

아이디어 연상기억 탐색 (SIAM) 모형에 기반한 비즈니스 문제해결 창의성 측정을 위한 뉴로과학 관점의 탐색연구: 근적외선 분광학 (fNIRS) 방법을 중심으로*

류재관(주저자)
성균관대학교 경영대학 석사과정
(ryujae92@skku.edu)
이건창(교신저자)
성균관대학교 경영대학/SAHIST 교수
(kunchanglee@gmail.com)

본 연구에서는 의사결정자가 긍정 감정과 부정 감정을 가질 때에 비즈니스 문제해결 창의성인 BPSC(Business Problem-Solving Creativity)가 어떻게 달라지는지를 뉴로과학 관점에서 분석하고자 한다. 뉴로과학 연구결과에 의하면 전두엽의 혈액학적 차이에 따라 창의성이 달라지는 것으로 알려져 있지만, 사용자의 BPSC에 초점을 맞추어서 전두엽의 혈액학 분석결과를 뉴로과학 관점으로 분석한 연구는 드물다. 이에 따라 본 연구에서는 근적외선 분광학(fNIRS: functional near-infrared spectroscopy) 방법을 기반한 뉴로과학 실험분석 결과를 제시한다. BPSC를 측정하기 위하여 본 연구에서는 긍정감정과 부정감정을 음악으로 유도하고, 그에 따라 사용자들이 비즈니스 문제해결 과제를 얼마나 창의적으로 해결하는지를 측정하였다. 정교한 실험결과를 얻기 위하여 아이디어 연상기억 탐색(SIAM: Search for Ideas Associative Memory) 모형에 기반하여 근(近) 자극과 원(遠) 자극을 주어서 자극별로 BPSC에 어느정도의 차이가 있는지를 fNIRS 장치로 측정하였다. 28명의 피실험자를 대상으로 실험한 결과 긍정감정, 부정감정에 따라 BPSC에 유의미한 차이가 발생하는 것이 확인되었고 아울러, 근 자극과 원 자극에 따라 BPSC의 수준차이가 발생하고 아울러 전두엽에서 혈액학적 차이가 뚜렷하게 발생하는 것이 확인되었다. 그리고 두뇌의 브로드만 영역별 혈액학적 활성화 정도를 분석한 결과 긍정감정, 부정감정, 그리고 근 자극 및 원 자극에 따라 피실험자의 전두엽내 브로드만 9번, 10번, 45번, 46번 영역의 혈액학적 변화량이 통계적으로 의미있는 차이를 보였다.

주제어: 뉴로과학, 근적외선 분광학, 비즈니스 문제해결 창의성, 아이디어 연상기억 탐색, 긍정감정, 부정감정

1. 서론

창의성의 사전적 의미로는 기존에 있던 생각, 개념들을 새롭게 조합하는 것 혹은 새로운 생각이나 개념을 찾아내는 것과 연관된 정신적이고 사회적인 과정이라 한다. 이러한 창의성은 인간의 인지 기능에 본질적으로 내재되어있어서, 인간의 생존과 문화,

복지 그리고 발전을 위해 오랫동안 연구되어 왔다 (Simonton, 2003). 또한 Runco and Jaeger (2012)는 일상적인 문제를 해결하고, 변화하는 환경에 적응하며 새로운 기회를 창출하는데 도움을 준다고 했으며, 더 나아가 Mumford et al.(2000)은 급변하는 비즈니스 환경에서 오늘날 기업이 성공하기 위해서는 조직 혹은 개인이 새로운 지식을 창출하는 능력이 필요하며, 이는 새롭고 유용한 아이디어

최초투고일: 2018. 7. 24 게재확정일: 2018. 8. 24

* This work was supported by the National Research Foundation of Korea(NRF) grant funded by the Korea government (MSIP: Ministry of Science, ICT & Future Planning) (No. 2017R1A2B4010956).

어와 함께 창의적인 마케팅, 신제품, 비즈니스 전략과 같은 독창적인 솔루션 개발에 힘쓰고 있다고 설명했다.

이처럼 혁신과 창의성은 비즈니스 상에서 문제 해결의 핵심 분야(Martz, Hungnes and Braun, 2017)가 되고 있으며, 여러 기업들은 창의적인 비즈니스 해결을 위하여 창의성 지원 시스템(CSS: Creativity Support Systems)개발에 힘쓰고 있다(Müller-Wienbergen et al., 2011). 창의성 지원 시스템은 조직의 경쟁우위 능력을 향상시키는 요소이다(Olszak, Bartus and Lorek, 2018). 즉, 경쟁이 고도화 되고, 역동적인 환경과 함께 변화하는 비즈니스 상황에서 창의성은 고객 니즈에 대처 할 수 있으므로(Althuizen et al., 2016), 치열한 경쟁 환경에서 창의력과 혁신력이 증가하면 조직의 성과와 생존을 위한 중요한 전략이 된다(Lopez-Cabrales, Pérez-Luño and Cabrera, 2009).

따라서 본 연구의 목적은 비즈니스 환경에서 창의적인 문제 해결을 위한 BPSC(Business Problem Solving Creativity)이라는 새로운 차원의 창의성을 실험 연구와 혈역학(Hemodynamic) 분석을 통하여 본 연구의 목적과 관련된 인지적 메커니즘을 명확히 하고자 한다. 여기서 혈역학은 산소화-헤모글로빈(oxy-haemoglobin)과 탈산소화-헤모글로빈(deoxy-haemoglobin)을 뜻하며, HbO₂(oxy-haemoglobin)가 HbR(deoxy-haemoglobin)보다 상대적으로 높다는 것은 의사결정 혹은 아이디어 탐색 시 뇌 인지 측면에서 보다 활성화 된다는 뜻으로 해석할 수 있다. 이러한 뇌과학 연구 방법의 적용을 통해 BPSC와 뇌 인지 변화를 브로드만 영역(Brodman Areas)(Brodman, 1909)을 기반으로 뇌의 영역 별 인지적 관계를 탐구하는 것이다. 이를 측정하기 위해 뉴로이미징 측정 도구로 근적외 분광학

(fNIRS: Functional near-infrared spectroscopy)을 사용하여, 과제 프로그래밍, 자극 제시, 행동 반응, 시간 기록을 E-Prime3.0을 통해 실험 패러다임을 구축했다. 또한, 의사결정자의 긍정 감정과 부정 감정이 BPSC에 어떻게 영향을 주는 지를 파악하기 위해 집단 별 감정 유도를 하여 설명하고자 한다. 구체적으로는 BPSC를 뉴로이미징의 대표적인 측정 도구인 fNIRS를 활용하여, 실험 패러다임을 통해 측정 및 분석하여 브로드만 영역을 기반으로 관계를 탐구하는 것이다. 실험 패러다임에는 수정된 아이디어 연상기억 탐색(SIAM: Search for Ideas Associative Memory) 모델을 사용했으며, 실험 참가자는 인지지도를 통해 새로운 비즈니스 전략을 구축하는데 집중했다. 따라서 현재 연구의 구체적인 연구 문제(Research Questions)는 다음과 같다. 의사결정은 의사결정자의 감정 상태(긍정/부정)에 영향을 많이 받으므로, 긍정 집단과 부정 집단의 두 그룹의 차이에 따라 BPSC결과가 근(近) 자극과 원(遠) 자극, 그리고 근 자극을 받은 후 인지지도(Cognitive Map)를 그릴 때, 원 자극을 받은 후 인지지도를 그릴 때 4가지 자극 상황 시 뇌 혈류 활성화 차이가 관찰 될 것으로 예상 된다. 기존 연구에 따르면, 의사결정과 전략구축에 관련한 문제에서 의사결정자의 감정 상태가 긍정일 때 문제를 단순화 시켜 빠른 결정을 내리므로 더 효과적(Isen and Means, 1983; Ashby and Isen, 1999)이라는 주장과, 반대로 의사결정자의 감정 상태가 부정일 때 의사결정이 더 효과적(Adaman and Blaney, 1995; Clapham, 2001)이라는 주장이 대비되고 있어, 여전히 규명해야 하는 과제로 남아 있다. 다만 의사결정자의 부정적인 감정이 긍정적 혹은 중립적인 감정과 비교하여 창의성을 유발(Gasper, 2003; Tamir et al., 2015)에 기인한다는 연구를 보여주고 있다. 요약하자면,

긍정 감정이 유도된 집단과 부정 감정이 유도된 집단을 구분하고 수정된 아이디어 연상기억 탐색 모델을 활용하여 각 자극 상황 시 반응하는 혈액학 차이를 측정하여 뇌 인지가 활성화 되는 자극과 뇌 영역을 확인하여 아래의 연구문제를 해결하는 방식으로 연구를 진행한다.

연구문제 1: 인지지도의 결과물인 BPSC 평가를 통해 점수가 높은 집단과 낮은 집단을 구분하여, 긍정 집단과 부정 집단 간의 주어진 과제 수행 시 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원 자극-인지도를 수행하는 구간에서 혈액학 차이가 존재할 것이다. 즉 뇌 인지 측면에서 활성화 되는 자극 구간 및 뇌 영역의 차이가 있을 것이다.

연구문제 2: 긍정 집단과 부정 집단의 구분 없이 인지지도의 결과물인 BPSC 평가를 통해 점수가 높은 집단과 낮은 집단의 주어진 과제 수행 시 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원 자극-인지도를 수행하는 구간에서 혈액학 차이가 존재할 것이다. 즉 뇌 인지 측면에서 활성화 되는 자극 구간 및 뇌 영역의 차이가 있을 것이다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 1장 서론과 본 연구에서 설정한 연구문제를 제시하고 이후 제 2장 기존문헌 연구로 창의성연구, 뉴로과학과 근적외선 분광학 연구, 창의성 유발 모델인 아이디어 연상기억 탐색 모델 연구를 살펴 볼 것이다. 제 3장에서는 실험 과제 개발, 실험 대상자 선정, 실험 절차에 대하여 설명 할 것이다. 이어서 제 4장에서는 연구문

제 1, 2 분석 결과를 제시하고, 마지막으로 제 5장에서는 결론 및 시사점 한계점과 향후 연구 방향을 제시하고자 한다.

