

Neurological Nunction and Educational Implications of Oxytocin

Ka-Young Seol*
Suju Middle School

<ABSTRACT>

This study examines the neurological functions of oxytocin and aims to reveal educational implications based on the neurological functions of oxytocin. People feel as satisfied and delighted with social rewards as they do with material rewards. Therefore, various social behaviors are carried out. Especially, adolescence is greatly influenced by social exchange in peer group. If they are not selected or recognized by peer groups, they experience emotional problems such as anxiety, depression, and isolation. In the field of neurophysiology, 'Oxytocin' is proposed as a substance related to sociality. Therefore, in this study, we confirmed the neurobiological function of oxytocin in relation to the social brain.

Oxytocin improves empathy of people with low social cognitive abilities, recognizes emotions and increases social behavior. It also functions to reinforce social cohesion, such as reducing the sense of rejection toward others and improving the sense of trust. Oxytocin lowers the activity of amygdala, which is related to the fear of the subject and the fear response, to reduce the rejection and increase the confidence of the stranger. It strengthens motives such as pleasure and satisfaction due to social rewards in the ventral tegmental area (VTA) and the nucleus accumbens. Adolescence has widened the scope of social exchanges, and as the desire for belonging grows stronger, it causes severe suffering due to isolation. We recognize that such problems are the problem of the whole class, and we must work together to improve them. By actively engaging in social interaction and enhancing the secretion of oxytocin, it is expected that they can form a class culture that empathizes with each other and forms bonds with each other rather than against each other.

Key words : Oxytocin, Social behavior, Amygdala, Empathy, Functional MRI(fMRI), Isolation

Introduction

우리는 자신에게 어떠한 물질적 이점도 돌아오지 않으나 낯선 사람을 돕는 모습을 주변에서 종종 볼 수 있다. 남을 돕는 과정에서 일어나는 정신적, 신체적, 사회적 변화에 대해 '마더 테레사 효과'라고 하거나, 남을 돕는 활동 후에 느끼게 되는 심리적 포만감을 '헬퍼스 하이(Helper's High)'라고 표현하기도 한다. 이와 같은 사회적 측면의 만족과 즐거움이 있을 때, 두뇌 수준에서 물질적 보상과 유사한

영역에서 활성이 일어나게 된다(Izuma, Saito, & Sadato, 2008). 물질적 보상에 의한 동기만큼이나 사회적 보상에 의한 동기도 강력하다고 할 수 있다. 따라서 사람들은 사회적 측면의 만족감과 즐거움을 느끼고자 하며, 이를 위해 사회적 행동을 수행한다.

아동기에는 부모와의 교류가 사회적 활동의 대부분이나 청소년기에는 가족들과의 관계보다 넓은 범위의 사회적 교류를 형성하게 된다(Blakemore, 2008). 특히 학급 친구들과 같은 또래 집단에서 사회적 행동은 청소년들에게 크게 영향을 미친다(J

* Corresponding author : Ka-Young Seol, bseseol@gmail.com

Received Sep 19 2017; Reviewed Sep 29 2017 Accepted Jan 22, 2018; Published Mar 30, 2018

© 2018. Institute of Brain based Education, Korea National University of Education

Park. & Kim, 2011). 이러한 또래 집단 내에서 친구들로부터 선택받지 못하거나 소속된 집단에서 인정받지 못하는 경우 불안, 우울, 고립과 같은 정서적인 문제를 겪게 된다(Moreno, 1943; Vincenzi & Grabosky, et al., 1989). 우리는 주변의 친구들을 돌아보고 돕기보다는 개인의 이익을 우선시 하며 학급의 친구들에게 배타적인 모습을 보이는 경우를 볼 수 있다. 학교생활에 잘 적응하지 못하는 경우 수업시간에 집중하는데 어려움을 겪고, 학업 성적 저하로 인해 좌절감을 느끼게 된다. 누적된 좌절감과 고립, 배척 등의 경험으로 폭력과 같은 반사회적 행동을 일으키거나 사회적 고립, 우울과 같은 정서적 문제를 겪기도 한다(Warburton, Williams, & Cairns, 2006, Twenge, Baumeister, Tice, & Stucke, 2001). 정서적인 문제 겪고 있는 학생들을 간과하여 따돌림과 같은 학교폭력의 문제가 발생하기도 한다.

전통적 사회에서 정서적인 부분과 사회성에 대한 교육은 가정교육의 영역으로 간주되어왔다. 사회와 가정의 구성원이 변화함에 따라 학교에서의 사회성 교육의 필요성이 더욱 증대되고 있으며, 사회의 일원인 민주시민의 소양을 함양하는 것은 학교의 고유한 역할 중 하나이다(Kim., & Hong., 2015). 학생들의 사회성을 성장시키는 데에는 학생과 학생, 학생과 교사 사이의 관계와 같은 학교 풍토가 큰 영향을 미치므로 학교 수준에서 사회성 교육에 대한 인식이 필요하다(Moon., Park. & Lee. , 2012). 학생들이 서로 이해하고 배려하며, 다른 사람에게 공감하고 협력하는 마음을 기르는 사회성 교육이 이루어져야한다. 이를 위해서는 사회성에 관련된 여러 요인에 대한 탐색이 필요하며, 뇌과학적 접근을 통해 좀 더 과학적이고, 구체적인 방안을 제시할 수 있을 것이다.

