

애착 행동에 대한 신경화학적 고찰*

송 하 나

성균관대학교 아동학과

본 연구는 인간을 비롯한 포유류 동물에서 나타나는 애착 행동의 특성을 주 양육자에 대한 선호성 확립과 애착 대상과의 분리 시 보이는 스트레스 반응으로 정의하고 이와 관련된 신경화학적 변화를 고찰하였다. 애착과 관련하여 선행 연구들에서 주로 다루어진 신경화학적 물질은 카테콜라민 계열의 뇌 전달물질들과 스트레스 호르몬인 코티졸, 내인성 아편제, 뇌하수체 후엽 호르몬인 옥시토신 등이다. 그 중 뇌 아편제와 옥시토신은 애정적인 유대감의 형성과 애착 관계에서 오는 긍정적 경험의 대뇌 보상체계에 긴밀히 관여하는 것으로 보고되어 왔으며 아동이 겪는 스트레스의 지표인 카테콜라민과 코티졸 수준의 변화는 아동의 애착 안정성과 분리 스트레스 대처에 대한 개인차를 제시해 준다. 동물 연구의 결과들을 그대로 인간에 적용하기에는 한계점이 있으나 이러한 고찰은 생의 초기 경험이 어떻게 생리적 반응과 상호작용 하는지, 애착관계의 행동조절 체계가 생리화학적 조절체계에 어떻게 관련되는지, 또한 정상적 애착 발달에 어려움을 겪는 아동이 가질 수 있는 신경화학적 문제를 이해하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

주요어 : 애착 행동, 신경화학, 스트레스 호르몬, 뇌 아편제, 옥시토신

인간의 사회 정서적 행동을 신경과학적 기제로 설명하려는 움직임이 최근 각 학문 분야마다 더욱 활발해 지고 있다. 아동이 주 양육자와 형성하는 정서적 유대인 애착은 영아가 생애 최초로 접하는 인간관계를 통해 이후에 어떻게 타인과의 관계를 형성하고 어떤 사회적 행동을 보이게 되는지 설명하는 중요한 개념이다. Bowlby(1969/1982)는 그의 애착 이론에서 영아가 주 양육자(주로 어머니)와

형성하는 긴밀한 정서적 친밀감을 생물학적 기반으로 설명하고 있다.

다른 종과 비교해서 상대적으로 미숙한 상태로 태어나 서서히 발달을 이루어 가는 인간이나 몇몇 영장류의 영아가 주 양육자와 분리되었을 때 강한 불안과 스트레스 반응을 보이는 것은 생존을 극대화하기 위한 것이라고 가정한 면에서 그의 이론은 진화론적 입장을 반영하고 있다(Colin, 1996; Simpson,

교신저자 : 송하나, E-mail : jni4ever@skku.edu

1999). 그러나 진화론적 설명만으로는 음식이나, 위협에서의 보호, 애정 등의 생존 욕구가 채워진 상황에서도 왜 영아가 어떤 특정 대상에 대해서만 선호를 보이는지 설명하는데 부족한 면이 있었다. 이에 Bowlby(1969/1982)는 동물행동학의 입장에서 애착을 각 종마다 가지고 있는 종 특유의 행동으로 보고 인간은 어떤 대상에 대해 특별한 유대 관계를 형성하려는 본능을 가지고 태어난다고 제시하였다. 여기서 본능적 행동이라는 것은 전혀 학습이 필요 없이 나타나는 행동이 아니라 새의 각인(imprinting)과 같이 생의 초기에 어느 시기동안 환경과의 상호 작용을 통해 학습되어야 하는 것을 말한다(Colin, 1996; Polan & Hoffer, 1999; Simpson, 1999).

즉, 인간의 영아는 애착 대상과의 긴밀한 상호 작용을 통해 정서적 유대의 형성이라는 생물학적 본능을 충족하고 자신과 타인의 행동을 조절하는 법을 배우게 된다(Cassidy, 1999; Colin, 1996). 어머니가 보이지 않을 때 항의나 스트레스 반응을 보이는 것은 어머니를 다시 돌아오게 하려는 목적을 가진 행동이며 그 목적이 성취되면 이러한 반응은 사라지게 되는 것이다. 즉, 애착은 두 유기체 간의 상호적 조절 과정으로 볼 수 있다(Polan & Hofer, 1999). 이러한 애착 행동의 조절 체계는 신체의 항상성(homeostasis) 추구에 비유되곤 한다. 인간의 신체는 그 기능의 균형이 깨어졌을 때 원래의 상태로 돌아가려는 경향이 있으며 이와 유사하게 영아도 양육자와의 관계에서 항상성을 확립하려는 경향이 있는 것으로 설명되었다(Bowlby, 1969/1982; Cassidy, 1999).

최근의 신경과학 연구들은 애착을 선천적이고 본능적 사회행동으로 가정했던 Bowlby

의 주장을 지지하며 뇌가 애착 행동을 조절하는 여러 가지 증거를 보여주고 있다(Schore, 2000). 그 중에서도 정보의 전달과 정서 경험의 조절에 관여하는 신경화학물질에 대한 연구들은 부모-자녀 사이에 일어나는 행동적 조절이 생리적 조절과 어떻게 관련되는지 잘 설명해준다. 이 분야의 연구들은 동물을 대상으로 한 것이 주를 이루어 그 결과들을 행동체계가 훨씬 더 복잡한 인간에 그대로 적용하기에는 다소 무리가 있을 수 있다. 하지만 연구된 대부분의 포유류 동물들은 인간과 같이 다소 미숙한 상태로 태어난다는 점, 암수 두 마리가 짝을 이루어 둥지를 틀고 새끼의 양육을 담당한다는 점 등이 인간의 생활 조건과 유사하고(Insel, 1997) 특히 영장류의 경우 애착관련 행동에 유사점이 많아 동물 연구의 고찰이 인간 애착 행동의 생리적 조절작용을 이해하는데 도움이 될 것으로 생각된다.

애착 행동과 신경화학 반응 지표

인간을 포함한 몇몇 포유류에서 공통적으로 나타나는 애착 행동의 특성은 다음의 두 가지로 볼 수 있다. 첫째, 본능적으로 어미에 대한 선호를 형성하여 근접성을 통해 정서적 유대를 추구하려는 경향과 둘째, 어미와 분리되었을 때 강한 저항과 고통의 반응을 보이는 분리 불안이 그것이다(Bowlby, 1969/1982; Cassidy, 1999). 이 두 가지 특성은 동전의 양면과 같은 것으로 정서적 유대가 형성되지 않은 대상과의 분리 시 불안은 크게 나타나지 않는다.

이와 같은 맥락에 기초하여, 어미와의 분리와 재결합은 애착 연구에서 가장 흔히 사용

되는 실험 상황이다. Ainsworth가 고안한 관찰 상황인 낯선 상황(Strange Situation)은 영아가 엄마와 분리와 재결합을 두 번 반복하는데 두 번째 반복되는 분리와 낯선 사람의 등장은 분리 불안으로 인한 스트레스의 강도를 더 높이게 된다(Colin, 1996). 이와 유사하게 동물 연구에서도 가장 흔히 사용되는 실험 상황은 새끼를 어미와 분리하여 혼자 둔 후 시간이 조금 지나서 낯선 사람을 들여보내거나, 그 낯선 사람이 새끼의 눈을 응시하는 위협 상황을 설정하여 분리로 인한 스트레스의 강도를 높이는 것이다. 이때 영아가 보이는 스트레스의 생리적 반응은 스트레스 호르몬과 뇌 전달물질의 작용 측면에서 주로 연구되어 왔다.