II. 기존문헌 연구

2.1 창의성 연구

창의성과 관련된 기존 연구를 살펴보면 긍정 감정과 부정 감정이 어떻게 창의력에 영향을 미치는 지 그리고 개인의 성격이 창의성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구들이 진행 되고 있다. 예를 들어, 긍정감정이 창의력을 촉진한다(Amabile et al., 2005; Fredrickson and Joiner, 2002; Nelson and Sim, 2014)는 의견이 있는 반면 부정감정이 창의력을 증가시킨다는 주장(Runco and Nemiro 1994; Alloy, Abramson and Viscusi, 1981; George and Zhou, 2002)이 대립되고 있다. 구체적으로 Isen and Patrick(1983)은 긍정감정은 의사결정자가 과제를 단순화 시키며 효과적인 의사결정에 도움을 준다고 설명했지만, Tamir et al.(2015)은 의사결정 맥락에 따라 부정감정이 성과에 영향을 주며, Clapham(2001)은 긍정적인 감정은 새로운 아이디어를 제시하는데 효과적이지 않다고 설명했다. 의사결정자의 창의성에 미치는 긍정 및 부정감정 상태는 대립된 형태로 어떠한 것이 더 효과적인가는 계속 연구해야할 과제로 남아있다. 또한 성격에 대한 이론들 중 5요인 모델(Goldberg, 1990)은 외향성(Extraversion), 개방성(Openness to Experience), 성실성(Conscientiousness), 호감성(Agreeableness), 신경증(Neuroticism)으로 성격

을 분류했으며, 이를 활용한 다양한 연구들이 수행되고 있지만 어떠한 유형의 성격이 창의성을 유발하는지 정의된 바가 없다.

이와 같은 맥락으로, 긍정, 부정감정이 의사결정에 영향을 미치는 연구도 어떠한 감정상태가 효과적인지 정확하게 정의된 바가 없다. <표 1>은 의사결정 상황에서 긍정, 부정감정 그리고 성격이 창의성에 어떠한 영향을 주는지와 관련한 기존연구를 정리한 표이다. 이처럼 긍정, 부정감정 그리고 성격은 각 관점에서 효과적인 부분을 주장하고 있다.

한편, 비즈니스 상에서 창의성은 조직에서 아이디어를 제안하고 구체화하여 시도할 때 조직의 의사결정과 같은 맥락으로 이어지기 때문에 창의성이 차별화된 경쟁우위를 위한 핵심 프로세스임을 설명하고 있다(Zhou and Shally, 2003; Anderson, De Dreu and Nijstad, 2004). 기업의 혁신을 강화하고 점차 줄어드는 제품 개발 시간에 대응하기 위하여 다각화 된 전문성, 지식 및 견해로 구성된 프로젝트 팀을 구성한다. 그리고 새로운 아이디어의 장점을 극대화하기 위해서 조직 구성원의 역량과 잠재력

<표 1> 개인의 긍정/부정감정이 창의성이 미치는 영향 연구

연구 분야 및 연구자	주요내용
I. 긍정감정이 창의성에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> • Isen and Patrick(1983), Ashby et al.(1999), Isen(2001) • Davis(2009) • Huntsinger and Ray(2016) 	긍정적인 감정은 의사결정자가 소비자가 제품을 구매하고 느끼는 감정에서 긍정적인 감정을 유도하기 위하여 유연한 사고를 가지며, 다양한 제품과 브랜드 확장 그리고 창의적인 문제해결에 영향을 줌 긍정적인 분위기가 창의성을 향상시키지만 과제의 유형에 따라 효과의 강도가 달라짐 긍정적인 감정은 창의적인 작업의 성과를 향상시키고, 부정적인 감정은 분석적인 작업의 성과를 향상시킴
II. 부정감정이 창의성에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> • George and Zhou(2002) • Bass et al.(2012) • Tamir et al.(2015) 	부정적인 감정은 의사결정 과정에서 정밀하고, 분석적인 사고로 본인이 상대적으로 결과에 대해 미흡할거라 판단하여 만족하는 수준까지 끊임없이 노력 함 부정 및 두려운 감정이 특정 상황에서 긍정 감정이나 중립적인 감정과 비교하여 창의적인 성과 촉진에 영향을 줌 의사결정 상황에서 다양한 부정 감정에 의하여 성과가 달라지는 경향이 있음
III. 성격이 창의성에 미치는 영향 <ul style="list-style-type: none"> • Furnham and Bachtiar(2008) • Leung et al.(2014) 	외향성(Extraversion)과 개방성(Openness to Experience)이 높을 경우 창의성이 높게 나타는 경향을 보임 신경증(Neuroticism) 성향이 높은 사람의 경우 부정적인 결과를 회피하고자하는 내적동기를 유발하여 결과적으로 창의성이 높게 나타나는 경향이 있음

을 이끌어낼 리더의 지도를 필요로 하며(Anderson, Potočnik and Zhou, 2014), 이러한 리더의 지도력이 창의력에 미치는 중요한 요인임을 설명하고 있다(Atwater and Carmeli, 2009; Volmer, Spurk and Niessen, 2012). 최근 연구에도 <표 2>와 같이 리더의 역량이 창의력의 핵심기반이라 설명하고 있다(Chen and Hou, 2016).

그러나 이러한 논쟁에도 불구하고, 대부분의 기존 연구는 창의적인 문제 해결에 필요한 핵심 프로세스로 문제 식별 및 구성, 관련 정보 확인, 새로운 아이디어 생성 및 평가라고 주장하고 있다(Finke, Ward and Smith, 1992; Mumford, 2001; Reiter-Palmon and Illies, 2004). 즉, 창의적인 문제 해결을 위해 만들어진 다양한 모델은 창의적인 문제 해결 프로세스 구축이 첫 번째 단계임을 주장한다(Basadur, Runco and Vegaxy, 2000; Lubart, 2001).

요약하자면, 위에서 논의한 창의성에 영향을 미치는 연구들을 살펴본 결과 아직 불분명하거나, 상반된 주장을 보이고 있다. 특히, 최근 창의성은 비즈니스 상황에서 문제 해결을 위한 핵심 프로세스로 구

분되지만 창의성을 높이기 위한 연구가 다수 존재할 뿐 비즈니스 문제 해결 창의성에 대한 뚜렷한 연구는 부재하다.

2.2 뉴로과학과 근적외선 분광학 연구

뉴로과학 분야에서 비즈니스 문제해결과 연계되는 뇌 활성화 영역에 대하여 연구가 수행되고 있다. Dimoka, Pavlou and David(2011)는 뉴로 과학 및 뉴로 이미징 측정도구가 정보기술, 정보처리, 의사결정 사이에서 점차 복잡해지는 상호작용을 이해할 수 있는 보완적 기술을 제공함으로써 새로운 연구 방향을 제시할 수 있다고 설명하고 있다. 기존 연구를 살펴보면 뇌 활동에 반응하여 발생하는 전류 및 증폭도를 측정하는 도구인 뇌파 검사(EEG: Electroencephalographic)와 뇌 혈류 변화를 감지하여 신경세포 활성화를 측정하는 도구인 기능성 자기 공명 영상(fMRI: Functional magnetic resonance imaging)를 활용한 연구가 활발하기 이루어졌다. <표 3>은 뉴로이미징을 활용한 비즈니스 문제 및 의사결정 연구와 관련된 연구를 정리한 표이다.

<표 2> 비즈니스 상에서 리더가 조직 내 창의성에 미치는 영향 연구

연구자	주요내용
• Shalley, Zhou and Oldham(2004)	직무의 복잡성, 리더 및 동료와 관계, 보상, 평가, 마감기한 및 목표 시기, 작업 공간을 고려하여 창의력의 결정 요인을 논의
• Chen(2006)	조직에서 창의적인 아이디어 제공을 위하여 리더가 작업에 대한 갈등과 대인 관계에 대한 갈등을 통해 설명
• Zhang and Bartol(2010)	리더십과, 권한 부여를 통해 조직의 창의성에 영향을 주는 요인 분석결과 내재적 동기 부여 및 창의적인 프로세스에 영향을 줌
• Mehmood(2017)	윤리적 리더십이 직원 창의력에 미치는 영향을 윤리적 리더십, 신뢰, 창의적인 자아 효능감, 직원들의 창의성 측정을 통해 설명

〈표 3〉 뉴로이미징 도구를 활용한 비즈니스 문제 및 의사결정 연구

연구자	주요내용
I. EEG를 활용한 의사결정 연구 • 최도영 · 이진창 (2016)	비즈니스 상황에서 의사결정자의 감정이 의사결정 성과에 미치는 영향에 대한 연구
II. fMRI를 활용한 의사결정 연구 • Rao et al.(2008) • Crosson et al.(2009) • Mohr et al.(2010) • Zeng et al.(2013)	비즈니스 상황에서 위험을 감수하면서 의사결정을 내리는 신경 메커니즘을 BART게임을 통해 능동적, 수동적 의사결정이 미치는 영향에 대해 연구 비즈니스 상황에서 비용-이익 의사결정과 관련하여 예상 가치에 대한 영향에 대한 연구 비즈니스 상황에서 위험 수익의 상쇄관계(trade-off)과정에서 신경 프로세스에 대한 연구 비즈니스 상황에서 Sunk 비용과 incremental 비용 결정시 활성화 되는 뇌 영역에 대한 연구

본 연구에서 사용하는 뉴로이미징 도구 fNIRS는 fMRI와 마찬가지로 인간의 두뇌에서 기능적 활동을 측정하기 위한 혈 역학 기반 기술이다(Plichta et al., 2006). 신경활동과 산소 공급의 결합에 기초하여 산소화 된 HbO₂와 탈 산소화 된 HbR의 변화가 fNIRS의 측정지표로 사용된다. 즉 신경 활성화 후 fNIRS를 통해 나타나는 전형적인 신호는 HbO₂ 증가와 함께 HbR 감소를 수반한다. 또한 fMRI의 BOLD(Blood oxygenation level dependent)신호에 비해서 HbO₂, HbR 합계를 통한 추가적인 정보를 제공 할 수 있으며, fNIRS의 HbO₂와 HbR값은 fMRI의 BOLD결과와 유사하여 대체가능하다고 밝혀졌다(Lloyd-Fox, Blasi and Elwell, 2010). 특히, fNIRS는 fMRI에 비해 방사선(radioactive) 혹은 자기성질(magnetic properties)보다는 광학적(optical)특성을 이용하기 때문에 양전자 단층촬영(PET: positron ion tomography)이 필요하지 않아 안전성이 뛰어나며, 비침습적(noninvasive)으로 최근 뉴로 이미지 연구에 널리 사용되고 있다

(Ferrari et al., 2012). 구체적으로 인간이 높은 수준의 처리, 판단 및 계획을 하는 뇌 영역인 전전두엽(PFC: Prefrontal cortex)에 쉽게 접근 할 수 있고 운동인공물(motion artifact)에 대해 휴대 가능하며 상대적으로 탄력적이므로 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain-Computer Interface)를 구현 하는데 적합한 도구로 발전했다(Naseer and Hong, 2015).

