

감각조절과 각성의 관련성에 대한 문헌고찰

홍은경

신성대학교 작업치료과

국문초록

목적 : 본 연구의 목적은 감각조절과 각성과의 신경학적인 메커니즘을 알아보는 것이다.

본 론 : 감각통합치료에서 아동의 적절한 각성유지는 중요한 이슈이다. 감각입력을 통한 각성 조절을 위해 둘레계 및 그물체는 중요한 관계가 있고, 특히 그물체에서 대뇌피질로 가는 오름그물활성계통은 주요 처리 경로이다. 이때 콜린성 뉴런 및 단가아민계 뉴런 집단 등에서 분비되는 다양한 신경전달물질이 영향을 미친다. 각성을 위한 메커니즘은 중추신경계 및 자율신경계 기능을 측정하는 뇌파나 피부전기반응 등으로 측정한다. 객관적 신경생리학적 측정을 통해 일반아동과 장애아동에서 중추신경계 및 자율신경계 기능이 차이가 있음이 보고되었다. 감각통합치료를 통해 장애아동에게 적절한 감각을 입력하는 것은 그물체와 둘레계, 대뇌피질을 활성화시켜 최적의 각성 상태를 유지하도록 돕는다.

결 론 : 객관적 측정도구를 사용한 연구결과의 제시는 감각통합치료에 대한 근거기반 임상을 위한 기초자료가 된다.

주제어 : 각성, 감각조절, 그물체, 오름그물활성계통

I. 서론

각성은 주의의 한 단계로서 자극 수용에 대한 준비가 가능한 상황을 의미하고, 이는 중추신경계가 활동을 하기 위한 기초선이 된다(Korean Academy of Sensory Integration, 2011). 각성은 수준에 따라 극도의 기민(alertness)에서 혼미(drowsiness), 깊은 수면으로 나눈다(DeGangi, 2000). 피질하(subcortex)와 뇌줄기(brain stem)는 각성을 중계하는 주요 역할을 하고, 피질은 상호작용을 돕는다(Luria, 1973). Vizzetti(1989)는 각성을 3가지 유형으로 구분하였다. 먼저, 내적 각성(internal arousal)은 성적행동이나 배고픔 같은 무의식적 반사와 호흡, 소화를 위한 과정이다. 외적 각성(external arousal)

은 환경의 자극에 대해 주의집중 될 때 활성화되는 과정이다. 이는 환경의 변화에 대한 인식이나 이전의 경험과의 비교시 필수적이다. 이때 비교는 기억체계와 밀접한 관련성이 있다. 마지막은 의도적 각성으로 활동을 할 때, 에너지와 동기화를 위해 활성화된다.

각성에 주요 역할을 하는 뇌의 구조물은 그물체(reticular formation)와 둘레계(limb system)이다. 그물체는 뇌줄기의 중앙부에 위치해 있고, 뚜렷한 핵을 이루지 않은 신경세포체들과 그 사이를 주행하는 신경섬유의 다발로 구성되어있다(Kim, 2014). 그물체는 신경계의 하위 수준과 상위수준에 광범위한 수상돌기(dendrite)와 긴 축삭(axon)을 투사하여 뉴런들을 연결시킨다(Gilman & Newman, 1996). 주요 역할은 수면과 각성, 의식 등

교신저자: 홍은경(yuico@naver.com)

접수일: 2015.11.03.

|| 심사일: (1차: 2015.11.21. / 2차: 2015.11.30.)

|| 게재확정일: 2015.12.11.

대뇌피질 기능의 조절이나 호흡 및 심장혈관기능과 관련된 내장 기능의 조절, 감각전달의 조절, 골격근 기능의 조절에 관여한다(Kim, 2014). 감각 중 통증, 가벼운 촉각, 머리의 움직임과 청각은 직접적으로 그물체에 영향을 미쳐 대뇌피질로 전달되지만 후각, 고유수용성감각, 시각은 피질과 소뇌회로를 거쳐 비간접적으로 영향을 미친다(Gilman & Newman, 1996; Kiernan, 1998).

둘레계는 그물체와 연결되어 있고, 감각처리와 관련된 둘레계의 일부는 입력된 정보와 연합하여 감정을 조절한다(Smith Roley, Blanche, & Schaaf, 2001). 둘레계는 뇌들보(corpus callosum)의 주변부와 대상이랑(cingulate gyrus), 부해마이랑(parahippocampal gyrus), 후각망울(olfactory bulb), 후각피질(olfactory cortex), 해마(hippocampus), 시상하부의 유두체(mammillary bodies of the hypothalamus)로 구성된다(Purves et al., 2004). 특히, 시상하부는 개인의 감정상태를 반영하여 자율반응으로 나타난다(Smith Roley et al., 2001). 자율신경계 반응으로 그물체와 둘레계의 기능을 확인할 수 있다.