많은 신경생리학 및 인지심리학 연구에서 낯선 사람에게 느끼게 되는 불안과 걱정을 줄여 어려움에 처해 있는 사람에게 쉽게 다가가도록 하는 물질로 ‘옥시토신’을 제시하고 있다. 옥시토신은 출산 시 분만을 유도하고 출산 이후 젖 분비를 촉진하여 아기의 성장을 돕는 물질로 알려져 있다. 이와 같은 생리적 기능과 함께 도파민의 분비를 촉진하여 만족과 뿌듯함을 느끼게 하고, 중격부에 작용하여 두

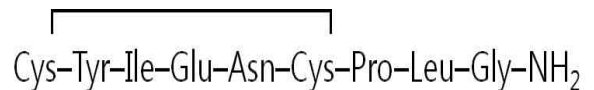
려움과 불안을 감소시키는 옥시토신의 작용이 밝혀져 있다(LeDoux, 2003, Amunts, et al., 2005). 이에 따라 옥시토신을 ‘사랑의 호르몬’, ‘신뢰의 호르몬’, ‘공감의 호르몬’이라 일컫고는 한다.

본 연구에서는 낯선 사람에 대한 불안과 걱정을 줄여 남을 돕는 행위가 가능하게 하는 옥시토신의 작용 기작에 대해 fMRI를 기반으로한 뇌 과학 연구를 통해 확인하고자 한다. 또한 특정 사회적 상황에서 옥시토신 유무에 따른 두뇌 활성 차이를 분석한 연구를 고찰하고자 한다. 이를 통해 옥시토신의 두뇌 활성 기작을 파악하고, 교육 현장에서의 지도 방법에 대한 시사점을 제시할 수 있을 것으로 기대된다.

Theoretical Background

1906년 영국의 헨리 데일에 의해 옥시토신이 발견되었다. 옥시토신은 뇌의 시상하부에서 합성되어 뇌하수체를 통해 혈류로 방출된다. 출산 과정에서 옥시토신의 농도 증가는 진통을 증가시키고, 자궁을 수축시키는 역할을 한다. 헨리 데일은 출산을 촉진하는 물질이라는 의미로 이 물질을 “빨리 출산하다”라는 의미의 그리스어 옥시스(oxys)와 토코스(tokos)에서 “옥시토신(Oxytocin)”이라고 명명하였다(Dale, 1906).

듀 비뇨와 동료들은 1953년 옥시토신의 구조를 규명하고, 유기합성으로 옥시토신을 만들어 내었다(Du Vigneaud V et al., 1953). 옥시토신은 9개의 아미노산으로 이루어진 펩티드 호르몬이며, 두 개의 시스테인 사이의 이황화결합으로 [Figure 1]과 같은 구조를 가진다.



[Figure 1] Molecular structures of oxytocin
(Du Vigneaud V et al., 1953).

옥시토신은 시상하부의 뇌실방핵(paraventricular nucleus)과 식각상핵(supraoptic nucleus)에서 생성되어 축삭을 따라 뇌하수체 후엽으로 운반된다. 이후 뇌하수

체 후엽에 저장되어 있던 옥시토신은 다른 뇌 영역으로 직접 투여되거나 혈류를 통해 방출되어 표적 기관에서 작용하게 된다(Meyer-Lindenberg, Domes, Kirsch, & Heinrichs, 2011). 온 몸으로 이동한 옥시토신은 인체의 다양한 기관에서 작용을 한다. 분만 중에 자궁 평활근의 수축을 촉진하고, 유선에 작용하여 젖 분비를 자극한다. 뇌에서는 신경전달물질로 작용하여 정서적 행동 및 사회적 행동과 관련된 기능을 수행하며 모성 행동을 유도하여 육아 활동이 원활하게 하는 기능을 하기도 한다(Kosfeld, et al., 2005, Fineberg, & Ross, 2017).

본 연구에서는 신경과학적 측면에서 접근하여 정서적, 사회적 행동과 관련한 옥시토신의 기능에 대해 중점적으로 논의하고자 한다.

Materials and Methods

본 연구에서 옥시토신의 신경과학적 기능과 두뇌에서 작용 기작에 대해 알아보기 위해 분석한 주요 문헌은 아래 <Table 1>에 제시되어 있다.

