에서는 1차보다 2차 검사 시에 작업부하도가 높은 경향을 보였고, 낮은 난이도와 중간 난이도에서는 낮은 경향을 보였다. 그러나 하위집단에서는 모든 난이도에서 1차보다 2차 검사 시에 작업부하도가 높아지는 경향을 보였다.

<Table 9> Differences in mental workload between groups

Division	Level of difficulty	Higher group	Lower group	<i>U</i>
		Mean rank (Rank total)	Mean rank (Rank total)	
1 st test	Low	19.63(373.00)	19.37(268.00)	178.00
	Medium	18.05(343.00)	20.95(398.00)	153.00
	High	17.63(335.00)	21.37(406.00)	145.00
2 nd test	Low	16.79(319.00)	22.21(422.00)	129.00
	Medium	16.32(310.00)	22.68(431.00)	120.00
	High	16.21(308.00)	22.79(433.00)	118.00

<Table 10> Differences in mental workload by measurement times

Division	Level of difficulty	1st test	2nd test	Z
		Mean rank (Rank total)	Mean rank (Rank total)	
Higher group	Low	10.50(105.00)	9.44(85.00)	-0.402
	Medium	10.40(104.00)	9.56(86.00)	-0.362
	High	9.89(89.00)	10.10(101.00)	-0.241
Lower group	Low	8.71(61.00)	10.75(129.00)	-1.368
	Medium	9.71(68.00)	10.17(122.00)	-1.087
	High	8.00(80.00)	12.22(110.00)	-0.604

3. 뇌 선호도 점수와 학습능력 요인 간 상관관계

학업성취 상위집단과 하위집단별로 뇌 선호도(BPI) 점수와 집중력, 인지강도, 인지속도, 작

업부하도와의 상관계수를 분석하였다. 분석 결과, 학업성취 상위집단은 Table 11과 같이 집중력과 인지속도($r = .494, p < .05$), 집중력과 작업부하도($r = .635, p < .01$) 간에 유의한 정적

<Table 11> Correlation factors of higher academic achievement group (N = 19)

Variables	BPI score	Concentration	Cognition strength	Cognition speed	Mental workload
BPI score	1				
Concentration	.276	1			
Cognition strength	.204	.009	1		
Cognition speed	-.182	.494*	.301	1	
Mental workload	.273	.635**	-.307	.046	1

* $p < .05$. ** $p < .01$.

<Table 12> Correlation factors of lower academic achievement group (N = 19)

Variables	BPI score	Concentration	Cognition strength	Cognition speed	Mental workload
BPI score	1				
Concentration	-.222	1			
Cognition strength	.228	-.144	1		
Cognition speed	-.707**	-.246	-.150	1	
Mental workload	-.179	.678**	-.160	-.055	1

** $p < .01$.

상관이 있는 것으로 나타났다. 이는 집중력이 높아질수록 인지속도도 높아지고, 작업부하도가 높아질수록 집중력도 높아짐을 의미한다.

학업성취 하위집단은 Table 12와 같이 뇌 선호도 점수와 인지속도($r = .707, p < .01$) 간에는 유의한 부적 상관, 집중력과 작업부하도($r = .678, p < .01$) 간에는 유의한 정적 상관이 있는 것으로 나타났다. 뇌 선호도 점수는 높을수록 우뇌 경향, 낮을수록 좌뇌 경향을 의미하므로 우뇌 경향일수록 인지속도는 낮아지고, 집중력이 높아질수록 작업부하도도 높아짐을 의미한다.

IV. 논의 및 결론

이 연구는 학업성취수준에 따라 상위집단과 하위집단으로 구분하고 뇌파에 의한 학습능력 검사를 연속 2회 측정하여 두 집단의 과제 적응력과 학습 패턴을 파악해보고자 하였다. 또한 질문지를 이용한 뇌 선호도 경향을 파악하여 학습능력 요인들과의 관련성 및 집단의 특성을 제시하고자 하였다.

