

英才教育研究
 Journal of Gifted/Talented Education
 2005. Vol 15. No 1, pp. 67-84

뇌파검사 자료를 기반으로 한 과학영재 판별 지수(G-Index) 개발과 적용

김경화 (이화여자대학교)*
 김규한 (이화여자대학교)
 이선길 (이화여자대학교)
 허 명 (이화여자대학교)
 김용진 (서원대학교)

요 약

과학영재 판별의 대안적 도구로서의 가능성을 찾아보기 위하여 영재 집단과 일반 집단의 뇌파검사를 실시하였다. 뇌파의 주성분 공간분석법인 PCA분석 자료의 집단별 차이점을 이용하여 과학영재 판별지수(Gifted Index: G-Index)를 개발하고 과학영재 판별의 가능성을 탐색하여 보았더니 76% 수준에서의 판별 효과를 얻을 수 있었다. 또 과학영재 판별이 가능한 기타 판별도구 성취도들 간의 상관관계를 바탕으로 하여 회귀분석을 시도한 결과는 <Logit(영재여부)=-57.510+(-.018)TTCT검사+(.057)IQ검사+(1.916)장외존/장독립검사+(.682)공간지각능력검사+(.088)실험능력평가+(.034)G-Index>로 나타났다. 이를 근거로 한 영재 판별 확률식을 제안하면

$$P = \frac{1}{1 + e^{-[-0.018(TTCT) + 0.057(IQ) + 1.916(\text{장외존}) + 0.682(\text{공간}) + 0.088(\text{실험}) + 0.034(\text{뇌파}) - 57.510]}}$$

와 같고 이 회귀분석식을 적용한 결과 영재 집단 내에서의 판별 가능성이 95% 수준에서 매우 우수하였다. 따라서 과학영재 판별의 대안적 도구로서의 뇌파검사와 G-Index의 유용성을 확인할 수 있었다.

주제어: 과학영재 판별, 뇌파검사 자료, 과학영재성 지수(G-Index)개발과 적용, 회귀분석

* 교신저자 : 김경화 (ddarong81@hanmail.net)

I. 서론

과학영재교육의 시작점이 되는 과학영재 판별에 대한 연구는 필수적이며, 기존 판별도구의 보완적 의미로서 학습 과정을 과학적 연구의 대상으로 학습과학 (Science of Learning)의 새로운 패러다임 하에서 인간의 뇌가 학습하는 방식에 관한 연구를 교육에 적용하고자 하는 노력이 이루어지고 있다(강호감, 1991; 권용주, 1998). 본 연구에서는 과학영재를 대상으로 하여 과학문제 해결과정에서 발생하는 뇌전도(electroencephalogram: EEG) 자료를 기반으로 하여 그 차이점과 경향성을 일반 학생들과 비교하여 과학영재 판별의 대안적 방안으로 제시하고자 하였다. 이를 위하여 2004학년도 서울시교육청 산하 과학영재 교육원에서 과학영재 교육을 받은 중학교 1학년의 영재 학생과(n=20) 일반 학생들을(n=19) 대상으로 19 채널을 이용한 EEG 측정을 실시하였다. EEG 측정은 피험자들의 EEG 신호를 「안정상태」에서와 「과학문제 해결과정」으로 구분하여 기록하였고 시계열 신호 종합 분석 프로그램인 Complexity를 사용하여 공간적 주성분에 따른 뇌반응 패턴을 알아보는 PCA분석법을 통하여 처리하였다. 영재 집단의 차별화된 PCA 패턴과 이를 기반으로 하여 과학영재 판별지수(Gifted-Index: G-Index)를 개발·적용하여 과학영재 판별의 새로운 가능성을 탐색하였고 기타 과학영재 판별도구의 성취도 점수와 G-Index를 포함시킨 상관관계 분석과 회귀분석을 통하여 과학영재 판별 예측가능성을 검증하여 보았다. 과학영재 판별 과정 및 선발의 적절성은 과학영재교육의 출발점이라는 점에서 항상 중요한 부분을 차지하고 있으므로 본 연구에서의 학습과학에 입각한 새로운 시도와 그 결과가 향후 과학영재 판별의 기초 자료로 유용하게 쓰일 것을 기대한다.

II. 연구의 내용 및 방법

1. 연구 문제

본 연구의 연구 문제는 다음과 같다.

첫째, 뇌파검사 자료를 과학영재 판별지수(G-Index)로 개발, 활용할 수 있는 방법은 무엇인가?

둘째, G-Index를 적용하여 판별 결과를 예측하면 그 결과는 어떻게 될 것인가?

셋째, 과학영재 판별에 사용 가능한 기타 판별도구와 G-Index간의 상관관계는 어떠한가?

2. 연구의 범위 및 제한점

본 연구의 범위와 제한점은 다음과 같다.

첫째, 본 연구와 검사는 2004학년도 서울 소재 과학영재교육원 학생들을 대상으로 조사한 결과이므로 다른 지역과 환경에 일반적으로 적용하기에는 한계가 있을 수 있다.

둘째, 본 연구에서 과학영재라고 판별되어진 집단은 서울시에서 동시에 시행된 동일한 판별 절차를 거친 집단이나, 과학 영재성이나 과학영재에 대한 다양한 관점이 존재하므로 집단의 특성이 연구 결과에 영향을 미칠 수 있다.