뉴로이미징 기술의 발전은 특정 분야에 국한되지 않아 가용성이 높아지고 있다(Bandettini, 2007). 즉, 뉴로이미징 기술 중 fNIRS를 활용한 비즈니스 문제 및 의사결정 연구는 〈표 4〉에 나타내었다. 구체적으로 최근에는 소셜-뉴로과학이라 하여 사회에서 상호작용을 통해 정보를 어떻게 주고받는지, 불확실성하에 이루어지는 의사결정 등을 뉴로 이미징 방법을 통해 탐구하는 연구를 주목하고 있다. 기존 연구를 살펴보면, Iowa gambling task, balloon analogue risk task(BART), face-to-face gambling card game, ultimatum game 등의 시뮬레이션 게

〈표 4〉 fNIRS를 활용한 비즈니스 문제 및 의사결정 연구

연구자	주요내용
• Cazzell et al.(2012)	의사결정자가 위험성이 수반된 의사결정 상황에서 능동적 혹은 수동적인 결정을 내릴 때 남녀 간의 혈 역학 변화를 BART게임을 통해 분석한 연구
• Holper, Wolf and Tobler(2014)	의사결정자가 고위험 금융상품 혹은 저위험 금융상품 사이에서 다양한 위험 처리방법을 평가하고 결정할 때 혈 역학 변화를 분석한 연구
• Tang et al.(2015)	사회에서 대인관계와 상호작용은 상대방의 불확실한 의도에 영향을 받으므로, 최후통첩 게임(Ultimatum game) 통해 경제활동 교류 시 혈 역학 변화를 분석한 연구
• Çakır et al.(2016)	소비자 관점에서 제시한 구매 시나리오를 통해 제품 구매 시 활성화 되는 PFC 패턴을 분석 한 연구
• Zhang et al.(2017)	위험성하의 의사결정 상황에서 남녀 간의 차이를 확인하기 위하여 카드 게임을 통해 혈 역학 변화를 분석 한 연구

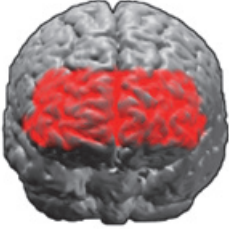
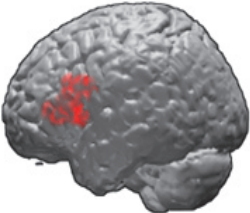
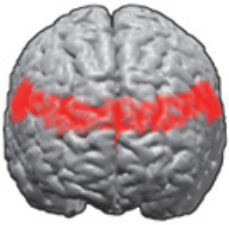
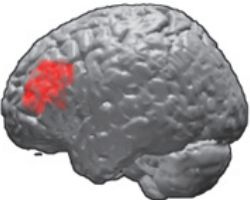
임으로 의사결정 문제를 뉴로이미징 방법을 통해 분석 했다(Ouerchefani et al., 2017; Zhang et al., 2017; Tang et al., 2016; Cazzell et al., 2012). Çakır et al.(2016)는 가상 시나리오를 통해 가격이 있을 경우와 없을 경우 제품 구매의도에 대해 fNIRS와 Eye tracker를 통해 분석 했으며, Holper, Wolf and Tobler(2014)는 높은 리스크가 있는 금융 옵션 또는 안전한 금융 옵션을 결정하는 과정을 fNIRS를 통해 분석했다.

이처럼 fNIRS의 측정 부위는 PFC로 인간의 감정과 의사결정에 큰 영향을 주며(Anderson et al., 1999, Buckner, 1996), 결정하고 계획하는 기능이라 하여 집행 기능(executive function)이라고도 한다. 특히, 의사결정은 PFC와 Limbic system이 연관되어 생각, 추론, 계산, 감정 측면을 담당한다(Koechlin, Ody and Kouneiher, 2003; Ernst

and Paulus, 2005; Cieslik et al., 2012). 구체적으로 본 연구에서는 브로드만 영역을 통해 구역별로 나타나는 기능 차이를 확인하고자 한다. 브로드만 영역은 독일의 해부학자 브로드만이 뉴런에 기초하여 피질(cortex)의 다양한 기능과 관련하여 영역을 정의했다(Brodmann, 1909). 따라서 본 연구에서는 PFC에 해당하는 전두극 피질(Frontopolar cortex, 브로드만 영역 10), 복측부 전전두엽 피질(Ventrolateral prefrontal cortex, 브로드만 영역 45), 배외측 전전두엽 피질(Dorsolateral prefrontal cortex, 브로드만 영역9, 46)의 왼쪽(L), 오른쪽 반구(R) 총 8개 영역을 측정하여 비교하고자 한다. 〈표 5〉에는 브로드만 영역 10¹⁾, 브로드만 영역 45²⁾, 브로드만 영역 9³⁾, 브로드만 영역 46⁴⁾ 위치 및 기능별 요약을 나타내었다.

1) 그림 출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Brodmann_area_10#/media/File:Brodmann_area_10.png
 2) 그림 출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Brodmann_area_45#/media/File:Brodmann_area_45.png
 3) 그림 출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Brodmann_area_9#/media/File:Brodmann_area_9.png
 4) 그림 출처: https://en.wikipedia.org/wiki/Brodmann_area_46#/media/File:Brodmann_area_46.png

〈표 5〉 브로드만 영역별 기능 연구 요약

영역	연구자	기능
I. 전두극 피질 (Frontopolar cortex)		
<ul style="list-style-type: none"> • 브로드만 영역 10 	<ul style="list-style-type: none"> • Koechlin and Hyafil(2007) • Baddeley and Hitch(1974), Ramnani and Owen(2004), Knowlton et al.(2012) • Gilbert et al. (2006) 	<p>인지 분지(cognitive branching)기능 즉, 여러 작업을 동시에 수행할 때 혹은 복잡한 과제를 처리하는 기능으로 핵심적인 기능</p> <p>Baddeley의 작업 기억 모델에서 집행기능(executive function)을 공유, 이중 작업 기능</p> <p>작업 기억(working memory), 일시적인 기억, 다중 업무 조정 기능에 관여</p>
II. 복측부 전전두엽 피질 (Ventrolateral prefrontal cortex)		
<ul style="list-style-type: none"> • 브로드만 영역 45 	<ul style="list-style-type: none"> • Gabrieli, Poldrack and Desmond(1998) • Thompson-Schill, D'Esposito and Kan(1999) • Levy and Wagner(2011) 	<p>주어진 상황에 적합한 기준을 통해 의미상 관련된 작업 기억을 불러오는 보조 역할</p> <p>주어진 상황에 국한되지 않고 의미론적으로 비슷한 표현을 하는 모든 활동</p> <p>불확실성하에서 의사결정을 할 때 활성화</p>
III. 배외측 전전두엽 피질 (Dorsolateral prefrontal cortex)		
<ul style="list-style-type: none"> • 브로드만 영역 9 	<ul style="list-style-type: none"> • Goel et al.(1997) • Chevrier, Noseworthy and Schachar(2007) • Longe et al.(2012) • Kerestes et al.(2012) • Zhang, Leung and Johnson(2003) 	<p>주어진 상황에서 귀납적 추론과 타인의 의도를 추론하는 핵심 기능</p> <p>오류 인지하고 이를 추론하는 기능</p> <p>좌측 반구(left hemisphere)에서는 자기비판 및 부정적인 감정에 활성화</p> <p>좌측 반구에서는 부정감정, 우측 반구에서는 긍정감정에 대해 활성화</p> <p>우측 반구에서 작업 기억 활성화</p>
<ul style="list-style-type: none"> • 브로드만 영역 46 	<ul style="list-style-type: none"> • Andrews et al.(2011) • Courtney(2004) • Duncan and Owen(2000), Greene et al.(2001) 	<p>자제력을 조절하며 작업 기억 활성화의 중심적인 역할</p> <p>집중력을 유지하고 작업 기억을 관리하는데 중요한 역할</p> <p>개인이 도덕적인 의사결정을 내려야하는 경우 활성화되며, 개인이 이익을 극대화 하려는 유혹을 억제하고 공평한 선택을 제안하는 역할</p>

2.3 아이디어 연상기억 탐색 모델

창의적인 제안과 문제해결을 수행하기 전에 가장 먼저 해야 하는 일은 당면한 문제와 관련 있는 기존 지식에 대한 기억을 탐색하는 것이다. 즉 비즈니스 상황에서도 창의적인 아이디어 생산을 위하여 아이디어 탐색관련 연구를 함께 진행되고 있으며 <표 6>에 나타내었다.

이는 아이디어 연상기억 탐색 모형(SIAM: Search for Idea in Associative Memory)모형을 통해 2단계 프로세스로 개념화(Nijstad and Stroebe, 2006; Nijstad et al., 2010)하며, 사용자의 인지상태 기반으로 생산적 사고(Productive Ideation)와 교착상태(Impasses)가 번갈아 가며 진행된다고 가정한다. 2단계 프로세스에 대하여 구체적으로 살펴보면 첫째, 생산적 사고 단계는 아이디어 구성요소에 쉽게 접근하여, 그 구성요소로부터 새로운 아이디어를 적극적으로 개발하는 단계이다. 이는 상대적으로 가깝고, 선행 아이디어의 변형 또는 연관된 구성요소로부터 발생한다. 따라서 더 많은 반복과

정교화 작업을 통해 새롭고 유용한 아이디어 개발이 가능하다. 둘째, 교착상태 단계에서는 아이디어 생성이 상대적으로 느리고, 노력이 많이 들며 의미론적으로 멀리 떨어져 있는 경향이 있다.

