

## 학습감각에 대한 뇌의 분화성과 통합성 뇌파연구<sup>†</sup>

권형규<sup>1</sup>

<sup>1</sup>경성대학교 교육학과

접수 2014년 11월 4일, 수정 2014년 11월 26일, 게재확정 2014년 12월 17일

### 요약

학습감각과 뇌 활동의 관계를 규명하기 위해 학습자의 학습감각 유형과 뇌의 분화성 및 통합성에 따른 뇌파 지표에 따라 상호관계성을 규명하였다. 학습자는 시각, 청각, 운동감각을 통해서 정보를 습득한다. 이러한 뇌에 반영되는 학습 감각은 다양한 학습감각의 조합으로 나타나는데 뇌의 분화성과 통합성에 관여하는 학습감각의 유형을 측정하기 위해서는 관련된 학습양식을 규명하는 것이 요구된다. 또한 학습감각에 포함된 자기 주도적 학습은 뇌의 기능에 연계된 문제 중심학습이 통합 뇌로 알려진 균형적인 뇌의 활용을 강조하는 것과 관련이 있다는 것을 보여주고 있다. 본 연구결과는 감각운동리듬 (SMR) 뇌파에서 효과적인 통합뇌 학습이 높은 청각학습과 시각학습에 밀접하게 관련되어 있다는 것을 보여주며 베타파에서는 효과적인 통합뇌 학습이 높은 운동감각과 시각 학습에 밀접하게 관련되어 있다는 것을 보여주었다.

주요용어: 감각운동리듬, 뇌의 분화성, 통합성, 학습감각.

### 1. 서론

개인별 학습감각과 뇌활동의 관계를 규명하기 위해 학습자의 학습감각 유형과 뇌의 분화 및 통합성에 따른 지표를 적용하여 상호관계성을 규명하였다. 학교환경에서 접하는 시각자료, 청각자료 및 운동감각활동에 대한 학습감각의 특성을 규명하여 개인별 학습 수준 및 상태에 적합한 활동을 연계하는 연구(Kwon, 2007)는 학습 성취를 가져오는 학습요인이 단지 인지적 문제에 국한하는 것이 아니기 때문에 주변요인의 영향을 간과하기 쉽다. 따라서 학습에 관련된 뇌파를 측정하여 뇌반구 분화성과 학습감각 유형의 관계를 규명하여 다양한 감각을 통해서 전달되는 학습의 속성을 생리학적으로 규명함으로써 신경 반응의 효율성과 반응시간 면에서 직접적인 설명을 부여할 수 있다 (Kwon과 Lawson, 1999). 학습은 감정, 기억, 적응, 및 주의집중이 복합적으로 작용하는 것으로 다양한 요인들이 통합적으로 적용되어 반영된 부분이 뇌파의 형태로 뇌의 활성화 정도 및 영역으로 표현되어 설명될 수 있는 것이다 (Kwon과 Fischer, 2013). 학습자의 적응된 학습감각에 따라 변화되는 뇌의 모습을 중심으로 개인의 학습유형과 방법을 결정하는 뇌 과학적 기준을 제시하고 학습에 영향을 주는 학습감각에 따른 뇌 활동에 대한 특징을 보여준 것이다.

학습감각과 뇌의 경향성을 규명하기 위해 뇌의 패턴을 보는 정량 뇌파의 관점에서 뇌의 세부영역별 뇌파 활성도를 제시하는 것은 의미가 있지만 학습에 영향을 주는 요인이 현 뇌 과학 기술에서는 제한적이라 주관적인 판단을 가져올 수 있다. 그러므로 오랜 뇌 연구를 통해 뇌의 기능 및 영역이 제시된 좌우 뇌와 통합 뇌의 분화성을 중심으로 학습감각 유형을 측정하는 것이 필요하다고 할 수 있다. 본 연구는 뇌

<sup>†</sup> 이 논문은 2014학년도 경성대학교 학술연구비 지원에 의하여 연구되었음.

<sup>1</sup> 교신저자: 부산시 남구 대연3동 110-1, 경성대학교 교육학과, 교수. E-mail: alexhkwon@gmail.com

활동 캠프를 통해 모집된 청소년을 대상으로 학습감각 유형을 시각적, 청각적 및 운동감각적 학습으로 분류하고 자기 주도적 학습 성향 여부와 관련하여 나타나는 좌우 뇌 우세 및 통합 뇌 여부에 따른 감각 운동리듬 (sensorimotor rhythm; SMR)파와 베타파의 활성도를 분석한 것이다. 베타파는 긴장된 대뇌의 활성도를 나타내며 저 베타파인 감각운동리듬과 (SMR)는 학습준비에 대한 각성 정도를 나타내는 학습뇌파의 활성도를 보여주는 뇌의 지표이다 (Fischer, 2008; Kwon, 2011).