감각통합은 환경에 대해 적응반응을 만들기 위해 대뇌와 뇌줄기로 부터 시각, 청각, 전정감각이나 고유수용성 감각을 조절하는 방법이다. 감각을 필터링하는 것과 조절하는 것은 적절한 수준의 각성을 유지하는데 중요하고, 매일의 작업에 참여하기 위해 필수적인 과정이다(Smith Roley et al., 2001). 적절한 각성 수준은 이상적인 환경적 상호작용을 생산하지만 과잉각성(overarousal)은 행동의 비조직화, 불안, 잠재적인 부정적 반응을 이끈다(Bundy, Lane, & Murray, 2002). 감각통합치료에서는 적응반응을 높이기 위해 적절한 수준의 각성상태를 유지하기 위해 노력한다. 이를 돕기 위해 치료사들은 촉각, 전정감각, 고유수용성감각 등의 감각을 조직화하여 사용한다. 또한, 치료사들은 감각통합치료의 효과를 객관적으로 제시하기 위해 신경생리학적 연구를 하고 있다. 반복적인 행동(다리를 떠는 것, 허밍 소리를 만드는 것 등)을 할 때, 심박동수를 측정하여 각성과 감각조절의 관련성을 살펴보는 연구 등 다양하게 진행되고 있다(Soussignan & Koch, 1985; Willemsen-Swinkels, Buitelaar, Dekker, & vanEngeland, 1998). 본 연구는 감각통합치료의 효과를 보다 객관적으로 제시하는 신경생리학적 연구의 이해를 돕기 위해 각성과 감각조절의

연관성에 대한 신경학적 메커니즘을 알아보고자 한다. 이를 통해 감각통합치료에 대한 증거기반 임상이 되는 기초자료를 마련하고자 한다.

II. 본 론

1. 각성의 주요 중추인 오름그물활성계통(ascending reticular activating system)의 흥분

감각입력은 그물체를 통해 각성상태에 영향을 미친다(Smith Roley et al., 2001). 각성과 관련하여 뇌줄기에서 피질로 올라가는 경로를 오름그물활성계통(ascending reticular activating system)이라 한다. 오름그물활성계통은 뇌줄기의 그물체(reticular formation)로부터 시작되어 의식체계의 대뇌요소(시상하부의 앞쪽 부분인 앞뇌(forebrain), 시상(thalamus), 대뇌겉질(cerebral cortex))에 투사된다(Reinoso-Suárez, de Andrés, & Gzrżón, 2011). 예를 들면, 손의 피부에 자극이 주어졌을 때 시상에 있는 감각 핵뿐만 아니라 그물활성계통에도 정보가 제공되는 것이다.

오름성 흥분 신호는 두 개의 주요 경로를 통해 대뇌피질로 전달된다(Smith Roley et al., 2001). 등쪽 경로(dorsal pathway)는 시상을 거쳐서 대뇌피질로 전달되고, 배쪽 경로(ventral pathway)는 시상하부와 앞뇌 기저부(basal forebrain)를 거쳐서 대뇌피질로 전달된다. 등쪽 경로는 시상 중계뉴런(thalamic relay neuron)을 활성화시키는데, 이는 콜린성 뉴런이다(Levey, Hallanger, & Sainer, 1987). 콜린성 뉴런은 각성상태 동안 가장 활동적으로 발화하고, 시상피질 활동(thalamocortical activity)의 증가 및 피질 활성화와 관련이 있다(Mansari, Sakai, & Jouvet, 1989; Steriade, Datta, Pare, Oaksonk, & Curro Dossi, 1990). 배쪽경로는 앞뇌 기저부에 있는 비콜린성(주로 GABA성) 뉴런이 일부 콜린성 뉴런과 서로 섞여 전달된다(Kim, 2007). 이 비콜린성 뉴런은 대부분 피질로 투사되고, 일부는 시상으로 투사되어 콜린성 뉴런과 유사하게 각성에 관여한다(Kim, 2007).

콜린성, 비콜린성 뉴런 이외에도 상부 뇌줄기와 꼬리 쪽 시상하부에 위치한 일련의 각성을 촉진시키는 단가아민 뉴런집단들(청반핵(locus coeruleus), 솔기핵(raphe nuclei), 조면유두체핵(tuberomammillary nucleus))이 시상, 외측 시상하부, 앞뇌 기저부, 그리고 대뇌피질로 투사된다(Saper, 1984). 외측 시상하부는 오렉신(orexin) 뉴런을 포함하고 있는데, 이는 각성시에 활동적이며 조면유두체핵, 청반핵, 그리고 등쪽 솔기핵에 있는 뉴런들의 발화율을 증가시킨다(Kim, 2007). 청반핵은 노르에피네프린(norepinephrine)을 생성하는데 새롭거나 강도가 센 자극에 의해 주로 방출이 되며, 외적 사건에 집중하도록 보조하는 역할을 한다(Smith Roley et al., 2001). 솔기핵은 세로토닌(serotonin)을 생성하고 하위운동신경원(lower motor neuron) 흥분에 영향을 주어 회피행동을 학습하게 하며 먹기, 수면상태, 심장리듬, 통증반응에 영향을 미친다(Cooper, Bloom, & Roth, 1996). 즉 콜린성 뉴런, 단가아민계 뉴런 집단, 그리고 외측시상하부의 오렉신 뉴런 등으로부터 뻗어 나온 신경섬유들이 각성을 일으키기 위해 서로 협동적으로 작용한다(Kim, 2007). 그리고, 배쪽외측 시각전핵(ventrolateral preoptic nucleus)에 의해 각성회로가 억제되면 수면이 시작된다(Figure 1, 2).