따라서 아이디어 연상기억 탐색 모델은 새로운 의미 영역을 찾는 것 외에도 해당하는 범주 내에서 탐구하여 창의성을 극대화 할 수도 있기 때문에 다양하고 창의적인 아이디어 생성이 가능하다. 즉, 생산적 사고 단계에서는 가까운 자극인 근 자극을 전달하고, 교착상태 단계에서는 먼 자극인 원 자극을 제공하면서 범주 내 깊은 탐구를 촉진하여 아이디어의 참신함을 높이고, 적절한 시기에 새로운 영역에 대한 정보를 제공한다(Chan and Schunn, 2015). 이에 Chan et al.(2017)은 아이디어 연상기억 탐색 모델에서 생산적 사고 단계일 때 근(近) 자극을 제공하여 범주 내에서 생각을 촉진하여 아이디어의 참신함을 높이고, 교착상태일 때 원(遠)자극을 제공하여 적절한 시기에 새로운 영역에 대한 정보를 제공하는 것이 최상의 접근법이라 했다. 반면, 생산적 사고 단계일 때 원 자극을 제공하고, 교착상태 단계

<표 6> 비즈니스 상황에서 아이디어 연상기억 탐색 연구

연구자	주요내용
• Nijstad et al.(2006)	창의적인 아이디어 생성을 위하여 주어진 과제에 의미론적으로 가까운 자극과 먼 자극을 제공하여 창의성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구
• Nijstad et al.(2010)	아이디어 연상기억 탐색을 활용한 그룹 아이디어 생성 과정에서 자극 효과, 그룹 생산성을 포함하여 정교한 모델 생성을 위한 연구
• Chan et al.(2017)	의사결정자가 창의적인 아이디어를 생성할 때 생산적 사고 단계와 교착상태를 거친다고 가정하여 주어진 과제에 의미론 상으로 가까운 자극 혹은 먼 자극이 창의성에 어떠한 영향을 미치는지에 대한 연구
• Montag-Smit and Maertz(2017)	아이디어 생성과 함께 효과적이고 창의적인 결과 도출을 위하여 창의적인 솔루션 개발에 직접적으로 관련 되어있는 정보와 간접적인 정보를 제공하여 정보 유형의 중요성에 대한 연구

일 때 근 자극을 제공하는 것이 최악의 접근법이라 정의했다. 따라서 본 연구는 아이디어 연상기억 탐색 모델의 최고의 접근법을 적용하여 본 실험 패러다임을 구축하였다.

III. 연구 방법

창의적인 비즈니스 문제 해결을 위하여 긍정, 부정 감정이 의사결정 과정에서 어떠한 자극에서 영향을 받는지, 그리고 결과물인 BPSC에 어떻게 영향을 주는지에 대하여 연구를 수행하기 위하여 실험 패러다임을 구축했다. 긍정 감정과 부정 감정이 이입된 각 실험 집단에 인지 지도(Cognitive Map)의 개념을 교육하고, 가상의 비즈니스 시나리오를 제시했다. 비즈니스 시나리오는 실험 참가자 자신이 의사결정자로서 현재 직면한 상황에서 창의적인 전략을 구축하는 의사결정을 진행하였다. 이러한 의사결정자가 구축한 전략은 앞서 학습한 인지 지도의 개념에 적용하게 하였다. 즉, 인지 지도가 BPSC를 측정하는 도구로 사용되었다. 이러한 실험을 진행하는 동안 실험 참가자의 뇌혈류 역학 변화를 측정하기 위하여 fNIRS를 사용하였다. 측정 구간은 총 네 가지로 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원-자극 인지지도로 설정하여 실험을 진행하였다.

3.1 실험과제 개발

긍정, 부정 감정 유도를 위하여 다양한 방법들이 사용되고 있지만, 본 연구에서는 음악 청취를 통해 긍정, 부정 감정을 유도하는 방법을 사용했다(Eerola and Vuoskoski, 2011). 감정유도를 위한 음악 청

취는 긍정 집단, 부정 집단에 약 6분간에 걸쳐 진행되었다.

실험 참가자는 인지 지도를 작성하기 위한 과제로 가상의 비즈니스 상황을 제공하여 시나리오를 이해하게 했다. 가상의 시나리오는 Althuizen and Reichel(2016)이 사용했던 실험 시나리오를 국내 상황에 맞게 수정하여 작성했다. 구체적으로 실험 참가자는 가게 사장 입장에서 창의적인 의사결정 및 전략 구축을 진행한다. 경쟁 가게에 대한 영업시간이 주어지고, 본 가게에 제품은 해당하는 시간이 지나면 판매가 불가능하다. 또한 판매 제품은 고객 유치를 위하여 진열장에 항상 가득 채워졌으며 판매량의 50%가 오전 7시부터 오후 1시에 판매된다. 결과적으로 많은 제품들이 오후에 전량 폐기가 된다. 또한 판매 수익의 상당 부분을 폐기에 사용하고 있다. 이에 대한 비즈니스 문제 해결을 위한 전략 구축 방안으로 시나리오는 구성되었다.

실험 참가자는 BPSC의 결과물로서 인지 지도를 제시하기 때문에 인지 지도에 교육과 자가 학습을 통해 이해할 수 있도록 인지 지도에 대한 개념과 설명서, 예시를 제시했다. 인지 지도는 논리적인 생각을 확장하는 확산적 사고(divergent thinking)를 측정하는 도구로 하나의 낱말로 이루어진 개념노드와 개념노드 간의 인과관계를 나타내는 선으로 구성되어 있다. 즉, 인지 지도에서 개념노드와 개념노드 사이에는 인과관계가 존재한다(Tolman, 1948). 다만, 두 개념 노드 간에는 쌍방향 인과관계를 나타내거나, 순환모형 혹은 관계가 없는 독립적인 노드가 없도록 해야 한다. 인지 지도는 주로 개인의 지식이나 스키마(schema)를 나타내는 일종의 의미 있는 네트워크이며, 정보지도, 비즈니스 의사결정 지도, 지식지도로 부를 만큼 비즈니스 상황에서도 전략 구축을 위해 자주 사용된다(Eden, 1988; Fiol and

Huff, 1992; Ambrosini and Bowman, 2002).

3.2 실험 참가자

실험에는 서울 소재 대학생 28명이 참가하였다. 대학교 홈페이지를 통해 실험의 내용과 실험 참가 제약사항을 공지하였으며, 일 만원 상당의 금전적 보상으로 지급하였다.

뇌혈류 역학 측정을 위하여 혈압약 복용자, 실험 전날 수면부족 혹은 음주 그리고 뇌 손상 및 정신과적으로 병력이 있는 경우 등은 실험 참가자로서 부적절하여 공고를 통해 제한했다. 또한 국적이 한국인 학생과 주로 사용하는 손이 오른손잡이인 학생들로 구성하였다. 실험 참가 인원은 20세에서 27세 사이의 28명의 건강한 성인(mean age = 23.89, SD = 1.641; 15females)이 참가에 참가했다. 또한 긍정 감정이 유도된 긍정 집단은 15명, 부정 감정이 유도된 집단은 13명으로 랜덤으로 선발하였다. 모든 참가자는 실험 절차에 대한 정보를 얻고 실험 전 서면 동의를 받은 후 실험을 진행하였다. 본 연구는 성균관 대학교의 IRB(Institutional Review Board)위원회에서 검토 및 승인되었다(IRB No. 2017-12-011-022).

3.3 실험 절차

실험을 위하여 서울에 소재한 대학교 연구실에서 fNIRS 장비와 실험 진행을 위한 모니터를 설치하고 외부 소음이 최소화 되도록 실험실 환경을 구축하였다. 실험 참가자가 연구실에 도착하면 실험 동의를 받은 후 실험 패러다임 교육을 실시했다. 이후 fNIRS 장비를 부착했으며 장비는 NIRSIT(OBELAB, Seoul, Korea)를 사용했다. 24개의 광원(laser

diodes)과 32개의 검출기(detectors)로 8.138z의 샘플링 속도로 기록되며, 고주파 구간(High cutoff frequency) 0.02Hz, 저주파 구간(Low cutoff frequency) 0.002Hz로 설정하여 측정 시 발생하는 노이즈 제거를 했다. 인접한 SD(source-detector)는 204개의 채널로 구성가능하다. 본 실험에서 사용한 fNIRS 장비는 <그림 1>와 같다.

본 실험에서는 장비 부착 후, 총 일곱 단계로 진행되며, 전체적인 절차는 <그림 2>에 나타나 있다. 첫 번째 단계는 감정유도 단계이다. 실험 참가자는 편하게 앉은 상태에서 약 6분간 음악 청취를 진행했다. 두 번째 단계는 실험 참가자 앞에 설치된 모니터를 통해 3분간 시나리오를 확인하고 이해여부를 확인했다. 세 번째 단계는 시나리오를 기반으로 2분간 주어진 비즈니스 문제에 대한 창의적인 전략을 인지 지도로 그리는 과제를 수행하게 했다. 네 번째 단계에서는 세 번째 단계에서 새로운 아이디어를 충분히 고민했다고 판단하여, 생산적 사고 단계라 가정한다. 따라서 시나리오 내용과 의미상으로 아주 밀접한 관련이 있는 근 자극을 개념노드 형태로 총 5개를 10초간 제공한다. 다섯 번째 단계는 근 자극을 활용하여 기존 인지 지도를 50초간 확장한다. 그리고 네 번째 다섯 번째 단계를 총 5번 반복한다. 여섯 번째 단계는 근 자극, 근 자극-인지지도 과제를 총 5번씩 수행하면서 아이디어가 고갈되었다 가정하여 교착상태라 판단한다. 따라서 시나리오와 의미상으로 거리가 먼 원 자극을 10초간 1개 제공한다. 일곱 번째 단계는 원 자극을 활용하여 기존 인지지도를 50초간 확장하며 총 5번 반복한다. 단, 여섯 번째 단계에서 주어지는 원 자극은 5번 반복 수행 시 매번 다른 개념노드로 제공한다.

3.4 분석 방법

데이터 분석은 MATLAB R2017b(MathWorks, Natick, MA, USA)를 사용했다. 이마 주변의 머리카락에 의한 신호 간섭과 광학센서(optode)의 불완전한 접촉으로 특정 채널의 신호 품질은 추가 분석에 사용하기에 적합하지 않다. 따라서 부적절한 신호 품질을 가진 몇 개의 채널은 제거되었다. oxy-haemoglobin(ΔHbO_2)와 deoxy-haemoglobin(ΔHbR)의 농도 계산 방식은 근적외선 분광법의 대표적 계산 방식인 The modified Beer-Lambert Law(MBLL)을 사용했다(Kocsis, Herman and Eke, 2006).

IV. 연구 결과

본 장에서는 BPSC 결과물에 따라 긍정 감정이 유도된 긍정 집단과 부정 감정이 유도된 부정 집단 간의 비즈니스 상황에서 주어지는 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원 자극-인지지도 구간 별 HbO_2 와 HbR 활성화에 측정결과에 대하여 설명하고자 한다.

먼저 실험 참가자들이 작성한 인지지도를 집단 별 BPSC 평균 점수 비교를 위하여, 실험 참가자들이 작성한 인지지도 결과물에 대해 창의성 과학(Creativity Science)분야 연구를 하고 있는 전문가로 경영박사 학위 소지자 1명이 참가하여 평가하였다. 평가 방법은 창의성을 4가지 척도로 점수를 매기는 Torrance Tests of Creativity Thinking(TTCT)방법을 사용했다. TTCT의 4가지 척도는 (1) 유창성(Fluency): 자극에 대한 응답으로 생성된 해석가능하고 의미

있으며, 관련성이 있는 아이디어의 수, (2) 유연성(Flexibility): 자극에 대한 응답으로 서로 다른 카테고리의 수, (3) 독창성(Originality): 자극에 대한 응답으로 평범하지 않고 기존의 것과는 다른 아이디어의 수, (4) 정교화(Elaboration): 자극에 대한 응답으로 중심이 되는 아이디어를 정교화하거나 부가적으로 세부사항을 첨부한 아이디어의 수로 정의한다(Torrance, 1972). 따라서 척도별 5점씩 배분하여 총점 20점으로 평가하였다.