학습을 위해 정보를 받아들이는 방법은 시각, 청각 및 운동을 통한 감각을 통해 유입되는데 (Politano와 Paquin, 2000) 학습감각은 다양한 조합으로 복합적으로 뇌에 반영되므로 이에 대한 뇌의 변화를 보는 것이 필요하다. 학습감각은 정서를 나타내는 기준이 될 수 있는데 정서의 인지 및 통제 능력이 수행력과 밀접한 관계가 있어 정서조절 훈련 (Lee 등, 2013)으로 사용될 수 있다. 학습감각이 유입되는 자기 주도적 학습 형태는 뇌기능과 관련된 학습 문제해결 방식을 보여주며 좌우뇌 성향 및 통합 뇌를 통해 균형 있게 뇌를 활용하는 전뇌학습과의 관계성을 보는 것이 필요하다. 학습감각 중 시각 및 청각 자극은 자기주도적인 집중도를 좌우하는 요인으로 뇌파를 조절함으로써 집중력을 향상시키는 효과가 있으므로 이에 대한 뇌의 분화성과 통합성을 보는 것도 의미가 있는 것이다. 본 연구는 학습감각 유형에 따라 뇌의 활성도를 극대화할 수 있는 이론적 근거를 제시하여 좌우뇌 성향에 따른 학습감각이 자기 주도적 문제를 통한 전뇌학습에 의미를 줄 수 있는 이론적 토대를 만들어 줄 수 있다. 이러한 이론적 토대는 또한 개인별 학습감각에 따른 뇌활동을 억제 및 강화할 수 있는 뇌 기반 치료에 대한 근거를 제공해 준다. 뇌의 기능분화성과 학습감각 및 자기주도적 학습을 알아보기 위하여 뇌의 기능을 양뇌우세, 우뇌우세, 양뇌부진, 그리고 좌뇌우세로 나누어 서로간의 관계를 분석 (Park, 2000)한 결과를 적용하여 동질성 분석 및 의사결정나무분석을 통하여 제시하였다. 좌뇌와 우뇌의 역할과 기능적 특성은 Z점수로 환산하여 4개의 뇌의 특성으로 나누고 통합뇌 여부를 구분한 Park (2000)의 연구를 적용하였다. 이러한 분류 방법은 학습감각 유형과 함께 고려되어 이전에 연구된 것이 없었다.

논리적이고 순서적인 좌뇌가 통합적이고 예술적 감성이 반영된 우뇌와 함께 시각, 청각, 및 운동 학습 감각에 따라 연계되는 경향성을 파악하는 것은 우리 뇌를 균형적이고 통합적으로 활용해야하는 전뇌학습의 관점에서 매우 중요하다고 할 수 있다. 분석적이고 논리적으로 알려진 좌뇌가 일반적으로 문제해결 능력을 보여주므로 우뇌에 치우치거나 좌우뇌 불균형이 발생하게 되면 학습부진 및 불균형을 가져오기도 하며 특정 학습능력을 위해 특정부위를 강화하기도 한다. 감정의 제어부족과 사고와 연계한 긴장의 불일치에 대한 결함 (Denno와 Nachshon, 1987; Yang 등, 2005)도 지속적으로 보고되고 있는데 이러한 뇌의 특성이 학습을 좌우하는 Politano와 Paquin (2000)의 시각적, 청각적, 그리고 운동적 학습감각의 유형에 따라 구별하여 학습자에게 익숙한 감각을 뇌의 특성에 따라 어떻게 처리되는지를 보는 것은 학습감각에 대한 뇌 활동을 학습과 관련된 감각운동파 (SMR)와 베타파를 통하여 생리적인 데이터를 제시함으로써 학습자의 개별적 학습활동을 뇌의 활동적 성향과 연결하여 학습활동에 대한 과학적설명이 가능하도록 한 것이다.

## 2. 연구방법

### 2.1. 연구대상

부산 사립대학교 연구소 주최 영재 뇌교육캠프 2기 프로그램 운영에 참가한 남자 12명, 여자 18명 총 30명의 초등학교 고학년 학생 및 중학생을 대상으로 19채널의 정량 뇌파검사를 실시하였다. 부산지역 거주자로 학부모와 본인이 자발적으로 동의한 희망자에 한하여 측정하였으며 참가자는 사전 영재검사에 의해 선발된 것이 아니라 영재 뇌개발을 선호하는 신청자 집단으로 다양한 뇌교육 및 뇌파검사를 실시하였다.

## 2.2. 연구절차

영재뇌교육캠프 교육과정 중에 자기주도적 학습에 대한 지필검사를 5점 척도의 리커트 스케일로 구성된 5문항으로 측정되어 상과 하 그룹으로 나누었다. 학습자의 학습감각 유형을 측정하기 위해서는 Politano와 Paquin (2000)의 시각적, 청각적, 그리고 운동적 학습감각의 유형에 따라 학습자에게 익숙한 학습감각 검사를 위해 제작된 (Politano와 Paquin, 2000) 검사지를 번역하여 '예'와 '아니오'를 통한 답변의 함으로 주도적인 감각을 산정하였다.

