

## 테스토스테론이 접근/회피에 영향을 주는 방식

심 경 옥<sup>†</sup>

경성대학교 교양학부

최근 테스토스테론이 행동적 접근 또는 회피에 영향을 주는 방식에 대한 관심이 증가하고 있다. 그 이유는 테스토스테론은 동기의 불균형과 연관성이 있는 것으로 여겨지는 중독뿐만 아니라 그 외 사회적으로 문제가 되는 여러 위험행동의 개인 간 변이에 대한 신경생리학적 메커니즘으로 여겨지기 때문이다. 따라서 본 연구는 행동적 그리고 신경생리학적 측면에서 테스토스테론이 어떤 방식으로 접근/회피 경향성에 영향을 미치는지 고찰한 연구들을 살펴보고 그 시사점을 논하였다. 행동적 측면에서 테스토스테론은 사회적 위협 자극에 대한 정서반응을 조절하여 접근 경향성은 높이고 회피 경향성은 약화시킬 수 있다. 신경생리학적인 면에서 테스토스테론은 보상시스템을 매개하거나 사회적 위협에 대한 동기체계와 생리적 반응을 조절하여 접근 경향성은 높이는 반면 회피 경향성은 약화시킬 수 있다. 또한 외인성 테스토스테론 처치 연구 결과는 정서 기능과 접근/회피 경향성은 테스토스테론의 작은 변화에도 영향을 받을 수 있다는 것을 보여준다.

주요어 : 테스토스테론, 동기체계, 보상시스템, 접근/회피, 사회적 위협

---

<sup>†</sup> 교신저자: 심경옥, 경성대학교 교양학부, 부산광역시 남구 수영로 309  
E-mail: sunysim68@ks.ac.kr

최근 테스토스테론과 접근/회피 경향성 간의 연관성에 대한 관심이 증가하고 있다. 특히, 많은 연구들은 테스토스테론이 행동적 접근 또는 회피에 영향을 주는 방식에 주목한다. 그 이유는 테스토스테론이 동기의 불균형(높은 접근동기와 낮은 회피동기)과 연관성이 있는 것으로 여겨지는 중독성 약물(예. 알코올, 니코틴, 그 외 약물의 사용과 의존 그리고 중독행동(예. 병적도박)뿐만 아니라 그 외 사회적으로 문제가 되는 여러 위험행동(예. 행동장애, 사이코페스 등)을 설명하는 신경생리학적 메커니즘으로 여겨지기 때문이다. 구체적으로, 많은 실험적 연구들은 테스토스테론은 사고와 행동을 촉발시키는 접근동기를 제공하고, 보상(예, 사회적 지위, 성 파트너, 중독성 약물 등)에 대한 민감성은 높이는 반면, 잠재적 처벌(예. 부상, 입원, 체포 등)에 대한 민감성은 약화시킴으로서 중독에 대한 취약성을 증가시킬 뿐만 아니라 그 외 위험행동에 가담할 가능성을 높일 수 있다고 제안한다(심경옥, 전우영, 2015 리뷰 논문 참고). 이런 주장의 근거는 테스토스테론이 출생 전 태아의 뇌 발달에 중요한 역할을 할뿐만 아니라 출생 후 보상과 정서 자극에 대한 신경 네트워크의 반응과 접근 또는 회피 행동에 영향을 줄 수 있기 때문으로 보인다. 따라서 테스토스테론이 행동적 접근/회피 경향성에 영향을 주는 방식을 살펴보는 것은 중독뿐만 아니라 그 외 여러 위험행동의 개인 간 변이에 대한 신경생리학적 근거를 이해하는데 도움이 될 것이다.

