

감각처리와 감정조절의 관련성에 대한 문헌고찰

홍은경*, 홍소영**

*신성대학교 작업치료과, **백석대학교 작업치료학과

국문초록

목적 : 본 연구에서는 감정조절에 대한 신경학적 메커니즘을 이해하고, 감정조절과 감각처리의 연관성에 대해 알아보고자 한다.

본론 : 신경학적으로 감정조절은 주로 두레계의 구조물에 의해 처리되고 특히, 편도의 바닥-바깥쪽 그룹이 주요한 역할을 한다. 바닥-바깥쪽 그룹은 감각의 중계소인 시상과 직·간접적으로 연결되어 감각 정보에 대한 처리를 함께 한다. 이 감각 정보는 눈-안쪽 앞 이마엽과 연결되어 감각처리 및 감정과 관련된 복잡한 행동을 하게 한다. 시상, 편도, 눈-안쪽 앞 이마엽의 연결 회로로 인해 부적절한 감각처리는 감정조절과 행동에 어려움을 발생시킬 수 있다. 자폐스펙트럼장애와 주의력결핍과잉행동장애 아동에서 편도 및 앞 이마엽의 비정상적인 처리에 대한 신경학적 연구가 보고되고 있다.

결론 : 자폐스펙트럼장애와 주의력결핍과잉행동장애 아동은 신경계의 상태가 다르고 이는 감각처리와 감정조절, 행동에서 다양한 양상을 나타낸다. 치료사는 아동의 행동에 영향을 미치는 감각처리와 감정조절에 대한 신경학적 메커니즘을 이해하고, 치료적 적용을 할 필요가 있다.

주제어 : 감각처리, 감정조절, 신경학적 메커니즘, 장애아동, 편도

I. 서론

감각처리는 감각정보의 적절한 조절을 바탕으로 한다. 감각 입력과 처리는 말단 감각기관에서 받아들인 정보를 뇌에 전달해 처리하는 과정으로 신경계에서 발생한다(Dunn, Myles, & Orr, 2002). 감각처리과정은 신경계에서 발생하는 감각자극의 수용, 조절, 통합, 조직화와 행동적 반응을 모두 포함한다(Bundy, Lane, & Murray, 2002). 역치는 감각입력의 양을 조절하는 억제와 흥분의 메커니즘으로 Dunn(2001)은 유전적, 환경적 요소가 감각을 조절하고 처리하는데 영향을 미친다고 하

였다. 또한 모든 사람들은 각자 감각처리에 다른 역치 수준을 가지고 있고, 이러한 역치가 일상생활의 여러 적응 행동, 감정(emotion), 기질(temperature)과 관련이 있다고 하였다. 따라서 감각처리에 문제가 생기면 심리적, 정서적, 감정적 문제가 행동으로 발현되어 문제행동으로 이어질 수 있다.

사람은 행동과 감정을 조절하는데 감각처리의 과정을 사용한다(Roley, Blanche, & Schaaf, 2001). 감정은 지극히 주관적인 것으로 행복, 즐거움, 화남, 슬픔, 놀람 등으로 표현된다. 감정조절은 일반적으로 개인의 감정상태의 자동적 혹은 의도적 조절로 정의하고, 이는 적응 혹

교신저자: 홍소영(redcow0@naver.com)

접수일: 2016.08.01.

|| 심사일: (1차: 2016.08.06. / 2차: 2016.08.13.)

|| 게재확정일: 2016.08.26.

은 목표 지향적 행동을 촉진한다(Thompson, 1994). 넓은 의미에서 감정조절의 어려움(emotion dysregulation)은 적절하게 효과적으로 감정을 조절하는데 실패하는 것을 말한다(Samson et al., 2014).

감각처리에 문제가 있는 자폐스펙트럼 장애(Autism Spectrum Disorder: ASD)나 주의력결핍과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity Disorder: ADHD) 아동에서 감정조절 장애는 일반적이라고 인식되어 오고 있다(Shaw, Stringaris, Nigg, & Leibenluft, 2014). 감정조절의 어려움은 ASD나 ADHD 아동의 주요 문제점은 아니지만 부모와 임상가들에게 오랫동안 강조되어 온 문제점이다(Geller, 2005; Shaw et al., 2014). 특히, ASD 아동은 사회성과 적응기술의 부족, 부정적 감정, 불안과 높은 연관성을 보인다(Ben-Sasson et al., 2008; Liss, 2006; Pfeiffer, Kinnealey, Reed, & Herzberg, 2005). ASD 아동에서 감정조절의 어려움은 짜증, 화냄의 통제 부족, 자해 행동, 공격성의 형태로 나타난다(Lecavalier, Leone, & Wiltz, 2006). 이런 행동은 같이 생활을 하는 부모나 교사에게 도전적이거나 반항적인 의미로 해석되어(Laurent & Rubin, 2004) 오해를 사기도 한다. 또는 아동기의 감각조절의 어려움에 대한 부적응적 전략은 회피, 환기시키기, 울기로 주로 표현되어(Jahromi, Bryce, & Swanson, 2013; Konstantareas & Stewart, 2006) 일상생활활동이나 학교생활에 부정적 영향을 미친다.