셋째, 뇌파 활성도의 측정 시 기구의 설치 문제로 전 피험자가 동시에 같은 시간에 측정한 결과가 아니므로 이런 차이가 실제 집단 전체의 반응에 영향을 미칠 수 있다.

넷째, 뇌파검사의 특성상 동일 조건에서 다수의 피험자를 동시에, 동일 환경하에서 검사하는 일이 어려워 많은 수의 피험자를 확보하지 못한 것이 통계상의 제한점으로 남는다.

3. 연구 대상과 방법

본 연구의 연구 대상은 2004학년도 서울시교육청 산하 영재교육원 소속 중학교 1학년 학생들(20명)과 일반 학생(19명)이며, 각종 판별도구의 성취도와 Complexity를 이용한 뇌파검사 패턴 분석 자료를 중심으로 비교하고 이를 SPSS 11.0을 이용하여 동질성검증 및 피어슨(Pearson) 상관계수와 다중회귀분석을 사용하여 처리하였다. 본 연구에서 사용한 뇌파 측정기구는 32채널 디지털 유선 뇌파 측정기인 QEEG-32(LXE1108-RS232, LAXTHA Inc.)이고 국제표준법에 의거한 19채널을 중심으로 뇌파 데이터를 analog data로 측정한 다음 이를 digital data 및 map으로 변환시켜 두뇌의 α , β , γ , θ wave의 활성율을 측정한 후 PCA분석법을 통하여 집단별 특성을 추출하였다.

Ⅲ. 연구 결과 및 논의

1. 뇌파검사를 기반으로 한 과학영재 판별지수(G-Index) 개발

뇌파검사 자료 분석 결과 집단별로 유의미한 차이를 나타내고 있었으며 일반 집단과 구분되는 과학영재의 뇌파특징을 활용하여, 피험자의 뇌파가 과학영재 집단의 평균 패턴과 얼마나 유사한 뇌파특징을 나타내는지를 정량적인 수치로 대표할 수 있는 지표를 개발하는 것이 과학영재 판별지수(Gifted-Index: G-Index) 개발의 목표이다.

(1) PCA 분석(Principal Component Analysis) 실시

본 지수 개발을 위하여 먼저 일반 집단과 영재 집단의 뇌파반응의 대표성을 나타내는 평균 PCA 패턴을 찾아내야 한다. PCA 분석은 뇌파의 선형 분석법 중 각 뇌 부위의 구성 요소인 독립모드 패턴이 분석할 시계열에 의해 결정된다는 사실을 이용한 것으로 다채널 시계열로부터 채널수와 동일한 개수의 공간적 독립모드(principal mode) 패턴들을 얻어내는 분석법이다(Laxtha, 2002). 즉 n채널 시계열에 PCA를 적용하면 n개의 독립모드 패턴과 각 패턴의 활성화도(eigenvalue)를 얻을 수 있고 이때 활성화도가 높은 패턴의 순서대로 1,2,..., n번째 모드로 정렬한 후 활성화도가 가장 큰 첫번째 구성 패턴(Basis Pattern-1)을 주로 관찰하여 각 채널사이의 상호상관계수로 구성된 행렬인 covariance matrix를 구현하고 행렬을 대각화시킴으로써 각각의 독립모드들과 각 독립모드에 대한 활성화도 수치인 고유값을 얻어 그 기본 형태를 평균하여 패턴화 시키는 것이다. 공간적 독립모드를 얻는 과정은 먼저 다중 채널 EEG $x_k(t_i)$ ($k=1,2,\dots,n; i=1,2,\dots,N$)을 수식(1)에 의해 정규화한다. 이때 인덱스 k는 공간적인 각 채널을 의미하고 i는 시간적인 샘플링 순서를 의미하며 총 채널 수는 n이고 총 샘플링 개수는 N개가 된다.

수식(1)

위와 같은 정규화 과정을 거친 다중 채널 EEG로부터 수식(2)과 같이 각 채널 사이의 상호상관계수로 구성된 행렬인 covariance matrix를 구현하면 독립모드들과 각 독립모드에 대한 활성화 수치인 고유값 $\sigma_k (k=1,2,\dots,n)$ 을 얻게 되고 PCA 분석에 의해 얻어진 n개의 기본 패턴들은 각 패턴들간에 상호 상관이 0이 되는 조건을(uncorrelated) 만족하게 된다.

$$\Xi = \frac{1}{N} \begin{bmatrix} \sum_{i=1}^N y_1(t_i)v_1(t_i) & \sum_{i=1}^N y_1(t_i)v_2(t_i) & \cdots & \sum_{i=1}^N y_1(t_i)v_n(t_i) \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \sum_{i=1}^N y_n(t_i)v_1(t_i) & \sum_{i=1}^N y_n(t_i)v_2(t_i) & \cdots & \sum_{i=1}^N y_n(t_i)v_n(t_i) \end{bmatrix} \quad \text{수식(2)}$$

위와 같은 과정을 거쳐 얻어낸 PCA패턴은 뇌의 공간별 반응 경향성을 살펴보는 지표로 사용된다.