행동적 측면에서, 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 새로운 것에 대한 탐구나 모험심이 더 강하고, 충동적이고 공격적이며 위험감수 행동을 할 가능성이 더 높다(심경옥, 전우영, 2015). 그리고 이들 성격

성향은 처벌은 회피하게 하는 반면, 보상 단서로의 접근은 높이는 것으로 알려져 있다. 예를 들어, 사이코페스가 보이는 공격성은 보상에 대한 목표 지향적 욕구(예. 금전적 보상, 성적 보상, 그리고 사회적 지위)와 관련이 있는 경우가 많다(Cornell et al., 1996). 뿐만 아니라 낮은 처벌 민감성과 높은 보상 의존성은 사이코페스의 원인이기도 하고 이를 유지시키는 결정적인 요인으로 작용하기도 한다. 또한 테스토스테론은 목표 지향적 행동을 할 가능성을 높이는 분노나 공격적 감정과 밀접한 관련이 있고, 이들 정서반응은 접근행동을 유발하는 우월동기와 강한 연관성이 있다(Terburg, & van Honk, 2013). 게다가 테스토스테론은 공포를 약화시키는 특성을 가지고 있다는 증거들이 보고되고 있다(Terburg & van Honk, 2013). 이들 결과는 테스토스테론은 처벌에 대한 민감성을 약화시켜 회피는 감소시키는 반면, 보상 의존성을 높여 접근은 증가시키는 한 원인 일 수 있다는 것을 시사한다.

동물연구는 테스토스테론과 동기체계와의 직접적인 연관성을 증명하였다. 예를 들어, 일부일처제 교배양식을 가진 수컷 새들은 비번식기와 비교하여 번식기에 테스토스테론 수준이 증가하고, 이런 증가한 테스토스테론은 동기화된 행동과 연관성이 있다(Archer, 2006). 구체적으로, 테스토스테론은 번식기 초기에 증가하기 시작하여, 번식과 관련된 우위경쟁이 있을 때 수컷의 테스토스테론 수준은 한층 더 높아진다. 이런 증가한 테스토스테론 수준은 영역이나 우월분쟁 그리고 짝 보호와 같은 상황에서 공격적인 접근 행동을 촉진시킨다. 하지만 자손을 양육하는 비번식기에는 테스토스테론 수준이 다시 낮아지고 공격적 행동도 감소한다. 사람의 경우, 성격이나 여러 사회적

변인들(예. 사회경제적 수준, 교육 수준)이 복합적으로 작용하여 행동적 반응을 만들어내기 때문에 동물 연구결과처럼 테스토스테론과 동기화된 행동과의 관계가 명확한 것은 아니다. 하지만 사람들에게서도 동물 연구와 유사한 결과가 관찰된다. 예를 들어, 평균적으로 결혼하지 않은 남자들이 결혼한 남자들보다 테스토스테론 수준이 더 높을 뿐만 아니라 결혼한 남자들 중에서도 아이가 없는 남자들이 아이가 있는 남자들보다 테스토스테론 수준이 더 높다(Gray, Kahlenberg, Barrett, Lipson, & Ellison, 2002). 최근 연구는 여자들에게서도 남자와 동일한 테스토스테론의 변화를 보고하였다(Barrett et al., 2013). 이들 결과는 테스토스테론은 우위경쟁이나 짝짓기 행동과 같은 동기화된 행동이 필요할 때는 증가하고 그렇지 않을 때는 감소한다는 것을 나타낸다. 따라서 공격적인 접근 행동이 필요한 시기에는 테스토스테론이 증가하고 그렇지 않은 시기에는 감소한다는 것은 테스토스테론이 접근/회피 행동을 조절하는 신경생리학적 메커니즘이라는 것을 시사한다.

신경생리학적 측면에서, 테스토스테론은 출생 전 보상과 정서조절의 기저를 이루는 신경회로의 발달에 영향을 줄뿐만 아니라 출생 후 보상과 정서 자극에 대한 신경 네트워크의 반응성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다(Arnold, 2009; Chambers, Taylor, & Potenza, 2003; Lenz et al., 2012; Lombardo et al., 2012). 또한 최근 연구들은 태내 테스토스테론(prenatal testosterone)이 동기에 관여하는 신경회로를 사전 프로그램하고, 순환 테스토스테론(circulating testosterone: 혈액을 통해 이동하여 신체의 여러 기관에 영향을 미침, 기저 테스토스테론이라고도 함)이 그 반응성을 다르게