## 2.3. 뇌파실험

19채널의 EEG 뇌파기기의 배경뇌파를 측정하여 각 주파수 대역별로 성분을 나눈 후 12Hz-15Hz 대역의 감각운동리듬 (sensorimotor rhythm; SMR)과 12Hz-30Hz 베타리듬 대역의 뇌파의 패턴을 분석하였다. 뇌파측정이란 뇌의 전기활동을 증폭해서 정량화하여 기록하는 것으로 뇌의 구조 및 활동영역에 대한 뇌 기능을 해석되는데 각 영역을 좌우뇌 영역별로 나누어 활동성을 비교분석하였다. 피험자가 편안한 마음과 안정된 상태에서 눈감은 상태와 눈 뜬 상태에서 뇌파를 측정하였다. 측정기기는 러시아의 Mitsar 회사에서 만든 21채널의 Mitsar 201시스템을 사용하고 포함된 Wineeg 소프트웨어로 데이터를 추출하였다. 추출된 데이터는 ASCII포맷으로 한국의 Laxtha 회사에서 개발한 Complexity 프로그램에 연계된 Batch 프로그램을 사용하였다. 뇌의 위치는 국제전극규약인 10-20 배치법 (Jasper, 1958)을 준수하여 19개의 채널과 참조 전극으로 양쪽 귀에 전극을 연결하여 값을 구하였다. 19채널은 좌반구 (Fp1, F3, F7, C3, T3, P3, T5, O1), 우반구 (Fp2, F4, F8, C4, T4, P4, T6, O2), 그리고 제로선 (Cz, Pz, Oz)으로 나누고 참조전극을 양 귀볼에 연결하여 측정하였다. 추출률은 250Hz이며 잡파를 통제하기 위해 상한 필터는 1Hz, 하위 필터는 70Hz에 제한하여 추출하였고 피험자의 눈감박임 잡파는 Wineeg 소프트웨어에서 제공하는 EOG필터링을 통해서 제거하였다. 뇌기능분화를 나누는 기준은 박속희 (1994)의 뇌기능 분류 기준에 따라 산출된 점수를 Z 점수로 환산한 후 좌우뇌의 측에서 평균 0을 중심으로 4개의 집단으로 나누어 산출된 점수가 평균보다 높으면 양뇌우세, 좌뇌와 비교하여 우뇌가 평균보다 높으면 우뇌우세, 우뇌와 비교하여 좌뇌가 평균보다 높으면 좌뇌우세, 좌우뇌 점수가 모두 평균보다 낮으면 양뇌부진 으로 분류하여 분석하였다.

## 2.4. 통계분석

### 2.4.1. 의사결정나무 분석

의사결정나무 분석이란 의사결정을 위한 규칙을 나뉘어 구조로 만들어 분류 및 예측을 하는데 목표변수와 입력변수의 관련성에 따라 중요변수를 선별 및 생성하며 의사결정을 지원하는 분석기법이다. 의사결정나무분석 알고리즘은 Kass (Kass, 1980)에 의해 제안되었는데 본 연구에서는 지니지수 (Gini index)를 분리기준으로 사용하여 자식마디가 2개씩 생성되는 이진분리를 수행하는 CART (Breiman 등, 1984) 알고리즘을 사용하였다.

뇌파는 측정변수가 많기 때문에 변수선택 노드로 종속변수인 통합뇌 여부의 점수 각각에 대하여 통계적으로 유의하게 설명력을 갖는 독립변수를 선택한 다음, 선택되어진 독립변수들만을 사용하여 의사결정나무분석을 실시하였다. 통합뇌 여부의 표준화 점수에 대해 통합뇌와 비통합뇌를 분류한 통합뇌 수준을 목표변수로 하고 뇌파 측정변수를 입력변수로 하여 의사결정나무 분석을 수행하였다.

### 2.4.2. 동질성분석

선별, 자기주도학습 및 학습감각유형인 시각학습, 청각학습 운동학습과 통합 뇌 변수 등 뇌 관련변수 간의 상호관련성을 파악하기 위해 동질성 분석 (homogeneity analysis)을 실시하였다 (Kwon과 Cho,

2007). 대상과 범주에 수치를 부여하는 동질성 분석은 범주형 변인을 수량화하여 유사한 범주에 있는 개체는 가까이 위치하고 다른 범주의 개체는 멀리 위치해 개체 간에 서로 공간상의 의미를 부여하게 된다. 계산된 범주수량화점수 (category quantification scores)와 대상점수 (objective score)는 상호관련성을 시각화하는 포지셔닝 맵 (positioning map)을 제시해 줌으로써 차원과 범주와의 관계를 효과적으로 나타낼 수 있다.