(2) G-Index 개발

다음으로 영재 판별에 활용할 수 있는 G-Index는 “눈감은 안정상태”의 영재 집단의 공간적 PCA패턴의 평균 수치를 참고로 하여 각 개별 피험자와 영재 PCA패턴과의 패턴 일치도를 구한 것이며 공간적 상관지표에 가중치 개념을 추가 도입하여 다음 수식(3)과 같이 계산한다.

$$G-Index = \frac{\sum_i w_i (G_i - \bar{G})(S_i - \bar{S})}{\sqrt{\sum_i (G_i - \bar{G})^2} \sqrt{\sum_i (S_i - \bar{S})^2}} \times 100 \quad \text{수식(3)}$$

위의 수식(3)에서 G는 기준이 되는 영재 PCA패턴을 의미하고 S는 개별 피험자의 PCA패턴을 의미하며 \bar{G}, \bar{S} 는 전 채널부위에 대한 각 해당 PCA패턴의 평균 활성화도를 나타내고 G_i, S_i 는 i-ch 전극부위의 활성화도를, w_i 는 i-ch 전극부위에 대한 가중치를 나타낸다. 다음으로 통계적으로 유의미한 영재/일반차이를 나

타낸 부위의 상관지표에 더 큰 가중치를 주는 방식으로 G-Index를 수식(4)와 같이 구성하였다. 즉 영재/일반차이를 통계 검정하는 *t-test*에서 해당 전국 부위의 통계적 유의수준(p-value)이 0.05 이하인 경우 해당 가중치로 1이 할당되며 그 밖의 경우엔 0.5가 할당되는 방식이다.

수식(4)

마지막으로 G-Index가 소수점 자리가 아닌 사용하기 편한 두 자리 정수범위의 값을 갖도록 하기 위해 수식(4)의 계산 값에 100을 곱하는 계산과정이 추가되었다. 결론적으로 G-Index는 그 값이 클수록 피험자의 PCA패턴이 영재의 패턴과 더 유사한 형태임을 의미하는 지표이다.

2. 과학영재 판별지수(G-Index)의 적용

(1) 패턴 일치도를 이용한 판별

뇌파검사 자료를 기반으로 한 과학영재 판별지수(G-Index)값으로 영재를 판별 시도 하였을 때 결과는 다음 <표 1>과 같다.

<표 1> G Index를 이용한 영재 판별 가능성 예측(중학생)

경우의 수	해당인원	전체	판별 가능성 예측(%)
영재라고 판별했을 때 현재 영재 집단에 속해있을 확률	12	17	70.588235
영재라고 판별했을 때 현재 일반 집단에 속해있을 확률	5	17	29.411765
일반이라고 판별했을 때 현재 일반집단에 속해있을 확률	9	11	81.818182
일반이라고 판별했을 때 영재 집단에 속해있을 확률	2	11	18.1818
영재/일반 집단을 정확히 판별할 확률	21	28	76.203209
영재/일반 집단을 오판할 확률	7	28	23.796791

위의 표는 G-Index 만을 가지고 영재 집단과 일반 집단의 판별을 시도하였을 때 의 확률을 조사한 것이다. 이때 판별의 기준이 되는 영재 집단의 문턱치값을 47.642이라 하고 일반 집단의 문턱치값은 29.440769로 결정하였는데 이 값은 영재 집단과 일반 집단의 PCA분석 자료가 가장 명확히 판별되는 경계선의 값으로 결정한 것이며, 각 문턱치 값 사이의 인원은 G-Index만으로는 판별이 불가능한 인원을 의미한다. 따라서 판별 인원수가 28명이 된 것은 판별 가능한 대상 내에서 성공적으로 판별한 비율만을 의미하므로 판별 가능한 대상은 17+11=28이며 제대로 판별한 경우는 12+9=21이 됨을 의미한다. 각 부분별 판별의 결과를 기반으로 할때 G-Index을 이용하여 영재와 일반을 정확히 판별할 확률은 21/28(76.203209%)이고 오판할 확률은 7/28(23.796791%)가 된다.

다음으로 뇌파검사를 수행한 동일 피험자들의 기타 판별도구의 성취도를 중심으로 집단별 예측확률을 비교함으로써 G-Index에 의한 판별확률의 유용성을 확인해보고자 하였다.

<표 2> 판별도구별 영재 판별 예측확률(중학생)

예측 확률(%)	TTCT검사	IQ검사	장의존/ 장독립 검사	공간지각 능력검사	실험능력 평가	G Index
일반 집단	47.4	63.2	57.9	89.5	63.2	81.8
영재 집단	70.0	75.0	85.0	90.0	60.0	70.5
총합	59.0	69.2	71.8	89.7	61.5	76.2

<표 2>에서와 같이 기타 판별도구와 비추어보았을 때 G-Index를 이용한 영재 판별 가능성을 탐색할 수 있었다. 76% 수준에서의 판별이란 그다지 높은 예측 확률은 아니지만 단 하나의 지수만으로 영재를 판별한다는 것은 G-Index의 경우가 아니더라도 많은 오류의 소지를 가지고 있고 위의 결과는 뇌파검사를 실시한 39명의 데이터만을 근거로 판별한 결과이므로 더 많은 인원수의 판별 절차를 거친다면 예측 가능성이 상승할 것으로 기대되어진다.