첫 번째 연구문제인 ‘학업성취 수준에 따른 뇌 선호도 경향은 어떠한가?’라는 문제 해결을 위한 분석 결과, 학업성취 상위집단에서는 평균 4.70으로 좌뇌 경향을 보였고, 하위집단은 평균 5.35로 우뇌 경향을 보였다. 선행연구에서 초등학교 6학년 학생을 대상으로 좌·우뇌 기능 간 우세성과 교과 성적과의 상관관계에서 교과 성적이 높을수록 우뇌보다 좌뇌를 더 활용한다는 연구결과(Seo, 1984)와 일치한다. 일반적으로 좌뇌는 우뇌보다 언어적이고 계열적이고 논리적이며 분석적인 방법으로 학습과제 해결에 접근하고, 우뇌는 시각적·공간적·직관적·형태적인 방법으로 과제 해결에 접근한다고 볼 때, 언어

적·수학적·논리적인 처리를 하는 좌뇌는 학업성취와 높은 상관관계를 갖게 된다(Jacquelyn & Priscilla, 1984/1991). 이는 전통적인 교육이 인지, 기억, 추상화된 기호 사용 등의 좌반구 방식에 의존하고 있으므로 학생들은 좌반구가 발달되고, 우반구가 미발달되는 결과를 나타낸다는 Haglund(1981)의 주장은 높은 학업성취와 좌뇌와의 관계를 지지해준다.

이 연구에서 학업성취 수준에 따른 뇌 선호도 경향의 차이는 국어, 수학, 사회, 과학, 영어 과목에 한정된 주요 교과목을 바탕으로 하였고, 방과 후 학원 등에서도 이와 같은 교과 학습이 주를 이루는 것과 관련이 있을 것으로 보인다. 즉, 이 연구의 교과목 학습내용이나 방법이 주로 언어와 수리, 논리와 관련 있는 좌뇌 중심이기 때문에 이러한 교과목의 높은 학업성취도는 좌뇌와 관련이 깊을 수 있다는 것이다.

두 번째 연구문제인 ‘학업성취 수준에 따라 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도의 집단 특성과 1, 2차 변화 패턴은 어떠한가?’라는 연구문제 해결을 위한 분석결과, 1차 집중력 검사에서 학업성취 상위집단은 하위집단에 비해 모든 난이도에서 유의하게 높게 나타났다. 이러한 결과는 학업성취 수준별 뇌파분석에서 상위집단 학생들이 높은 집중력을 보였다는 Park(2009)의 연구와 일치한다. 집중력은 다양한 자극이나 정보 중에 주의를 기울인 다음, 그 주의의 초점을 다른 자극이나 정보로 돌리지 않고 계속 유지하는 것으로 이 연구의 학업성취 상위집단은 하위집단보다 높은 집중력으로 1차 검사에 임했음을 알 수 있다.

집중력에 대한 1차와 2차 검사의 변화 패턴을 살펴보면, 비록 통계적 유의성은 없었지만 학업성취 상위집단은 1차 보다 2차 검사 시 모든 난이도에서 집중력의 평균값이 낮아지는 경

향을 보인 반면, 하위집단에서는 1차 보다 2차 검사 시 집중력이 향상되는 경향을 보였다. 이는 유사한 과제를 반복했을 때, 학업성취 상위 집단은 처음 제시된 과제에는 높은 집중력으로 과제를 해결해가나, 두 번째 과제에는 첫 번째 과제에 비해 낮은 집중력으로 과제를 해결하는 경향이 있다. 반면에 하위집단은 첫 번째 과제 보다는 두 번째 과제에서 높은 집중력으로 과제를 해결하는 경향이 있음을 의미한다.

인지강도에서는 1차 검사의 낮은 난이도와 높은 난이도에서 학업성취 상위집단이 하위집단에 비해 평균순위가 유의하게 높게 나타났다. 선행연구에서 학업성취 상위집단이 하위집단보다 인지강도가 월등히 높았다는 연구결과(Park, 2009)는 이 연구결과를 지지해준다. 이 연구의 학습능력검사의 과제는 화면에 제시된 패턴을 단기기억(working memory)에 먼저 저장하고, 이후 패턴이 제시되면 주의 유발이 동반되면서 이전 기억해둔 패턴과의 일치(memory match) 여부를 인지하는 과정으로 구성되어 있다. 이러한 인지과정 수행정도가 높을수록 인지강도가 높음을 의미하므로 처음으로 시작되는 과제 수행에서 높은 수준의 인지강도는 학업성취 상위 집단의 인지적 특성으로 여겨진다.