### 3. 결과분석

성별, 자기주도학습, 시각학습, 청각학습, 운동학습 및 통합뇌에 대한 뇌기능 분화 정도를 베타파를 중심으로 보면 아래 Table 3.1과 같다. 피험자 특성별로 베타파에 대한 뇌기능 분화의 기술통계 분석 결과를 상하로 나누어 제시하였으며 통합뇌는 비 통합 뇌와 통합 뇌의 범주로 분석되었다. 여자의 경우 남자보다 양 뇌 우세가 18명 중 8명으로 남자 12명 중 2명보다 높은 것은 여자 뇌의 넓은 뇌량으로 인해 좌우 뇌를 잘 활용하는 결과를 보여주고 있다. 자기주도 학습이 높은 경우 양뇌 우세가 많은 자기 주도적 학습이 뇌를 치우치지 않게 활용하고 있다는 것을 보여준다. 그러나 피셔의 정확한 검정 (Fisher's exact test) 결과를 살펴보면, 모든 변수들이 통합뇌에 대한 뇌기능 분화와는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 뇌파분석을 위한 피험자의 수가 30명으로 작아서 나타나는 결과로 보여진다.

**Table 3.1** Brain laterality in gender, self-directed learning, visual, auditory and, kinesthetic Learning, and whole brain for beta rhythm

Variables	Category	Brain laterality (BETA Rhythm)				Total	Fisher's exact test (p-value)
		strong	Right brain	weak	Left brain		
Gender	Female	8	3	6	1	18	3.050 (0.450)
	Male	2	2	7	1	12	
Self-directedlearning	Low	1	1	5	1	8	3.248 (0.361)
	High	9	4	8	1	22	
Visual learning	Low	5	4	7	2	18	2.194 (0.556)
	High	5	1	5	0	11	
Auditorylearning	Low	5	4	6	2	17	2.607 (0.561)
	High	5	1	6	0	12	
Kinestheticlearning	Low	5	2	6	2	15	1.938 (0.753)
	High	5	3	6	0	14	
Whole brain	Yes	4	2	5	2	13	2.513 (0.527)
	No	6	3	8	0	17	
Total		10	5	13	2	30	

아래 Table 3.2는 4가지 뇌기능분화에 따른 피험자들의 특성 범주들 간의 상호 관련성을 알아보기 위해 동질성 분석을 실시한 결과이다.

**Table 3.2** Homogeneity analysis of brain laterality for an interrelationship among variables

Variables	Category	Frequency	Category quantification (Beta)		Discrimination measurement	
			Dimension1	Dimension2	Dimension1	Dimension2
Gender	Female	18	-.618	-.270	.635	.130
	Male	12	1.008	.465		
Self-directedlearning	Low	8	1.388	.191	.669	.011
	High	22	-.460	-.037		
Visual learning	Low	18	-.100	-.680	.035	.665
	High	11	-.282	1.027		
Auditorylearning	Low	17	.414	-.590	.290	.427
	High	12	-.695	.757		
Kinestheticlearning	Low	15	.533	-.029	.348	.001
	High	14	-.664	-.037		
Whole brain	No	13	.510	.492	.175	.168
	Yes	17	-.332	-.335		
Brain laterality	Strong	10	-.589	.120	.308	.301
	Right brain	5	-.016	-.947		
	Weak	13	.301	.464		
	Left brain	2	1.516	-.892		
Eigen value			2.461	1.702		

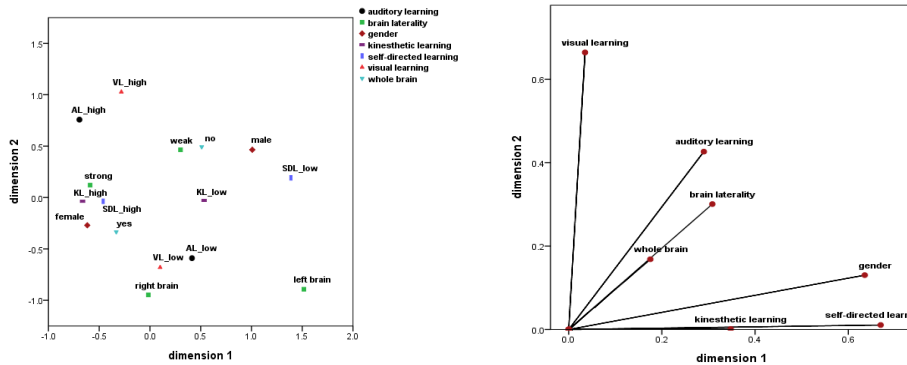


Figure 3.1 Discrimination measurement and homogeneity analysis for the experimental variables

먼저 위의 표결과를 활용하여 범주수량화와 판별측도를 그래프로 표현한 것이 아래 Figure 3.1과 같다. 위의 결과로부터 양뇌 우세가 운동학습 상, 자기 주도적 학습 상, 여자, 통합 뇌 등과 상대적으로 가까운 거리에 위치하고 있어 이들 간에 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다. 반면 양뇌 부진은 비 통합 뇌, 남자, 운동학습 하, 자기 주도적 학습 하와 상대적으로 가까운 거리에 위치하고 있어서 이들 간에 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다. 차원에 관한 고유값은 가중치가 부여된 분산을 설명하는 각 차원에 의해 설명을 나타내고 있으며 범주 수량화 도표에 의한 결과를 통해서 위치하고 있는 상황을 시각적으로 잘 표현해 주고 있다.