이런 결과는 지금 앞에서 자료로 제시한 중학생 피험자 39명의 데이터만을 근거로 판별한 결과이므로 결과의 타당도와 신뢰도 보완을 위하여 추가적으로 고등

학생 피험자들(영재 집단 20명, 일반 집단 20명) 대상으로 한 동형 검사 자료를 보충하면 다음과 같다.

<표 3> G Index를 이용한 영재 판별 가능성 예측(고등학생)

경우의 수	해당인원	전체	판별 가능성 예측(%)
영재라고 판별했을 때 현재 영재 집단에 속해있을 확률	21	31	67.7419
영재라고 판별했을 때 현재 일반 집단에 속해있을 확률	10	31	32.2580
일반이라고 판별했을 때 현재 일반집단에 속해있을 확률	6	7	85.7142
일반이라고 판별했을 때 영재 집단에 속해있을 확률	1	7	14.2857
영재/일반 집단을 정확히 판별할 확률	27	38	76.7281
영재/일반 집단을 오판할 확률	11	38	23.2718

동일한 방법과 문항으로 측정된 고등학생의 결과도 중학생의 경우와 비슷한 것으로 나타나 더 많은 인원수의 판별 절차를 거친다면 G-Index를 이용한 영재 판별의 가능성이 상승할 것으로 기대되어지고 이런 연구가 과학영재 판별도구의 적절성 검증의 새로운 방법을 제시할 수 있는 것으로 기대어진다.

(2) 기타 영재 판별도구별 성취도 자료 분석

먼저 두 집단을 대상으로 뇌파검사 피험자들에게 과학영재 판별도구로 사용 가능한 TTCT검사, IQ검사와 장의존/장독립검사 및 공간지각능력 검사, 실험능력 평가 등을 수행하고 성취도를 구하여 집단의 동질성검증을 실시하였다.

<표 4> 집단 동질성검증을 위한 다변량분석 결과

Effect	Statistics	Value	F	Hypoth. DF	Error DF	Sig. of F
영재 여부	Wilks'λ	.356	13.443	7	52	.000**
	Hotelling's T	1.810	13.443	7	52	.000**

* $p < 0.05$, ** $p < 0.01$

다변량 통계치로 널리 사용되는 ‘Wilks’ λ 와 ‘Hotelling’s T’ 계산 결과가 <표 4>에 제시되어 있는데 영재 여부에 따른 F 통계치는 자유도 (7, 52)에서 13.443으로 7개 종속 변수에 따라 조정된 유의수준 0.01에서 통계적으로 유의한 값임이 밝혀졌다. 이는 뇌파검사 대상인 영재 집단과 일반 집단이 동질한 집단이라는 영가설을 기각하는 결과이므로, 두 집단은 동질한 집단이 아니라고 결론내릴 수 있는 기반이 된다.