선행 연구들을 살피기 전에 스트레스 반응의 생리화학적 지표들을 정리해 보면, 첫째, 정서적 정보를 신경세포의 가장 작은 단위인 뉴런을 통해 뇌에 전달하는 신경전달물질은 대부분 소수의 아미노산이 결합된 형태를 이루는 신경펩티드들로 각각의 특정한 수용기를 가진다(Loring, 1999; Sutherland, 1989; Thompson, 2000). 여러 신경전달 물질 중 티로신으로부터 합성되는 카테콜라민은 벤젠 고리에 두 개의 수산기가 붙어있는 구조로 되어있는데 우리에게 잘 알려진 도파민, 노르에피네프린, 에피네프린 등이 여기에 속한다. 스트레스 연구로 잘 알려진 Canon의 주장에 따르면 스트레스를 받아 균형이 깨진 우리 신체는 항상성을 유지하려는 경향이 있으며 스트레스를 감지한 시상하부의 명령 체계가 교감신경계를 거쳐 부신 수질을 활성화 시키게 된다. 이때 부신 수질에서는 카테콜라민을 합성하여 자율신경계의 조절작용에 관여하는

것이다(Ciaranello, 1988). 또한 반복되는 장기적인 스트레스 경험은 역시 시상하부를 거쳐 부신피질자극호르몬(ACTH)을 방출하는데 부신피질에서 생성되는 스테로이드성 호르몬인 코티졸은 혈당을 높여 스트레스에 대처하기 위한 에너지 생성에 관여한다(Ciaranello, 1988). 즉, 애착연구에서 부신수질과 피질에서 분비되는 신경화학물질인, 도파민, (노르)에피네프린, ACTH, 코티졸 등은 분리 불안으로 인한 스트레스의 중요한 생리적 지표가 되며 뇌척수액, 혈액, 타액의 분석으로 얻어진다

둘째, 신경펩티드의 하나인 뇌 아편제는 지난 수십 년간 애착 행동과 관련하여 활발하게 연구되어 왔다. 우선, 뇌에서 자연적으로 생성되는 몰핀이나, 엔케팔린, 베타 엔돌핀 등은 고통의 감소나 쾌락을 느끼는데 관여하는 내인성 아편제로 새끼가 어미와의 분리 시 겪은 스트레스가 재결합 상황에서 감소되고 조절되는데 주요하게 관여하는 것으로 알려져 있다(Beckman, 2004). 또한, 아편제는 어미가 새끼에게 행복과 즐거움의 대상으로 인식되는데도 중요한 역할을 한다(Polan, & Hofer, 1999).

특히, 선행 연구들은 실험 상황에서 아편제의 작용을 통제하기 위해 길항제(antagonist)의 효과를 함께 연구한 것이 주를 이룬다. 예를 들어, 몰핀의 영향을 차단하는 길항제 날록손을 투여했을 때 새끼가 어미에 대한 특별한 선호나 분리 불안 등의 애착 관련 행동을 보이지 않는 것으로 나타났다(Kalin, 2002; Shayit, Nowak, Keller, & Weller, 2003). 그러나 몰핀이나 날록손의 투여를 통한 연구를 인간에게 실시하는 데는 윤리적인 부분을 비롯한 여러 가지 문제가 있으므로 뇌 아편제 연구는 대

부분 동물을 대상으로 실시되어 왔다.

이처럼 양육자와의 분리 시 영아가 보이는 스트레스 반응과 생리화학적 조절 작용을 이해하는 것은 중요하다. 그러나 Insel(1997, 2003)은 선행 연구들이 분리 불안이나 공포 등 애착 형성의 병리적 측면에 더 초점을 맞춘 반면 애착 관계에서 경험하는 긍정적이고 애정적인 정서경험은 상대적으로 간과해왔다고 지적하고 있다. 어미에 대한 선호의 형성에 관여하는 아편제 외에 최근 여러 동물들이 보이는 사회적 친화행동과 뇌하수체 후엽에서 분비되는 옥시토신과 바소프레신의 관계에 대한 연구가 주목받고 있다. 9개의 아미노산으로 이루어진 신경펩티드인 옥시토신은 에스트로겐에 의해 조절되며 출산 시 자궁의 수축과 젖 분비 등에 관여하고 바소프레신은 혈압을 유지하고 항이뇨 작용을 한다(Insel, 1997). 주로 생식과 내분비활동에 관여하는 것으로 보이는 이 신경펩티드들은 최근 애착과 관련된 주 양육자의 모성행동이라던가 인간관계에서 선호도나 신뢰를 형성하는데 영향을 주는 것으로 알려졌다.

이상을 요약하면 본 연구는 애착대상에 대한 선호성 확립과 분리 스트레스 반응이 세 가지 신경화학물질인 스트레스 호르몬, 뇌 아편제, 뇌하수체 후엽 호르몬과 어떻게 상호작용하는지 선행 연구들의 고찰을 통해 알아보려 하였다.

애착 대상과의 분리와 스트레스 호르몬의 변화

영장류를 대상으로 한 선행 연구들(e.g., Bayart, Hayashi, Faull, Barchas, & Levine, 1990;

Erikson, Gabry, Schulkin, Gold, Lindell, Higley, Champous, & Suomi, 2005; Kalin, Shelton, Rickman, & Davidson, 1998)에서 어미와의 분리와 스트레스 호르몬의 관련성은 일관성 있게 지지되어 왔다. 대체로 어미와 분리된 새끼들에게서는 어미를 부르는 소리(Coo)가 증가했으며 분리되고 난 하루 동안 코티졸과 노르에피네프린이 급격히 증가하였다. 이 관계는 여러 가지 요인들에 의해 다양하게 영향 받는 것으로 나타나고 있는데 새끼 원숭이의 코티졸 수준은 어미를 전혀 볼 수 없도록 완전히 분리된 상황에서(Bayart et al., 1990), 9-12주 사이의 연령에서(Kalin, Shelton, & Takahashi, 1991), 반복적인 분리로 더 많이 위축되는 성향을 가진 대상에게서(Erikson, et al., 2005), 또한 미숙한 어미를 가진 경우에(Kalin, et al., 1998) 더 많이 증가하는 것으로 나타났다. 이런 결과들을 인간에 적용하면 사별이나 이혼 등으로 주 양육자를 잃어버린 경우와 어머니의 미숙하고 적절하지 못한 양육행동이 아동에게 더 큰 스트레스 원으로 작용하여 애착 안정성에 부정 영향을 줄 수 있을 것임을 시사한다. 또한 인간의 애착이 생의 어떤 예민한 시기(sensitive period)동안 성숙에 따라 서서히 이루어지는 과정임을 제시한다.