그물체뿐만 아니라 둘레계의 기능은 말초신경계의 자율신경계 반응으로 알아볼 수 있다. 자율신경계는 내부 장기와 혈관의 활동을 조절하여 혈액순환, 호흡, 소화, 신진대사, 분비, 체온, 그리고 생식에 관여한다(Lundy-Ekman, 2013). 자율신경계는 교감신경계와 부교감신경계로 나눌 수 있는데, 교감신경계는 투쟁 도주 반응과 같이 사건에 즉각적인 반응을 조절한다(Nance & Hoy, 1996). 혈액의 혈당량의 수준의 증가, 기관지와 심장동맥의 확장, 혈압의 상승, 그리고 심박동 증가의 생리적 반응을 보인다(Lundy-Ekman, 2013). 반면 부교감 신경계는 항상성 유지, 자기조절, 스트레스로부터의 회복을 위해서 내장과 신경내분비 시스템을 조절한다(Nance & Hoy, 1996). 특히, 미주신경에 의해 심장의 서맥을 유발하거나 심장의 수축력을 감소, 기관지 수축, 점막의 점액분비를 촉진시킨다(Lundy-Ekman, 2013). 자율신경계의 반응을 객관적으로 측정하기 위해 피부전기반응(electrodermal response: EDR), 심혈관 반응(심박동수, 심박동 변이), 온열반응 등으로 측정한다(Kim et

al., 2009). 그물체와 둘레계의 기능을 중추신경계에서는 뇌파(electroencephalogram: EEG)와 뇌전위(event-related potential: ERP) 등으로 측정한다(Kim, 2012).

2. 감각들과 각성의 관련성

감각입력은 신경계를 흥분시켜 개인의 각성수준에 영향을 준다(Smith Roley et al., 2001). 감각의 유형에 따라 그물체의 흥분이 다양하게 나타난다. 먼저, 시각적 및 청각자극을 동영상(공포자극)으로 보여주기 전과 후를 중추신경계의 뇌파로 알아본 결과, 차이가 없었다. 자율신경계 반응인 피부온도 반응(skin temperature)은 시각적 자극을 보여준 초기에 반응이 보여주기 전에 비해 감소하였다(Whang, Lim, Kim, Kim, & Han, 2001).

라벤더 향과 자스민 향을 이용해 후각에 대해 중추 및 자율신경계 반응을 살펴본 Baik, Lee, Hah, Im와 Lee(1998)의 연구에 의하면, 중추신경계 활성도를 측정 한 뇌파의 측정에서는 라벤더 향 자극시 세타(theta)파(수면파)가 증가하였고, 자스민 향 자극에서는 베타(alpha)파(스트레스파)가 증가하였다. 자율신경계 반응에서 라벤더 향의 자극은 피부온도를 떨어뜨리는 결과를 보였고, 자스민 향은 피부온도를 상승시켰다. 향에 의한 피부저항의 변화에서는 두 향 모두 증가하여 부교감신경계 활성이 높음을 의미하였다. 또한, 심박동변이(heart rate variability: HRV) 분석에는 부교감신경의 활동성이 부각되는 값이 라벤더 향에서 대조자극보다 높게 나타났고, 자스민 향에서는 대조자극 보다 낮게 나타났다. 이와 같은 신경계반응의 특징을 이용하여 라벤더 향은 안정, 자스민 향은 각성의 목적으로 아로마 치료에서 흔히 사용하는 것으로 알려져 있다. 다감각환경인 스노우젤렌을 이용하여 연구한 Slevin & Mcllelland(1999), Shaphiro, Parush, Green, & Roth(1997), Yong와 Lee(2006)는 HRV, 스트레스 저항도, 신체각성도, 자율신경계 밸런스를 이용하여 자율신경계의 반응을 측정하였다. 그 결과, 다감각환경을 적용하기 전에 비하여 후에 HRV는 감소하였고 그 외의 반응은 증가하였다. 신경계를 이완시키는데 효과가 있음을 의미한다.