신경학적으로 감정조절은 둘레계(limbic system)에서 주로 담당하고, 구성 구조물은 시상하부(hypothalamus), 편도(amygdala), 해마(hippocampus), 부해마랑(parahippocampal gyrus), 앞 시상(anterior thalamus), 사이막 영역(septal area), 띠이랑(cingulate gyrus)을 포함한다. 최근에는 감정과 관련하여 기능적 자기공명촬영(functional Magnetic Resonance Imaging: fMRI) 등의 최신 장비를 사용해 신경학적 증거를 기반으로 한 연구들이 이루어지고 있다(Dalton et al., 2005; Posner et al., 2011; Tottenham et al., 2013; Weng et al., 2011). Green 등의 연구(2013)에서는 ASD군과 일반군에게 시각과 청각 자극을 주고 fMRI의 반응을 살펴본 결과, ASD군은 일반군에 비하여 둘레계, 일차 감각 곁질(primary sensory cortex), 눈-이마엽(orbitofrontal cortex: OFC)의 과잉 활성화를 보였다. 다른 연구에서

는 얼굴(표정) 처리 과제에서 통제군보다 ASD군에서 편도의 과잉 활성화가 나타났다(Dalton et al., 2005; Tottenham et al., 2013; Weng et al., 2011). 비슷한 얼굴 처리 과제에서 ADHD군은 일반군에 비하여 오른쪽 편도에서 활성화를 많이 보였고 특히, 편도와 외측 앞 이마엽(lateral prefrontal cortex) 사이의 연결이 강하였다(Posner et al., 2011).

제임스 랑게 이론에 따르면 특정 감각자극에 의해 신경계가 활성화됨에 따라 특정 감정을 인식한다고 하여 감정과 감각운동(sensorimotor) 행동의 관련성을 설명하였다(Rosenzweig, Breedilove, & Watson, 2005). 그러나 요즘의 신경학적 증거를 기반으로 한 각각의 연구들은 ASD의 감각처리와 신경학적 연구 또는 ADHD에서 감정조절과 신경학적 연구 등으로 분리되어 발표되었다(Dalton et al., 2005; Green et al., 2013; Posner et al., 2011; Tottenham et al., 2013; Weng et al., 2011). 그러므로 장애아동에서 감각처리와 감각조절에 연관성이 있음에도 불구하고 신경학적으로 연결하여 이해하기가 쉽지 않다. 장애아동의 신경학적 이해는 치료의 대상을 선정하고 확인하는데 도움이 되므로(Pine, 2007) 임상가들이 충분히 알고 있을 필요가 있다. 따라서 본 연구에서는 ASD와 ADHD 아동의 공통적인 문제점인 하나인 감정조절에 대해 신경학적 메커니즘을 이해하고 이를 감각처리와 연관하여 알아보고자 한다. 향후 이 연구는 장애 아동의 감각통합치료 효과를 이해하고 설명하는데 중요한 근거 자료가 될 것이다.

II. 본 론

1. 감정조절의 주요 뇌 부위

뇌 영상 연구는 하나의 감정과 뇌의 활성화 부위가 일대일로 연결되는 것이 아님을 보고하였다(Rosenzweig et al., 2005). 즉, 행복의 중심센터나 슬픔의 중심센터가 있는 것이 아니라 각 감정은 몇 개의 뇌 부위의 활성이 동시에 일어나며 동일한 뇌의 부위가 하나의 감정보다 더 많은 감정에 참여하였다. 이를 토대로 몇 개의 감정이 일정한 패턴으로 활성화되는 것을 발견하여 Rosenzweig

등(2005)은 감정반응에 대해 4개의 부위를 분류하였다. 앞 띠이랑(anterior cingulate cortex)과 중앙 앞이마엽(medial prefrontal cortex)은 감정상태를 표현할 때 주로 활성화되고, 앞 뇌도(anterior insula)는 내장 정보를 처리할 때 주로 활성화된다. 오른쪽 관자극(right temporal pole)은 감정자극의 복잡한 감각 분별을 수행할 때와 감정적 경험이 많이 포함된 기억을 되찾을 때 활성화된다. 뒤 띠이랑(posterior cingulate cortex)은 자동적 반응을 주로 조절하였다.

감정조절의 중추는 둘레계(limbic system)이라고 알려져 있다. 둘레계는 띠이랑(cingulate gyrus), 해마겔이랑(parahippocampal gyrus), 후각겔질의 조롱박고리(piriform lobe), 사이막 부위(septal region), 편도(amygdala), 종말관겔이랑(paraterminal gyrus), 뇌들보밑이랑(subcallosal gyrus), 시상하부(hypothalamus), 둘레시상(limbic thalamus), 시상상부(epithalamus)가 포함된다(Gam et al., 2010)(Figure 1). 이 둘레계는 관자엽과 뇌의 전역으로 연결되어 있다. 특히, 둘레계에서 그물체(reticular formation) 및 감각처리와 관련된 뇌 부위의 연결은 들어오는 정보와 관계있는 감정을 조절한다(Roley et al., 2001). 보통 개인의 감정상태는 둘레계의 한 부분인 시상하부의 자율적 반응에 의해 나타난다. 이 시상하부의 자율적 반응은 교감 및 부교감 신경의 활

성으로 나타난다.