다음으로 각종 판별도구의 성취도를 G-Index와 함께 비교하여 상관관계를 분석한 결과는 다음과 같다.<표 5>

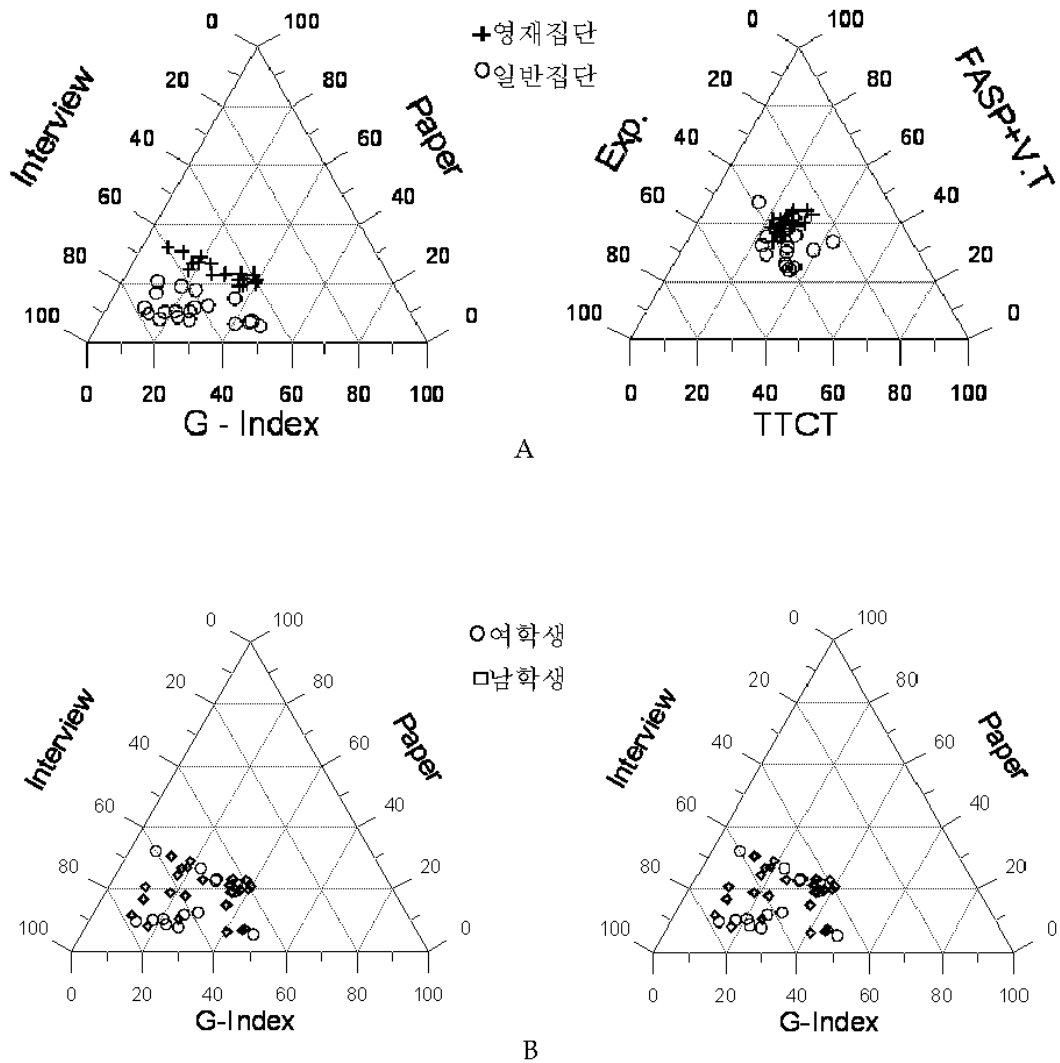
<표 5> 각 검사 사이의 통계적 분석

	TTCT검사	IQ검사	장의존/장독립 검사	공간지각 능력검사	실험능력 평가
IQ검사	Corr. .235 (Sig.) (.150)				
장의존/장독립 검사	Corr. .238 (Sig.) (.145)	.313 (.053)			
공간지각능력검 사	Corr. .059 (Sig.) (.719)	.372(*) (.020)	.495(**) (.001)		
실험능력 평가	Corr. .037 (Sig.) (.825)	.242 (.138)	.194 (.237)	.237 (.147)	
G Index	Corr. .072 (Sig.) (.664)	.197 (.229)	.174 (.291)	.368(*) (.021)	.185 (.260)

* $p<0.05$, ** $p<0.01$

위의 결과에서 G-Index는 공간지각능력 검사와 유의미한 정도의 양의 상관관계를 나타내고 있음을 알 수 있으나 다른 판별도구와의 상관관계가 높지 않게 나타난 것은 피험자 사례수 부족과 영재 판별도구의 영역별 특성에서 그 원인을 찾을 수 있겠다.

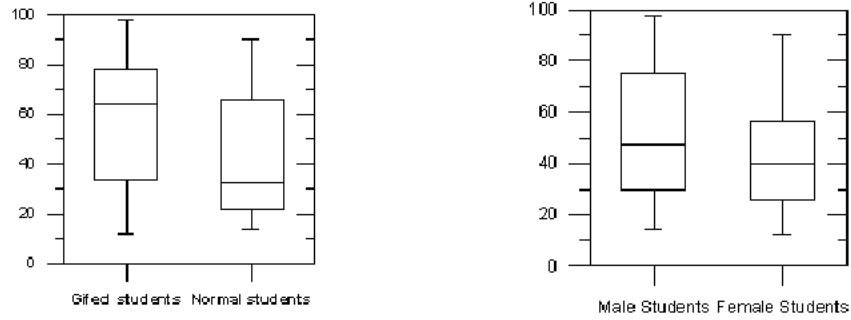
다음으로 G-Index의 판별도구로서의 유용성을 살펴보기 위하여 각각의 성취도를 도시해보았다. 먼저 각 개인의 성취도 분포도를 집단별, 성별로 구분하여 Graper 프로그램을 이용하여 삼각다이아그램 안에 플로팅하여 경향성을 살펴보았더니 [도형 1] 와 같았다.



[도형 1] 개인별 점수 분포 삼각다이어그램

<그림 A>에서처럼 영재 집단은 검사별 분포가 밀집되어 고른 분포를 나타내고 있으나 일반 집단은 점수 분포 범위가 넓은 것을 알 수 있으며 <그림 B>과 같이 남녀학생의 분포는 여학생에 있어서 상위 점수를 나타내는 폭의 범위가 남학생에 비하여 한정적이다. 따라서 영재 판별의 가능성을 기준으로 살펴본 영재 집단과 일반 집단의 구분에 있어서 판별도구로서의 G-Index의 우수성을 살펴볼 수 있다.

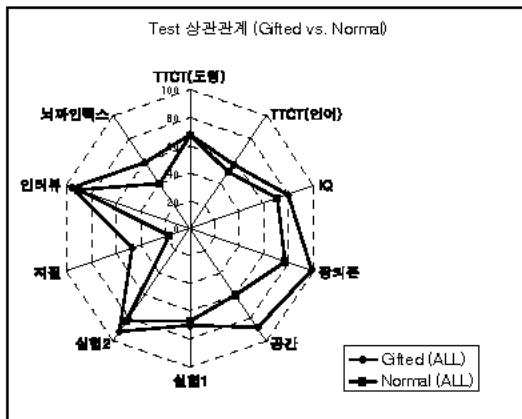
다음으로 네모상자로 G-Index 값의 집단별, 성별 분포를 살펴보았다.[도형 2]