감각들은 유형에 따라 다른 신경로를 거쳐 다양한 반응을 나타낸다. 통증과 가벼운 촉각과 관련한 신경로는

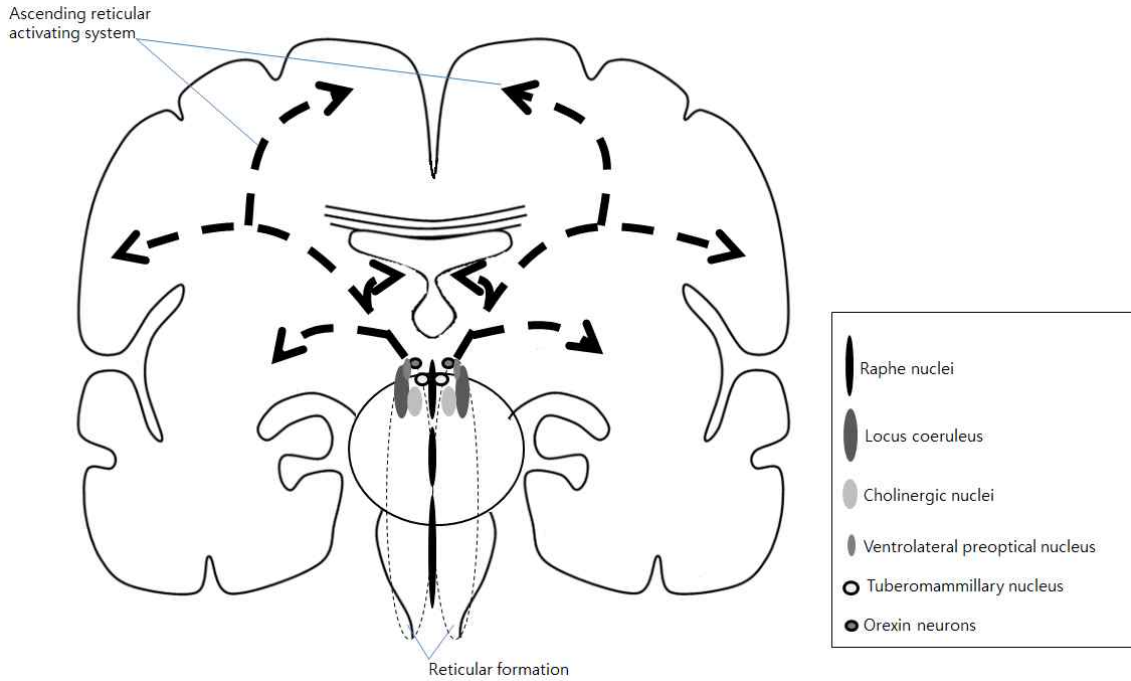


Figure 1. Coronal section of ascending reticular activating system

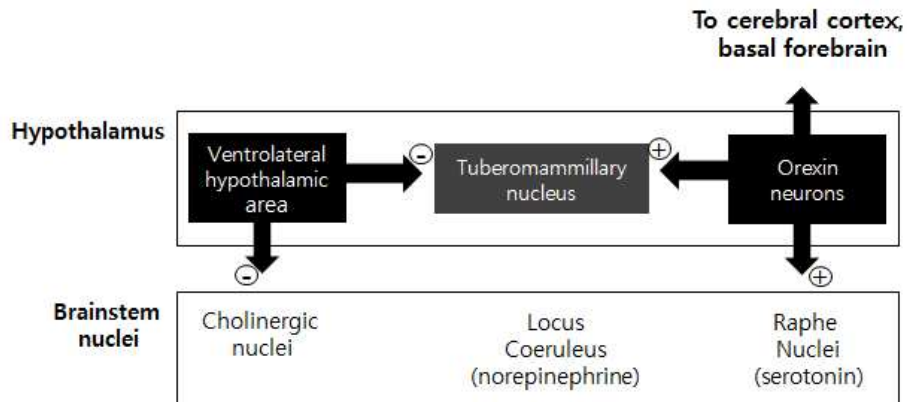


Figure 2. Activation of the arousal system(Purves et al., 2004)

뇌졸거를 지나가면서 그물체로 결가지를 내거나 종말가지를 낸다(Smith Roley et al., 2001). 그러나, 분별촉각과 압력, 진동 감각을 받는 신경로는 뇌졸거를 가로질러 감에 따라 그물체로 결가지를 내지 않는다(Martin, 1996). 대신 이 감각들의 신호는 빠르게 시상과 체성각각 피질로 가고, 피질은 억제 신호를 그물체로 보내면서 흥분을 감소시킨다. 결과적으로, 깊은 압박이나 저항

감각은 촉각 경험을 싫어하는 사람에게 혐오반응을 줄이게 하는 수단이 될 수 있다(Smith Roley et al., 2001). 증가된 각성과 자극에 대해 과잉반응을 보이는 사람에게 그물체 활성을 우회적인 치료전략으로 사용할 수 있다(Smith Roley et al., 2001).

감각자극의 강도(intensity)도 그물체에 영향을 미친다. 일반적으로 더 강한 자극은 그물체에 영향을 주어 기

민함(alertness)을 갖게 하는 반면, 더 부드럽고 온순한 자극은 더 침착하게 하고 각성을 낮춘다(Smith Roley et al., 2001). 이를 치료에 이용하여 아동이 과각성을 보일 때에는 그네를 천천히 리듬 있게 흔들어 주고, 아동이 저각성을 보일 때는 그네를 세게, 불규칙적이게 흔들어 준다. 치료사는 자율신경계의 반응(체온, 발한 등 피부 반응)을 통해 각성의 수준을 확인하고, 치료시 최적의 각성 수준을 생성하기 위한 감각 입력을 제공한다.