<Table 1> Literatures to review on neuroscience function of Oxytocin

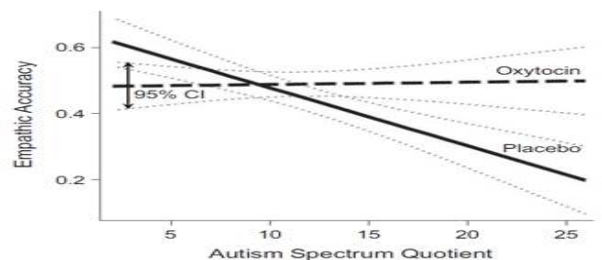
Author(Year)	Title
Jennifer A. Bartz et al. (2010)	Oxytocin Selectively Improves Empathic Accuracy
Nina Marsha et al. (2017)	Oxytocin-enforced norm compliance reduces xenophobic outgroup rejection
Michael Kosfeld et al. (2005)	Oxytocin increases trust in humans
Adam J. Guastella et al. (2008)	Oxytocin Increases Gaze to the Eye Region of Human Faces
Peter Kirsch et al. (2005)	Oxytocin Modulates Neural Circuitry for Social Cognition and Fear in Humans
Sarah E. Groppe et al. (2013)	Oxytocin Influences Processing of Socially Relevant Cues in the Ventral Tegmental Area of the Human Brain

본 연구에서 옥시토신의 신경과학적 기능을 확인하기 위해 옥시토신을 투여하고 사회적 과제를 수행했을 때의 변화와 관련된 신경과학 문헌을 분석하였다. 또한, 옥시토신의 두뇌 수준에서의 작용 기작과 그 영향에 대해 확인하기 위해 옥시토신을 투여하고 사회적 과제를 수행하는 상황에서 fMRI 연구 방법을 활용한 문헌을 고찰하였다.

Results and Discussions

Neurological function of oxytocin

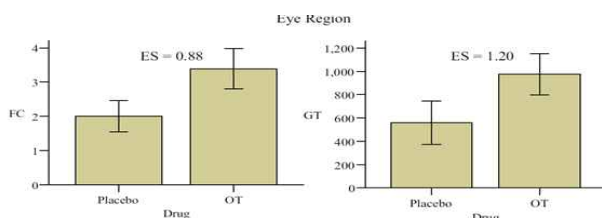
옥시토신과 사회성의 관계를 확인하기 위해 Bartz 등(2010)은 평균 나이 26.8세의 성인 남성 27명을 대상으로 옥시토신을 투여했을 때와 투여하지 않았을 때, 비디오 영상에서 제시되는 타인의 생각이나 감정을 읽는 공감능력 과제를 수행하는 연구를 진행하였다. 사회성 정도에 따른 옥시토신의 영향을 확인하기 위해 각 피험자에게 자폐증 판별도구인 사회성 검사(AQ, Autism Spectrum Quotient; Baron-Cohen, 2001)를 실시하였다. AQ 점수가 25점 이상일 경우 자폐증으로 판별되며 점수가 낮을수록 사회성이 높다. AQ 점수에 따른 옥시토신에 의한 공감능력의 차이를 분석한 결과 [Figure 2]와 같이 AQ 점수가 5점 이하인 사회성이 높은 집단에서는 옥시토신 투여 여부와 관계없이 공감능력 과제를 수행하였다. 반면에 AQ점수가 20점 이상인 사회성이 낮은 집단에서는 옥시토신을 투여했을 때, 공감능력 과제 수행이 증가하였다. 이에 대해 연구자는 옥시토신이 사회성이 낮은 사람들에 있어서 사회적 인지능력인 공감 능력을 향상시킨다고 설명하였다.



[Figure 2] Predicted empathic accuracy as a function of Autism Spectrum Quotient (AQ) raw score for the oxytocin condition (dashed line) and placebo condition (solid line)(Bartz, et al., 2010).

옥시토신이 낯선 사람들에 대한 경계심을 낮추고 사회적 관계 향상에 관여한다는 다양한 연구가 보고되었다. Marsha 등(2017)은 사람들이 도움을 요청하는 영상을 보고, 얼마를 기부할 것인가에 대해 결정하는 실험을 수행하였다. 피험자들이 낯설게 느끼는 난민들이 도움을 요청하는 영상을 시청하는 상황에서 옥시토신을 투여했을 때, 기부금이 평균 2.62유로에서 4.41유로로 68% 증가하였다. 이를 통해 연구자는 옥시토신을 투여했을 때, 낯선 사람에 대한 거부감이 줄고, 도움을 주고자하는 마음이 커져 그 결과 기부금이 증가했다고 설명하고 있다. Kosfeld 등(2005)은 낯선 사람에게 자신의 돈을 투자하고, 수탁자는 투자금의 3배의 금액을 받아 그 일부를 투자자에게 돌려준다는 상황을 구성하여 실험하였다. 이때, 투자자 역할을 하는 피험자에 옥시토신을 투여했을 때, 더 많은 금액을 투자하는 경향이 나타났다. 옥시토신이 낯선 사람에 대한 불안감과 배신에 대한 두려움을 감소시키고 신뢰감을 높이는 효과가 있음을 확인 할 수 있었다. 옥시토신은 타인에 대한 거부감을 감소시키고 신뢰감을 향상시켜 사회적 협력을 강화한다.

Guastella 등(2008)은 옥시토신의 기능에 대해 시선 추적 연구 방법을 활용하여 제시하였다. 옥시토신을 투여한 후 얼굴 사진을 보았을 때, 눈, 코·입, 볼·이마 영역에 대한 시선고정 횟수(Fixation Count)와 시선 지속 시간(Gaze Duration)을 측정하였다. 옥시토신을 투여했을 때, 위약을 투여했을 때보다 얼굴의 눈 영역에 대한 시선이 증가하였다[Figure 3]. 눈에 대한 시선은 타인의 의도를 파악하고, 사회적 상황을 해석하려는 노력으로 볼 수 있다. 따라서 옥시토신이 사람의 감정을 인식하고, 대인관계와 사회적 접근 행동을 향상시키는 것을 실험적으로 확인 할 수 있었다.