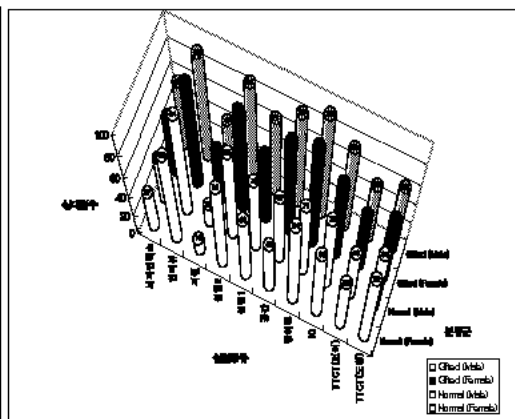
[도형 2] G Index 분포도

네모상자로 표시한 집단별 검사의 성취도를 비교해보면 G-Index의 집단별 분포는 영재 집단에서의 하위부분이 일반 집단의 평균치와 비슷한 경향성을 나타냈고, 남녀 평균치는 유사하였으나 남학생이 더욱 넓은 분포 범위를 나타냈다.

또 각 검사별 성취도의 평균값을 구하여 과학영재 집단과 일반 집단에서의 경향성을 살펴보았더니 [도형 3]과 같이 G-Index가 영재 집단과 일반 집단을 구별하는 좋은 지수로서의 가능성을 살펴볼 수 있었다.



[도형 3] 검사 성취도별 평균점수의 분포



[도형 4] 각 부분별 성취도 비교

위의 결과를 영재 집단과 일반 집단 및 성차를 고려하여 비교하면 [도형 4]와 같다. 검사별 성취도가 영재 집단 내에서보다 일반 집단 내에서 성차가 뚜렷하게 나타나는 각각 다른 특성을 나타내는 것으로 보아 이에 대한 후속 연구도 양성평등의 입장에서 본 과학교육에 대한 시사점을 줄 것이라 기대된다.

(3) 회귀분석을 사용한 판별도구간의 상관관계 분석

독립 변수를 TTCT 검사(TTCT도형+TTCT언어), IQ검사, 장의존/장독립검사, 공간지각능력 검사, 실험능력 평가(실험1+실험2), G-Index로 하고 종속 변수를 영재 여부로 하여 로지스틱회귀분석을 실시하였다. 본래 회귀분석에서는 모형의 설명량(R^2)이 제시되나 로지스틱회귀분석에서는 투입된 독립 변수가 각 집단을 예측하는 확률로 제시되며 산출된 회귀계수는 <표 6>과 같다.

<표 6> 회귀분석 결과

	B	S.E.	Wald	자유도	유의확률	Exp(B)
TTCT	.018	.040	.198	1	.657	.982
IQ	.057	.054	1.082	1	.298	1.058
장의존/장독립 검사	1.916	1.339	2.047	1	.153	6.795
공간지각능력 검사	.682	.354	3.708	1	.054	1.977
실험능력 평가	.088	.102	.748	1	.387	1.092
G Index	.034	.030	1.319	1	.251	1.035
상수	57.510	36.030	2.548	1	.110	.000

위의 결과와 같이 회귀분석에 사용된 독립 변수의 유의성을 완전히 확보하지는 못했지만 본 연구의 이론적 틀을 설명하기 위해서 다음 단계의 통계적 절차를 시도하였다.

먼저 G- Index를 포함한 영재여부 판별의 회귀식(2)를 이끌어내면

<Logit(영재여부)=-57.510+(-.018)TTCT검사+(.057)IQ검사+(1.916)장의존/독립검사+(.682)공간능력검사+(.088)실험능력 평가+(.034)G-Index>가 되고 이를 이용하여 영재 여부를 판별할 수 있는 판별확률식을 구하면 다음과 같다.

$$P(\text{영재여부}) = \frac{1}{1 + e^{-[-0.018(TTCT) + 0.057(IQ) + 1.916(\text{장의존}) + 0.682(\text{공간}) + 0.088(\text{실험}) + 0.034(\text{G-Index}) - 57.510]}}$$

한편 G- Index를 포함하지 않은 영재여부 판별의 회귀식(1)을 구하면 다음과 같고

$$\langle \text{Logit}(\text{영재여부}) = (-0.015)TTCT\text{검사} + (0.035)IQ\text{ 검사} + (1.224)\text{장의존/독립검사}$$

$+(0.600)\text{공간능력검사} + (0.074)\text{실험능력 평가} - 38.018)$ > 이를 이용한 판별 확률 식은 아래와 같다.

$$P(\text{영재 여부}) = \frac{1}{1 + e^{-[-0.016(TTC) + 0.036(TQ) + 1.224(\text{장외존}) + 0.600(\text{공간}) + 0.074(\text{실험}) - 38.018]}}$$

위의 두 식을 비교하여 각 회귀모형이 독립변수를 전혀 투입하지 않은 영모형에 비해 설명력이 증진되었는지 알아보기 위해 χ^2 (Chi-Square)검정을 실시한 결과, 회귀식(1)과 회귀식(2) 모두 유의수준 0.01에서 설명력이 있음이 밝혀졌다.