3. 장애와 각성의 관련성

주의력 결핍 과잉행동 장애(attention deficit and hyperactivity disorder: ADHD) 아동은 그물활성체계의 저각성으로 인하여 운동과 감각기능에 대한 통제력이 저하되어있다(Satterfield, Cantwell, Lesser, & Podosin, 1972). ADHD 아동들은 적절한 각성수준의 범위가 좁고, 과제에 대처하기 위해 적절한 수준으로 각성상태를 조절하는 능력이 없어 각성수준을 높이기 위해 과잉행동을 보이는 것으로 설명된다(Anastopoulos & Barkley, 1988; Whalen, 1989; Zametkin & Rapaport, 1987). 일반아동과 ADHD 아동의 자율신경계 반응인 심박동으로 알아본 결과, ADHD 아동에서 더 높게 나타났고, 이는 ADHD 아동에서 자율신경계 불균형이 있음을 의미한다(Imeraj et al., 2011). 신경해부학적 연구에서 ADHD는 뇌줄기의 각성체계와 안와전두(orbitofrontal cortex) 부위 사이를 연결하는 회로에 결함이 있었다(Shin & Park, 1997). 일반아동과 비교했을 때에도 내·외측 전두엽, 바닥핵 및 시상에서 혈류저하를 보였다(Kim, 1997). ADHD 성인과 일반성인의 자율신경계 기능을 비교한 결과, 자율신경계의 비정상적인 기능이 일반성인에서는 4%로 발견되었고, ADHD 성인에서는 24%를 보였다(Schubiner, Hassunizadeh, & Kaczynski, 2006).

자폐스펙트럼장애(autism spectrum disorder: ASD) 아동의 특징 중 하나는 전형적인 행동(stereotyped behavior)이다. 이 행동은 손가락 털기, 몸 흔들기, 손을 위아래로 움직이기, 물건의 냄새 맡기, 물건 굽기, 물건 돌리기, 또는 지연된 반향어로 나타난다(APA 2000; Schreibman, Heyser, & Stahmer, 1999). 항상성 이론에 따르면, 아동의 각성수준은 감각자극에 과잉반응하거

나 과소반응하는 것에 달려있는데 ASD 아동의 전형적 행동은 각성수준을 증가시키거나 감소시키는 효과를 가져온다(Hodgetts, Magill-Evans, & Misiaszek, 2011). 심한 ASD는 감각입력의 유형과 강도에 따라 적절하게 행동하기 어렵힌다(Ben-Sasson et al. 2009). 또한, 전형적인 행동은 아동에게 직접적인 감각입력(예, 손가락 매너리즘으로 인한 시각 자극, 허밍으로 인한 청각 자극, 손가락 두드리기를 통한 고유수용성 자극)을 제공하거나 혐오자극을 피할 수 있게 하여 더 강화된다(Cunningham & Schreibman, 2008; Willemsen-Swinkels et al., 1998). 이와 같은 행동은 자기-자극(self-stimulatory) 행동이라고도 불려진다. Willemsen-Swinkels 등(1998)은 ASD 아동이 전형적인 행동을 하는 동안 심박동 수를 측정 한 결과, 심박동 수가 감소하였다. 낮은 강도의 반복적 행동은 아동의 스트레스를 감소시키고 침착하게 하는 경향이 있었다. 이는 일반아동에게서도 비슷한 결과를 나타냈다. Soussignan와 Koch (1985)는 일반아동에게 고유수용성감각을 입력(다리 떠는 행동)을 한 후 심박동 수를 측정하였다. 그 결과 다리 떠는 것과 같은 리듬감 있는 반복적 행동은 심박동을 낮추어 각성을 줄이는 효과가 있었다.

일반적으로 정신 질환자는 감각입력에 대해 과잉반응 또는 과소반응을 보이고(Abernethy, 2010; Brown, Cromwell, Filion, Dunn, & Tollefson, 2002), 자동적으로 각성을 조절하는데 어려움을 보인다(Porges, 2004). 정신질환을 가진 사람에게 부드러운 자극을 제공하여 최상의 각성을 유지하도록 한 결과, 적응반응을 촉진시키는 결과를 보였다(Sutton, Wilson, Kessel, & Vanderpyl, 2013). 감각을 이용한 중재는 갑작스런 고통을 경험한 사람에게도 평정을 찾게 하는 효과가 있음이 보고되었다(Chalmers, Harrison, Mollison, Molloy, & Gray, 2012; Novak, Scanlan, McCaul, MacDonald, & Clarke, 2012).

적절한 감각입력은 그물체와 둘레계, 대뇌피질을 활성화시켜 최적의 각성상태를 유지하도록 돕는다. 입력된 감각의 강도, 빈도, 기간, 복잡성, 새로움에 대한 신경학적 메시지를 처리하는 과정인 감각조절은 중추신경계가 적응행동을 할 수 있도록 돕는다(Miller & Lane, 2000). 감각조절의 어려움은 과잉반응(over-responsiveness)과 과소반응(under-responsiveness)으로 나타난다. 과

잉반응은 교감신경계의 활성화, 강한 부정적 감정, 회피로 나타나고, 일반적인 감각입력에 대해 혼란스러워하며 방어적으로 행동한다(Parham & Mailloux, 2005). 대부분의 사람들이 반응하는 감각자극에 대해 상대적으로 알아차리지 못하거나 무시하는 경향을 보인다(Parham & Mailloux, 2005). 이와 같은 행동적 특징으로 인해 감각 조절에 어려움이 있는 아동들은 학습 기술, 관계의 발달, 건강과 관련된 일상적 작업에 충분히 참여하기 힘들다(Jasmin et al., 2009; Lane, Young, Baker, & Angley, 2010; Parham & Mailloux, 2005).