[Figure 3] Mean gaze duration and fixations to each eye region. FC Fixation Count; GT Gaze Time; OT Oxytocin(Guastella, Mitchell, &Dadds, 2008).

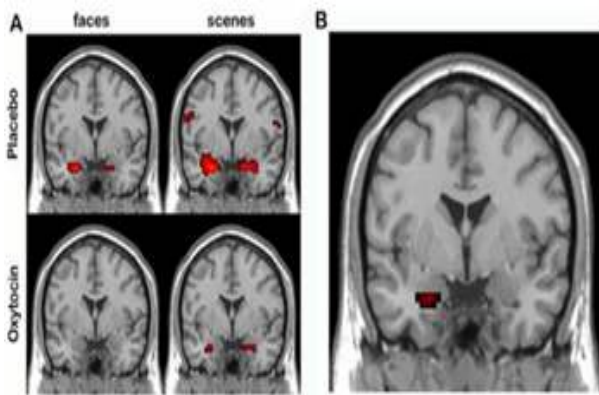
이상의 문헌에서 옥시토신의 투여가 공감 능력을 향상시키며, 감정을 인식하고 사회적 행동을 증가시키는 것을 확인 할 수 있었다. 또한 타인에 대한 거부감을 줄이고, 신뢰감을 향상시키는 등 사회적 협력을 강화시키는 기능이 있음을 도출 할 수 있다.

옥시토신은 사회적 인지 능력이 낮은 사람들에게 공감 능력을 향상시키며 사회적인 신호를 알아차리는 능력을 높인다. 또한 옥시토신은 사회적으로 불균등한 보상에 대해 부러움이나 우울감을 느끼게 하는 데에도 관여하여 사회적 행동을 강화한다는 연구가 있다(Shamay-Tsoory, et al., 2009).

The pathway of oxytocin in the brain

옥시토신이 두뇌에서 정서적 행동 및 사회적 행동과 관련된 기능을 수행함을 신경과학적 연구를 통해 확인 할 수 있었다(Herpertz, & Bertsch, 2016). 옥시토신의 작용에 대한 두뇌에서의 경로를 살펴보면 뇌의 보상회로인 중격핵(nucleus accumbens)에서 세로토닌 계통의 신경전달물질과 상호작용하는 시스템과 변연계 회로(Limbic circuits)에서 편도체(amygdala)의 작용에 관여하는 경로가 연구를 통해 밝혀져 있다(Fineberg, & Ross, 2017).

두뇌에서의 옥시토신과 관련된 연구를 좀 더 살펴보면 Kirsch 등(2005)은 18세에서 40세 사이(평균 나이 26.7세)의 남성 13명을 대상으로 두려움을 나타내는 얼굴 사진과 총으로 쏘는 듯한 위협적인 영상을 봤을 때의 두뇌 활성을 기능적 자기공명영상(fMRI)으로 측정하였다. 그 결과 옥시토신을 투여했을 때, 위약을 투여한 상황에 비해 편도체(amygdala)의 활성이 낮은 것을 확인 할 수 있었다[Figure 4]. 편도체는 공포 감정과 관련된 부분으로 옥시토신의 농도가 높을 때, 억제성 신경전달 물질인 GABA(gamma-Aminobutyric acid)의 작용으로 뇌간으로의 신호 전달이 감소하여 공포행동이 감소한다(Fineberg, & Ross, 2017). 연구자는 편도체 활성의 감소는 낯선 사람에 대한 두려움과 공포 감정이 감소했음을 나타내며, 안정감과 유대감 같은 사회적 인지의 향상으로 설명하였다.



[Figure 4] Oxytocin effects on amygdala activation. *A*, Rendering on normal coronal MRI at the level of the anterior commissure. *B*, Significantly higher activation under placebo than oxytocin(Kirsch, et al., 2005).

Groppe등(2013)은 평균 나이 26.64세의 28명의 여성을 대상으로 옥시토신 투여 집단과 위약 투여 집단에서 웃는 얼굴과 같은 사회적 보상이 주어졌을 때의 두뇌 활성을 기능적 자기공명 영상(fMRI)을 활용하여 측정하였다. 화면을 보고 목적으로 하는 장면이 나왔을 때, 클릭에 대한 지연 시간에 따라 행복한 표정의 사회적 보상과 화난 표정의 부정적인 얼굴의 처벌이 주어졌다. 실험 결과 옥시토신을 투여한 집단에서 사회적 보상 신호가 있을 때, 복측 피개부(VTA, ventral tegmental area)의 활성이 증가하였고, 복측 피개부에서 중격핵(nucleus accumbens)으로 도파민 작용의 조절을 확인할 수 있었다. 중격핵에 도파민이 작용하여 뿌듯함이나 만족과 같은 보상을 느끼게 되고 이로 인해 동기가 유발된다(Ikemoto, & Panksepp, 1999). 이를 바탕으로 연구자는 사회적 보상이 뿌듯함과 만족 같은 동기부여에 중요한 역할을 하며, 옥시토신이 복측 피개부와 중격핵에서 이와 같은 역할을 촉진한다고 설명하였다.