특히, 방어적 위축에 대한 결과들은 인간 영아의 기질에 대한 연구와 맥을 같이 한다. 낮선 상황과 유사한 실험 상황에서 영장류의 방어 행동을 연구해 온 Kalin과 동료들은(Kalin, 2002; Kalin et al., 1998) 어미와 분리 후 낮선 인간이 접근할 때 새끼 원숭이가 보이는 위축 행동의 강도와 생리적 변화를 측정하였다. 우리 주변에 낮선 인간이 머무르면 대부분의

새끼 원숭이들은 움직임이 적어지고 어미를 부르는 소리를 멈추거나 완전히 움직임을 멈추고 얼어붙은(freezing) 모습을 보였는데 그중 가장 강도 높게 얼어붙은 모습을 보인 새끼 원숭이들에게서 코티졸 수준이 유의하게 상승한 것을 발견하였다. 또한 Erikson 등 (Erikson et al., 2005)은 새끼 원숭이에게 장기간 어미와 반복적으로 분리와 재결합을 경험하게 하였다. 여기서 극도의 위축을 보이는 집단과 그렇지 않은 집단 모두 처음 분리 시 코티졸과 ACTH 수준이 유의하게 증가하였다. 그러나 위축이 적었던 집단은 시간이 지날수록 스트레스 호르몬 수준이 서서히 감소하였으나 움직임을 완전히 멈추는 등 극도의 위축 행동을 보인 집단은 시간이 지나도 계속 높은 수준의 코티졸을 유지하고 있는 것으로 나타났다. 이것은 기질적으로 심하게 위축된 아동의 스트레스 반응이 다른 집단보다 높았던 인간 영아의 연구(Kagan, 1988)를 지지하는 결과이며 기질이 애착 행동에 어떻게 영향을 주는지 보여준다. 또한 위축된 동물연구 결과는 Type D 유형으로 구별된 인간 영아의 연구와도 연관성을 제시한다. Hertsgaard 등(Hertsgaard, Gunnar, Erikson, & Nachmias, 1995)은 네 가지 애착유형(Type A, B, C, D)을 가진 19개월 영아의 코티졸 변화를 측정하였는데 방향성 없이 혼란한 행동을 많이 나타내는 동시에 더 우울하고 얼어붙는 일이 많았던 Type D 유형의 영아들과 다른 집단의 영아들 사이에 코티졸 수준이 유의하게 다른 것을 발견하였다. 그러나 안정애착인 Type B와 불안정애착 유형인 Type A, C 간에는 스트레스 호르몬 변화의 차이가 없었다. 앞서 제시한 Kalin 등 (Kalin et al., 1998)의 연구에

서도 코티졸의 변화는 새끼 원숭이의 얼어붙은 행동을 제외한 다른 방어 행동과는 관련이 없었다. 즉, 인간과 원숭이의 경우 모두에서 극도로 혼란하고 얼어붙은 위축 반응은 분리 스트레스에 대한 대처 능력이 없는 것을 나타내는 것으로 보인다.

그러나 아이러니 하게도 동물을 대상으로 했던 연구와는 달리 그동안 인간을 대상으로 한 몇몇의 연구들은 그 결과의 불일치로 인해 분리 스트레스의 생리반응에 대한 결론을 내리기 어려운 점이 있었다. 9개월과 13개월에 걸쳐 영아의 애착 안정성과 기질을 연구한 Gunnar와 동료들은(Gunnar, Mangelsdorf, Larson, & Hertsgaard, 1989) 애착 안정성과 코티졸 수준과의 유의한 관계를 발견하지 못했으며 생후 6개월 동안 엄마가 스트레스 반응을 보이는 영아를 달래는 것이 코티졸의 수준을 낮추는데 아무런 영향을 주지 못한다는 것이 보고되었다(Lewis & Ramsay, 1999).

이런 결과들은 몇 가지 원인에 기인하는 것으로 생각되는데 우선 영아기에는 자율 신경계 반응체계가 충분히 확립되지 않아 신경화학 반응에도 일관성이 적을 수 있다는 점이고 다른 원인으로는 피험자 영아의 연령이 좀 어렸던 점을 지적할 수 있다. 생후 몇 개월 동안 여러 대상에 대해 어떤 특별한 선호도 나타내지 않던 영아는 7,8개월이 되어야 애착대상인 주 양육자에 대해 특별한 선호도를 보인다. 이러한 선호를 형성하기 위해서는 시각, 후각, 청각 정보 등을 통해 주 양육자를 다른 대상과 구별할 수 있어야 하며 감각 영역과 관련된 대뇌피질의 성숙이 바탕이 되어야 한다(Schore, 2000). 이후 3, 4세까지 근접성 추구나, 분리 스트레스 등의 애착행동

특성이 나타나며 마지막으로 애착 대상자와 상호작용을 통해 자신과 타인의 계획이나 바램을 조절하는 목표-조절 행동이 나타나게 된다(Colin, 1996; Lipsitt, 1988; Simpson, 1999). 이런 맥락에서 살펴본다면 분리로 인한 영아의 스트레스 반응을 연구하기 위해서는 대뇌 감각 영역의 충분한 성숙과 양육자에 대한 애착이 충분히 확립된 시기의 고려가 필요하며 대부분 낯선 상황 실험을 13개월에서 2세 사이에 가장 많이 실시하는 것도 그 때문이다.

인간 영아와 어른을 대상으로 가장 최근에 수행된 두 개의 연구는 어머니의 행동이 애착에 미치는 영향을 잘 보여주고 있다. Ahnert 과 동료들(Ahnert, Gunnar, Lamb, & Barthel, 2004)은 15-20개월 동안 어린이집에 다니게 될 영아들이 어머니의 행동에 따라 분리 스트레스를 어떻게 조절하는지 연구하였다. 집에서 어머니와 대부분의 시간을 보내던 영아들은 혼자서 어린이집에 다니기 전에 2주 정도 어머니와 같이 어린이집을 방문하여 시간을 보내는 적응기간을 가졌다. 집에서와 비교하여 이 적응기간 동안 안정 애착과 불안정 애착 집단의 영아 모두 코티졸 수준이 증가하였으나 어머니와 함께 있음에도 불구하고 안정 애착 집단에 비해 불안정 애착 집단의 코티졸 수준이 유의하게 높은 것으로 나타났다. 적응 기간이 끝난 후 어머니 없이 어린이집을 다니게 된 완전 분리 기간의 초기에 안정 애착 아동의 코티졸 수준은 급격히 증가하였으나 불안정 애착 아동의 코티졸 수준에는 유의한 변화가 없었다. 연구자들은 이에 대해 안정 애착 아동의 경우 어머니의 존재가 스트레스 반응을 감소시키는 매개체의 역

할을 하는 것으로 논의하였다.

이에 더하여 이 연구는 아동이 어린이 집을 혼자 다니기 시작한 몇 개월 후 애착 안정성을 다시 측정하였는데 어머니가 적응기간 동안 아동과 더 시간을 많이 보낸 경우 불안정 애착에서 안정 애착으로의 변화가 있었으며 원래 안정 애착 집단에 속한 아동에게는 변화가 없는 것으로 나타났다. 현대사회에서는 취업모의 증가에 따라 아이가 아주 어린 연령부터 어머니와 분리되는 경우가 늘어나고 있다. 갑작스런 분리는 안정과 불안정 애착 집단의 아동 모두에게 큰 스트레스원이지만 어머니의 양육태도와 노력이 아동의 행동적, 생리적 스트레스 조절에 도움이 되는 것임을 이 연구 결과로 미루어 알 수 있다.

이와 같이 발달의 여러 단계에서 아동에게 일어나는 일련의 사회적 사건들은 애착 행동과 관련된 신경화학 반응을 유도하고 결정하는 것으로 설명되어 왔다. Pruessner 등(Pruessner, Champagne, Meaney, & Dagher, 2004)은 어린 시절 어머니의 긍정적 혹은 부정적 양육행동을 경험한 10명의 성인을 대상으로 심리적 스트레스 과제 동안의 도파민 반응과 코티졸 수준을 측정하였다. 어린 시절 부정적인 양육 경험을 한 것으로 보고한 집단의 성인들은 과제 상황에서 코티졸과 도파민 수준이 모두 증가하였고 자율신경반응의 변화가 통제집단보다 높았다. Balbernie(2001)는 어린 시절의 경험이 뉴런들 간의 연결뿐 아니라 생리화학 반응의 패턴을 결정하고 전 생애에 걸쳐 영향을 준다고 제시하였는데 영유아기의 과도한 스트레스로 인해 세포가 사망하거나 고질적인 과잉각성 상태가 지속되는 경우 뇌 전달물질의 작용에 영향을 미치는 것을 그 예

로 들었다. 이처럼 어린 시절 부모와의 관계에서 겪은 스트레스가 시상하부-뇌하수체-부신축으로 이어지는 기제에 어떤 영향을 주었을 것으로 짐작할 수 있다.