비모수적인 방법 중 하나인 의사결정나무분석 (decision tree analysis)을 통해 독립변수들의 상호 작용 효과가 통합 뇌 여부에 미치는 영향을 분석하였다. 사용한 알고리즘으로는 이진분리를 수행하는 CART (classification and regression trees) 알고리즘으로, 불순도 (impurity) 또는 다양도 (diversity)를 측정하는 지니지수 (Gini index)를 사용하여 지니지수를 가장 감소시켜주는 독립변수와 그 변수의 최적분리를 자식마디로 분리하는 방법이다.

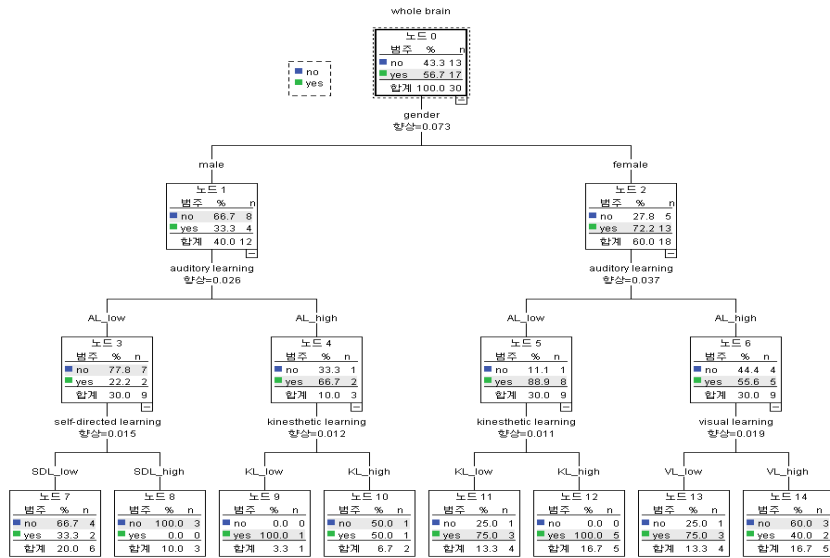


Figure 3.2 The analysis of the decision tree for the whole brain for beta rhythm

분석결과에서 알 수 있듯이 성별이 통합뇌 여부에 가장 많은 영향을 미쳤고, 그 다음으로 청각학습 수준, 자기 주도적 학습 수준, 운동학습 수준의 순으로 나타났다. 남자에 비해서 여자들이 통합 뇌의 가능성이 더 높았으며, 여자들 중에서는 청각학습이 하인 그룹이 상인 그룹에 비해서 통합 뇌의 가능성이 더 높았다. 한편 남자들 중에서는 청각학습이 상인 그룹이 통합뇌의 가능성이 더 높은 것으로 나타났다. 하지만 이러한 결과는 30명 소표본의 피험자를 대상으로 분석한 결과이기 때문에 지나친 해석이나 일반화에는 한계가 있다.

성별, 자기 주도적 학습, 시각학습, 청각학습, 운동학습 및 통합 뇌에 대한 뇌기능 분화 정도를 감각운동리듬 (SMR)을 중심으로 보면 아래 Table 3.4과 같다. 피험자 특성별로 베타파에 대한 뇌기능 분화의 기술통계 분석 결과를 상하로 나누어 제시하였으며 통합 뇌는 비 통합 뇌와 통합 뇌의 범주로 분석되었다. 아래 Table 3.3는 피험자 특성별로 베타파에 대한 뇌기능 분화의 기술통계분석 및 피셔의 정확한 검정 결과이다.