이상의 문헌에서 옥시토신의 투여가 편도체의 활성을 낮추고, 사회적 보상이 있을 때 복측 피개부(VTA)의 활성을 증가시킨다는 것을 알 수 있다. 복측 피개부는 복측 선조와 함께 뇌-보상회로(brain-reward circuit)를 이루며, 보상 반응을 조절한다. 옥시토신은 복측 선조에서 도파민 분비를 촉진시켜 보상에 대한 동기를 강화시킨다(Febo, Numan, & Ferris, 2005). 복측 선조 주변의 중격부(septal

region)는 불안과 걱정을 감소시켜 타인을 돕는 행동을 촉진한다(Leng, Meddle, & Douglas, 2008).

편도체(amygdala)는 변연계 회로(Limbic circuits)의 일부로 감정적 반응에 관여한다(Amunts, et al., 2005). 두려움을 조절하는 상황에서 기능적 자기공명 영상(fMRI)으로 측정했을 때, 편도체의 활성이 증가하였다(LeDoux, 2003). 또한, 사회적 공포증과 같은 불안 장애를 가진 사람들에서는 편도체의 부피가 크고, 활성화 되어 있는 것을 볼 수 있다(Sheline, et al., 2001).

옥시토신은 대상에 대한 두려움과 공포 반응에 관련 있는 편도체의 활성을 낮춰 낯선 상대에게 거부감을 줄이고 신뢰감을 높인다. 또한 복측 피개부와 중격핵에서 사회적 행동으로 얻는 보상을 높여 어려움에 처한 사람에게 좀 더 쉽게 다가가게 하는 동기를 유발하게 된다(Weisman, & Feldman, 2013). 이로 인해 낯선 사람에 대한 걱정과 두려움을 낮추고, 상대에게 다가가게 한다.

Conclusions

본 연구의 목적은 옥시토신의 신경과학적 기능 및 두뇌 수준에서의 작용 기작에 대해 옥시토신을 투여 하고 사회적 과제를 수행하거나 이를 fMRI 연구 방법을 활용한 신경과학 연구를 바탕으로 알아보는 것이었다. 이에 따라 다음과 같은 결론을 내릴 수 있다.

첫째, 옥시토신이 사회성이 낮은 사람들에게 있어서 공감 능력을 높이며, 사람의 감정을 인식하고 상황을 해석하는 사회적 접근 행동을 향상시킨다. 이와 함께 낯선 사람에 대한 불안감과 거부감을 줄여 도움을 주고자하는 마음을 가지게 한다. 타인에 대한 공감과 신뢰는 사회적 협력에 있어서 매우 중요한 요소로 옥시토신이 사회적 인지 능력과 매우 관련이 높음을 확인할 수 있었다.

둘째, 두뇌에서 옥시토신이 작용하는 영역은 변연계 회로(Limbic circuits)에서 편도체(amygdala)와 뇌-보상회로(brain-reward circuit)의 복측 피개부(VTA, ventral tegmental area)와 중격핵(nucleus accumbens)이 있다. 옥시토신의 농도가 높을 때, 편

도체의 활성이 낮아져 낯선 사람에 대한 두려움과 공포 감정이 감소하고, 안정감과 유대감과 같은 사회적 인지 능력이 향상되었다. 사회적 보상에 대해서 옥시토신의 농도가 높을 때, 보상에 의한 감정을 조절하는 복측피개부의 활성이 증가하고, 중격핵에 도파민이 작용하여 뿌듯함과 만족감을 느껴 사회적 보상에 대한 동기를 강화한다. 옥시토신에 의해 낯선 사람에 대한 불안감과 거부감이 줄어들고, 사회적 보상에 대한 만족감이 높아짐을 두뇌 수준에서 확인할 수 있다.

본 연구를 통해 규명한 옥시토신의 신경과학적 기능과 두뇌 수준에서 작용 기작에 대한 결론은 교육학적 관점에서 다음과 같은 의미를 가진다.

청소년기는 사회적 교류의 범위가 넓어지며 소속의 욕구가 강해진다. 이에 따라 본인이 속한 학급이나 또래 집단에서 소속감을 느끼고, 사회적 행동을 수행하게 된다. 집단의 구성원에게 공감 능력이나 감정의 인식과 같은 사회적 행동이 부족할 경우 문제가 될 수 있다. 또한 구성원들이 서로에 대해 거부감을 가지고 있거나 신뢰가 낮을 때에도 협력적인 학급 문화가 만들어지기 어렵다.