4.1 연구 문제1을 위한 실험 결과: 긍정, 부정 집단 간 뇌혈류 역학 반응 차이

앞서 제시된 연구 문제 1에서 긍정 집단과 부정 집단 간 BPSC결과에 따른 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원 자극-인지지도 구간 별 HbO_2 , HbR 활성화 차이를 보고자 하였다. 즉, 긍정 집단과 부정 집단 간에는 구간 별 혈류 역학적 차이가 있을 것이라는 연구 문제를 설정하였다. 따라서 긍정 집단과 부정 집단 간에 구간 별 차이가 있는지 검증하기 위해, 독립표본 t-test를 실시하였다.

먼저, BPSC가 높은 집단은 총 14명으로 나타났으며, 14명 중 긍정 집단과 부정 집단에 속한 인원은 각 7명으로 나타났다. BPSC가 높은 집단의 측정 구간에서 긍정, 부정 집단 간 뇌혈류 활성화 차이가 있는 영역은 <표 7>에 나타내었다. 분석 결과 BPSC가 높은 집단에서는 근 자극-인지지도, 원 자극, 원-자극 인지지도 3구간에서 긍정 집단과 부정 집단 간의 차이가 나타났다. 근 자극-인지지도 구간에서는 브로드만 영역 10(L)에서 HbO_2 값의 차이를 보였으며($t = -2.359, p = 0.036^{**}$) 긍정 집단 보다 부정 집단에서 활성화 되는 것으로 나타났다. 원 자극 구간에서는 HbO_2 가 브로드만 영역 46(L)

에서 긍정 집단이 활성화($t = 2.492, p = 0.028^{**}$) 되었으며, HbR은 브로드만 영역 10(R)에서 부정 집단이 활성화($t = -1.802, p = 0.097^*$) 되는 것으로 나타났다. 원 자극-인지지도 구간에서는 HbO2가 브로드만 영역 9(L)에서 부정 집단이 활성화($t = -2.052, p = 0.063^*$)되는 것으로 나타났다.

따라서 요약하자면, 긍정, 부정 집단에서 활성화 되는 영역은 <표 8>과 같다. BPSC가 높은 집단에서 긍정 집단은 원 자극을 받을 때 HbO2가 브로드만 영역 46(L)에서 활성화 되었으므로 집중력을 유지하고 작업 기억을 활성화 시키는 것으로 나타났다. 반면에 부정 집단은 근 자극-인지지도, 원 자극-인지지도 구간에서 HbO2가 브로드만 영역 10(L), 9(R)에서 활성화 되었다. 즉, 근 자극-인지지도 구간에서는 여러 가지 과제를 처리하기 위해 작업 기억, 다중 업무 조정 기능이 활성화 되었으며, 원 자

극-인지지도 구간에서는 상대의도를 파악하고, 귀납적 추론하는 기능이 활성화 되었다. 그러나 원 자극 구간에서는 HbR이 브로드만 영역 10(R)에서 활성화 되어, 근 자극-인지지도 구간에서 활성화되었던 기능이 원 자극 구간에서는 저하되는 것으로 나타났다.

다음 BPSC가 낮은 집단은 총 14명이며, 긍정 집단에 속한 인원은 8명, 부정 집단에 속한 인원은 6명으로 나타났다. BPSC가 낮은 집단의 측정 구간에서 긍정, 부정 집단 간 뇌혈류 활성화 차이가 있는 영역은 <표 9>에 나타내었다. 분석 결과 BPSC가 낮은 집단에서는 근 자극, 원 자극, 원 자극-인지지도 3구간에서 긍정 집단과 낮은 집단의 뇌혈류 활성화 차이가 나타났으며, 모두 HbR 값에서 차이가 나타났다. 또한 근 자극 구간($t = 2.246, p = 0.044^{**}$), 원 자극-인지지도($t = -2.384, p = 0.035^{**}$) 구간에서는 공통적으로 브로드만 영역 10(L)에서 차

<표 7> BPSC가 높은 집단에서 감정 집단별 뇌혈류 역학반응 값 비교

혈류값 기준	구분	영역 구분	집단 구분	평균 값	표준편차	t 값	p 값
HbO2	근 자극-인지지도	10(L)	긍정 집단	-0.056	0.127	-2.359	0.036**
			부정 집단	0.079	0.082		
HbO2	원 자극	46(L)	긍정 집단	0.100	0.108	2.492	0.028**
			부정 집단	-0.018	0.065		
HbR	원 자극	10(R)	긍정 집단	-0.020	0.027	-1.802	0.097*
			부정 집단	0.001	0.140		
HbO2	원 자극-인지지도	9(L)	긍정 집단	-0.033	0.115	-2.052	0.063*
			부정 집단	0.075	0.079		

** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

<표 8> BPSC가 높은 집단에서 감정 집단별 활성화 되는 영역

집단 구분	혈류값 기준	구분	활성화 영역
긍정 집단	HbO2	원 자극	46(L)
부정 집단	HbO2	근 자극-인지지도, 원 자극-인지지도	10(L), 9(R)
	HbR	원 자극	10(R)

〈표 9〉 BPSC가 낮은 집단에서 감정 집단별 뇌혈류 역학반응 비교

혈류값 기준	구분	영역 구분	집단 구분	평균 값	표준편차	t 값	p 값
HbR	근 자극	10(L)	긍정 집단	0.011	-0.019	2.246	0.044**
			부정 집단	0.027	0.021		
HbR	원 자극	45(L)	긍정 집단	-0.018	0.016	-1.929	0.078*
			부정 집단	0.029	0.036		
HbR	원 자극-인지지도	10(L)	긍정 집단	-0.004	0.029	-2.384	0.035**
			부정 집단	0.022	0.030		

** p < 0.05, * p < 0.1

〈표 10〉 BPSC가 낮은 집단에서 감정 집단별 활성화 되는 영역

집단 구분	혈류값 기준	구분	활성화 영역
부정 집단	HbR	근 자극, 원 자극, 원 자극-인지지도	10(L), 45(L), 10(L)

이가 있었으며, 원 자극 구간(t = -1.929, p = 0.078*)에서는 브로드만 영역 45(L)에서 차이가 나타났다.

따라서 요약하자면, 긍정, 부정 집단에서 활성화 되는 영역은 〈표 10〉과 같다. 특히, BPSC가 낮은 집단에서는 공통적으로 부정 집단에서 HbR이 활성화 되는 것으로 나타났다. 즉, 근 자극, 원 자극, 원 자극-인지지도 구간에서 작업 기억에 대한 활용성이 떨어졌다.

4.2 연구 문제2를 위한 실험 결과: 실험 과제 구간에서 활성화되는 뇌혈류 역학 반응 차이

연구 문제2에서는 BPSC결과에 따른 근 자극, 근 자극-인지지도, 원 자극, 원 자극-인지지도 구간 별 HbO2, HbR 활성화 차이를 보고자 하였다. 즉, 긍정 집단과 부정 집단 간 구분 없이 구간 별 뇌혈류 역학 활성화 차이가 있을 것이라는 연구 문제를 설정하였다.

먼저, BPSC가 높은 집단은 총 14명으로 나타났으며, 분석 결과 근 자극, 근 자극-인지지도 구간에서 HbO2와 HbR 활성화 차이가 있는 것으로 나타났다. 활성화 차이가 있는 영역은 〈표 11〉에 나타내었다. BPSC가 높은 집단에서 근 자극 구간은 브로드만 영역 45(R)(t = -1.846, p = 0.088*), 10(R)(t = -1.873, p = 0.084*), 45(L)(t = -2.849, p = 0.014**)에서 공통적으로 HbO2가 활성화 되었으며, 근 자극-인지지도 구간에서는 브로드만 영역 9(R)(t = 2.114, p = 0.052*), 9(L)(t = 2.778, p = 0.016**), 46(L)(t = 2.164, p = 0.050*)에서 공통적으로 HbR이 활성화 되었다.

요약하자면, BPSC가 높은 집단에서 활성화 되는 영역은 〈표 12〉와 같다. 근 자극 구간에서는 HbR이 공통적으로 활성화 되었으며, 근 자극-인지지도 구간에서는 HbO2이 공통적으로 활성화 되었다. 즉, 근 자극을 받을 시 주어진 상황에 의미론적으로 비슷한 작업 기억을 불러오며 이를 활용 하는 기능이 떨어지는 것으로 나타났으나, 근 자극-인지지도 구

간에서는 귀납적 추론 기능과 집중력 및 작업 기억을 관리하는 활동 활발한 것으로 나타났다.

다음 BPSC가 낮은 집단은 총 14명으로 분석 결과 근 자극, 원 자극 구간에서 HbO2와 HbR 활성화 수준 차이가 있는 것으로 나타났으며, 활성화 차

이가 있는 영역은 <표 13>에 나타내었다. BPSC가 낮은 집단에서는 공통적으로 HbR이 활성화 되었으며, 근 자극 구간은 브로드만 영역 9(R)($t = -1.816, p = 0.093^*$)에서 원 자극 구간은 브로드만 영역 10(L)($t = -2.233, p = 0.044^{**}$)에서

<표 11> BPSC가 높은 집단에서 뇌혈류 역학반응 활성화 비교

구분	영역 구분	혈류값 기준	평균 값	표준편차	t 값	p 값
근 자극	45(R)	HbO2	-0.049	0.093	-1.849	0.088*
		HbR	-0.004	0.058		
	10(R)	HbO2	-0.036	0.070	-1.873	0.084*
		HbR	-0.011	0.058		
	45(L)	HbO2	-0.039	0.105	-2.849	0.014**
		HbR	0.025	0.097		
근 자극-인지지도	9(R)	HbO2	0.112	0.153	2.114	0.052*
		HbR	-0.031	0.110		
	9(L)	HbO2	0.083	0.102	2.778	0.016**
		HbR	-0.020	0.062		
	46(L)	HbO2	0.036	0.085	2.164	0.050*
		HbR	-0.230	0.063		

** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

<표 12> BPSC가 높은 집단에서 활성화 되는 영역

혈류값 기준	구분	활성화 영역
HbR	근 자극	45(R), 10(R), 45(L)
HbO2	근 자극-인지지도	9(R), 9(L), 46(L)

<표 13> BPSC가 낮은 집단에서 뇌혈류 역학반응 활성화 비교

구분	영역 구분	혈류값 기준	평균 값	표준편차	t 값	p 값
근 자극	9(R)	HbO2	-0.035	0.089	-1.816	0.093*
		HbR	0.017	0.030		
원 자극	10(L)	HbO2	-0.035	0.062	-2.233	0.044**
		HbR	0.002	0.027		

** $p < 0.05$, * $p < 0.1$

차이를 보였다.