<표 7> 회귀분석식을 통한 판별 예측확률(%) a 절단 값은 .500

회귀식(1) G Index 불포함			
관측치 \ 기대치	일반학생	영재학생	예측확률(%)
일반 집단	16	3	84.2
영재 집단	2	18	90.0
전체			87.2
회귀식(2) G Index 포함			
관측치 \ 기대치	일반학생	영재학생	예측확률(%)
일반 집단	15	4	78.9
영재 집단	1	19	95.0
전체			87.2

회귀식(1)과 회귀식(2)에서 각각 설정된 모형에 따라 영재 집단과 일반 집단을 재분류한 뒤 실제 결과와 얼마나 일치하는지 분류정확(%) 추정해본 결과 회귀분석(1)에서는 일반아의 분류 정확이 84.2%, 영재아의 분류 정확이 90.0%로 전체 87.2%의 분류정확 확률을 나타내었다. G-Index를 포함한 회귀식(2)의 결과는 일반아를 분류하는 분류정확은 78.9%로 회귀식(1)보다 다소 낮았으나 영재아를 분류하는 분류정확은 95.0%로 더 높아 전체 분류정확 확률은 87.2%로 같았다. 그러나 이와 같은 확률치는 사례수 부족의 한계로 과대 추정되는 경향이 있을 수 있다. 다만 영재 집단의 판별 확률이 높게 나타난 것은 비슷한 문턱치값을 나타내는 집단 내에서의 판별에 더 효과적일 수 있음을 의미하고, 집단별로 경향성을 나타내고 있음을 보여주는 것으로 해석되어지므로 G-Index를 활용한 영재 판별의

가능성을 제시할 수 있다.

다음으로 G-Index 값이 영재판별의 정확도에 얼마나 기여하는지 알아보기 위해 G-Index를 제외한 회귀식(1)과 G-Index를 포함한 회귀식(2)의 χ^2 (Chi-Square)검정을 실시하였다<표 8>. 그 결과 유의수준 0.05, 자유도 1에서 χ^2 (Chi-Square)검정의 임계치는 3.226인데 검정결과 차이값은 1.744로 임계치에 미치지 못하는 값이 산출되었음을 알 수 있다.

<표 8> 회귀식(1)과 회귀식 (2)의 χ^2 (Chi Square)검정 결과

모형	2(LLF)
회귀식1(df 5)	20.812
회귀식2(df 6)	19.068
차이(df 1)	1.744

이는 G-Index를 포함한 회귀식(2)가 회귀식(1)에 비해 설명력에 있어 유의미한 증진을 보이지 않았음을 의미한다. 그러나 χ^2 (Chi-Square)검정의 단점 중 하나가 바로 사례수에 영향을 많이 받는다는 점이고 앞서 언급한 바와 같이 본 연구는 절차상의 한계점으로 충분한 수의 피험자를 확보하지 못한 채 진행되었으므로 이와 같은 χ^2 (Chi-Square)검정의 결과를 신뢰하기에는 무리가 있다. 따라서 로지스틱 회귀분석에서 모형의 설명력을 의미하는 유사 R 제곱 및 다른 적합도 지수들을 함께 살펴볼 필요가 있다. Aldrich & Nelson이 제안한 유사 R제곱 값을 산출하고 Cox & Snell R Square과 Nagelkerke R Square 지수를 제시하였다.

<표 9> 회귀식(1), 회귀식(2)의 유사 R제곱과 적합도 지수

모형	Psedo R Square	Cox & Snell R Square	Nagelkerke R Square
회귀식1	0.46	.573	.765
회귀식2	0.47	.592	.790

<표 9>에서 G-Index를 포함한 회귀식(2)가 회귀식(1) 보다 설명력과 적합도 측면에서 높은 수치를 지님을 확인할 수 있으므로 G-Index를 이용한 영재 판별 가

능성을 찾아볼 수 있다.

IV. 결론 및 제언

본 연구를 통하여 얻어낸 결론은 다음과 같다.

첫째, 뇌파검사 자료를 기반으로 한 과학영재 판별지수(G-Index)를 「눈감고 안정 상태」의 뇌파 활성도의 평균 패턴을 중심으로 피어슨 상관계수 방식을 통하여 유의미하게 나타난 부위의 패턴에는 가중치 1을 주고 유의미하지 않은 부위에는 0.5를 주는 방식으로 추가 변형한 후 변수에 100을 곱하여 최종 %지표로 변환하여 산정하여 과학영재 판별 예측에 적용하였더니 76%이상의 적중률을 나타냈다.

둘째, G-Index와 기타 과학영재 판별도구로 가능한 검사들의 성취도를 이용하여 뇌파검사 집단의 동질성 여부와 집단별 경향성과 특성 및 상관관계를 비교함으로써 G-Index를 이용한 과학영재 판별의 가능성을 확인할 수 있었다.

셋째, 판별도구간의 성취도 자료를 기반으로 하여 회귀식을 이끌어 내었더니 $\langle \text{Logit}(\text{영재 여부}) = -57.510 + (-.018)\text{TTCT검사} + (.057)\text{IQ검사} + (1.916)\text{장의존/장독립검사} + (.682)\text{공간지각능력 검사} + (.088)\text{실험능력 평가} + (.034)\text{G-Index} \rangle$ 와 같았고 이를 활용한 영재 판별을 예측하였더니 특히 영재 집단 내에서의 예측이 확률적으로 우수하였다(95%). 따라서 이 회귀식을 과학영재 판별 과정의 적절한 배점으로 활용할 수 있다.