학급에서 발생하는 여러 문제의 해결 방안의 하나로 옥시토신을 제시 할 수 있다. 사회적 행동에 관여하는 옥시토신의 신경과학적 기능을 알고 옥시토신이 풍부한 학급 문화가 형성되게 한다면 학급의 문화를 개선하는데 도움이 될 것이다. 옥시토신의 분비는 사회적 상호작용이 활발할 때, 증가한다(Uvnaes-Moberg, 1998). 사회적 상호작용이 활발하게 일어날 수 있도록 서로 인정하고 공감하는 학급 분위기를 만들어야 한다. 평소 웃는 얼굴로 인사하는 등 자연스럽게 사회적 상호작용이 일어나게 하고, 상대에 대해 인정받는 경험을 할 수 있도록 서로 자신에 대해 이야기하고 이를 경청하는 훈련을 할 수도 있다. 포옹과 같은 신체 접촉도 옥시토신의 분비를 증가시킨다(Light, Grewen, &Amico, 2005). 학급 내에서는 악수를 하거나 하이파이브 등을 통해 거부감이 들지 않을 정도의 신체적인 접촉을 할 수 있을 것이다. 이와 같은 활동으로 옥시토신이 풍부한 협력적인 학교 문화가 형성된다면 고립, 불안 등으로 인한 학교부적응을 줄일 수 있을 것이며, 청

소년기의 사회적 행동의 향상에 있어서도 교육적 효과가 기대된다.

References

- Amunts, K., et al.(2005). Cytoarchitectonic mapping of the human amygdala, hippocampal region and entorhinal cortex: intersubject variability and probability maps, *Anatomy and Embryology*, 210(5-6), 343-352.
- Bartz, J. A., et al.(2010). Oxytocin Selectively Improves Empathic Accuracy, *Psychological science*, 21(10), 1426-1428.
- Blakemore, S. J.(2008). The social brain in adolescence, *Nature Reviews Neuroscience*, 9(4), 267-277.
- Chan-Soo Moon., Jeong-Ha Park. & Hye-Na Lee. (2012). A Study on Student's and School's Characteristics Influencing on Middle School Students' Sociality Development, *The Educational Research for Tomorrow*, 25(2), 1-21.
- Dale HH.(1906). On some physiological actions of ergot. *J Physiol*, 34(3), 163 - 206.
- Du Vigneaud V., Ressler C., Trippett S.(1953) The sequence of amino acids in oxytocin, with a proposal for the structure of oxytocin. *J Biol Chem*, 205(2), 949-57.
- Febo, M., Numan, M., & Ferris, C. F.(2005). Functional Magnetic Resonance Imaging Shows Oxytocin Activates Brain Regions Associated with Mother-Pup Bonding during Suckling, *The Journal of neuroscience*, 25(50), 11637-11644.
- Fineberg, S. K., & Ross, D. A.(2017). Oxytocin and the Social Brain, *Biological psychiatry*, 81(3), 19-21.
- Groppe, S. E., et al.(2013). Oxytocin Influences Processing of Socially Relevant Cues in the Ventral Tegmental Area of the Human Brain, *Biological psychiatry*, 74(3), 172-179.
- Guastella, A. J., Mitchell, P. B., & Dadds, M. R.(2008). Oxytocin Increases Gaze to the Eye Region of Human Faces, *Biological psychiatry*, 63(1), 3-5.
- Herpertz, S. C., & Bertsch, K.(2016). Oxytocin Effects

- on Brain Functioning in Humans, *Biological psychiatry*, 79(8), 631-632.
- Ikemoto, S., & Panksepp, J. (1999). The role of nucleus accumbens dopamine in motivated behavior: a unifying interpretation with special reference to reward-seeking, *Brain Research Reviews*, 31(1), 6-41.
- Izuma, K., Saito, D. N., & Sadato, N. (2008). Processing of Social and Monetary Rewards in the Human Striatum, *Neuron*, 58(2), 284-294.
- Jae-Hong Park. & Seong-Hwan Kim. (2011). Development of the Adolescent Brain and Behavioral and Cognitive Characteristics, *Journal of the Korean Society of Biological Therapies in Psychiatry*, 17(1), 11-20.
- Kirsch, P., et al. (2005). Oxytocin Modulates Neural Circuitry for Social Cognition and Fear in Humans, *The Journal of neuroscience*, 25(49), 11489-11493.
- Kosfeld, M., et al. (2005). Oxytocin increases trust in humans, *Nature*, 435(7042), 673-676.
- LeDoux, J. (2003). The Emotional Brain, Fear, and the Amygdala, *Cellular and molecular neurobiology*, 23(4-5), 727-738.
- Leng, G., Meddle, S. L., & Douglas, A. J. (2008). Oxytocin and the maternal brain, *CURRENT OPINION IN PHARMACOLOGY*, 8(6), 731-734.
- Light, K. C., Grewen, K. M., & Amico, J. A. (2005). More frequent partner hugs and higher oxytocin levels are linked to lower blood pressure and heart rate in premenopausal women, *Biological psychology*, 69(1), 5-21.
- Marsh, N. L. (2017). Oxytocin-enforced norm compliance reduces xenophobic outgroup rejection, *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 114(35), 9314.
- Meyer-Lindenberg, A., Domes, G., Kirsch, P., & Heinrichs, M. (2011). Oxytocin and vasopressin in the human brain: social neuropeptides for translational medicine, *Nature Reviews Neuroscience*, 12(9), 524-538.
- Mi-Jin Kim. & Hoo-Jo Hong. (2015). Educational necessity and implications of social-emotional learning, *Journal of Learner-Centered Curriculum and Instruction*, 15(5), 95-117.
- Moreno J. L. (1943) Sociometry and cultural order. *Sociometry*, 6(3), 299-344.
- Shamay-Tsoory, S., et al. (2009). Intranasal Administration of Oxytocin Increases Envy and Schadenfreude (Gloating), *Biological psychiatry*, 66(9), 864-870.
- Sheline, Y. I., et al. (2001). Increased amygdala response to masked emotional faces in depressed subjects resolves with antidepressant treatment: an fMRI study, *Biological psychiatry*, 50(9), 651-658.
- Twenge, J. M., Baumeister, R. F., Tice, D. M., & Stucke, T. S. (2001). If You Can't Join Them, Beat Them: Effects of Social Exclusion on Aggressive Behavior, *Journal of personality and social psychology*, 81(6), 1058-1069.
- Uvn  s-Moberg, K. (1998). Oxytocin may Mediate the Benefits of Positive Social Interaction and Emotions, *Psychoneuroendocrinology*, 23(8), 819-836.
- Vincenzi, Harry; Grabosky, Fran. (1987) Measuring the Emotional/Social Aspects of Loneliness and Isolation. *Journal of Social Behavior and Personality*, 2(2), 257-271.
- Warburton, W. A., Williams, K. D., & Cairns, D. R. (2006). When ostracism leads to aggression: The moderating effects of control deprivation, *Journal of experimental social psychology*, 42(2), 213-220.
- Weisman, O., & Feldman, R. (2013). Oxytocin Effects on the Human Brain: Findings, Questions, and Future Directions, *Biological psychiatry*, 74(3), 158-159.