조절할 수 있다는 증거들을 제시하고 있다(Hermans, Ramsey, & van Honk, 2008; Lombardo et al., 2012). 뿐만 아니라 테스토스테론이 접근/회피 행동과 관련된 정서반응, 신경반응, 그리고 생리적 반응에 관여한다는 증거들이 보고되고 있다(Hermans et al., 2007; Hermans, Putman, Baas, Koppeschaar, H. & Van Honk 2006; van Honk et al., 2004; van Honk, Peper, & Schutter, 2005). 따라서 뇌 발달과 반응성에 대한 테스토스테론의 효과로 인해 태아기와 성인기의 테스토스테론 수준은 인지와 정서처리에 영향을 주고, 이것이 다시 중독이나 그 외 위험행동에 영향을 줄 가능성이 있다는 것이다(Lenz et al., 2012).

또한 청소년기의 성호르몬의 급등은 동기회로를 구성하고 있는 뇌 영역(예, 복측선조체, 편도체, 그리고 일부 전전두피질)의 재조직화에 영향을 미치고 이들 뇌 영역에서 일어나는 신경처리에 영향을 준다(Chambers et al., 2003; Nelson, Leibenluft, McClure, & Pine, 2005). 게다가 보상추구 행동과 관련된 뇌 영역의 재조직화는 청소년기 초반에 먼저 일어나고 추론, 목표, 자기조절과 관계있는 일부 전두피질(예, 안와전두피질, 복외측 전두피질, 내측 전두피질)은 청소년기 후반 또는 성인기 초반에 재조직화가 일어난다(심경옥, 전우영, 2015). 이런 뇌의 재조직화의 시기적 차이는 동기의 불균형을 유발하고, 이것이, 다시, 중독이나 그 외 위험행동에 대한 취약성을 증가시키는 주요 요인으로 여겨진다. 실제 중독 장애, 행동 장애, 사이코페스 등은 보상민감성과 관련 있을 뿐만 아니라, 청소년기의 뇌의 재조직화와 함께 이들 장애에 대한 취약성도 증가한다(Chambers et al., 2003; Fernie, Cole, Goudie, & Field, 2010; Kuhn et al., 2010). 다시 말하면, 높

은 수준의 테스토스테론은 동기의 불균형을 초래하고 이로 인해 중독이나 그 외 각종 신경정신과적 질병에 대한 취약성을 증가시킬 수 있다는 것이다.

인지와 정서 기능은 테스토스테론의 작은 변화에도 영향을 받는 것으로 여겨진다. 하지만 테스토스테론이 행동적 접근/회피 경향성에 영향을 미치는지 방식에 대한 이해는 부족한 실정이다. 따라서 본 연구는 테스토스테론이 행동적 그리고 신경생리학적 측면에서 어떤 방식으로 접근/회피 경향성에 영향을 미치는지 고찰한 연구들을 살펴보고 그 시사점에 대해 논할 것이다. 먼저 테스토스테론의 역할에 대한 논의에 앞서 본 연구의 이해를 돕기 위해 동기체계에 대해 간단하게 요약할 것이다. 다음으로, 행동적 측면에서 테스토스테론의 영향을 다음 네 가지 소주제로 나누어 살펴볼 것이다: (1) 사회적 위협자극에 대한 정서반응 조절, (2) 동기의 불균형 유발, (3) 조건화 학습에 대한 테스토스테론의 효과, 그리고 (4) 무의식적·자동적 조절. 마지막으로, 신경생리학적 측면에서 테스토스테론이 신경내분비계를 조절하여 접근/회피 경향성에 영향을 줄 수 있다는 증거를 제시하는 연구들을 살펴보고 그 시사점에 대해 논할 것이다: (1) 보상시스템을 매개로한 테스토스테론의 효과, (2) 사회적 위협자극에 대한 동기체계의 반응성 조절, 그리고 (3) 사회적 위협 자극에 대한 생리적 반응성 조절.