본 연구는 신경과학적 접근을 사용한 뇌파검사 결과를 과학영재교육에 활용한 것으로 인지과학적이며 학습과학적인 면에서 과학영재 판별을 다루었다는 점에서 의의를 찾을 수 있다. 더욱 많은 피험자 자료를 분석하여 활용성을 높인다면 과학영재의 다양한 특성을 고려한 다면적 평가의 대안적 방법으로 뇌파검사 자료의 중요성을 입증할 수 있을 것으로 기대한다.

참 고 문 헌

- 강호감(1991). 두뇌의 기능 분화에 따른 교수 전략이 창의력 및 자연과 학업 성취도에 미치는 영향. 서울대학교 대학원 박사학위 논문.
- 권용주(1998). 청소년들에게서 전두연합령은 어떻게 과학적 추론 및 과학개념 변화의 수행을 매개하는가? 한국과학교육학회지, 18(3), 427-442.
- 김용진, 김학현, 박재근, 채희경, 박미아, 강경미, 조선희, 민윤기, 장남기(2000). 문제풀이 활동에서 뇌파 측정에 의한 두뇌 기능 상태의 평가. 한국생물교육학회지, 28(3), 291-301
- 김진희(1994). 영재 판별 평정 척도의 타당화 연구. 숙명여자대학교 석사학위논문.
- 박경희(2004). 과학창의성 검사도구 개발과 과학영재아의 뇌기능 분석, 한국교원대학교 대학원 박사학위논문.
- 박종석, 박원선, 박종욱(2000). 초등학교 과학영재의 선발에 적용한 화학실험 평가에 대한 연구. 대한화학회지, 44(2), 157-165.
- 양태연, 배미란, 한기순, 박인호(2003). 과학영재의 과학 관련 태도와 지능 및 과학탐구 능력과의 관계. 한국과학교육학회지, 23(5), 531-543.
- 이재신(1996). 초중등학교 영재 판별체제 구안을 위한 기초적 연구. 영재교육연구 제 6집, 13-29.
- 이태리, 정병훈(1999). 청주교대 과학영재센터의 초등학교 과학영재아 선발을 위한 실기 능력 평가 연구. 한국영재학회지, 9(2), 103-130.
- 전영석, 신영준, 손정우, 배병일, 동효관, 김규상, 신희관, 홍달식(2001). 한성과학고등학교 중학생 영재 학급의 학생 선발 과정과 결과 분석. 한국영재학회지, 11(2), 71-83.
- Feldhusen, J. F.(1992) Talent identification and development in education. *Gifted Child Quarterly*, 36, 123.
- Hansen, J. B., & Feldhusen, J. F. (1994). Comparison of Trained and Untrained teachers of Gifted Students. *Gifted Child Quarterly*, 38(3), 115-121
- Guay, R., McDaniel, E., & Angelo, S.(1978). *Analytical factor confounding spatial ability measurement*. Paper presented at the meeting of the American Psychological Association, Toronto, Ontario, Canada.
- Laxtha(2002). Complexity (Model: Complexity ver. 2.0) User Manual, Laxtha, Korea.

Abstract

New index for the gifted students(G-Index) with EEG analysis

Kyung-Hwa Kim

Kyu-Han Kim

Sun-Kil Lee

Myung Hur

(Ewha Womans University)

Yong-Jin Kim

(Sewon University)

In this study we investigated the adequacy of tools for distinction gifted students through the comparison these mutual relation on the basis of data, like paper test, the depths interview score, and the rest data((TTCT: Torrance Tests of Creative Thinking, IQ test, FASP: Find A Shape Puzzle, V.T: Visualization Tests and Exp: experimental ability test), and analysis data of EEG test for examining the adequacy of tools for identification gifted students. So, we developed Brain Wave gifted Index(G-Index) for finding another distinction ability as using brain waves data. The standard of index development use gifted brain characteristic in closed-eyes rest state which is judged like that characteristic of distinction between gifted and normal students is the most clear and consistence. That is, the degree of unified pattern between each object and gifted PCA pattern was defined by Pearson method which added spatial mutual index to weight concept. This refer to mean number of spatial PCA pattern. Searching for the possibility of distinction gifted gave distinction effect in 76%. The result of regression analysis on the basis of mutual relation between the rest data is

<Logit(gifted or normal)

--57.510+(-.018)TTCT+(.057)IQ+(1.916)FASP+(.682)V.T+(.088)experiment test+(.034)G-Index>.

The probability formula for distinct gifted group is as follow.

$$P = \frac{1}{1 + e^{-[-0.018(TTCI) + 0.067(IQ) + 1.916(FASP) + 0.682(V.T) + 0.088(Exp.) + 0.034(G-Index) - 57.610]}}$$

The result of this calculation showed that probability for distinct in gifted group was very good(95.0%). On the basis of upper result, tools for identification gifted students should be estimated as using many-sided estimation data whatever possible. And following study about development, and operation of tools for distinction suitable to gifted student in science should be progressed.

Key words: Science Gifted student's Identification data, EEG, G-Index, multiple regression analysis