**Table 3.3** Brain laterality analysis for the subject characteristics for beta rhythm

Variables	Category	Brain laterality (SMR)				Total	Fisher's exact test (p-value)
		Strong	Right brain	Weak	Left brain		
Gender	Female	7	3	5	3	18	2.691(0.541)
	Male	3	1	7	1		
Self-directedlearning	Low	2	0	5	1	8	2.653(0.484)
	High	8	4	7	3		
Visual learning	Low	4	4	7	3	18	3.662(0.281)
	High	5	0	5	1		
Auditorylearning	Low	3	4	7	3	17	5.195(0.153)
	High	6	0	5	1		
Kinestheticlearning	Low	4	2	7	2	15	0.706(0.946)
	High	5	2	5	2		
Whole brain	No	4	1	5	3	13	2.729(0.442)
	Yes	6	3	7	1		
Total		10	4	12	4	30	

또한 Table 3.1과 마찬가지로 피셔의 정확한 검정 (Fisher's exact test) 결과를 살펴보면, 모든 변수들이 통합뇌에 대한 뇌기능 분화되는 통계적으로 유의하지 않은 것으로 나타났다. 이러한 현상은 뇌파분석을 위한 피험자의 수가 30명으로 작아서 나타나는 결과로 보여진다. 아래 Table 3.4는 4가지 뇌기능 분화에 따른 피험자들의 특성 범주들 간의 상호 관련성을 알아보기 위해서 동질성 분석을 실시한 결과이다.

**Table 3.4** Homogeneity analysis for the brain laterality for sensorimotor rhythm (SMR)

Variables	Category	Frequency	Category quantification (SMR)		Discrimination measurement	
			Dimension1	Dimension2	Dimension1	Dimension2
Gender	Female	18	-.624	-.258	.635	.119
	Male	12	1.002	.443		
Self-directedlearning	Low	8	1.344	.390	.632	.050
	High	22	-.453	-.111		
Visual learning	Low	18	.133	-.633	.047	.575
	High	11	-.314	.955		
Auditorylearning	Low	17	.456	-.587	.334	.424
	High	12	-.734	.756		
Kinestheticlearning	Low	15	.571	.024	.384	.004
	High	14	-.687	-.090		
Whole brain	No	13	.607	.139	.258	.011
	Yes	17	-.418	-.067		
Brain laterality	Strong	10	-.401	.662	.131	.645
	Right brain	4	-.211	-1.764		
	Weak	12	.411	.295		
	Left brain	4	.176	-.608		
Eigen value			2.421	1.828		

위의 표 결과를 활용하여 범주수량화와 관별측도를 그래프로 표현한 것이 아래 Figure 3.3과 같다.

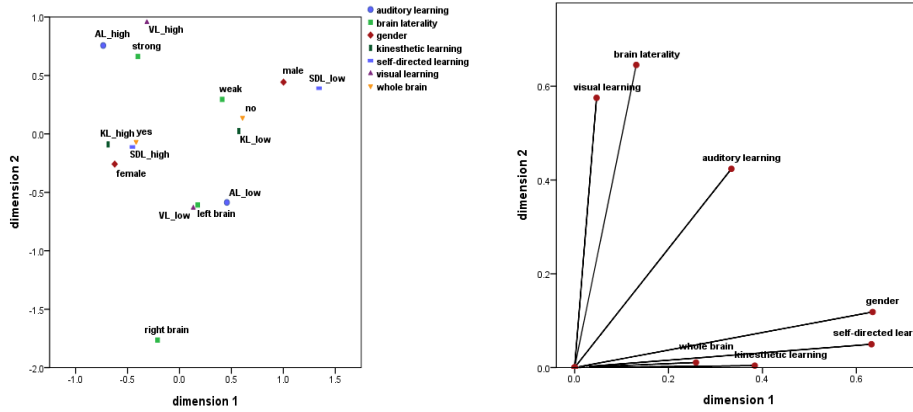


Figure 3.3 The analysis of the decision tree for the whole brain for sensorimotor rhythm (SMR)

위의 결과로부터 양 뇌 우세가 청각학습 상, 시각학습 상과 상대적으로 가까운 거리에 위치하고 있어 이들 간에 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다. 양 뇌 부진의 경우는 비 통합 뇌, 운동학습 하, 남자, 자기 주도적 학습 하와 상대적으로 가까운 거리에 위치하고 있어서 이들 간에 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다. 통합 뇌는 여자, 운동학습 상, 자기 주도적 학습 상과 상대적으로 가까운 거리에 있어서 상호 관련성이 높게 나타났으며, 좌뇌 우세는 청각학습 하, 시각학습 하와 상호 관련성이 높은 것으로 나타났다.

의사결정나무분석 (decision tree analysis)을 통해 감각운동리듬 (SMR)과에 대해서 독립변수들의 상호작용 효과가 통합 뇌 여부에 미치는 영향을 분석한 결과 아래 그림과 같다.