2. 감정조절과 감각처리의 관련성

감정조절에 중요한 역할을 하는 둘레계의 주요구조물 중 하나는 편도이다. 편도는 중앙 그룹(central group), 안쪽 그룹(medial group), 바닥-바깥쪽 그룹(basal-lateral group)의 기능적·구조적 부위로 나눌 수 있고 각 부분은 뇌의 각 부분들과 연결되어 있다(Figure 2). 그 중 바닥-바깥쪽 그룹은 특히 사람에서 큰 부위인데 대뇌 겔질의 눈과 중앙 앞이마엽(orbital and medial prefrontal cortex), 앞관자엽의 연합 겔질(associational cortex of the anterior temporal lobe), 시상하부, 뇌줄기와 대부분 직·간접적으로 연결되어 감정조절에 중요한 역할을 한다(Purves et al., 2004). 편도의 많은 뉴런은 감각정보를 수렴하여 시각, 청각, 체성감각, 내장감각, 미각, 그리고 후각에 반응한다. 시상 또한 척수와 뇌줄기에서 부터 올라오는 오름 체성감각 신경로(ascending somatic sensory pathways)를 수렴하는 감각의 중계소 역할을 한다. 예를 들어, 얼굴과 같은 시각 자극이 발생하면 편도의 바닥-바깥쪽 그룹에 있는 일부 뉴런은 선택적으로 반응하고 직접 혹은 배쪽 바닥핵(basal ganglia)을 통해 시상으로 감각정보를 전달하게