인지강도 및 인지속도의 1~2차 측정시기별 변화에서는 비록 통계적 유의성은 나타나지 않았다. 그렇지만 상위집단의 경우, 인지강도는 1차에 비해 2차 과제수행에서 중간 난이도는 낮아지고, 낮은 난이도와 높은 난이도는 높아지는 경향을 보였다. 또한 인지속도에서는 모든 난이도에서 2차에 빨라지는 경향을 보였다. 하지만 하위집단의 경우에는 인지강도가 높은 난이도에서는 낮아지고, 낮은 난이도와 중간 난이도에서는 높아지는 경향을 보였다. 또한 인지속도에서는 낮은 난이도와 높은 난이도에서는 빨라졌지

만 중간 난이도에서는 느려지는 경향을 보였다. 이러한 결과는 두 집단의 과제수행 시 인지강도 및 속도의 패턴에 차이가 있음을 의미한다.

작업부하도에서는 집단 간 유의한 차이가 나타나지 않았다. 비록 통계적으로 유의한 차이는 없었지만 평균순위에서 학업성취 상위집단은 하위집단에 비해 1차 낮은 난이도를 제외한 모든 난이도에서 작업부하도가 낮은 경향을 보였다. 측정시기별 변화에서도 상위집단은 1차보다 2차에 낮아지는 경향을 보였고, 하위집단은 높아지는 경향을 보였다. 작업부하도는 어떤 사물을 받아들이거나 문제를 해결 할 때 뇌가 받는 스트레스 및 정서적 부담 정도를 반영한다. 이러한 작업부하도의 속성으로 미루어 볼 때, 난이도 있는 과제의 문제해결 과정에서 상위집단은 하위집단에 비해 정신적 스트레스에 덜 노출되는 경향이 있다. 반면에 하위집단은 상위집단에 비해 정신적 스트레스에 좀 더 많이 노출되는 경향이 있음을 의미한다. 비록 작업부하도 결과에 대한 통계적 한계는 있지만, 문제해결을 위한 사고활동 시에 수학 영재아동들이 일반아동에 비해 두뇌 내부정보를 활용하는 뇌기능의 활성을 낮게 요구하며, 문제 해결을 쉽게 했다는 N. Kim(2013)의 연구와 유사하다. 하지만 성적 상위집단이 하위집단보다 작업부하도가 높아 스트레스를 많이 받는 것으로 나타난 Park (2009)의 연구와는 일치하지 않는다.

세 번째 연구문제인 ‘학업성취 수준에 따른 뇌 선호도 점수와 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도 간 상관관계는 어떠한가?’라는 문제 해결하기 위한 분석결과, 학업성취 상위집단은 집중력과 인지속도, 집중력과 정신부하도 간에 유의한 정적 상관을 보였다. 이는 집중력이 높아질수록 인지속도와 작업부하도도 높아짐을 의미한다. 학업성취 하위집단

에서는 집중력과 정신부하도 간에는 유의한 정적 상관, 뇌 선호도(BPI) 점수와 인지속도 간에는 유의한 부적 상관을 보였다. 뇌 선호도 점수는 높을수록 우뇌 경향, 낮을수록 좌뇌 경향을 의미하므로 하위집단은 우뇌 경향일수록 인지속도는 느려지고, 집중력이 높아질수록 작업부하도도 높아짐을 알 수 있다.

선행연구에서 영재의 뇌는 일반아동의 뇌에 비해 동일 기능을 담당하는 묶음이 많아서 자극에 대해 효율적으로 종합하여 처리한다(Kim & Lee, 2011). 또한 영재의 경우, 일반아동에 비해 좌·우반구의 교류가 활발하거나 뇌량이 두껍고(Gaser & Schlaug, 2003; Schlaug, 1995), 영재들은 좌·우뇌를 상호보완적으로 활용한다(O'Boyle, 2005). 이상과 같은 영재아동의 선행연구로 미루어 볼 때, 이 연구의 학업성취 상위집단에 대한 두뇌 특성도 좌·우뇌의 교류가 하위집단 보다 효율적으로 이루어져 높은 학업성취와 연결된 것으로 보인다.