### 동기체계

정서처리와 행동반응의 기저가 되는 동기체계는 크게 두 가지로 분류된다: 행동접근체계

(behavioral approach system, 접근동기체계)와 행동억제체계(behavioral inhibition system, 회피동기체계)(Gray, 1990). 접근동기체계는 원하는 보상으로 접근하게 하는 원인이 되는 보상 민감성, 즉 보상에 대한 목표 지향적 욕구를 조절하고 접근과 관련된 행동을 조직화한다. 반대로, 회피동기체계는 위협이나 처벌을 회피하게 하는 원인이 되는 처벌 민감성을 조절하고 회피와 관련된 행동을 조직화한다. 따라서 접근동기체계의 활성이 높은 사람들은 보상 단서에 더 반응적이고 보상 추구 행동을 더 많이 한다. 반면 회피동기체계의 활성이 높은 사람들은 위협과 처벌 단서에 더 크게 반응하여 회피하는 행동을 더 많이 하고 불안 수준도 더 높다. 동기에 대한 이런 신경생리학적 근거를 토대로 Carver와 White(1994)는 행동활성화체계(Behavioral Activation System, BAS) 척도와 행동억제체계(Behavioral Inhibition System, BIS) 척도를 개발하였다. BAS 척도는 보상 민감성(적극적 보상 추구, 보상에 대한 긍정적 정서 반응, 그리고 잠재적인 새로운 보상에 대한 민감성)을 평가한다. 반면 BIS 척도는 위협 단서가 있을 때 정서적 반응 즉, 불안 경향성을 측정하는 것으로 처벌 민감성 또는 회피 경향성을 평가한다.

동기는 개인의 내적 상태(예, 배고픔, 성적 욕망, 고통)와 외적 환경(예, 자원, 번식기회, 위협의 존재)에 대한 입력정보를 처리하고 행동적 출력을 결정하는 뇌 활동이다(Chambers et al., 2003). 따라서 내적 상태와 외적 환경에 대한 정보를 제공하는 뇌 영역들과 이들 정보를 바탕으로 행동적 출력을 만들어내는 뇌 영역들이 상호연관된 거대한 신경네트워크를 이루고 있다. 예를 들어 전전두피질과 측핵(nucleus accumbens)을 포함하는 복측선조

체(ventral striatum)는 운동 출력과 관련된 뇌 구조물들과 연결되어있고 이들 뇌 구조물에 영향을 미친다. 또한 전전두피질과 복측선조체로는 도파민성 뉴런이 투사되고 보상에 대한 기대, 인지, 그리고 접근동기에 관여할 뿐만 아니라 보상에 대한 행동적 반응(접근 행동)에 중요한 역할을 한다(Alcaro, Huber, & Panksepp, 2007; Arias-Carrión & Pöppel, 2007; Schultz, 1999). 전전두피질과 복측선조체와 연결되어 있는 해마(hippocampus)와 편도체(amygdala)는 동기유발 자극과 관련 있는 맥락 기억(contextual memory)과 정서관련 정보를 제공하며, 시상하부(hypothalamus)는 원초적이고 본능적으로 동기화되는 행동과 관련된 정보를 제공한다. 또한 긍정적 정서에 관여하는 좌뇌 전전두피질은 접근동기에 주로 관여하는 반면, 부정적 정서에 관여하는 우뇌 전전두피질은 회피동기에 주로 관여한다(Carver & Harmon-Jones, 2009). 흥미로운 점은 분노와 공격적 감정은 부정적 정서이지만 접근동기체계를 활성화 시킨다. 이것은 좌우 전전두피질의 비대칭적인 활성이 단순히 긍정적, 부정적 정서를 나타내기보다는 동기의 방향 즉 접근 또는 회피와 밀접한 관련이 있다는 것을 나타낸다.

### 행동적 반응

#### 사회적 위협자극에 대한 정서반응 조절

테스토스테론이 행동적 접근/회피 경향성에 영향을 미친다는 것은 사회적 위협을 신호하는 얼굴표정에 대한 주의편향(attentional bias: 특정 대상 또는 특정 속성에 주의를 더 많이