그러나 Pruessner 등(Pruessner et al., 2004)의 연구에서 아동기 애착 안정성과 생리적 반응에 대한 객관적 측정 없이 과거의 회상만으로 성인기 스트레스 반응과의 인과 관계를 논의하기에는 부족한 점이 있으며 또한 Abercrombie 등(Abercrombie, Kalin, & Davidson, 2005)은 코티졸 수준이 높을수록 성인 피험자들이 중립적 단어와 그림들을 더 자극적인 것으로 평가한다는 것을 제시하였다. 이로 미루어, 코티졸 수준이 높았던 성인 피험자가 아동기의 특정 경험을 더 강하게 회상하는 경향이 있을 수 있으나 코티졸 수준과 각성, 기억간에는 뚜렷한 관계를 발견하기 어려운 것으로 보고되고 있다 (Gore, Krebs, & Parent, 2006). 결론적으로 어린 시절의 애착 경험과 이후 생리화학적 반응성에 대한 연구는 정서적 경험의 내용과 각성, 코티졸의 수준간의 양방향적 관계를 토대로 심도 깊게 연구 할 필요가 있다.

이상으로 살펴본 연구 결과들은 다음의 네 가지로 요약된다, 첫째, 애착대상과의 분리는 정상발달 영아 모두에게 큰 부적 자극으로서 스트레스로 인한 생리적 변화를 초래한다는 것이며, 둘째, 활성화된 스트레스 생리 반응의 조절에는 개인차가 있으며, 셋째, 아동의 내적(기질), 외적 경험(부모와의 상호작용)이 행동과 생리적 조절의 개인차에 영향을 준다는 것이다. 마지막으로, 생의 초기에 반복되는 초기경험은 특정한 신경화학반응 패턴을 형성하는데 영향을 줄 수 있다는 점이다.

이상의 결과들은 애착 이론가들이 제시한 애착안정성의 개인차와 부정정서조절 능력, 양육자와 초기 경험의 중요성 및 그 장기적 영향 등의 개념이 신경화학적 기반으로 지지됨을 보여준다. 특히, 초기 경험으로 일어나는 신경조절체계의 형성은 내적실행모델의 개념에도 생리적 근거를 제시할 수 있을 것으로 보인다. 영아는 주 양육자와의 반복되는 경험을 통해 자신과 타인, 그리고 인간관계와 외부 세계에 대한 정신적 표상을 형성한다 (Bowlby, 1969/1982, 1973). 이 표상은 일단 형성되고 나면 이후 의식, 무의식적으로 영아의 행동패턴을 이끄는 역할을 하는데 (Bretherton & Munholland, 1999; Thompson, 1999) 이러한 무의식적 기제에는 유기체 내부에서 형성된 생리적 반응패턴이 포함될 것으로 생각되는 것이다.

애착 행동에 영향을 주는 뇌 아편제

변연계에서 주로 분비되는 내인성 아편제는 인간의 사회정서적 경험의 활성화에 중요한 역할을 하는데 특히 스트레스 및 고통의 감소나 정서적 즐거움을 제공하는 관계의 추구에 관여하는 것으로 알려져 있다. 뇌 아편제에 대한 연구는 주로 포유류 동물들을 대상으로 이루어져 왔다. 여러 가지 아편 수용기 중 뮤(mu)와 카파(kappa)가 진통효과에 주로 관여하며 몰핀은 뮤 수용체에 작용한다 (Kalin, & Shelton, 1989). 애착과 아편제에 대한 연구들은 두 가지 측면으로 나누어 살펴볼 수 있다. 첫째는 아편제가 영아가 주 양육자에 대한 특별한 선호를 형성하는데 어떤 역할을 하는가 이고, 둘째는 아편제가 엄마와

의 분리 시 스트레스 반응을 조절하는데 어떤 역할을 하는가 이다.

첫 번째와 관련하여, 인간 영아가 생의 초기에 주 양육자에 대해 특별한 선호를 발달시키는 것과 같이 쥐를 비롯한 설치류 새끼들은 후각을 통해 어미에 대한 선호를 형성하고 근접성을 추구한다(Polan, & Hofer, 1999). 그러나 선천적으로 적은 수의 뮤 수용기를 가지고 태어난 새끼 쥐들은 일반 쥐들과 달리 어미의 냄새에 노출된 후에도 정상적으로 어미에 대한 선호도를 형성하지 못했으며(Beckman, 2004), 어미와의 분리 시에도 큰 스트레스를 보이지 않았다(Moles, Kieffer, & D'Amato, 2004). 이러한 결과들은 적은 아편 수용기로 인해 새끼 쥐들이 어미를 즐거움 추구의 보상체계(rewarding system)로 인식하지 못한 것으로 해석되었다. 비슷한 결과가 양을 대상으로 한 연구에서도 보고되었다. Shayit 등(Shayit et al., 2003)은 아편성 물질의 효과를 차단하는 길항제인 날록손을 투여하여 내인성 아편제의 생성을 통제하였을 때 어미에 대한 선호성 형성이 방해될 것으로 가정하였다. 통제집단에 비해 날록손을 투여 받은 양들은 다른 암양과 어미를 구별하는 일이 적었으며 어미 주변에서 시간을 보내는 일도 적었다. 이와 같은 연구들은 생의 초기에 뇌 아편제가 어미를 즐거움이나 애정, 애착 대상으로 인식하는데 유의한 역할을 함을 시사한다.

두 번째로 어미와의 분리로 인해 나타나는 불안행동의 조절에 관한 연구를 살펴보면, Kalin 등(Kalin, 2002; Kalin, Shelton, & Lynn, 1995)은 애착을 형성한 어미와 새끼 원숭이에게 모두 인위적으로 외인성 몰핀을 투여하여

아편중독과 같은 상태가 되었을 때 어미와의 분리에서 오는 고통이 경감되므로 분리 시 어미를 찾는 행위가 줄어들 것이나 몰핀 길항제(날록손)를 투여했을 때는 반대로 증가할 것으로 가정하였다. 원숭이 새끼는 어미와 분리되었을 때 일반적으로 어미를 빨리 돌아오도록 부르는 Coo를 현저히 보이고 재결합 상황에서는 어미와의 접촉을 요구하는 잔잔한 발성을 자주 낸다(Kalin, Shelton, & Snowdon, 1992). 약물을 투여한 뒤 재회 상황에서 몰핀을 처치한 집단은 새끼와 어미 모두 접촉을 추구하는 경향이 줄어들었고 날록손 처치 집단에서는 상대적으로 접촉과 친화 행동이 증가하였다.