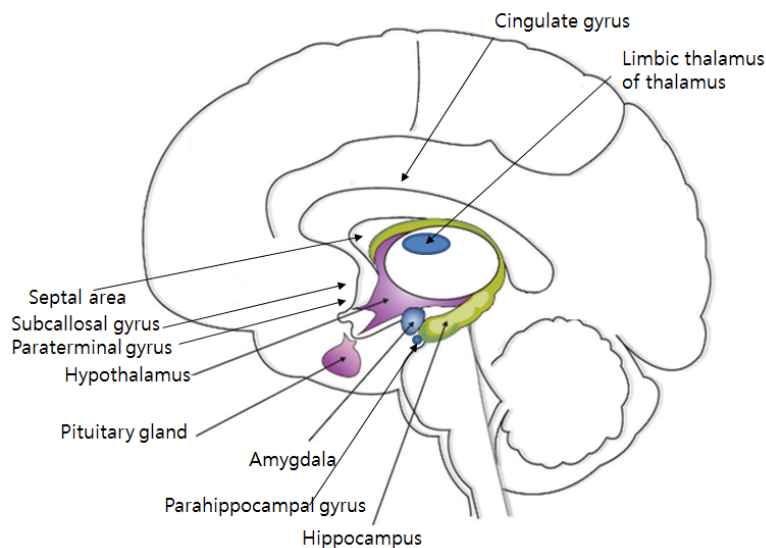


Figure 1. Limbic system

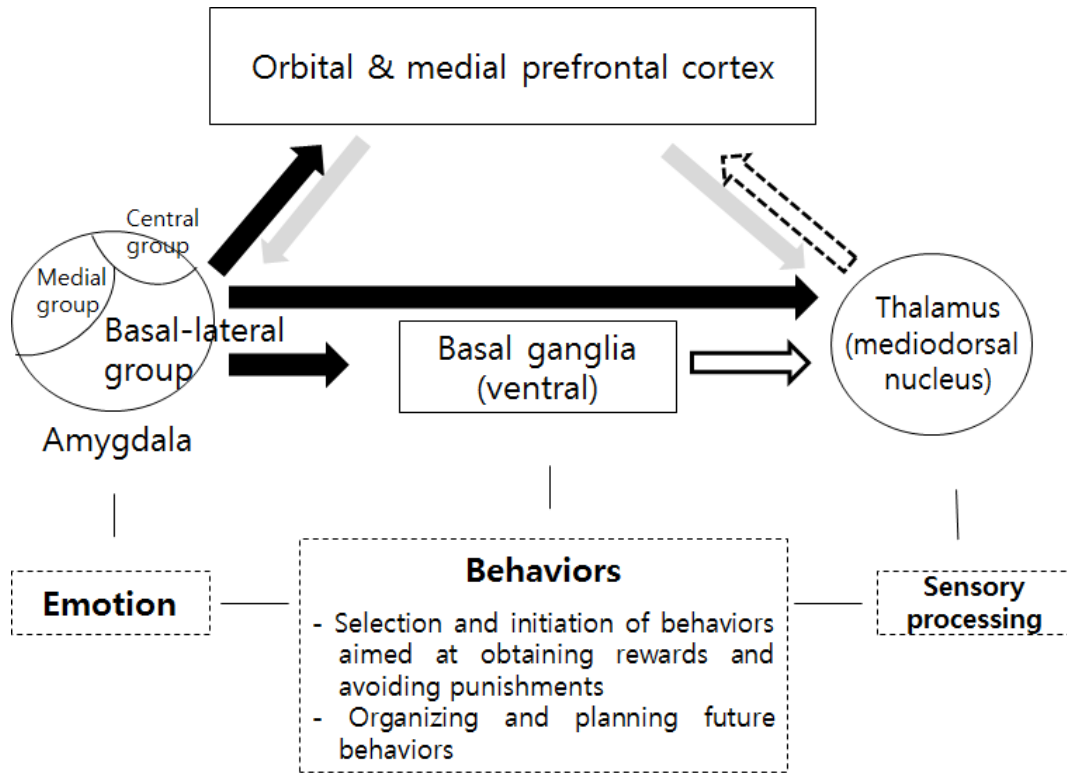


Figure 2. Circuit linking the amygdala, thalamus, and prefrontal cortex (modification of Purves et al. (2004)' study)

된다. 얼굴 시각자극은 편도와 연결된 앞이마엽과 관자엽으로 전달되어 감각자극과 감정이 통합되어 처리되고 복잡한 행동을 안내하게 된다. 편도와 시상의 안-등쪽 핵(mediodorsal nucleus), 눈-안쪽 앞이마엽(orbital and medial prefrontal cortex)은 삼각형의 회로로 연결되어 감각처리와 감정, 행동에 관여한다(Purves et al., 2004). Voos, Pelphrey, Kaiser(2013)와 Gordon, Voos, Bennenett, Bolling, Pelphrey, Kaiser(2013)의 fMRI 연구에 의하면 손 등을 빠르게 문지르면(촉각 자극) 편도, 눈-안쪽 앞이마엽, 반대측 뇌도, 위쪽 관자엽이 활성화된다고 하였다. 이때 감정적 촉각자극인 손등을 천천히 부드럽게 문지르는 감각을 제공하면 빠르게 문지를 때와 동일한 부위가 활성화 되는데 더 많이 활성화됨을 발견하였다.

앞이마엽과 눈-이마엽은 신경계의 조절과 감정에 중요한 역할을 한다. 여러 가지 경험과 환경과의 상호작용

을 통해 대뇌의 겉질이 성숙됨에 따라 이 이마엽의 영역은 오래된 신경계를 조절하고 억제하는데 탁월한 역할을 해왔다(Schore, 1996). 눈-이마엽은 오른쪽 반구에서 더 크게 자리 잡고 있는데 시각, 후각, 체성감각, 청각의 겉질로부터 정보를 받는다. 또한 뇌줄기 및 시상하부와 연결되어 자율적 조절과 각성, 집중의 회로를 만든다(Schore, 1996).

대뇌 겉질과 바닥핵, 시상, 뇌줄기 등의 구조적 연결은 애매해보이나 감정처리를 포함한 뇌의 겉질과 겉질 밑(subcortex) 연결의 접합점에 편도가 존재한다. 일반적으로 편도와 앞이마엽, 바닥핵의 연결은 보상을 얻고 벌을 피하는 목적의 행동을 선택·시작하는데 영향을 미친다. 앞이마엽의 일부와 편도와의 상호연결은 또한 미래의 행동을 조직화하고 계획하는데 관련이 있다. 그러므로 편도는 어떤 의도적인 종류의 활동에 감정적 정보를 제공한다(Purves et al., 2004). 시상과 편도, 눈-안

쪽 앞이마엽으로 연결되는 회로 문제는 감각처리 및 감정조절을 어렵게 하고 이는 목적이 있는 행동을 선택하고 시작하는 것, 미래의 행동을 조직화 하고 계획하는 것에 영향을 미친다. 아마도 부정적인 감각처리와 감정은 목적적인 행동을 하고 행동을 조직화하는데 부정적인 영향을 줄 것이다.

3. 장애에서 감정조절과 감각처리

ASD 아동은 감각자극에 적절히 반응하는데 어려움을 보이는데(Green et al., 2013) 특히, 아동의 56~70%에서 감각과잉 반응을 보인다(Baranek, David, Roe, Stone, & Watson, 2006; Ben-Sasson, Cermak, Orsmond, Carter, Kadlec, & Dunn, 2007). 감각과잉 반응은 해롭지 않은 일반적인 감각에 대해 혐오스러워하거나 회피하는 등의 증상을 보이는 것을 의미한다. 다양한 가설이 이를 설명하고 있고, 최근 이를 뒷받침하는 신경학적 증거가 발표되고 있다. 첫 번째 가설은 감각과잉 반응은 시상에 문제가 있어 감각 결절에 과부하 일으킨다는 것이다. 시상은 감각정보를 대뇌 결절까지 연결하는 중계소 역할을 하고, 감각처리에 중요한 구조물이다. 이 가설은 감각자극에 대해 예민한 것과 관련이 있는데, fMRI 연구에 의하면 ASD의 시상에서 대사산물(glutamate, glutamine)의 수준이 비정상적으로 낮은 것이 발견되어 이를 지지하였다(Hardan et al., 2008).