주는 것) 연구에서 찾아볼 수 있다. 테스토스테론과 주의편향 간의 관계를 살펴본 연구들은 얼굴표정에 대한 지각자의 반응 그리고 그 반응이 테스토스테론 수준에 따라 다른지에 주목한다. 그 이유는 얼굴표정에 대한 지각은 지각자의 정서와 후속 행동(접근 또는 회피)에 영향을 주는 사회적 자극이기 때문이다(Calder, Ewbank, & Passamonti, 2011; van Honk et al., 1999). 구체적으로 얼굴표정을 어떻게 지각하는지에 따라 지각자의 주의편향의 크기가 달라지고, 이 주의편향의 크기로 지각자의 동기의 방향, 즉 접근 또는 회피를 예측할 수 있다는 것이다. 따라서 테스토스테론이 행동적 접근/회피 경향성을 조절한다면 주의편향의 크기는 테스토스테론 수준에 따라 다르게 나타나야 한다.

#### 순환 테스토스테론

van Honk와 동료들(1999)은 동기화된 선택적 주의를 측정하는 정서 스트룹 과제(Emotional Stroop Task)를 이용하여 분노와 중립 얼굴에 대한 선택적 주의가 순환 테스토스테론(타액으로부터 측정) 수준에 따라 다르게 나타나는지 살펴보았다. 이 과제에서 남녀 참가자들은 특정 색을 띤 얼굴표정을 보고 그 얼굴의 색명을 가능한 빨리 말하여야 한다. 주의편향 점수는 분노얼굴에 대한 색명을 말하기까지의 평균 반응시간(latency)에서 중립얼굴에 대한 평균 반응시간을 뺀 값으로 평가하였다. 따라서 주의편향 점수가 높을수록 분노 얼굴에 간섭을 많이 받아 응답 반응시간이 길어진다는 것을 의미한다(스트룹 간섭효과). 반면 점수가 낮은 것(스트룹 촉진효과)은 분노 얼굴에 대해 회피하는 정서반응을 나타낸다. 그 결과 순환 테스토스테론 수준이 높은 남녀 참가자들이

낮은 참가자들에 비해 분노 얼굴에 대한 주의 편향 점수가 더 높은 것으로 나타났다. 이들은 또한 자기보고 분노 점수도 더 높았다. 즉 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노를 더 많이 경험할 뿐만 아니라 분노얼굴에 주의를 더 많이 기울인다는 것이다.

Wirth와 Schultheiss(2007)의 연구에서도 이와 유사한 결과가 관찰되었다. 차폐 정서 스트룹 과제(Masked Emotional Stroop Task)를 이용하여 주의편향을 측정된 결과 테스토스테론 수준이 높을수록 식역하로 제시된 중립얼굴과 비교하여 분노얼굴에 대한 스트룹 간섭효과가 더 크게 나타났다. 즉 테스토스테론 수준이 높은 남자가 낮은 남자에 비해 분노얼굴에 주의를 더 많이 기울인다는 것이다. 하지만 기쁨얼굴은 중립얼굴과 응답 반응시간에서 차이를 보이지 않았다. 이들 결과는 동일한 사회적 위협을 신호하는 분노얼굴이 테스토스테론 수준이 높은 사람들에게는 접근 경향성을 그리고 테스토스테론 수준이 낮은 사람들에게는 회피 경향성을 증가시킬 수 있다는 것을 시사한다.

실제 높은 수준의 분노와 분노얼굴에 대한 증가한 주의 편향은 높은 접근동기체계의 활성을 반영하는 높은 BAS 척도 점수와 관계가 있었다(Carver, 2004; Harmon-Jones, 2003; Putman, Hermans, & van Honk, 2004; Smits & Kuppens, 2005). 반대로, 분노 수준이 낮은 사람들은 불안을 더 많이 경험하고 분노얼굴을 회피하는 경우가 더 많았다(Carver & White, 1994; van Honk et al., 2001). 뇌파기록장치(EEG)를 이용하여 뇌 활성을 평가한 연구에서도 분노를 경험(모욕을 조작)한 참가자들이 통제집단에 속한 참가자들 보다 좌뇌 전전두피질이 더 크게 활성화 되는 것으로 나타났다

(Harmon-Jones, 2007). 좌뇌 전전두피질의 활성화는 접근 동기체계의 활성을 나타낸다. 따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노를 더 많이 경험할 뿐만 아니라 분노얼굴에 대한 주의 반응이 크다는 것은 테스토스테론이 분노얼굴에 대한 정서반응을 조절하여 접근/회피 경향성에 영향을 미칠 수 있다는 것을 나타낸다.