Ⅲ. 결론

적절한 감각의 입력은 그물체, 돌레계, 그리고 대뇌피질 뉴런의 흥분성을 증가시켜 최적의 각성 상태를 만든다. 각성에 가장 중요한 메커니즘은 오름그물활성계통으로 그물체에서 부터 시작하여 앞뇌, 시상, 대뇌피질에 투사된다. 이때 콜린성 뉴런, 단가아민계 뉴런 집단 및 외측시상하부의 오렉신 뉴런 등의 섬유들이 협력하여 각성에 영향을 미친다. 이와 같은 신경생리학적 기능은 중추신경계와 자율신경계 기능으로 설명되고 뇌파나 피부전기반응 등의 객관적인 방법으로 측정한다. 감각통합치료의 주요 대상이 되는 ASD나 ADHD 아동에게 뇌파나 피부전기반응 등을 측정한 결과, 일반 아동과 차이를 보였다. ASD나 ADHD는 비정상적인 각성 체계를 갖고 있음을 알 수 있고, 감각에 대한 과잉반응이나 과소반응을 보여 환경의 여러 감각을 충분히 조절하는데 문제가 있었다.

최적의 각성상태를 유지하는 것은 학습을 위한 기초가 된다. 그뿐만 아니라 일, 자기관리, 레저는 환경에 대한 적절한 인식 없이는 발생할 수 없으므로 각성의 명료함은 필수적이라 할 수 있다. 장애아동에게 감각통합치료는 주변 환경으로부터 입력된 다양한 감각들을 조절하여 적절한 수준의 각성을 유지하는데 중요한 역할을 한다. 감각통합치료에서는 적절한 각성 유지와 같은 치료의 효과를 보다 객관적으로 제시하기 위해 신경생리학적 측정 방법을 이용하고 있다. 객관적인 연구결과의 제시는 감각통합치료에 대한 근거기반 임상을 위한 기초자료가 된

다. 그러나, 현재 연구의 대부분은 일반아동과 장애아동(ADHD, ASD, Fragile X 증후군)의 신경생리학적 기능의 차이를 확인하는데 초점이 되고 있다. 앞으로의 지속적인 연구를 통하여 감각통합치료 효과에 대한 신경생리학적 결과들이 보고되어야 할 것이다. 또한, 치료사들을 위해 신경생리학적 결과의 해석을 돕기 위한 감각통합치료와 신경생리학 메커니즘에 대한 문헌 고찰 자료도 필요할 것으로 보인다.

참고 문헌

- Abernethy, H. (2010). The assessment and treatment of sensory defensiveness in adult mental health: A literature review, *British Journal of Occupational Therapy*, 73(5), 210-218.
- American Psychiatric Association. (2000). *Diagnostic and statistical manual of mental disorders*, 4th ed., text revision (DSM-IV-TR). Washington, DC: American Psychiatric Press, Inc.
- Anastopoulos, A. D., & Barkley, R. A. (1988). Biological factors in attention deficit-hyperactivity disorder. *Behavioral Therapy*, 11, 47-53.
- Baik, E. J., Lee, Y. Y., Hah, T. H., Im, J. J., & Lee, B. H. (1998). *Differences of central and autonomic responses between olfactory stimuli with Lavender and Jasmin in human*. 1998 Conference on emotion and sensibility, Korean Society for Emotion and Sensibility.
- Ben-Sasson, A., Hen, L., Fluss, R., Cermak, S. A., Engel-Yeger, B., & Gal, E. (2009). A meta-analysis of sensory modulation symptoms in individuals with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(1), 1-11. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-008-0593-3>
- Brown, C., Cromwell, R. L., Fillion, D., Dunn, W., & Tollefson, N. (2002). Sensory processing in