요약하자면, BPSC가 낮은 집단에서 활성화 되는 영역은 <표 14>와 같다. 근 자극과 원 자극 구간에서 HbR이 공통적으로 활성화 되었다. 즉, 근 자극, 원 자극 구간에서 추론하는 기능과, 이중 작업 및 작업 기억 기능이 떨어지는 것으로 나타났다.

다음 <표 15>는 본 연구에서 설정한 연구문제 1, 2의 실험결과를 정리하여 나타내었다. BPSC가 높은 집단에서는 HbO2가 주로 활성화 되었으며, 긍정 집단과 부정 집단은 원 자극을 받을 때 상반된 결과

를 나타냈다. 긍정 집단에서는 원 자극을 받을 때 활성화 되지만 부정 집단에서는 근 자극-인지지도, 원 자극-인지지도를 직접 그릴 때 활성화 되었고 두 집단 공통적으로 근 자극-인지지도를 그릴 때 HbO2가 활성화 되는 것을 확인 할 수 있다. 반면에 BPSC가 낮은 집단에서는 HbO2는 활성화 되지 않고 HbR만 활성화 되었다. 특히 근 자극과 원 자극을 받을 때에는 공통적으로 HbR이 활성화 되었으며 부정 집단에서는 원 자극-인지지도 구간에서도 활성화 되는 것을 확인 할 수 있다.

<표 14> BPSC가 낮은 집단에서 활성화 되는 영역

혈류값 기준	구분	활성화 영역
HbR	근 자극, 원 자극	9(R), 10(L)

<표 15> 연구문제 1, 2 실험 결과

BPSC 집단	연구 문제	집단 구분	혈류 값	영역 구분	실험 과제 구분		
BPSC가 높은 집단	연구문제 1	긍정 집단	HbO2	46(L)	원 자극		
			HbR	.	.		
		부정 집단	HbO2	10(L) 9(R)	근 자극-인지지도 원 자극-인지지도		
			HbR	10(R)	원 자극		
	연구문제 2	구분 없음	HbO2	9(R), 9(L), 46(L)	근 자극-인지지도		
			HbR	45(R), 10(R), 45(L)	근 자극		
BPSC가 낮은 집단	연구문제 1	긍정 집단	HbO2	.	.		
			HbR	.	.		
		부정 집단	HbO2	.	.		
			HbR	10(L) 45(L) 10(L)	근 자극 원 자극 원 자극-인지 지도		
			연구문제 2	구분 없음	HbO2	.	.
					HbR	9(R) 10(L)	근 자극 원 자극

V. 결론

본 논문에서는 의사결정자의 BPSC를 측정하여, 긍정 집단과 부정 집단 간 어떠한 차이를 보이는지, 과제 수행 시 주어지는 자극 별 어떠한 차이를 보이는지 뉴로 이미징 도구인 fNIRS를 활용하여 브로드만 영역을 통하여 뇌혈류 역학 활성화 분석을 실시하였다. 긍정 집단과 부정 집단은 가상 비즈니스 문제 시나리오를 통해 창의성을 요구하는 과제를 수행하였으며, HbO₂와 HbR의 활성화 차이와 의사결정 활동의 결과물인 인지지도 분석을 통해 BPSC를 평가했다.

본 연구는 크게 연구문제 1, 2를 주제로 진행되었으며, 연구문제 1의 결과는 다음과 같다. BPSC가 높은 집단의 긍정 집단은 원 자극을 받을 때 집중력을 유지하고 작업 기억을 활성화 시켰지만, 부정 집단은 근 자극-인지지도, 원 자극-인지지도 구간에서 여러 가지 과제를 처리하기 위해 작업 기억, 다중 업무 조절 기능, 귀납적 추론 기능이 활성화되었다. 반면에 BPSC가 낮은 집단은 부정 집단의 근 자극, 원 자극, 원 자극-인지지도 구간에서 차이가 나타났으며 작업 기억에 대한 활용성이 떨어지는 것을 나타냈다. 즉, BPSC가 높은 집단에서 긍정 집단은 의미상으로 멀리 떨어진 원 자극을 받을 때 뇌혈류 역학 반응이 활성화 되지만, 부정 집단은 근 자극, 원 자극을 통한 인지지도를 그리면서 스스로 전략을 구축할 때 활성화되는 것으로 나타났다.

연구 문제 2의 결과는 긍정, 부정 집단 관계없이 BPSC가 높은 집단에서는 근 자극을 받을 시 주어진 상황에 의미론적으로 밀접한 작업 기억을 불러오는 기능은 다소 떨어졌지만, 근 자극-인지지도 구간에서는 직접 전략을 구축할 때 집중력과 작업 기억

을 활용하는 것으로 나타났다. BPSC가 낮은 집단에서는 근 자극, 원 자극 구간에서 추론 기능과 작업 기억 기능이 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구 결과가 가지는 이론적, 실무적 시사점은 다음과 같다. 이론적인 측면에서는 첫 번째, 뉴로 이미징 도구와 아이디어 연상기억 탐색 모델 그리고 BPSC라는 새로운 차원의 창의성을 결합하여, 의사결정자가 비즈니스 상황에서 창의적인 아이디어 및 전략을 구축하는데 단계별로 고려하였다. 두 번째, 기존 뉴로이미징 도구를 활용하여 진행한 비즈니스 문제 해결 관련 논문은 위험성을 고려한 도박성 게임을 통해 의사결정시 활성화 되는 영역을 입증하였다는 점에서 본 연구는 보다 현실감 있는 가상의 비즈니스 시나리오를 통하여 연구를 진행하였다는 점이다. 세 번째, 긍정, 부정 감정과 함께 아이디어 생성을 위한 단계별로 뉴로과학 방법을 통해 입증하였다는 점이다. 긍정 집단과 부정 집단 관계없이 가까운 근 자극을 받을 시 뇌혈류 역학반응이 활성화 되었으나, 긍정 집단의 경우는 원 자극을 받을 시, 그리고 부정 집단의 경우 근 자극-인지지도, 원 자극-인지지도 구간에서 뇌 혈류 역학 반응이 활성화 되었다. 이는 기존 연구에서 해석의 폭을 확장 하였다는 점에서 객관적인 측면을 더해준다.

실무적인 시사점은 다음과 같다. 실무적인 상황에서 리더는 실제 업무 환경에서 발생 할 수 있는 조직 내 분위기에 맞춰 보다 긍정적인 집단인 경우 의미론적으로 멀리 떨어진 원 자극을 함께 주었을 때 스스로 창의적인 아이디어를 생성하는 것으로 나타났으며, 부정적인 집단인 경우 스스로 근 자극, 원 자극을 활용한 전략 구축을 시도하는 것이 보다 효과적인 아이디어 생성이 이루어지는 것으로 나타났다.

특히, 긍정 및 부정 집단 구분 없이 근 자극-인지지도에서 공통적으로 활성화되어 BPSC를 높이기

위하여 스스로 본인의 작업 기억(Working memory)을 활용하는 것이 가장 중요한 것으로 나타났다. 다만 BPSC가 낮은 집단에서는 HbO₂가 활성화되는 영역 및 과제가 나타나지 않아 아이디어 생성을 위한 집중력이 떨어지는 것으로 나타났다.

본 연구는 다음과 같은 몇 가지의 한계점 및 향후 연구 방향을 가진다.

첫째, 실험참가자의 연령이 20-27세로 대학생들로만 구성하여, 실제 경영의사결정을 하는 상황과 차이가 존재한다.

둘째, 실험에 사용한 패러다임이 실제 경영 환경과는 다른 성격을 가질 가능성이 높다. 따라서 향후 연구는 실제 비즈니스 상황에서 의사결정을 내리는 경영진 혹은 실무진을 대상으로 실험을 실시할 필요가 있으며, 실제 경영환경과 유사한 과제들로 패러다임을 구축할 필요가 있다.

참고문헌

- 최도영 · 이진창(2016), "불확실성을 수반한 경영의사결정 시 긍정-부정감성이 비즈니스 문제해결 창의성에 미치는 효과에 관한 뉴로사이언스 기반의 실증 연구," *경영학연구*, 45(4), 1147-1172.
- Adaman, J. E., and Blaney, P. H.(1995), "The Effects of Musical Mood Induction on Creativity," *The Journal of Creative Behavior*, 29(2), 95-108.
- Alloy, L. B., Abramson, L. Y., and Viscusi, D. (1981), "Induced Mood and the Illusion of Control," *Journal of Personality and Social Psychology*, 41(6), 1129-1140.
- Althuisen, N., and Reichel, A.(2016), "The Effects of IT-enabled Cognitive Stimulation Tools on Creative Problem Solving: A Dual Pathway to Creativity," *Journal of Management Information Systems*, 33(1), 11-44.
- Amabile, T. M., Barsade, S. G., Mueller, J. S., and Staw, B. M.(2005), "Affect and Creativity at Work," *Administrative Science Quarterly*, 50(3), 367-403.
- Ambrosini, V., and Bowman, C.(2002), "Mapping Successful Organizational Routines," *Mapping Strategic Knowledge*, 19-45.
- Anderson, S. W., Bechara, A., Damasio, H., Tranel, D., and Damasio, A. R.(1999), "Impairment of Social and Moral Behavior Related to Early Damage in Human Prefrontal Cortex," *Nature Neuroscience*, 2(11), 1032-1037.
- Anderson, N., De Dreu, C. K., and Nijstad, B. A. (2004), "The Routinization of Innovation Research: A Constructively Critical Review of the State-of-the-science," *Journal of Organizational Behavior*, 25(2), 147-173.
- Anderson, N., Potočnik, K., and Zhou, J. (2014), "Innovation and Creativity in Organizations a Stateof-the-science Review, Prospective Commentary, and Guiding Framework," *Journal of Management*, 40(5), 1297-1333.
- Andrews, S. C., Hoy, K. E., Enticott, P. G., Daskalakis, Z. J., and Fitzgerald, P. B.(2011), "Improving Working Memory: The Effect of Combining Cognitive Activity and Anodal Transcranial Direct Current Stimulation to the Left Dorsolateral Prefrontal Cortex," *Brain Stimulation*, 4(2), 84-89.
- Ashby, F. G., and Isen, A. M.(1999), "A Neuropsychological Theory of Positive affect and Its Influence on Cognition," *Psychological Review*, 106(3), 529-550.