이처럼 아편제는 애정 및 선호 등의 쾌감 형성과 분리 경험으로 인한 고통의 감소에 관여하나 Kalin과 Shelton(1989)은 뇌 아편제가 특정 종류의 방어 행동 조절에만 주로 관여한다는 것을 지적하였다. 이 연구에서 원숭이 새끼들을 전형적인 세 가지 분리 상황에 두었을 때 혼자 있는 상황에서는 어미를 부르는 Coo가 현저히 증가했다. 그러나 인간 실험자의 출현에 Coo가 줄어들면서 웅크리거나 숨죽이는 불안 행동들이 증가하고 실험자가 새끼의 눈을 응시하였을 때는 이빨을 드러내고 크게 짖는 등의 공격적 행동을 나타내었다. 각 상황마다 실험집단의 원숭이에게 외인성 몰핀과 길항제인 날록손을 투여했는데 어미를 부르는 근접추구 행동인 Coo는 몰핀을 투여했을 때 현저히 줄어든 반면 날록손을 투여했을 때는 증가하였다. 그러나 낯선 실험자의 출현으로 나타나는 불안과 공격 행동은 아편성 약물에 의해 영향을 받지 않는 것으로 나타났다. 이 연구에서는 아편계 물질 외

에 신경안정제인 벤조디아제핀 계열의 디아제팜을 투여하였는데 새끼 원숭이의 불안 행동은 현저히 감소하였으나 Coo에는 아무런 변화가 나타나지 않았다. 즉, 분리와 관련하여 어머니와의 재회를 추구하는 Coo는 아편계, 불안 행동은 벤조디아제핀계 물질에 의해 조절되는 것으로 나타나 분리 불안과 관련된 일련의 행동에 아편계와 함께 신경 안정제 계열의 물질이 관여함을 알 수 있었다.

이상의 연구 결과들은 다음의 세 가지로 요약된다. 첫째는 애착을 통한 긍정적 정서 경험의 중요성이다. 뇌는 사회적 관계를 형성하는데 즐거움을 느낄 수 있도록 내인성 아편제를 자연적으로 분비하는데 학자들(e.g., Backman, 2004; Insel, 1997, 2003)은 애착 대상에게 형성하는 친밀감과 선호가 정신적 즐거움을 제공한다 고 지적한 바 있다. 이러한 결과는 앞서 제시한 스트레스 생리반응과 비교하여 논의될 수 있는데 반복되는 부적 경험이 신경조절체계의 어느 부분에 결함이나 기능 이상을 초래할 수 있는 것처럼 긍정적 경험이 인간관계와 세상에 대한 활발한 탐색을 일으켜 신경체계를 보다 풍부하게 할 가능성이 있다. 둘째, 이러한 아편계의 분비는 인간을 비롯한 동물들이 고통스런 경험이나 스트레스를 극복할 수 있는 선천적 신경화학 기제를 가지고 있다는 Beckman(2004)의 주장을 지지하는 것이다. 또한 마지막으로 분리 상황에서 관찰된 영아의 스트레스 행동들이 각각 다른 신경화학물질에 의해 조절된다는 것은 애착행동이 여러 가지 신경화학적 기제의 상호작용으로 이루어지는 것임을 나타낸다.

만약, 뇌 아편계가 애착 행동에 미치는 영향을 지나치게 일반화하면 인간의 애착과 관

련된 문제 행동도 아편성 약물의 처치에 의해 조절할 수 있을 것처럼 생각하게 된다. 이에 대해 Graves 등(Graves, Wallen, & Maestripieri, 2002)의 연구는 좋은 시사점을 준다. 이 연구에서 새끼를 학대하는 어머니 원숭이에게 친화적 행동이 증가하도록 몰핀 길항제 날트렉손을 투여하였다. 그 결과 어머니 원숭이와 다른 원숭이들이 교류하는 사회적 행동이 증가하였고 어머니의 불안 행동도 줄어들었지만 아동을 학대하는 행위나 애착 행동에는 아무런 변화가 일어나지 않았다. 인간을 비롯한 영장류의 애착 행동은 선천적이고 유전적인 정보에 의해 유도되는 것이긴 하지만 환경과의 상호 작용을 통해 일정한 패턴을 형성한다. 새끼를 학대하는 어머니의 행동은 단순히 생물학적인 문제에서만 비롯되는 것이 아니라 정서적, 행동적, 사회적인 여러 요인들의 상호 작용으로 나타나므로 애착과 관련된 문제 행동 또한 단순한 생리 화학적 처치로 해결될 수 없음은 분명하다.

친화적 애착 행동과 옥시토신/바소프레신

애착은 양육자와 영아 간에 상호적인 정서적 유대로 이루지는 과정이다 (Cassidy, 1999). 여기서 상호성은 주 양육자가 영아에 대해 보이는 행동과 영아가 양육자에 대해 보이는 행동 모두가 애착을 결정하는데 영향을 준다는 것을 의미한다. 양육자가 영아에게 보이는 애정적 행동과 영아가 애착 대상인 양육자에게 보이는 특별한 선호는 생물학적인 기반에서 이루어지며 어머니의 경우 옥시토신, 아버지의 경우 바소프레신 등 뇌하수체에서 분비되는 호르몬 작용에 의해 영향을 받는 것으로

알려져 있다. 뇌하수체와 긴밀히 관련된 시상하부는 다양한 정서적 경험, 음식의 섭취, 성욕, 공격성 등을 통제하는데(Thompson, 2000) 옥시토신의 분비는 포유류의 짝짓기 과정에 필수적이며 더 나아가 분만 후와 수유과정 중 모자간 정서적 유대 형성에 깊이 관여하는 것으로 보고되었다(Insel, 1997).

설치류의 연구에서 Pedersen 등 (Pedersen, Caldwell, Walker, Ayers, & Mason, 1994) 에 따르면 새끼나 다른 어린 개체에 전혀 관심이 없는 어미가 옥시토신이 증가하는 시기를 기점으로 새끼에 대한 모성행동을 나타내기 시작했다. 옥시토신 길항제를 투여하였을 때 모성행동과 새끼에 대한 관심이 줄어드는 것으로 나타났다. 그러나 옥시토신과 길항제의 작용은 결정적 시기가 있는 것으로 보고되었는데 일단 모성행동을 형성하고 나면 길항제가 영향을 미치지 않아 옥시토신이 어미가 맨 처음 모성행동을 나타내는데 강력하게 영향을 주는 반면 계속적으로 모성행동을 유지하는데는 큰 영향이 없었다(Insel, 1997). 또한 옥시토신을 처치한 새끼들은 어미와 관련된 냄새에 더 민감하게 반응하고 어미에 대한 선호를 더 빨리 형성하는 것으로 나타났다(Nelson, & Panksepp, 1996).

인간을 대상으로 한 Matthiesen 등 (Matthiesen, Ransjo-Arvidson, Nissen, & Uvnas-Moberg, 2001)의 연구에서는 모유의 수유시 영아가 손과 입을 통해 맞사지 하듯이 어머니와 신체적 접촉을 할 때 어머니의 옥시토신 수준이 증가되는 것으로 나타났다. 증가된 옥시토신은 젖 분비를 활성화시키는 동시에 모성행동을 증가시킬 뿐만 아니라 다른 한편으로는 어머니의 혈압과 스트레스의 감소 등에도 영

향을 주는 것으로 나타났다(Light, Smith, Johns, Brownley, Hofheimer, & Amico, 2000). 이런 연구들에서 옥시토신으로 인한 어머니의 생리적, 심리적 변화는 아동에 대한 양육행동에 영향을 미쳐 애착 관계의 형성에 유의하게 기여할 것으로 논의되었다.

옥시토신과 비교하여 같은 펩티드 계열의 바소프레신은 영역을 지키고 새끼를 보호하기 위한 부정행위 및 공격성의 증가와 관련되는 것으로 나타났는데 바소프레신을 초원 흑쥐의 수컷에 투여했을 때 새끼와 보내는 시간이 더 늘어나는 등 부정행동이 유의하게 증가하였다(Winslow, Hastings, Carter, Harbaugh, & Insel, 1993). 그러나 암수 한 쌍이 짝을 이루는 경우가 없을뿐 아니라 수컷이 새끼의 양육에 참여하지 않는 산악 설치류의 경우 바소프레신의 분비 기간이 짧고 그 수준에도 변화가 적은 것으로 나타났다(Insel, 1997).