이상과 같은 결과를 종합해보면, 뇌 선호도 검사를 통해 학업성취 상위집단은 좌뇌 경향, 하위집단은 우뇌 경향을 보였다. 그리고 학습능력 요인들의 결과에 대해서는 통계적 한계는 있지만 생소한 첫 번째 수행과제에서 학업성취 상위집단은 높은 집중력과 인지강도, 빠른 인지속도, 낮은 정신적 스트레스 상태에서 과제를 수행하였다. 그리고 연속된 두 번째 수행과제에서는 1차에 비해 낮은 집중력과 높은 인지강도로 과제를 빠르게 해결해가는 경향을 보였다. 반면에 학업성취 하위집단은 낮은 집중력과 인지강도, 느린 인지속도, 높은 정신적 스트레스 상태에서 첫 번째 과제를 수행하였다. 그러나 연속된 두 번째 수행과제에서는 1차에 비해 높은 집중력과 인지강도, 빠른 인지속도, 높은 정신적 스트레스 상태에서 과제를 수행하는 경향을 보였다.

이러한 결과로 미루어 볼 때, 학업성취 상위집단과 하위집단은 학습과정에 관여하는 인지기능 변화 패턴에 차이가 있음을 알 수 있다. 그러므로 뇌파에 의한 집중력, 인지강도, 인지속도, 작업부하도는 학업성취수준을 결정하는데 중요한 요인으로 작용할 수 있음을 시사하였다. 더불어 학습과정에 관여하는 고도의 인지기능들의 두뇌 특성을 활용하여 교수학습 방법 및 프로그램 개발의 기초자료로도 활용할 수 있을 것이다.

그러나 이 연구는 연구의 표집 대상이 경기도 K시의 N초등학교 6학년 학생으로 한정하여 연구결과를 일반화하기에는 한계가 있다. 또한 연구결과의 해석에 있어서도 통계적 한계를 가지고 있다. 그렇지만 학습과정에서 중요한 시기인 초등학생을 대상으로 학업성취수준에 따른 뇌 선호도 경향과 학습과정에 관여하는 인지기능 요인들의 특성 및 변화양상을 신경생리학적으로 제시했다는 점에서는 연구의 의의가 있다. 추후 연구에서는 이 연구의 한계를 극복할 수 있는 객관적이고 타당성있는 실험설계 통하여 실제 교육현장에서 학생들의 잠재능력을 이끌어낼 수 있는 체계적이고 과학적인 연구가 이루어지길 기대한다.

References

- Cho, J. Y. (1998). Educational applications of cognitive sciences discoveries about learning and memory. *The Journal of Elementary Education*, 12(2), 153-179.
- Cho, J. Y. (2001). Development of the brain-based teaching model for the emotion education in the elementary school. *The Journal of Korea Elementary Education*, 12(2), 369-391.