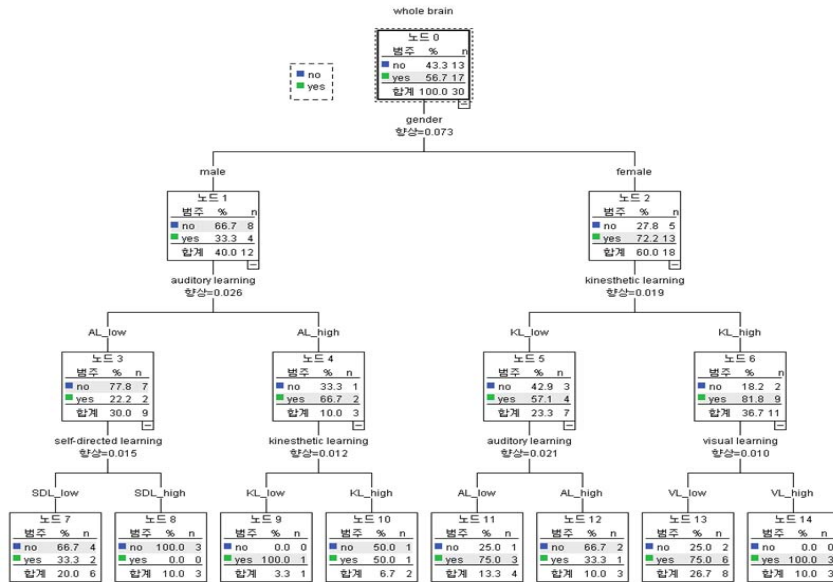


Figure 3.4 The analysis of the decision tree for the whole brain for sensorimotor rhythm (SMR)

분석결과에서 알 수 있듯이 성별이 통합 뇌 여부에 가장 많은 영향을 미쳤고, 그 다음으로 청각학습 수준, 운동학습 수준, 자기 주도적 학습 수준의 순으로 나타났다. 남자에 비해서 여자들이 통합 뇌의 가능성이 더 높았으며, 여자들 중에서는 운동학습이 상인 그룹이 하인 그룹에 비해서 통합 뇌의 가능성이 더 높았다. 한편 남자들 중에서는 청각학습이 상인 그룹이 통합 뇌의 가능성이 더 높은 것으로 나타났다. Figure 3.2와 마찬가지로 이러한 결과는 30명 소표본의 피험자를 대상으로 분석한 결과이기 때문에 지나친 해석이나 일반화에는 한계가 있다.

#### 4. 결 론

본 연구 결과 시각학습, 청각학습 및 운동학습을 포함하는 학습 감각 유형에 대한 뇌의 활성영역을 뇌의 분화성과 통합성을 중심으로 규명하였다. 좌우뇌 및 뇌의 통합적 활용은 다양한 학습환경에서 제공 되는 각종 시청각자료 및 운동 활동에 대해 학습에 영향을 주는 형태를 뇌과학적인 관점에서 객관적으로 규명해 본 것이다. 집중성을 나타내는 베타파의 활성도에 따른 연구결과 추구하는 통합 뇌적인 양 뇌 우 세가 운동학습 감각 및 자기 주도적 학습과 관계가 높게 나타난 것은 운동학습 감각이 일반 학습에 미치는 영향이 크다는 것을 나타내주고 있다. 그러므로 학교환경에서 교실에서 시청각 학습감각에만 치우칠 것이 아니라 다양한 운동감각을 활성화 하는 것이 양 뇌를 고루 발달시키는 것과 연관이 되는 것을 알 수 가 있다. 학업의 준비상태를 보여주는 감각운동리듬 (SMR)파에서는 시각학습감각과 청각학습감각 이 양 뇌 우세와 밀접한 상호관련성을 보였으며 운동학습과 자기 주도적 학습이 낮고 비 통합 뇌인 경우 는 양 뇌 부진과 관련성이 높은 것으로 나타났으므로 시각학습과 청각학습을 적절히 활용하는 것이 학습 준비성을 높이는데 많은 영향을 미친다는 것을 알 수 있다.

이러한 연구결과는 학습감각을 향상시키는 것으로 학습준비도 및 집중도를 훈련하는 생리적인 기준으로 수렴하여 학습할 때 효율성을 높일 수 있다. 추후에는 학습감각을 어떤 식으로 조합하는가에 따라 뇌 에 어떤 영향을 미치는 지를 학습 콘텐츠의 종류에 따라 보는 연구가 필요할 것이다. 신경반응이 복합 적으로 올 때 효율적일 수도 있고 아주 단순하고 단일한 전통적인 칠판이 효율적인 학습과 연계될 수도 있다. 이렇게 학습감각의 조합이 가져오는 뇌의 활동에 대한 차이를 만드는 요인을 규명하는 것이 필요 할 것이다. 또한뇌파분석의 특성상 많은 피험자를 대상으로 실험할 수 없는 한계가 있으므로 연구결과 에 여러 가지 인구통계학적 특성을 포함하여 일반화 하는 것이 필요할 것이다.