이상의 연구들은 생식에 관여하는 뇌하수체 후엽 호르몬의 분비가 부모-자녀 사이의 애정적 관계를 형성하는데 영향을 준다는 것을 보여준다. 더 나아가 동물 행동에 대한 옥시토신의 효과는 마치 부모가 자식을 사랑하는 것이 선천적으로 결정된 본능적 행동이며 호르몬 작용에 의해 필수적으로 이루어지는 것임을 제시하는 것처럼 보인다. 그러나 Insel과 동료들(Insel, 1997, 2003; Insel & Young, 2001)이 지적한 대로 인간의 모성행동은 분만을 경험하지 않은 여성들에게서도 강하게 나타나며 분만을 경험한 여성들도 영아에게 전혀 관심을 보이지 않은 경우도 많다는 것을 고려해야 한다. 이런 여성들 가운데 몇몇은 호르몬 분비기능에 문제가 있거나 어린 시절

의 개인적 경험으로 신경조절체계의 결함을 가지는 경우가 있을 것이다. 그러나 인간의 모성행동은 옥시토신 등의 기능만으로 쉽게 설명될 수 없다.

최근 성인을 대상으로 옥시토신의 효과를 제시한 연구들은 인간관계 전반에 걸쳐 신뢰(trust)에 대한 흥미로운 결과를 제시하고 있는데 이는 영아와 애착대상 사이의 신뢰감 형성을 이해하는데 유용하다. Kosfeld 등(Kosfeld, Heinrichs, Zak, Fischbacher, & Fehr, 2005)은 옥시토신을 투여한 집단과 통제 집단에게 위험을 무릅쓰고 투자를 할 것인지 결정하는 신뢰 게임을 하게 하였는데 옥시토신을 투여 받은 집단이 신뢰 행동을 더 많이 보이고 투자를 더 많이 한 것으로 나타났다. 이는 옥시토신이 인간에 대한 친화적 감정을 증가시킨다는 것을 지지하는 것으로 애착 대상에 대한 신뢰 형성에 옥시토신이 영향을 줄 수 있다는 증거이다. 한편, Kirsch와 동료들, (Kirsch, Esslinger, Chen, Mier, Lis, Siddhanti, Gruppe, Mattay, Gallhofer, & Meyer-Lindenberg, 2005)은 신뢰를 증가시키는 옥시토신이 불안과 두려움을 줄일 것이라고 가정하고 성인 남성들을 대상으로 불안과 공포에 관여하는 편도체(amygdala)의 활동을 연구하였다. 옥시토신을 처치하고 두려움의 정서 반응을 일으키는 과제를 수행하게 한 뒤 fMRI로 편도체의 활동을 측정하였다. 과제를 수행하는 동안 실험집단과 통제집단 모두에서 두려움에 관여하는 편도체 왼쪽 부분의 활성화가 일어났으나 옥시토신을 처치한 집단에서는 시간이 지남에 따라 활성화가 유의하게 줄어들었다. 이러한 연구들은 옥시토신이 애착관계 형성에서 유대감 형성이나 어머니와의 분리 시 두려움

조절 등에 관여할 것을 시사한다. 그러나 옥시토신의 작용에 대한 이해를 위해서는 앞서 살펴본 바와 같이 아동과 어머니가 애착관계를 통해서 얻는 긍정적 정서 경험이 옥시토신뿐 아니라 뇌 아편제에 의해서도 조절된다는 것을 고려해야 한다. 옥시토신과 뇌 아편제가 모두 변연계 활동과 관련된다는 것은 이 두 물질들 간의 상호성을 시사하며 서로의 조절 작용에 대한 더 많은 증거들이 필요할 것으로 보인다.

이후 연구를 위한 제언

본 연구는 애착 행동의 두 가지 특성으로 설명되는 애착 대상에 대한 근접성 추구와 분리 스트레스에 영향을 미치는 세 가지 신경화학적물질(스트레스 호르몬, 뇌 아편제, 뇌하수체 후엽 호르몬)의 작용에 대해 살펴보았다. 선행 연구의 결과들은 간단히, 애착이 주양육자와 영아간의 행동 조절 체계인 동시에 생리조절 체계를 수반하는 것임을 나타내고 있다. 특히, 영아의 생리적 스트레스 조절능력은 어머니와의 경험으로 형성되는 애착의 질에 달려있으며 이런 생리적 지표는 아동이 보이는 스트레스 행동대처 방식의 효율성을 나타내준다. 둘째, 초기 경험으로 생리조절 체계 형성이 영향을 받으면 그 영향이 이후 발달동안 지속될 것을 시사하고 있다. 셋째, 애착은 여러 가지 신경펩티드의 복합적 상호작용으로 이루어지는 것임이 제시되고 있는데 긍정적 정서 경험과 부정적 정서 경험에 따라 신경화학적물질의 상호작용에 개인차가 나타날 것으로 생각된다.

앞서 살펴본 세 가지 신경화학 물질에 대

한 연구들은 약물 투여 등의 윤리적 문제로 인해 아직까지 동물을 대상으로 한 연구가 주를 이루고 있고 또한 본 연구에서 고찰한 연구의 범위가 적어 인간 영아와 엄마와의 애착 관계에 적용하여 논의하기 어려운 점이 있다. 따라서 애착에 대한 신경화학적 작용을 실험적으로 연구하고 그 논의를 심화시키기 위해서는 고려되어야 할 많은 일반적 이슈들이 남아있다.

첫째, 애착은 선천적인 생물학적 기반을 가지고 있지만 뇌의 생화학적 조절 기능만으로 설명될 수 있는 단순한 행동이 아니라 생물학적, 인지적, 사회적, 행동적 상호 작용으로 이루어지는 관계 이상의 것을 의미한다. 따라서 Heubner와 Thomas(1995)가 언급한 대로 애착 행동의 신경화학적 반응은 개인내적, 개인외적, 또한 사회문화적 요인의 상호 작용을 기반으로 이해되어야 하며 그 개인차를 상세히 설명하는 것이 필요하다.

둘째, 본 연구에서는 애착의 두 가지 특징인 근접성 추구와 분리 불안에 대해서만 초점을 맞추었다. 그러나 애착은 어머니를 안전기지로 사용하는 환경의 적극적 탐색이나 활발한 개방적 대화 같이 더 많은 행동체계를 포함하고 있으며 이에 대한 신경화학적 작용 또한 밝혀야 할 것이다.

셋째, 어머니와의 분리로 영아가 스트레스를 받을 때 변연계의 주요 기관들(시상하부, 뇌하수체, 편도체 등)과 내분비계 기관들의 활성화는 긴밀히 관련되어 일어난다. 이와 관련하여 변연계 활동과 관련되는 스트레스 호르몬, 뇌 아편제, 시상하부 및 뇌하수체 호르몬 등의 분비도 각각 분리되어 일어나는 것으로 생각하기 어렵다. 예를들어 코티졸처럼

각성 수준에 영향을 주며 뇌하수체에서 만들어진 자극 호르몬에 의해 분비량이 조절되는 갑상선 호르몬 역시 불안 등에 영향을 주는 것으로 알려져 있지만 애착 행동과 관련하여 두 호르몬이 어떻게 상호작용하는지 뚜렷이 밝혀진 것은 적다. 현재까지 연구들은 각각 개별적인 신경화학물질의 역할을 규명하는데 초점을 맞추어 오고 있다(Insel, 1997). 아직까지 뇌의 구조적, 기능적 측면의 복잡한 상호 작용에 대해 분명히 밝혀진 것이 없는 현실을 고려하면 당연한 일이지만 앞으로 애착과 관련하여 신경화학물질들 간의 상호작용을 규명하는 것이 숙제가 될 것이다.