감각과잉반응에서 감각자극시 둘레계(편도와 해마)의 반응이 강화된다는 가설도 있다(Waterhouse, Fein, & Modahl, 1996). Green 등(2013)은 ASD군과 일반군을 대상으로 연구하였고, 특히 ASD군은 감각과잉 반응군과 비 감각과잉 반응군으로 나누어 약간 혐오스러운 청각과 시각자극을 제공하였다. 감각자극에 대해 ASD군은 일반군에 비해 감각 결절, 시상, 편도나 눈이마엽같은 감정처리부위에서 더 활성화 되는 것을 발견하였다. 특히 촉각 자극 시 일반군과 비 감각과잉 반응군은 감정적 반응을 보이지 않았지만, 감각과잉반응군은 뇌도와 편도의 활성을 나타내 감정적 반응을 보였다. 감각자극 시 체성 감각 결절과 편도의 반응을 살펴보면, ASD군과 일반군의 활성도는 비슷하였다. 그러나 일반군에 비해 ASD군의 습관화가 느림을 알 수 있고, 특히 감각과잉반응군은 더 느린 습관화 반응을 나타냈다. 즉, 감각에 과잉반응을 보이

는 것은 감각에 대한 신경의 습관화 지연과 관련이 있고, 이때 감각관련 뇌의 영역인 시상과 체성 감각 결절 뿐만 아니라 감정관련 뇌의 영역인 편도와 뇌도에서도 함께 활성을 보였다. Voos 등(2013)의 연구에서는 Green 등(2013)의 연구와 다른 결과를 보고하였다. 자폐성향이 있는 성인과 일반 성인을 대상으로 천천히 부드럽게 손등을 문지른 결과, 일반 성인군에서는 편도, 눈-안쪽 앞이마엽, 반대측 뇌도, 위쪽 관자엽의 활성화를 보였으나 자폐성향이 있는 군에서는 눈-이마엽과 관자엽에서 활성화되지 않는 것을 발견하였다. 즉, 두 연구에서는 감각 및 감정과 관련하여 편도, 눈 이마엽, 뇌도 등과 같은 부위가 활성화되고 ASD군 또는 자폐성향의 군이 일반군과 다른 활성화 경향을 보인다고 하였다.

여러 역학조사 연구에서 ADHD와 감정조절의 관련성을 발견하였고(Anastopoulos et al., 2011; Sobanski et al., 2010; Spencer et al., 2011; Stringaris & Goodman, 2009) ADHD 아동은 25%~45%, ADHD 성인은 30%~70%의 감정조절의 어려움을 보고하였다(Shaw et al., 2014). 감각처리 측면에서는 ADHD 아동의 주요 특징인 산만함과 과잉행동이 촉각방어와 관련이 있고(Kim, 2001), 촉각방어가 있는 아동은 가정의 일상적인 활동에 참여할 때 불안, 공격성, 반항성이 높게 나타났다(Yack, Aquilla, & Sutton, 2003). 신경학적 연구와 관련하여 ADHD에서 감정조절과 편도의 활성화를 살펴본 연구들이 많다(Brotman, Rich, Guyer, Lunsford, Horsey, & Reising, 2010; Maliszka et al., 2011; Posner et al., 2011). 중립의 얼굴(시각) 과제를 제시했을 때, ADHD 아동은 공포의 표정으로 지각하는 경향이 있고 이때 편도의 과잉활성화가 나타난다(Brotman et al., 2010; Posner et al., 2011). ADHD 아동을 대상으로 형태학적으로 살펴본 연구에 의하면(Plessen et al., 2006), 일반군에 비해 ADHD군에서 양측 해마의 크기가 컸고 편도와 앞 이마엽의 연결에 문제가 있음을 보고하였다. 앞이마엽은 편도와 시상, 전체 대뇌 결절을 연결하는 영역으로 감정조절(Phillips, Ladouceur, & Drevets, 2008)과 감각처리에 중요한 역할을 한다.

ASD와 ADHD 아동의 감각조절은 공통적으로 편도와 해마가 포함된 둘레계, 앞 이마엽과 관련이 있었고, 특히 편도와 앞 이마엽의 연결의 균형이 중요하였다. 편도와 앞 이마엽의 연결은 감각처리에 중요한 시상과 직접·간

접적 연결을 이루고 있어 감각조절과 감각처리는 연관되어 있다.

III. 결론

감각처리는 유기체가 감각정보를 적절하게 받아들이고 조절하는 것을 기초로 하여 행동과 감정을 조절한다. 감각자극에 대한 감정적 반응은 신경계의 상태에 따라 달라질 수 있다(Thompson, 1994). 일반아동과 ASD, ADHD 아동은 신경계의 상태가 다르고(Hardan et al., 2008; Phillips et al., 2008) 이는 감각처리와 감정조절, 행동에서 다른 양상을 나타낸다.