- Atwater, L., and Carmeli, A. (2009), "Leader - member Exchange, Feelings of Energy, and Involvement in Creative Work," *The Leadership Quarterly*, 20(3), 264-275.
- Bandettini, P. (2007), "Functional MRI Today," *International Journal of Psychophysiology*, 63(2), 138-145.
- Baddeley, A. D., and Hitch, G. (1974), "Working Memory," *In Psychology of Learning and Motivation*, 8, 47-89.
- Basadur, M. I. N., Runco, M. A., and Vegax, L. A. (2000), "Understanding how Creative Thinking Skills, Attitudes and Behaviors Work Together: A Causal Process Model," *The Journal of Creative Behavior*, 34(2), 77-100
- Bass, D. M., Judge, K. S., Snow, A. L., Wilson, N. L., Looman, W. J., McCarthy, C., Morgan, R., Odjidja, C. A., and Kunik, M. E. (2012), "Negative Caregiving Effects among Caregivers of Veterans with Dementia," *The American Journal of Geriatric Psychiatry*, 20(3), 239-247..
- Brodmann, K. (1909), *Vergleichende Lokalisationslehre der Grosshirnrinde in ihren Prinzipien dargestellt auf Grund des Zellenbaues*. Barth.
- Buckner, R. L. (1996), "Beyond HERA: Contributions of Specific Prefrontal Brain Areas to Long-term Memory Retrieval," *Psychonomic Bulletin & Review*, 3(2), 149-158.
- Çakır, M. P., Çakar, T., Girişken, Y., and Demircioğlu, A. K. (2016), "Neural Correlates of Purchasing Decisions in an Ecologically Plausible Shopping Scenario with Mobile fNIR Technology," *In International Conference on Augmented Cognition*, 135-146.
- Cazzell, M., Li, L., Lin, Z. J., Patel, S. J., and Liu, H. (2012), "Comparison of Neural Correlates of Risk Decision Making between Genders: An Exploratory fNIRS Study of the Balloon Analogue Risk Task (BART)," *Neuroimage*, 62(3), 1896-1911.
- Chan, J., and Schunn, C. D. (2015), "The Importance of Iteration in Creative Conceptual Combination," *Cognition*, 145, 104-115.
- Chan, J., Siangliulue, P., Qori McDonald, D., Liu, R., Moradinezhad, R., Aman, S., Solovey, E. T., Gajos, K. Z., and Dow, S. P. (2017), "Semantically Far Inspirations Considered Harmful?: Accounting for Cognitive States in Collaborative Ideation," *In Proceedings of the 2017 ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition*, 93-105.
- Chen, A. S. Y., and Hou, Y. H. (2016), "The Effects of Ethical Leadership, Voice behavior and Climates for Innovation on Creativity: A Moderated Mediation Examination," *The Leadership Quarterly*, 27(1), 1-13.
- Chen, M. H. (2006), "Understanding the Benefits and Detriments of Conflict on Team Creativity Process," *Creativity and Innovation Management*, 15(1), 105-116.
- Chevrier, A. D., Noseworthy, M. D., and Schachar, R. (2007) "Dissociation of Response Inhibition and Performance Monitoring in the Stop Signal Task Using Event-related fMRI," *Human Brain mapping*, 28(12), 1347-1358.
- Cieslik, E. C., Zilles, K., Caspers, S., Roski, C., Kellermann, T. S., Jakobs, O., Langner, R., Laird, A. R., Tox, P. T., and Eickhoff, S. B. (2012), "Is there "one" DLPFC in Cognitive Action Control? Evidence for Heterogeneity from co-activation-based Parcellation," *Cerebral Cortex*, 23(11), 2677-2689.

- Clapham, M. M.(2001), "The Effects of Affect Manipulation and Information Exposure on Divergent Thinking," *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 335-350.
- Courtney, S. M.(2004), "Attention and Cognitive Control as Emergent Properties of Information Representation in Working Memory," *Cognitive, Affective, & Behavioral Neuroscience*, 4(4), 501-516.
- Croxson, P. L., Walton, M. E., O'Reilly, J. X., Behrens, T. E., and Rushworth, M. F.(2009). "Effort-based cost - benefit valuation and the human brain. *Journal of Neuroscience*, 29(14), 4531-4541.
- Davis, M. A.(2009), "Understanding the Relationship between Mood and Creativity: A Meta-analysis," *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 108(1), 25-38.
- Dimoka, A., Pavlou, P. A., and Davis, F. D.(2011), "Research Commentary—NeuroIS: The Potential of Cognitive Neuroscience for Information Systems Research," *Information Systems Research*, 22(4), 687-702.
- Duncan, J., and Owen, A. M.(2000), "Common Regions of the Human Frontal Lobe Recruited by Diverse Cognitive Demands," *Trends in Neurosciences*, 23(10), 475-483.
- Eden, C.(1988), "Cognitive Mapping," *European Journal of Operational Research*, 36(1), 1-13.
- Eerola, T., and Vuoskoski, J. K.(2011), "A Comparison of the Discrete and Dimensional Models of Emotion in Music," *Psychology of Music*, 39(1), 18-49.
- Ernst, M., and Paulus, M. P.(2005), "Neurobiology of Decision Making: A Selective Review from a Neurocognitive and Clinical Perspective," *Biological Psychiatry*, 58(8), 597-604.
- Ferrari, M., and Quaresima, V.(2012), "A Brief Review on the History of Human functional near-infrared spectroscopy(fNIRS) Development and Fields of Application," *Neuroimage*, 63(2), 921-935.
- Finke, R. A., Ward, T. B., and Smith, S. M.(1992), *Creative Cognition: Theory, Research, and Applications*, 238-247.
- Fiol, C. M., and Huff, A. S.(1992), "Maps for Managers: Where are We? Where do We go from Here?," *Journal of Management Studies*, 29(3), 267-285.
- Fredrickson, B. L., and Joiner, T.(2002), "Positive Emotions Trigger Upward Spirals Toward Emotional Well-being," *Psychological Science*, 13(2), 172-175.
- Furnham, A., and Bachtiar, V.(2008), "Personality and Intelligence as Predictors of Creativity," *Personality and Individual Differences*, 45(7), 613-617.
- Gabrieli, J. D., Poldrack, R. A., and Desmond, J. E.(1998), "The Role of Left Prefrontal Cortex in Language and Memory," *Proceedings of The National Academy of Sciences*, 95(3), 906-913.
- Gasper, K.(2003), "When Necessity is the Mother of Invention: Mood and Problem Solving," *Journal of Experimental Social Psychology*, 39(3), 248-262.
- George, J. M., and Zhou, J.(2002). "Understanding When Bad Moods Foster Creativity and good Ones Don't: The Role of Context and Clarity of Feelings," *Journal of Applied Psychology*, 87(4), 687-697.
- Gilbert, S. J., Spengler, S., Simons, J. S., Steele, J. D., Lawrie, S. M., Frith, C. D., and Burgess, P. W.(2006), "Functional Speciali-

- zation within Rostral Prefrontal Cortex (area 10): A Meta-analysis," *Journal of Cognitive Neuroscience*, 18(6), 932-948.
- Goel, V., Gold, B., Kapur, S., and Houle, S.(1997), "The Seats of Reason? An Imaging Study of Deductive and Inductive Reasoning," *Neuro Report*, 8(5), 1305-1310.
- Goldberg, L. R.(1990), "An Alternative "Description of Personality": The Big-five Factor Structure," *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6), 1216-1229.
- Greene, J. D., Sommerville, R. B., Nystrom, L. E., Darley, J. M., and Cohen, J. D.(2001), "An fMRI Investigation of Emotional Engagement in Moral Judgment," *Science*, 293(5537), 2105-2108.
- Holper, L., Wolf, M., and Tobler, P. N.(2014), "Comparison of Functional Near-infrared Spectroscopy and Electrodermal Activity in Assessing Objective Versus Subjective Risk During Risky Financial Decisions," *Neuro Image*, 84, 833-842.
- Huntsinger, J. R., and Ray, C.(2016), "A Flexible Influence of Affective Feelings on Creative and Analytic Performance," *Emotion*, 16(6), 826-837.
- Isen, A. M., and Means, B.(1983), "The Influence of Positive affect on Decision-making Strategy," *Social Cognition*, 2(1), 18-31.
- Isen, A. M., and Patrick, R.(1983), "The Effect of Positive Feelings on Risk Taking: When the Chips are Down," *Organizational Behavior and Human Performance*, 31(2), 194-202.
- Isen, A. M. (2001), "An Influence of Positive affect on Decision Making in Complex Situations: Theoretical Issues with Practical Implications," *Journal of Consumer Psychology*, 11(2), 75-85.
- Kerestes, R., Ladouceur, C. D., Meda, S., Nathan, P. J., Blumberg, H. P., Maloney, K., Ruf, B., Saricicek, A., Pearlson, G. D., Bhagwagar, Z., and Phillips, M. L.(2012), "Abnormal Prefrontal Activity Subserving Attentional Control of Emotion in Remitted Depressed Patients During a Working Memory Task with Emotional Distracters," *Psychological Medicine*, 42(1), 29-40.
- Knowlton, B. J., Morrison, R. G., Hummel, J. E., and Holyoak, K. J.(2012), "A Neurocomputational System for Relational Reasoning," *Trends in Cognitive Sciences*, 16(7), 373-381.
- Kocsis, L., Herman, P., and Eke, A.(2006), "The Modified Beer - Lambert Law Revisited," *Physics in Medicine & Biology*, 51(5), 91-98.
- Koechlin, E., Ody, C., and Kouneiher, F.(2003), "The Architecture of Cognitive Control in the Human Prefrontal Cortex," *Science*, 302(5648), 1181-1185.
- Koechlin, E., and Hyafil, A.(2007), "Anterior Prefrontal Function and the Limits of Human Decision-making," *Science*, 318(5850), 594-598.
- Leung, A. K. Y., Liou, S., Qiu, L., Kwan, L. Y. Y., Chiu, C. Y., and Yong, J. C.(2014), "The Role of Instrumental Emotion Regulation in the Emotions - creativity Link: How Worries Render Individuals with High Neuroticism More Creative," *Emotion*, 14(5), 846-856.
- Levy, B. J., and Wagner, A. D.(2011), "Cognitive Control and Right Ventrolateral Pprefrontal Cortex: Reflexive Reorienting, Motor Inhibition, and Action Updating," *Annals of the New*