넷째, 본 연구에서는 애착행동의 신경화학적 조절 작용에 대해서만 초점을 맞추었다. 그러나 신경전달 물질은 뇌의 해부학적 구조와 발달정도에 따라 그 기능이 달라질 수 있어 뇌 각 부위의 구조와 역할을 살피는 것이 필요하다. 최근 Febo 등(Febo, Numan, & Ferris, 2005)은 fMRI를 사용하여 모성행동에 관여하는 옥시토신이 어미쥐의 뇌 활성화에 미치는 영향을 관찰하였는데 어미쥐에게 옥시토신을 처치한 후 새끼 쥐에게 수유하게 하였을 때 모자간 유대 관계를 형성하는데 필수적인 후각, 정서, 보상 경험과 관련된 체성감각피질, 섬피질, 피질 편도체, 시상하부핵 등의 특정 뇌부위가 활성화되는 것을 보고하였다. 또한 Schore(2000)는 영아와 주양육자 간에 얼굴 표정, 제스처 등을 통해 일어나는 비언어적인 정서적 상호작용에 뇌의 우반구가 주요하게 관여함을 지적하고 그 중에서도 애착 관계에 대한 내적 표상이 형성되기 위해서는 정서 자극의 지각과 해석을 통제하는 안와전두피질의 기능이 중요한 것으로 보았다. 이렇게

형성된 내적 표상은 이후 아동이 타인과의 정서적 교류시 보이는 의식적 및 무의식적 행동의 기제가 되며 특히 무의식적 과정에 관여하는 뇌 영역에 대한 탐구가 필요할 것이다.

다섯째, 자극에 대한 선천적 반응성인 기질과 애착은 긴밀한 관련성이 있으며 자율신경계반응의 변화는 흔히 기질의 지표로 사용된다. 앞서 제시한 바와 같이 카테콜라민이나 신경 펩티드 물질의 분비가 교감신경계 작용과 관련되는 등 신경화학작용과 자율신경계 작용은 무관하지 않다. 그러나 본 연구에서는 신경펩티드 수준의 변화에 초점을 맞춘 반면, 이에 수반되는 자율신경계의 변화를 충분히 설명하지 못한 점이 있다.

여섯째, 응용적 측면에서, 애착의 신경화학적 기반에 대한 연구들은 생의 초기의 애착 경험이 생리적 반응성을 결정할 것으로 제시하고 있는데 이는 이후 성인이 되어서 겪는 스트레스와 그로 인한 질병과 무관하지 않을 것으로 생각된다. 스트레스는 여러 가지 호르몬을 활성화시켜 내분비계가 과도하게 활동하도록 할뿐 아니라 스트레스 호르몬 자체가 면역력을 떨어트려 여러 가지 질병의 원인이 되는 것으로 널리 알려져 있다. 따라서, 신경화학물질이 애착 안정성과 건강과의 관계를 어떻게 중재하는지 밝히는 것이 필요하다. 특히, 태아기 동안 모체의 신경화학물질의 변화가 아이에게 어떻게 영향을 미치는지에 대한 이해가 더해진다면 생리적 반응, 애착 행동, 질병과의 관계를 탐구하는 것이 더 용이할 것이다.

마지막으로, 신경화학물질에 대한 연구들은 불안정 애착 아동이 보이는 부적 정서 경

험과 스트레스 반응에 대한 정보들을 더 많이 제시해야 할 것으로 보인다. 스트레스에 반응하는 신경조절체계의 지나친 예민성이나 기능적 결함이 애착 형성에 어려움을 겪는 발달장애와 전적으로 관련되는 것은 아니다. 그럼에도 불구하고 이런 생리적 정보들은 정상적인 사회 정서적 관계를 맺는데 어려움을 겪는 아동의 이후 신체적, 정신적 건강을 예측하고 중재하는데 도움이 될 수 있을 것으로 생각된다.

참고문헌

- Abercrombie, H. C., Kalin, N. H., & Davidson, R. J. (2005). Acute cortisol elevations causes heightened arousal ratings of objectively nonarousing stimuli. *Emotion*, 5, 3, 354-359.
- Ahnert, L., Gunnar, M. R., Lamb, M. E., & Barthel, M. (2004). Transition to child care: associations with infant-mother attachment, infant negative emotion, and cortisol elevations. *Child Development*, 75, 3, 639-650.
- Balbernie, R. (2001). Circuits and circumstances: the neurobiological consequences of early relationship experiences and how they shape later behaviour. *Journal of Child Psychotherapy*, 27, 3, 237-255.
- Bayart, F., Hayashi, K. T., Faull, K. F., Barchas, J. D., & Levine, S. (1990). Influence of maternal proximity on behavioral and physiological responses to separation in infant rhesus monkeys(*macaca mulatta*). *Behavioral Neuroscience*, 104, 1, 98-107.
- Beckman, M. (2004). The mice that don't miss mom: love and the m-opioid receptor. *Science*, 304, 5679, 1888-1889.
- Bowlby, J. (1969/1982). *Attachment and loss. Vol. I. Attachment*. NY: Basic Books.

- Bowlby, J. (1973). *Attachment and loss, Vol. II. Separation: Anxiety and anger*. NY: Basic Books.
- Bretherton, I & Munholland, K. A. (1999). Internal working models in attachment relationships. In J. Cassidy & P. R. Shaver (Eds.), *Handbook of attachment: theory, research, and clinical applications* (pp.89-111). NY: The Guilford Press.
- Cassidy, J. (1999). The nature of the child's ties. In J. Cassidy, & P. R. Shaver(Eds.), *Handbook of attachment: theory, research, and clinical applications*(pp.3-20). New York: The Guilford Press.
- Ciaranello, R. D. (1988). Neurochemical aspects of stress. In N. Garnezy, & M. Rutter(Eds.), *Stress, coping, and development in children*(pp.85-105). ML: Johns Hopkins University Press.
- Colin, V. L. (1996). *Human attachment*. NY: McGraw-Hill Company.
- Erickson, K., Gabry, K. E., Schulkin, J., Gold, P., Lindell, S., Higley, J. D., Champous, M., & Suomi, S. J. (2005). Social withdrawal behaviors in nonhuman primates and changes in neuroendocrine and monoamine concentrations during a separation paradigm. *Developmental Psychobiology*, 46, 331-339.
- Febo, M., Numan, M., & Feris, C. F. (2005). Functional magnetic resonance imaging shows oxytocin activates brain regions associated with mother-pup bonding during suckling. *Journal of Neuroscience*, 25, 50, 11637-11644.
- Gore, J. B., Krebs, D. L., & Parent, M. B. (2006). Changes in blood glucose and salivary cortisol are not necessary for arousal to enhance memory in young or older adults. *Psychoneuroendocrinology*, 31, 5, 589-600.
- Graves, F. C., Wallen, K., & Maestripieri, D. (2002). Opioids and attachment in rhesus macaque(Macaca mulatta) abusive mothers. *Behavioral Neuroscience*, 116, 3, 489-493.
- Gunnar, M. R., Mangelsdorf, S., Larson, M., & Hertsgaard, L. (1989). Attachment, temperament, and adrenocortical activity in infancy: a study of psychoendocrine regulation. *Developmental Psychology*, 25, 3, 355-363.
- Hertsgaard, L., Gunnar, M., Erickson, M. F., & Nachmisa, M. (1995). Adrenocortical responses to the strange situation in infants with disorganized/disoriented attachment relationships. *Child Development*, 66, 1100-1106.
- Huebner, R. A., & Thomas, K. R. (1995). The relationship between attachment, psychopathology, and childhood disability. *Rehabilitation Psychology*, 40, 2, 111-124.
- Insel, T. R. (1997). A neurobiological basis of social attachment. *American Journal of Psychiatry*, 154, 6, 726-735.
- Insel, T. R. (2003). The Neurobiology of Affiliation: implications for autism. In R. J. Davidson, K. R. Scherer, & H. H. Goldsmith(Eds.), *Handbook of affective neurosciences*(pp. 1010-1020). NY: Oxford University Press.
- Insel, T. R., & Young, L. J. (2001). The neurobiology of attachment. *Neuroscience*, 2, 129-136.
- Kagan, J. (1988). Stress and coping in early development. In N. Garnezy, & M. Rutter(Eds.), *Stress, coping, and development in children* (pp.191-216). ML: Johns Hopkins University Press.
- Kalin, N. H. (2002). The neurobiology of fear. *Scientific American Special Edition*, 12, 1, 72-81.
- Kalin, N. H. & Shelton, S. E. (1989). Defensive behaviors in infants rhesus monkeys: environmental cues and neurochemical regulation. *Science*, 243, 1718-1721.
- Kalin, N. H., Shelton, S. E., & Lynn, D. E.(1995).