편도의 바닥-바깥쪽 그룹은 눈과 중앙 앞이마엽, 시상하부, 뇌줄기와 연결되어 감정에 중요역할을 한다. 또한, 편도는 시각, 청각, 체성 감각 등의 감각정보를 수렴하고 감각처리에 주요 역할을 하는 시상과 직·간접적으로 연결되어 있어 감정조절 및 감각처리와도 관련이 있다. 편도와 시상은 앞 이마엽과 삼각형의 회로를 형성하여 다양한 적응행동에 관여하는데 ASD와 ADHD 아동을 대상으로 한 신경학적 연구에서 이 회로의 문제점이 확인되었다. ASD와 ADHD 아동은 일상적인 감각을 제공하는 생활환경에서 과하게 경계하는 행동을 보여 적절하게 놀이하거나 상호작용하는데 참여할 수 없다. 왜냐하면 아동은 무의미한 감각 사건에 대해 신경계가 습관화되지 못하고, 계속해서 활성화되어 산만해질 것이기 때문이다. 또한, 아동은 감각 입력시 과한 반응을 불러일으키는 새로운 경험에 대해 부정적 감정 반응을 보일 것이다.

감각이 포함된 놀이를 하는 동안 감정적 반응이 과도한 것은 부적절한 자기 조절을 의미한다. 감각자극에 대해 감정을 포함한 적절한 자기 조절을 하기 위해서는 정제된 감각자극을 제공하는 것이 필요하다. 이는 편도와 시상, 앞 이마엽으로 이어지는 회로에 대한 신경학적 처리의 정상화하기 위한 전략이 필요함을 의미한다. 적절한 감각조절을 위해 감각통합치료를 하는 치료사는 움직임을 천천히 하거나 깊은 압박을 제공하여 차분히 만드는 방법을 사용한다. 이러한 감각의 입력은 뇌를 조직화하는데 도움을 줄 수 있다. 선행 연구에 의하면 배움, 뇌

의 성숙, 신경계의 조직화를 위해 기초가 되는 자기-조절을 강화하기 위해서는 적극적 감각 경험을 사용하는 것이 도움이 된다고 하였다(Davidson, 1994; Derryberry & Reed, 1996; Ryan, Kuhl, & Deci, 1997; Schore, 1996, 1997). 환경에 적극 참여하는 것은 자기 조절을 위해 신경계가 자기 주도적 활동으로 도전을 받기 때문에 더 강력하게 작용한다(Ryan et al., 1997).

본 문헌고찰에서는 감정조절의 문제를 보이는 장애아동을 치료하는 임상가들을 위해 감정조절과 관련된 신경학적 구조 및 신경생리학적 이해를 돕고자 하였고, 이를 감각처리와 연관시켜 더 자세히 살펴보았다. 앞으로 장애 아동의 증상과 신경학적 이해를 돕기 위한 지속적인 고찰 연구와 객관적인 증거를 제시하는 체계적 고찰 연구를 하여 임상가들의 이해를 돕는 것이 필요하다.

참고 문헌

- Anastopoulos, A. D., Smith, T. F., Garrett, M. E., Morrissey-Kane, E., Schatz, N. K., Sommer, J. L., et al. (2011). Self-regulation of emotion, functional impairment, and comorbidity among children with AD/HD. *Journal of Attention Disorders, 15*(7), 583-592. <http://dx.doi.org/10.1177/1087054710370567>
- Baranek, G. T., David, F. J., Roe, M. D., Stone, W. L., & Watson, L. R. (2006). Sensory experience questionnaire: Discriminating sensory features in young children with autism, developmental delays, and typical development. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 47*(6), 591-601. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2005.01546.x>
- Ben-Sasson, A., Cermak, S. A., Orsmond, G. I., Carter, A. S., Kadlec, M. B., & Dunn, W. (2007). Extreme sensory modulation behaviors in toddlers with autism. *The American Journal of Occupational Therapy, 61*(5), 584-592.
- Ben-Sasson, A., Cermak, S. A., Orsmond, G. I.,