- schizophrenia: Missing and avoiding information. *Schizophrenia Research*, 55(1-2), 187-195.
- Bundy, A. C., Lane, S. J., & Murray, E. A. (2002). *Sensory integration theory and practice*, second edition. Danvers, MA: F. A. Davis Company.
- Chalmers, A., Harrison, S., Mollison, K., Molloy, N., & Gray, K. (2012). Establishing sensory-based approaches in mental health inpatient care: A multidisciplinary approach. *Australasian Psychiatry*, 20(1), 35-39. <http://dx.doi.org/10.1177/1039856211430146>
- Cooper, J. R., Bloom, F. E., & Roth, R. H. (1996). *The biochemical basis of neuropharmacology*. New York: Oxford University Press.
- Cunningham, A. B., & Schreibman, L. (2008). Stereotypy in autism: The importance of function. *Research in Autism Spectrum Disorders*, 2(3), 469-479.
- DeGangi, G. (2000). *Pediatric disorders of regulation in affect and behavior: A therapist's guide to assessment and treatment*. San Diego: Academic Press.
- Gilman, S., & Newman, S. W. (1996). *Essential of clinical neuroanatomy and neurophysiology*. Philadelphia: F. A. Davis.
- Hodgetts, S., Magill-Evans, J., & Misiaszek, J. E. (2011). Weighted vests, stereotyped behaviors and arousal in children with autism. *Journal of Autism Developmental Disorder*, 41(6), 805-814. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-010-1104-x>
- Imeraj, L., Antrop, I., Roeyers, H., Deschepper E., Bal, S., Deboutte, D. et al. (2001). *Diurnal variations in arousal: A naturalistic heart rate study in children with ADHD*. *European Child & Adolescent Psychiatry*, 20(8), 381-392. <http://dx.doi.org/10.1007/s00787-011-0188-y>
- Jasmin, E., Couture, M., McKinley, P., Reid, G., Fombonne, E., & Gisel, E. (2009). Sensori-motor and daily living skills of preschool children with autism spectrum disorders. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 39(2), 231-241. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-008-0617-z>
- Kim, B. N. (1997). *The effect of cerebral blood flow before and after treatment in subjects with attention deficit/hyperactivity disorder: Case control study using single photon emission computed tomography*. Master's thesis, Seoul University, Seoul.
- Kim, C. J., Hwang, M. C., Kim, J. H., Wu, J. C., Kim, Y. W., & Kim, J. H. (2009). *A study on the autonomic nervous system reaction by three arousal modes*. Poster presentation of 2009 conference on emotion and sensibility, Korean Society for Emotion and Sensibility.
- Kim, D. Y. (2014). Functional neuroanatomy of brain stem. *Brain & NeuroRehabilitation*, 7(2), 93-100.
- Kim, E. Y. (2012). Neurophysiological evidence for sensor processing disorder. *Therapeutic Science for Neurorehabilitation*, 1(1), 5-16.
- Kim, H. C. (2007). Neuroanatomy of sleep-wake regulation and its application to pharmacotherapy. *Korean Journal of Psychopharmacology*, 18(3), 133-142.
- Kiernan, J. A. (1998). *Barr's the human nervous system: An anatomical viewpoint*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Korean Academy of Sensory Integration (2011). *Basic course*. Seoul: Sourcebook of Korean Academy of Sensory Integration.
- Lane, A. E., Young, R. L., BAKER, A. E., & Angley, M. T. (2010). Sensory processing subtypes in autism: Association with adaptive behavior. *Journal of Autism and developmental Disorders*, 40(1), 112-122. <http://dx.doi.org/10.1007/s10803-009-0840-2>
- Levey, A. I., Hallanger, A. E., & Wainer, B. H. (1987). Cholinergic nucleus basalis neurons may influence the cortex via the thalamus.

- Neuroscience Letters*, 74(1), 7–13.
- Lundy-Ekman, L. (2013). *Neuroscience: Fundamentals for Rehabilitation*, 4th edition. St. Louis, Mo: Saunders Elsevier Inc.
- Luria, A. R. (1973). *The working brain: An introduction to neuropsychology*. New York: Basic Books, Inc.
- Mansari, M., Sakai, K., & Jouvet, M. (1989). Unitary characteristics of presumptive cholinergic tegmental neurons during the sleep-waking cycle in freely moving cats. *Exploratory Brain Research*, 76(3), 519–529.
- Martin, J. H. (1996). *Neuroanatomy: Text and atlas*. Stamford, CT: Appleton and Lange.
- Miller, L., & Lane, S. (2000). Toward a consensus in terminology of neurophysiological processes. *Sensory Integration Special Interest Section Quarterly*, 23(1), 1–4.
- Nance, P. W., & Hoy, C. S. (1996). Assessment of the autonomic nervous system. *Physical Medicine and Rehabilitation*, 10(1), 15–35.
- Novak, T., Scanlan, J., McCaul, D., MacDonald, N., & Clarke, T. (2012). Pilot study of a sensory room in an acute inpatient psychiatric unit. *Australasian Psychiatry*, 20(5), 401–406. <http://dx.doi.org/10.1177/1039856212459585>
- Parham, D., & Mailloux, Z. (2005). Sensory integration. In J. Case-Smith (Ed.), *Occupational therapy for children* (5th ed., pp. 356–411). St. Louis, MO: Mosby.
- Porges, S. W. (2004). Neuroception: A subconscious system for detecting threats and safety. *Zero to Three*, 32, 19–24.
- Purves, D., Augustine, G. J., Fitzpatrick, D., Hall, W. C., LaMantia, A., McNamara, J. O. et al. (2004). *Neuroscience*, third edition, Sunderland, MA: Sinauer Associates, Inc.
- Reinoso-Suárez, F., de Andrés, I., & Gzrzón, M. (2011). Functional anatomy of the sleep-wakefulness cycle: Wakefulness. *Advances in Anatomy, Embryology and Cell Biology*, 208, 1–128.
- Saper, C. B. (1984). Organization of cerebral cortical afferent systems in the rat. II. Magnocellular basal nucleus. *Journal of Comparative Neurology*, 222(3), 313–342.
- Satterfield, J. H., Cantwell, D. P., Lesser, L. I., & Podosin, R. L. (1972). Physiological studies of the hyperkinetic child. *American Journal of Psychiatry*, 128(11), 1418–1424.
- Schreibman, L., Heyser, L., & Stahmer, A. (1999). Autistic disorder: Characteristics and behavioral treatment. In N. A. Wiesel, R. H. Hanson, & G. N. Siperstein (Eds.), *Challenging behavior of persons with mental health disorders and severe disabilities* (pp. 39–63). Washington, DC: American Association of Mental Retardation.
- Schubiner, H., Hassunizadeh, B., & Kaczynski, R. (2006). A controlled study of autonomic nervous system function in adults with attention-deficit/hyperactivity disorder treated with stimulant medications: results of a pilot study. *Journal of Attention Disorder*, 10(2), 205–211.
- Shapiro, M., Parush, S., Green, M., & Roth, D. (1997). The efficacy of the 'snoezelen' in the management of child with mental retardation who exhibit maladaptive behaviours. *British Journal of Developmental Disabilities*, 43(85), 140–155.
- Shin, M. S., & Park, S. (1997). Neuropsychological assessment of children with attention deficit/hyperactivity disorder. *Korean Journal of Child & Adolescent Psychiatry*, 8(2), 217–231.
- Slevin, E., & McLelland, A. (1999). Multisensory environment: Are they therapeutic? a single subject evaluation of the clinical effectiveness of a multisensory environment. *Journal of Clinical Nursing*, 8(1), 48–56.
- Smith Roley, S., Blanche, E. I., & Schaaf, R. C.