- Opiate systems in mothers and infants primates coordinate intimate contact during reunion. *Psychoneuroendocrinology*, 20, 7, 735-742.
- Kalin, N. H., Shelton, S. E., Rickman, M., & Davidson, R. J. (1998). Individual differences in freezing and cortisol in infant and mother rhesus monkeys. *Behavioral Neuroscience*, 112, 1, 251-254.
- Kalin, N. H., Shelton, S. E., & Snowdon, C. T. (1992). Affiliative vocalizations in infant rhesus macaques (*Macaca mulatta*). *Journal of Comparative Psychology*, 106, 3, 254-261.
- Kalin, N. H., Shelton, S. E., & Takahashi, L. K. (1991). Defensive behaviors in infant rhesus monkeys: ontogeny and context-dependent selective expression. *Child Development*, 62, 1175-1183.
- Kirsch, P., Esslinger, C., Chen Q., Mier, D., Lis, S., Siddhanti, S., Gruppe, H., Mattay, V. S., Gallhofer, B., & Meyer-Lindenberg, A. (2005). Oxytocin modulates neural circuitry for social cognition and fear in humans. *The Journal of Neuroscience*, 25, 11489-11493.
- Kosfeld, M., Heinrichs, M., Zak, P. J., Fischbacher, U., & Fehr, E. (2005). Oxytocin increases trust in humans. *Nature*, 435, 2, 673-676.
- Lewis, M., & Ramsay, D. S. (1999). Effects of maternal soothing on infant stress response. *Child Development*, 70, 1, 11-20.
- Light, K. C., Smith, T. E., Johns, J. M., Brownley, K. A., Hofheimer, J. A., & Amico, J. A. (2000). Oxytocin responsivity in mothers of infants: a preliminary study of relationships with blood pressure during laboratory stress and normal ambulatory activity. *Health Psychology*, 19, 6, 560-567.
- Lipsitt, L. P. (1988). Stress in infancy: toward understanding the origins of coping behaviors. In N. Garnezy, & M. Rutter(Eds.), *Stress, coping, and development in children* (pp.161-190). ML: Johns Hopkins University Press.
- Loring, D. W. (1999). *Ins dictionary of neuropsychology*. New York: Oxford University Press.
- Matthiesen, A. Ransjo-Arvidson, A., Nissen, E., & Uvnas-Moberg, K. (2001). Postpartum maternal oxytocin release by newborns: effects of infant hand massage and sucking. *Birth*, 28, 1, 13-19.
- Moles, A., Kieffer, B. L., & D'Amato, F. R. (2004). Deficit in attachment behavior in mice lacking the m-opioid receptor gene. *Science*, 304, 5679, 1983-1986.
- Nelson, E., & Panksepp, J. (1996). Oxytocin mediates acquisition of maternally associated odor preference in preweanling rat puts. *Behavioral Neuroscience*, 110, 3, 583-592.
- Pedersen, C. A., Caldwell, J. O., Walker, C., Ayers, G., & Mason, G. A. (1994). Oxytocin activates the postpartum onset of rat maternal behaviors in the ventral tegmental and medial preoptic areas. *Behavioral Neuroscience*, 108, 1163-1171.
- Polan, H. J., & Hofer, M. A. (1999). Psychobiological origins of infant attachment and separation responses. In J. Cassidy & P. R. Shaver(Eds.), *Handbook of attachment: theory, research, and clinical applications* (pp. 162-180). New York: The Guilford Press.
- Pruessner, J. C., Champagne, F., Meaney, M. J., & Dagher, A. (2004). Dopamine release in response to a psychological stress in humans and its relationship to early life maternal care: a positron emission tomography study using [¹¹C]Raclopride. *The Journal of Neuroscience*, 24, 2825-2831.
- Schore, A. N. (2000). Attachment and the regulation of the right brain. *Attachment & Human development*, 2, 1, 23-47.
- Shayit, M., Nowak, R., Keller, M., & Weller, A.

- (2003). Establishment of a preference by the newborn lamb for its mother: the role of opioids. *Behavioral Neuroscience*, 117, 3, 446-454.
- Simpson, J. A. (1999). Attachment theory in modern evolutionary perspective. In J. Cassidy & P. R. Shaver (Eds.), *Handbook of attachment: theory, research, and clinical applications* (pp. 115-140). New York: The Guilford Press.
- Sutherland, S. (1989). *The international dictionary of psychology*. NY: Continuum Publishing Company.
- Thompson, R. A. (1999). Early attachment and later development. In J. Cassidy & P. R. Shaver (Eds.), *Handbook of attachment: theory, research, and clinical applications* (pp.265-285). NY: The Guilford Press.
- Thompson, R. F. (2000). *The brain: a neuroscience primer* (3rd edition). NJ: Worth Publishers.
- Winslow, J. T., Hastings, N., Carter, C. S., Harbaugh, C. R., & Insel, T. R. (1993). A role for central vasopressin in pair bonding in monogamous prairie voles. *Nature*, 365, 545-548.
-

1차 원고 접수 : 2006. 7. 15

수정 원고 접수 : 2006. 8. 25

최종게재결정 : 2006. 8. 26

K C I

Neurochemical bases of attachment behaviors

Hana Song

Dept. of Child Psychology and Education, Sungkyunkwan University

Attachment behaviors in human and animals can be characterized as infants' preference of mothers, and showing intensive distress when they were separated from the mothers. It has been suggested that these affiliative and distress behaviors in mother-child attachment is influenced by neurochemical activities. This study reviewed literatures and research articles on neurochemical bases of attachment behaviors, particularly focusing on the function of three neuropeptides: (1) stress hormones including catecholamine and cortisol, (2) endogenous opioids like morphine and naloxone, and (3) pituitary hormone oxytocin and vasopressin. Previous studies have reported that each of these neuropeptides plays a critical role in establishing affective bonds, and coping with stress from separation. Findings of animal research provides researchers with valuable information on neurochemical paths of attachment behaviors, but cannot be solely applied to the human.

Keywords: attachment behaviors, neurochemical activity, stress hormone, endogenous opioid, oxytocin