- York Academy of Sciences, 1224(1), 40-62.
- Lloyd-Fox, S., Blasi, A., and Elwell, C. E.(2010). "Illuminating the Developing Brain: The Past, Present and Future of Functional Near Infrared Spectroscopy," *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 34(3), 269-284.
- Longe, O., Maratos, F. A., Gilbert, P., Evans, G., Volker, F., Rockliff, H., and Rippon, G. (2010), "Having a Word with Yourself: Neural Correlates of Self-criticism and Self-reassurance," *NeuroImage*, 49(2), 1849-1856.
- Lopez-Cabrales, A., Pérez-Luño, A., and Cabrera, R. V.(2009), "Knowledge as a Mediator between HRM Practices and Innovative Activity," *Human Resource Management*, 48(4), 485-503.
- Lubart, T. I.(2001), "Models of the Creative Process: Past, Present and Future," *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 295-308.
- Martz, B., Hughes, J., and Braun, F.(2017), "Creativity and Problem-Solving: Closing The Skills Gap," *Journal of Computer Information Systems*, 57(1), 39-48.
- Mehmood, S.(2016), "Impact of Ethical Leadership on Employee Creativity: Mediating Role of Trust and Moderating Role of Creative Self-efficacy," *Jinnah Business Review*, 4(2), 65-74.
- Mohr, P. N., Biele, G., Krugel, L. K., Li, S. C., and Heekeren, H. R.(2010), "Neural Foundations of Risk - return Trade-off in Investment Decisions," *Neuroimage*, 49(3), 2556-2563.
- Montag-Smit, T., and Maertz Jr, C. P.(2017), "Searching Outside the Box in Creative Problem Solving: The Role of Creative Thinking Skills and Domain Knowledge," *Journal of Business Research*, 81, 1-10.
- Müller-Wienbergen, F., Müller, O., Seidel, S., and Becker, J.(2011). Leaving the Beaten Tracks in Creative Work-a Design Theory for Systems that Support Convergent and Divergent Thinking. *Journal of the Association for Information Systems*, 12(11), 714-740.
- Mumford, M. D., Zaccaro, S. J., Harding, F. D., Jacobs, T. O., and Fleishman, E. A.(2000), "Leadership Skills for a Changing World: Solving Complex Social Problems," *The Leadership Quarterly*, 11(1), 11-35.
- Mumford, M. D.(2001), "Something Old, Something New: Revisiting Guilford's Conception of Creative Problem Solving," *Creativity Research Journal*, 13(3-4), 267-276.
- Naseer, N., and Hong, K. S.(2015), "fNIRS-based Brain-computer Interfaces: A Review," *Frontiers in Human Neuroscience*, 9(3), 1-15.
- Nelson, D. W., and Sim, E. K.(2014), "Positive affect Facilitates Social Problem Solving," *Journal of Applied Social Psychology*, 44 (10), 635-642.
- Nijstad, B. A., and Stroebe, W.(2006), "How the Group affects the Mind: A Cognitive Model of Idea Generation in Groups," *Personality and Social Psychology Review*, 10(3), 186-213.
- Nijstad, B. A., De Dreu, C. K., Rietzschel, E. F., and Baas, M.(2010). "The Dual Pathway to Creativity Model: Creative Ideation as a Function of Flexibility and Persistence," *European Review of Social Psychology*, 21 (1), 34-77.
- Olszak, C. M., Bartuś, T., and Lorek, P.(2018), "A Comprehensive Framework of Information System Design to Provide Organizational

- Creativity Support,” *Information & Management*, 55(1), 94-108.
- Ouerchefani, R., Ouerchefani, N., Allain, P., Rejeb, M. R. B., and Le Gall, D.(2017), “Contribution of Different Regions of the Prefrontal Cortex and Lesion Laterality to Deficit of Decision-making on the Iowa Gambling Task,” *Brain and Cognition*, 111, 73-85.
- Plichta, M. M., Herrmann, M. J., Baehne, C. G., Ehli, A. C., Richter, M. M., Pauli, P., and Fallgatter, A. J.(2006), “Event-related functional near-infrared spectroscopy (fNIRS): Are the Measurements Reliable?,” *Neuroimage*, 31(1), 116-124.
- Ramnani, N., and Owen, A. M.(2004), “Anterior Prefrontal Cortex: Insights into Function from Anatomy and Neuroimaging,” *Nature Reviews Neuroscience*, 5(3), 184-194.
- Rao, H., Korczykowski, M., Pluta, J., Hoang, A., and Detre, J. A.(2008), “Neural Correlates of Voluntary and Involuntary Risk Taking in the Human Brain: An fMRI Study of the Balloon Analog Risk Task (BART),” *Neuroimage*, 42(2), 902-910.
- Reiter-Palmon, R., and Illies, J. J.(2004), “Leadership and Creativity: Understanding Leadership from a Creative Problem-solving Perspective,” *The Leadership Quarterly*, 15(1), 55-77.
- Runco, M. A., and Nemiro, J.(1994), “Problem Finding, Creativity, and Giftedness,” *Roeper Review*, 16(4), 235-241.
- Runco, M. A., and Jaeger, G. J.(2012), “The Standard Definition of Creativity,” *Creativity Research Journal*, 24(1), 92-96.
- Shalley, C. E., Zhou, J., and Oldham, G. R.(2004), “The Effects of Personal and Contextual Characteristics on Creativity: Where should we go from here?,” *Journal of Management*, 30(6), 933-958.
- Simonton, D. K.(2003), “Creative Cultures, Nations, and Civilizations,” *Group creativity: Innovation through collaboration*, 304-325.
- Thompson-Schill, S. L., D’Esposito, M., and Kan, I. P.(1999), “Effects of Repetition and Competition on Activity in Left Prefrontal Cortex During Word Generation,” *Neuron*, 23(3), 513-522.
- Tolman, E. C.(1948), “Cognitive Maps in Rats and Men,” *Psychological Review*, 55(4), 189-208.
- Tamir, M., Bigman, Y. E., Rhodes, E., Salerno, J., and Schreier, J.(2015), “An Expectancy-value Model of Emotion Regulation: Implications for Motivation, Emotional Experience, and Decision Making,” *Emotion*, 15(1), 1-14.
- Tang, H., Mai, X., Wang, S., Zhu, C., Krueger, F., and Liu, C.(2015), “Interpersonal Brain Synchronization in the Right Temporo-parietal Junction During Face-to-face Economic Exchange,” *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 11(1), 23-32.
- Torrance, E. P.(1972), “Predictive Validity of the Torrance Tests of Creative Thinking,” *The Journal of Creative Behavior*, 6(4), 236-262.
- Volmer, J., Spurk, D., and Niessen, C.(2012), “Leader-member Exchange(LMX), Job Autonomy, and Creative Work Involvement,” *The Leadership Quarterly*, 23(3), 456-465.
- Zeng, J., Zhang, Q., Chen, C., Yu, R., and Gong, Q.(2013), “An fMRI Study on Sunk Cost Effect,” *Brain Research*, 1519, 63-70.
- Zhang, J. X., Leung, H. C., and Johnson, M. K.(2003), “Frontal Activations Associated with Accessing and Evaluating Information in Working Memory: An fMRI Study,” *Neuroimage*,

- 20(3), 1531-1539.
- Zhang, M., Liu, T., Pelowski, M., Jia, H., and Yu, D.(2017), "Social Risky Decision-making Reveals Gender Differences in the TPJ: A Hyperscanning Study Using Functional Near-infrared Spectroscopy." *Brain and Cognition*, 119, 54-63.
- Zhang, X., and Bartol, K. M.(2010), "Linking Empowering Leadership and Employee Creativity: The Influence of Psychological Empowerment, Intrinsic Motivation, and Creative Process Engagement," *Academy of Management Journal*, 53(1), 107-128.
- Zhou, J., and Shalley, C. E.(2003), "Research on Employee Creativity: A Critical Review and Directions for Future Research," *Research in Personnel and Human Resources Management*, 22, 165-217.

Neuroscience-based Exploratory Approach to Measuring the Business Problem-solving Creativity from the Perspective of SIAM(Search for Ideas Associative Memory) Model: Emphasis on fNIRS(functional near-infrared spectroscopy) Method

Jae Kwan Ryu* · Kun Chang Lee**

Abstract

This study aims to propose a novel method of measuring the BPSC (Business Problem-Solving Creativity) from the neuroscience perspective of fNIRS (functional near-infrared spectroscopy). Neuroscience literature shows that there exist very few studies on the BPSC itself which is known to specifically activate frontal cortex areas of human brain. From the view of this, we know that it is necessary to use a specific neuroscience approach focusing on the analysis of blood hemodynamic changes in the frontal cortex areas. To fill the research void like this, this study adopts fNIRS method to measure the changes of blood hemodynamic level occurring in the frontal cortex areas when users are solving the business problem-solving tasks. To enhance rigor, the experiment settings are designed to include (1) positive-negative emotion induction by music, (2) near-stimuli, far-stimuli based on SIAM (Search for Ideas Associative Memory) model, and (3) business problem-solving method by using cognitive map. Experimental results obtained from 28 qualified participants reveal that (1) the BPSC level changes significantly with positive and negative emotion, and (2) statistically significant activations are found in Brodmann 9, 10, 45, 46 areas in the frontal cortex, depending on the near-stimuli and far-stimuli.

* Master Student, SKK Business School, Sungkyunkwan University(ryujae92@skku.edu), First Author

** Professor, SKK Business School/SAIHST(Samsung Advanced Institute for Health Sciences & Technology), Sungkyunkwan University(kunchanglee@gmail.com), Corresponding Author

Key words: Neuroscience, functional near-infrared spectroscopy(fNIRS), Business problem-solving creativity, Search for Ideas Associative Memory (SIAM) model, positive emotion, negative emotion

-
- 저자 류재관은 현재 성균관대학교 경영대학 경영정보전공 석사과정 중이다. 경남대학교 경영대학 경영정보학과를 졸업하였다. 주요 연구분야는 데이터 마이닝, 뉴로 사이언스, 의사결정지원시스템, 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 등이다.
 - 저자 이진창은 한국과학기술원(KAIST) 경영과학과에서 석사 및 박사를 취득하고 현재 성균관대학교 경영대학과 삼성융합의과학원(SAIHST)에서 교수로 재직 중이다. 그는 또한 창의성과학연구원(CSRI: Creativity Science Research Institute) 원장으로 활동하고 있다. 주요 연구분야는 창의성과학, 뉴로과학을 이용한 의사결정분석, 인공지능 기반 의사결정, 상황인지 및 예측 모델링, 그리고 휴먼-로봇 인터랙션(HRI) 등이다.