- Gaser, C., & Schlaug, G. (2003). Brain structures differ between musicians and non-musicians. *The Journal of Neuroscience*, 23(27), 9240-9245.
- Go, Y. H. (1988). Korean's brain. *Ajou Research Review*, 11, 141-174.
- Ha, J. D. (1985). *Relations between brain function characteristics, cognitive patterns and academic performance*. Unpublished master's thesis, Chung-ang University, Seoul, Korea.
- Ha, K. H. (2002). *The effects of alpha-wave meditation music on the concentration power of elementary school students*. Unpublished master's thesis, Changwon University, Gyeong-sangnam-do, Korea.
- Haglund, E. (1981). A closer look at the brain as related to teachers and learners. *Peabody Journal of Education*, 58(4), 225-234.
- Haiq, A. R., Pascalis, D. V., & Gordon, E. (1999). Peak gamma latency correlated with reaction time in a conventional oddball paradigm. *Clinical Neurophysiology*, 110(1), 158-165.
- Heo, U. J. (2003). *Left and right brain preferences of gifted and normal children in the elementary school*. Unpublished master's thesis, KonKuk University, Seoul, Korea.
- Jacquelyn, W., & Priscilla, D. (1984). *Whole brain thinking: Working from both sides of the brain to achieve peak job performance*. New York: William Morrow & Co.
- Jacquelyn, W., & Priscilla, D. (1991). *Whole brain thinking: Working from both sides of the brain to achieve peak job performance*. (Y. H. Go, Trans.). Seoul: Yangseowon. (Original work published 1984)
- Jung, J. J. (2010). Brain-based teaching: Learning with concepts and principles. *The Journal of Yeolin Education*, 2010(2), 19-39.
- Kim, J. J. (2013). *A case study on the effectiveness mathematics class using materials corresponding to three types of brain preference*. Unpublished master's thesis, Kookmin University, Seoul, Korea.
- Kim, N. H. (2013). *An analysis of the EEG activities of mathematically gifted and average students in open-ended problem solving process*. Unpublished master's thesis, Korea National University of Education, Chungcheongbuk-do, Korea.
- Kim, Y. M. (2002). A study on the application and performance of brain-based teaching-learning. *Korean Journal of Educational Research*, 40(3), 247-270.
- Kim, Y. M., & Lee, J. E. (2011). An analysis of brain functional differences between the gifted and the non-gifted. *The Korean Journal of Educational Psychology*, 25(1), 111-130.
- Lee, G. W., Kim, D. S., & Choe, J. W. (2001). *Electroencephalogram*. Seoul: Korea Medicine Books.
- Lee, J. H. (2011). *Comparisons between gifted and general children in hemispheric lateralization, fixation, and creative disposition*. Unpublished master's thesis, Seoul National University of Education, Seoul, Korea.
- Lee, J. K. (1983). *A study on the relationships between brain hemispheric specialization and school achievements*. Unpublished master's thesis, Chosun University, Gwangju, Korea.
- Lee, J. M. (2005). Forming background and

- significance of brain-based learning paradigm. *Education Promotion*, 18(4), 55-61.
- Lee, S. C., & Cho, I. S. (1991). Selective attention of the educable mentally retarded according to incidental task and transfer operations. *Journal of Speech & Hearing Disorders*, 1, 87-122.
- Lubar, J. O., & Lubar, J. F. (1984). Electroencephalographic biofeedback of SMR and beta for treatment of attention deficit in a clinical setting. *Biofeedback and Self-Regulation*, 9(1), 1-23.
- Ministry of Education and Science Technology. (2009). *Development of brain-machine interface* (GOVP1200950788). Seoul: Korea G.P.O.
- O'Boyle, M. W. (2005). Some current findings on the brain characteristics of the mathematically gifted adolescent. *International Education Journal*, 6(2), 247-251.
- Park, J. S., & Seo, M. S. (2004). The relationship between attentiveness and grades of high-school students. *Korea Sport Research*, 15(2), 113-127.
- Park, K. H. (2009). *An analysis on the relationship of the linguistic intelligence and multiple intelligence according to the youth academic achievements and their's brain waves*. Unpublished doctoral dissertation, Myong Ji University, Seoul, Korea.
- Park, S. H. (1997). A study on the relationships among cerebral lateralization, creativity, and academic achievement. *Korean Journal of Educational Research*, 35(3), 97-125.
- Schlaug, G. (1995). Increased corpus callosum size in musicians. *Neuropsychologia*, 33(8), 1047-1055.
- Senkowski, D., & Herrmann, C. S. (2002). Effects of task difficulty on evoked gamma activity and ERPs in a visual discrimination task. *Clinical Neurophysiology*, 113(11), 1742-1753.
- Seo, H. K. (1984). *A study on the relationship between the lateralization of brain function and the academic achievement of elementary school students*. Unpublished master's thesis, E-wha Womans University, Seoul, Korea.
- Shim, S. K. (2010). *A study on math anxiety according to the features of brain preference*. Unpublished master's thesis, Korea National University of Education, Chungcheongbuk-do, Korea.
- Shin, S. K., & Shim, J. Y. (2013). Relationship between effects of pink noise on brain wave concentration index by individual characteristics and multiple intelligence. *Korean Journal of the Science of Emotion & Sensibility*, 16(4), 481-492.
- Yang, S. Y. (2014). Educational meaning and requirement on the brain-based science methods course for pre-service early childhood teachers: A preliminary study for the development of the brain-based science methods course. *Early Childhood Education Research & Review*, 18(2), 111-134.

Received September 30, 2015

Revision received December 15, 2015

Accepted Decemer 19, 2015