『Brain, Digital, & Learning』 Author Guideline

Revised in April 30, 2015
Revised in January 01, 2017
Revised in January 01, 2018

Chapter 1. Regulations of Publication

Article 1. Aim

The aims of the Brain, Digital, & Learning are to promote the research and to exchange updated research results timely among science education communities and interest groups by presenting the results of brain & digital education researchers. Also, the journal is to provide an administrative support for educational scholars & educators in the fields of the brain-based education, AI-based learning, digital-based education, VR-based learning, cognition, and instruction & learning

Article 2. Number and timing of publication

1. The journal is published four times a year. [03. 31., 06. 30., 09. 30., 12. 31.]
2. Research articles submissions is always possible throughout the year, and the journal is published on March 31, June 30, September 30, and December 31 of each year.

Article 3. Editorial committee regulation

1. The editorial committee should be composed around 20 members including the Editor-in-chief and editors.
2. The editor-in-chief of the editorial committee is the director of institute or person appointed by the director of institute.
3. The editors are appointed by the editor-in-chief of this journal.
4. The editorial committee is appointed by the editor-in-chief with editors' recommendation, and a person who is faithful to research activities in the academic areas of the institute.
5. The term of the editorial committee member including the editor-in-chief is two years, but may be serve consecutive terms.
6. We can have an editorial assistant and a research assistant can also be an editorial assistant.
7. The editorial committee will deliberate all work related to the publication of the journal such as the number of publications, publication dates, manuscript receipt, and editing of the journal 『Brain, Digital, & Learning』 .

Chapter 2. Contribution regulation

Article 1. Type of Manuscripts

1. There are several different types of journal manuscripts, including research articles in the fields of the brain-based education, AI-based learning, digital-based education, VR-based learning, instruction, cognition and learning.
2. Research articles include quantitative and qualitative research studies, experimental research studies, reviews of research, short reports and contents development concerned with the brain, digital, and learning fields.
3. The articles should provide evidentiary data that can objectify the researcher's claims.
4. Manuscripts should be ordered into sections as follows:

- 1) Title, Name of Authors and Affiliations
- 2) Abstract and keywords
- 3) Introduction
- 4) Research Methods
- 5) Results and Discussion
- 6) Conclusions and Implications
- 7) References

Article 2. Contribution regulation

1. Manuscripts should be unpublished and the author must not submit a manuscript being under reviewed in any other place.
2. Manuscripts should be written either in Korean or in English and submitted to the editor-in-chief via e-mail (braindigitallearning@gmail.com).
3. An author should publish two or fewer articles per issue to this journal (including collaborative article).
4. Manuscripts should be submit according to the writing rules provided by the 『Brain, Digital, & learning』 .
5. At the time of submitting the manuscripts, the author must submit a written pledge (appendix 1) that the submitted manuscripts do not violate the research ethics and the consent form (appendix 2) to the original text service of the article. In the manuscripts, the text begins with the exception of personal information.
6. Author
 - 1) The author writes the first author first, if there are two or more authors, they should be listed in order of their contribution in the research and manuscript writing. If authors' affiliations are different, they are listed in order of author. Authors who have a different affiliation with the first author should use the superscript '*', '**' ... and the name of the author and affiliated organization shall be indicated equally.
 - 2) The corresponding author is the author who is responsible for the whole process from the receipt of a paper to the publication of the paper. The judgement decision sent to the corresponding author. If the corresponding author is not revealed, the editorial committee recognizes the first author as a corresponding author.
 - 3) The corresponding author is marked with an asterisk (*) after the author's name. At the bottom of the first page of the manuscript, the corresponding author is shown as name and email address.
7. The manuscript should be submitted through the journal online submission system or via e-mail.
8. The submitted manuscript is not returned.
9. Submitted manuscripts will be reviewed according to the standards and procedures of the 『Brain, Digital, & Learning』 editorial committee.