본 연구는 학습감각에 따른 교육 및 훈련에 대한 지침을 좌뇌적 요인, 우뇌적 요인, 또는 통합적 요 인으로 나눌 수 있는 정량뇌파 (quantitative EEG)분석에 따른 뇌 영역 변별기준을 제공하고 있다는 점 에서 의미가 있다. 학습에서 보여지는 좌우뇌 균형발달과 일반적인 학습감각인 시각적학습, 청각적학습 및 운동학습에 대한 뇌과학적 지침을 제시하고 학습감각과 연계한 뇌의 분화성 및 통합성을 제시함으로 써 개인별 학습감각에 따른 뇌의 향상을 가져오는 뇌의 기능 및 영역을 훈련할 수 있는 이론적 토대가 마련되었다. 본 연구결과가 학교현장에 적용된다면 개인별 학습감각에 따른 학습억제 및 강화에 대한 학습지도와 훈련에 활용될 수 있을 것이다. 활용되는 교육적 자료에 대한 구성 및 종류는 학습감각에 따 른 학습자의 선호도 및 이해도에 많은 영향을 미치기 때문에 과학적인 근거를 제공해 주는 것도 가능하 다. 장기적으로는 바람직한 학습감각의 조합으로 통합 뇌 훈련모형을 개발하는 접근이 필요할 것이다.

#### References

- Breiman, L., Friedman, J., Olshen, R. and Stone, C. (1984). *Classification and regression trees*, Wadsworth, Monterey, CA, USA.
- Denno, D. W. and Nachshon, I. (1987). *Violent behavior and cerebral hemisphere function, the causes of crime*, Cambridge University Press, New York.



- Lee, M. S., Park, C. and Nam, J. H. (2013). Importance of sport emotional intelligence on sports psychological skills and sports emotion among athletes. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **24**, 355-368.
- Fischer, K. W. (2008). Dynamic cycles of cognitive and brain development: Measuring growth in mind, brain, and education. *The Educated Brain; Essays in Neuroeducation*, edited by A. M. Battor, K. W. Fischer and P. J. Lena, Cambridge University Press, New York.
- Kwon, H. K. (2011). Brainwave activities of the cognitive individual differences in computerized arithmetic addition by implicit association test. *Journal of Korea Association of Information Education*, **15**, 635-644.
- Kwon, H. K. and Cho, J. S. (2007). Homogeneity analysis for the SMR brainwave by the functional lateralization of the brain based on the science learning methods. *Journal of the Korean Data & Information Science Society*, **18**, 721-733.
- Kwon, H. K. and Fischer, K. (2013). Neurological brain technology for learning. *Proceedings of the 10th International Conference and Expo on Emerging Technologies for a Smarter World*, 22-23.
- Kwon, J. R. (2007). Learning senses in teaching and learning mathematics. *Journal of the Korean Society of Mathematical Education C: Education of Primary School Mathematics*, **10**, 1-13.
- Kwon, Y. J. and Lawson, A. E. (1999). Why do most science educator encourage to teach school science through lab-based instruction: A neurological explanation. *Journal of Research in Science Teaching*, **19**, 29-40.
- Jasper, H. H. (1958). The ten twenty electrode system of the international federation. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, **10**, 371-375.
- Kass, L. R. (1980). Ethical dilemmas in the care of the III: II. What is the patient's good? *The Journal of the American Medical Association*, **244**, 1946-1949.
- Park, S. H. (2000). A study on the relationships between brain laterality and crativity. *Journal of Educational Psychology*, **14**, 31-56.
- Politano, C. and Paquin, J. (2000). *Brain-based learning with class*, Portage & Main Press, Winnipeg, MB, Canada.
- Yang, Y., Raine, A., Lencz, T., Bihrlle, S., LaCasse, L. and Colletti, P. (2005). Volume reduction in prefrontal gray matter in unsuccessful criminal psychopaths. *Biological Psychiatry*, **57**, 1103-1108.

## Brain laterality and whole brain EEG on the learning senses<sup>†</sup>

Hyungkyu Kwon<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Department of Education, Kyungsung University

Received 4 November 2014, revised 26 November 2014, accepted 17 December 2014

### Abstract

The present study identified the brain based learning activities on the individual learning senses by using the brain laterality and the whole brain index. Students receive the information through the visual, auditory, and kinesthetic senses by Politano and Paquin's (2000) classification. These learning senses are reflected on brain by the various combinations of senses for learning. Measuring the types of the learning senses involving in brain laterality and whole brain is required to figure out the related learning styles. Self-directed learning involved in the learning senses shows the problem-based learning associated to the brain function by emphasizing the balanced brain utilization which is known as whole brain. These research results showed the successful whole brain learning is closely associated with elevated auditory learning and elevated visual learning in sensorimotor brainwave rhythm (SMR) while it shows the close association with elevated kinesthetic and elevated visual learning in beta brainwave rhythm.

*Keywords:* Auditory learner, beta rhythm, brain laterality, kinesthetic learner, sensorimotor rhythm, visual learner, whole brain.

---

<sup>†</sup> This research was supported by Kyungsung University Grant in 2014.

<sup>1</sup> Professor, Department of Education, Kyungsung University, Busan, 608-736, Korea.  
E-mail: alexhkwon@gmail.com