- Tager-Flusberg, H., Kadlec, M. B., & Carter, A. S. (2008). Sensory clusters of toddlers with autism spectrum disorders: Differences in affective symptoms. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, 49*(8), 817–825. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2008.01899.x>
- Brotman, M. A., Rich, B. A., Guyer, A. E., Lunsford, J. R., Horsey, S. E., & Reising, M. M. (2010). Amygdala activation during emotion processing of neutral faces in children with severe mood dysregulation versus ADHD or bipolar disorder. *The American Journal of Psychiatry, 167*(1), 61–69. <http://dx.doi.org/10.1176/appi.ajp.2009.09010043>
- Bundy, A. C., Lane, S. J., & Murray, E. A. (2002). *Sensory integration: Theory and practice (2nd ed.)*. Philadelphia, PA: F. A. Davis.
- Dalton, K. M., Nacewicz, B. M., Johnstone, T., Schaefer, H. S., Gernsbacher, M. A., Goldsmith, H. H., et al. (2005). Gaze fixation and the neural circuitry of face processing in autism. *Nature Neuroscience, 8*(4), 519–526. <http://dx.doi.org/10.1038/nn1421>
- Davidson, R. J. (1994). Asymmetric brain function, affective style, and psychopathology: The role of early experience and plasticity. *Development and Psychopathology, 6*(4), 741–758.
- Derryberry, D., & Reed, M. A. (1996). Regulatory processes and the development of cognitive representations. *Development and Psychopathology, 8*, 215–234.
- Dunn, W. (2001). The sensation of everyday life: Empirical, theoretical, and pragmatic consideration, eleanor clarke slagle lecture. *American Journal of Occupational Therapy, 55*(6), 608–620.
- Dunn, W., Myles, B. S., & Orr, S. (2002). The sensory processing associated with asperger syndrome: A preliminary investigation. *The American Journal of Occupational Therapy, 56*(1), 97–102.
- Gam, K. Y., Kim, S. B., Kim, J. K., Bae, J. H., Yoon, Y. S., Lee, S. M., et al. (2010). *Neural anatomy physiology*. Seoul: Jungmungack.
- Geller, L. (2005). Emotional regulation in autism spectrum disorders. *Autism Spectrum Quarterly, Summer*, 14–17.
- Gordon, L., Voos, A. C., Bennenett, R. H., Bolling, D. Z., Pelphrey, K. A., & Kaiser, M. D. (2013). Brain mechanisms for processing affective touch. *Human Brain Mapping, 34*(4), 914–922. <http://dx.doi.org/10.1002/hbm.21480>
- Green, S. A., Rudie, J. D., Colich, N. L., Wood, J. J., Shirinyan, D., Hernandez, L., et al. (2013). Over-reactive brain responses to sensory stimuli in youth with autism spectrum disorders. *Journal of Academy Child and Adolescent Psychiatry, 52*(11), 1158–1172. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2013.08.004>
- Hardan, A. Y., Minshew, N. J., Melhem, N. M., Srihari, S., Jo, B., Bansal, R., et al. (2008). An MRI and proton spectroscopy study of the thalamus in children with autism. *Psychiatry Research: Neuroimaging, 163*(2), 97–105. <http://dx.doi.org/10.1016/j.psychresns.2007.12.002>
- Jahromi, L. B., Bryce, C. I., & Swanson, J. (2013). The importance of self-regulation for the school and peer engagement of children with high-functioning autism. *Research in Autism Spectrum Disorders, 7*(2), 235–246.
- Kim, M. S. (2001). *Comparison of the sensory processing skills of typically developing children with developmental disability children*. Master's thesis, Ehwa Womans University, Seoul.
- Konstantareas, M., & Stewart, K. (2006). Affect regulation and temperament in children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism Spectrum Disorders, 36*(2), 143–154. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-005-0051-4>
- Laurent, A. C., & Rubin, E. (2004). Challenges in

- emotional regulation in asperger's syndrome and high-functioning autism. *Topics in Language Disorders*, 24(4), 286–297.
- Lecavalier, L., Leone, S., & Wiltz, J. (2006). The impact of behavior problems on caregiver stress in young people with autism spectrum disorders. *Journal of Intellectual Disability Research*, 50(3), 172–183. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-2788.2005.00732.x>
- Liss, M. (2006). Sensory and attention abnormalities in autistic spectrum disorders. *Autism*, 10(2), 155–172. <http://dx.doi.org/10.1177/1362361306062021>
- Malisza, K. L., Clancy, C., Shiloff, D., Holden, J., Jones, C., Paulson, K., et al. (2011). Functional magnetic resonance imaging of facial information processing in children with autistic disorder, attention deficit hyperactivity disorder, and typically developing controls. *International Journal of Adolescent Medicine and Health*, 23(3), 269–277.
- Pfeiffer, B., Kinnealey, M., Reed, C., & Herzberg, G. (2005). Sensory modulation and affective disorders in children and adolescents with asperger's disorder. *The American Journal of Occupational Therapy*, 59(3), 335–345.
- Phillips, M. L., Ladouceur, C. D., & Drevets, W. C. (2008). A neural model of voluntary and automatic emotion regulation: Implications for understanding the pathophysiology and neurodevelopment of bipolar disorder. *Molecular Psychiatry*, 13(9), 833–857. <http://dx.doi.org/10.1038/mp.2008.65>
- Pine, D. S. (2007). Research review: A neuroscience framework for pediatric anxiety disorder. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and allied disciplines*, 48(7), 631–648. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2007.01751.x>
- Plessen, K. J., Bansal, R., Zhu, H., Whiteman, R., Amat, J., Quackenbush, G. A., et al. (2006). Hippocampus and amygdala morphology in attention deficit/hyperactivity disorder. *Archives of General Psychiatry*, 63(7), 795–807. <http://dx.doi.org/10.1001/archpsyc.63.7.795>
- Posner, J., Nagel, B. J., Maia, T. V., Mechling, A., Oh, M., Wang, Z., et al. (2011). Abnormal amygdalar activation and connectivity in adolescents with attention-deficit/hyperactivity disorder. *Journal of the American Academy of Child and Adolescents Psychiatry*, 50(8), 828–837. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jaac.2011.05.010>
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A-S., McNamara, J. O., et al. (2004). *Neuroscience*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Roley, S. S., Blanche, E. I., & Schaaf, R. C. (2001). *Understanding the nature of sensory integration with diverse populations*. San Antonio, TX: Therapy Skill Builders.
- Rosenzweig, M. R., Breedilove, S. M., & Watson, N. V. (2005). *Biological Psychology*. Massachusetts: Sinauer Associates, Inc.
- Ryan, R. M., Kuhl, J., & Deci, E. L. (1997). Nature and autonomy: An organizational view of social and neurobiological aspects of self-regulation in behavior and development. *Development and Psychopathology*, 9(4), 701–728.
- Samson, A. C., Phillips, J. M., Parker, K. J., Shah, S, Gross, J. J., & Hardan, A. Y. (2014). Emotion dysregulation and the core features of autism spectrum disorder. *Journal of Autism Spectrum Disorders*, 44(7), 1766–1772. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-013-2022-5>
- Shaw, P., Stringaris, A., Nigg, J., & Leibenluft, E. (2014). Emotion dysregulation in attention deficit hyperactivity disorder. *American Journal of Psychiatry*, 171(3), 276–293. <http://dx.doi.org/10.1176/appi.ajp.2013.13070966>
- Schore, A. N. (1996). The experience-dependent