Article 3. Publication charge regulation

1. Each manuscript decided to be published in the journal must pay \$250 for the publication fee. If the number of total pages exceeds 30 pages, authors are requested to pay \$20 for each additional page.
2. If quality of tables, figures, photos, etc. are poor and editing and reproducing are necessary, then, authors are requested to pay for it. (ex. \$10 per figure)
3. If you print more than 3 degrees, the authors have to pay an additional printing fee.
4. Guest editorials, book reviews, and invited articles are exempt from publication fees.

Article 4. Copyright or License of the publication rights

The copyrights or license of the publication rights of all articles including abstracts published in this journal belong to the Institute of Brain based Education, Korean National University of Education. This enables us to ensure full

copyright protection and to disseminate the article to the widest possible readership in print and electronic format as appropriate. The author of the manuscript accepted for publication in this journal should submit the copyright transfer consent form.

Article 5. Others

In case or other issue, the editorial committee will consider and deal with them.

Chapter 3. Manuscript regulation

Article 1. Manuscript writing method

1. The manuscript should be written in more than MS Word or Hancom Office processor program.
2. Manuscript should be written either in Korean or in English but in case of using Korean, put the original word in () only if there is a possibility of confusion in meaning.
3. The foreigner's name is written in English.
4. A abstract of the manuscripts no exceed 300 words should be presented in English after the title of the manuscripts and keywords should be provided no exceed 10 words immediately following the abstract.
5. Authors submit around 30 paged(A4) of manuscript.

Article 2. Citation

1. Papers with one author : Lawson (2000), Overwalle (2011)
2. Papers with two authors : Kwon & Lawson (2000), Noh & Jung (2016)
3. Papers with three author : Eisenberger, Lieberman & Williams (2003), Han, Kim & Yang (2016)
4. Papers with four or more authors : Grieve et al. (2013), Raichle et al. (2001)
5. The same author with two or more papers in one year : (Kim & Kim, 2016a, b; Lieberman et al., 2004a, b)
6. More than one reference at the same point : (Adolphs, 1999; Kim et al., 2016; Lee & Kwon, 2016; Zaki & Ochsner, 2012)

Article 3. Reference writing

1. References should be presented at the end of the manuscript in English. References must be listed alphabetically, but cited in the text.
2. Some examples of reference format
 - 1) Published papers
 - Knutson, B., & Cooper, J. C. (2005). Functional magnetic resonance imaging of reward predication. *Current Opinion Neurobiology*, 18(4), 411–417.
 - Kwon, Y. J., Lee, J. K., Shin, D. H & Jeong, J. S (2009). Changes in brain activation induced by the training of hypotheses generation skills: An fMRI study. *Brain and Cognition*, 69, 391–397.
 - 2) Books and book chapters
 - Keller, J. M. (2009). *Motivational design for learning and performance: The ARCS model approach*. New York, NY : Springer
 - Kable, J. B., & Meece J. (194). Research on gender issues in the classroom. In D. L. Gabel (ed.), *Handbook of Research on Science Teaching and Learning* (pp.542–557). New York, NY : Macmillan Publishing Co.
 - 3) Thesis
 - Kwon, S. H. (2017). *Development of a biomimicry focused convergence learning model based on the brain*

network. Doctoral dissertation, Korea National University of Education, Chungbuk, The Republic of Korea.

4) Internet sources

- Greenemeier, L. (2015, December 8). Virtual reality for all, finally [video]. Scientific American. Retrieved from <https://www.scientificamerican.com/article/virtual-reality-for-all-finally-video/>

Article 4. Tables and Figures

1. Tables and figures must be numbered and used parentheses such as <>, []. The title of the table is shown at the top left, and the title of the figure is shown at the bottom. (ex. <Table 1> [Figure 1])
2. Tables and figures must be completed and submitted by the author so that they can be printed as they are.
3. All tables should be written as follows, the top / bottom line of the table is a thick line, the left and right sides of each cell should be without lines. But, horizontal and vertical lines can be changed in some cases.

(unit : person)

	distribution	collection	analysis
elementary school	400	320	315
middle school	150	90	86
total	550	410	401

Article 5. Others

For others except the above, manuscripts should be follow the style of the 6th edition of the Publication Manual of the American Psychological Association (American Psychological Association, 2009). In addition, all other issues are subject to the regulations or the editorial committee.

Article 6. Research ethics

All the manuscripts submitted and published by the journal 『Brain, Digital, & Learning』 must confirm to the code of research ethics of the 『Brain, Digital, & Learning』 .

This code of conduct came into force on June 30, 2011.