- (2001). *Understanding the nature of sensory integration with diverse populations*. San Antonio, TX: Therapy Skill Builders.
- Soussignan, R., & Koch, P. (1985). Rhythmical stereotypies (legswinging) associated with reductions in heart-rate in normal school children. *Biological Psychology*, *21*(3), 161-167.
- Steriade, M., Datta, S., Pare, D., Oaksonk, G., & Curro Dossi, R. C. (1990). Neuroal activities in brain-stem cholinergic nuclei related to tonic activation processes in thalamocortical systems. *Journal of Neuroscience*, *10*(8), 2541-2559.
- Sutton, D., Wilson, M., Kessel, K. V., & Vanderpyl, J. (2013). Optimizing arousal to manage aggression: A pilot study of sensory modulation. *International Journal of Mental Health Nursing*, *22*(6), 500-511. <http://dx.doi.org/10.1111/inm.12010>
- Vizzetti, D. (1987). *A model for grading tasks based on cognitive demand*. Chicago: Rehabilitation Institute of Chicago project.
- Whalen, C. K. (1989). *Attention deficit in hyperactivity disorder*. Handbook of Psychopa- thology, 2nd edition. New York: Plenum Press.
- Whang, M. C., Lim, J. S., Kim, H. J., Kim, S. Y., & Han, M. S. (2001). *Effect on physiological signals according to different arousals*. 2001 Conference on emotion and sensibility, Korean Society for Emotion and Sensibility.
- Willemsen-Swinkels, S. H., Buitelaar, J. K., Dekker, M., & vanEngeland, H. (1998). Subtyping stereotypic behavior in children: The association between stereotypic behavior, mood and heart rate. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, *28*(6), 547-557.
- Yong, J. H., & Lee, J. Y. (2006). The effects of mutisensory environments (snoezelen) on the autonomic nervous system. *The Journal of Korean Society of Occupational Therapy*, *14*(3), 17-25.
- Zametkin, A. J., Rapoport, J. L., (1987). Neurobiology of attention deficit disorder with hyperactivity. *Journal of the American Academy Child and Adolescent Psychiatry*, *26*(6), 676-686.

Abstract

Correlation Between Sensory Modulation and Arousal : A Literature Review

Hong, Eunyoung, Ph.D., O.T.

Dept. of occupational therapy, Shinsung University

Objective : The aim of this study was to provide mechanism information of a link between arousal and sensory modulation to increase understanding of neurophysiological study.

Subject : Optimal arousal state of a child is an important issue in sensory integration therapy. Limbic system and reticular formation are related to sensory modulation by sensory input. Sensory inputs processes from reticular formation to cortex via ascending reticular activation system for moderate arousal. A lot of neurotransmitters such as cholinergic neurons and monoamin neurons help this processes. Mechanism of arousal was measured by functions of central nervous system (CNS) and autonomic nervous system (ANS) using objective tools such as an electroencephalogram (EEG) and electrodermal responses. Functions of CNS and ANS showed differences between normal children and children with disabilities. Optimal sensory input using sensory integration therapy for children with disabilities helps to act reticular formation, limbic system, and cortex and to maintain appropriate arousal.

Conclusion : Such quantitative studies by using neurophysiological methods provide evidence for sensory integration therapy.

Key words : arousal, ascending reticular activation system, sensory, sensory modulation