- maturation of a regulatory system in the orbital prefrontal cortex and the origin of developmental psychopathology. *Development and Psychopathology*, 8, 59–97.
- Schore, A. N. (1997). Early organization of the nonlinear right brain and development of a predisposition to psychiatric disorders. *Development and Psychopathology*, 9, 595–631.
- Sobanski, E., Banaschewski, T., Asherson, P., Buitelaar, J., Chen, W., Franke, B., et al. (2010). Emotional lability in children and adolescents with attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): Clinical correlates and familial prevalence. *Journal of Child Psychology and Psychiatry, and allied disciplines*, 51(8), 915–923. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02217.x>
- Spencer, T. J., Faraone, S. V., Surman, C. B., Petty, C., Clarke, A., Batchelder, H., et al. (2011). Toward defining deficient emotional self-regulation in children with attention-deficit/hyperactivity disorder using the child behavior checklist: A controlled study. *Postgraduate Medicine*, 123(5), 50–59. <http://dx.doi.org/10.3810/pgm.2011.09.2459>
- Stringaris, A., & Goodman, R. (2009). Mood lability and psychopathology in youth. *Psychological Medicine*, 39(8), 1237–1245. <http://dx.doi.org/10.1017/S0033291708004662>
- Thompson, R. A. (1994). *Monographs of the society for research in child development*. Chicago, Illinois: University of Chicago Press.
- Tottenham, N., Hertzog, M. E., Gillespie-Lynch, K., Gilhooly, T., Millner, A. J., & Casey, B. J. (2013). Elevated amygdala responses to faces and gaze aversion in autism spectrum disorder. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(1), 106–117. <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nst050>
- Voos, A. C., Pelphrey, K. A., & Kaiser, M. D. (2013). Autistic traits are associated with diminished neural response to affective touch. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 8(4), 378–386. <http://dx.doi.org/10.1093/scan/nss009>
- Waterhouse, L., Fein, D., & Modahl, C. (1996). Neurofunctional mechanisms in autism. *Psychological review*, 103(3), 457–489.
- Weng, S. J., Carrasco, M., Swartz, J. R., Wiggins, J. L., Kurapati, N., Liberzon, L., et al. (2011). Neural activation to emotional faces in adolescents with autism spectrum disorders. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 52(3), 296–305. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-7610.2010.02317.x>
- Yack, E., Aquilla, P., & Sutton, S. (2003). *Building bridges through sensory integration (2nd ed.)*. Las Vegas: Sensory Resources.

Abstract

The Relationship Between Sensory Processing and Emotional Regulation : A Literature Review

Hong, Eunkyong*, Ph.D., O.T., Hong, So-Young**, Ph.D., O.T.

*Dept. Occupational therapy, Shinsung University

**Dept. Occupational therapy, Baekseok University

Objective : The goal of this study was to investigate neurological mechanism of emotional regulation and to examine the relationship between the regulation and sensory processing.

Subjective : Emotional regulations are mainly processed in limbic system, particularly the basal-lateral group of amygdala takes on a major role in the regulations. The basal-lateral group of amygdala links to thalamus directly and/or indirectly which processes sensory information together. This sensory information connects to orbital and medial prefrontal cortex. Inadequate sensory processing may cause difficulties in emotional regulations and behaviors because of a circuit linking the amygdala, the thalamus, and the orbital and medial prefrontal cortex. These difficulties and impairments has been reported in neurological studies for children with ASD and ADHD.

Conclusion : Neurological states are different between the normal children and children with ASD and ADHD and these represent various aspects in sensory processing, emotional regulations and behaviors. Thus, therapists working with children with ASD and ADHD need to understand mechanisms of sensory processing and emotional regulations in order to provide adequate treatments.

Key words : amygdala, disorder, emotional regulation, neurological mechanism, sensory processing