분노얼굴은 개인의 성향에 따라 불안 또는 분노의 상반되는 정서반응을 일으킬 수 있는 사회적 위협 자극이다(Dimberg & Öhman, 1996; Putman et al., 2004; van Honk, Tuiten, de Haan et al., 2001). 이 때 분노의 얼굴표정에 주의를 오래 주는 것은 정서자극 내용으로 접근할 가능성이 높다는 것을 의미하고, 그 크기가 작다는 것은 정서자극 내용에 대한 회피로 인한 것으로 여겨진다. 구체적으로, 면대면 상호작용에서 분노얼굴을 임박한 위협으로 평가하는 사람들은 불안을 느끼는 반면, 임박한 공격이나 도발로 해석하는 사람들은 분노를 더 많이 경험한다. 이 때 불안을 경험하는 사람들은 분노 유출자로부터 멀어지는 회피 행동을 할 가능성이 높은 반면, 분노를 경험하는 사람들은 분노 유출자를 향한 공격적인 접근 행동을 할 가능성이 높다. 즉 분노얼굴은 개인의 성향에 따라 위협 또는 도발로 해석되어 접근 또는 회피를 유발하는 사회적 위협 신호인 것이다. 따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노 수준이 더 높고 분노얼굴에 주의를 더 많이 기울인다는 것은 분노얼굴을 도발로 해석하여 공격적 접근 행동을 할 가능성이 높다는 것을 나타낸다. 반대로, 테스토스테론 수준이 낮은 사람들이 분노얼굴에 주의를 적게 준다는 것을 분노얼굴을 위협으로 해석하여 회피 행동

을 할 가능성이 높다는 것을 나타낸다. 따라서 분노얼굴에 대한 주의편향의 크기가 테스토스테론 수준에 따라 다르다는 것은 테스토스테론이 사회적 위협 자극에 대한 정서반응, 즉 분노 또는 불안을 조절하여 행동적 접근/회피 경향성을 조절할 수 있다는 것을 나타낸다.

다른 한편으로, Derntl와 동료들(2009)은 감정인식 과제(emotion recognition task)를 이용하여 공포얼굴에 대한 성인 남성들의 반응시간이 테스토스테론 수준에 따라 다른지 살펴보았다. 그 결과, 테스토스테론 수준이 높은 남성들이 낮은 남성들에 비해 공포얼굴에 대한 반응시간이 더 짧은 것으로 나타났다. 하지만 중립얼굴에 대한 반응시간은 테스토스테론 수준에 따라 차이를 보이지 않았다. 이 결과는 분노얼굴과 마찬가지로, 테스토스테론이 공포얼굴에 대한 주의와 접근/회피 경향성을 조절할 가능성이 있다는 것을 시사한다.

하지만 분노얼굴에 대한 반응과는 반대로, 공포얼굴에 대한 주의편향이 크다는 것은 정서자극 내용을 회피할 가능성이 높다는 것을 의미하고, 그 크기가 작다는 것은 정서자극 내용에 대한 접근으로 인한 것일 수 있다. 그 이유는 높은 수준의 테스토스테론은 분노는 증가시키는 반면, 불안과 공포는 감소시키기 때문이다(Hermans et al., 2006; van Honk et al., 1999). 또한 불안 수준이 높은 사람들은 잠재적인 위협을 신호하는 공포얼굴에 대한 경계반응이 높고 위협을 회피할 가능성이 높은 반면, 불안 수준이 낮은 사람들은 공포얼굴에 대한 경계반응이 낮고 위협을 회피할 가능성이 낮기 때문이다. 게다가 대인관계 상호작용에서 공포의 얼굴표정은 공포 유출자가 상대 수신자의 공격이나 도발을 두려워한다는 것을

신호하는 사회적 자극이다(van Honk et al., 2000). 따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 공포얼굴에 대한 주의편향이 작다는 것은 낮은 공포로 인해 공포 유출자에 대한 경계반응이 낮고 위협을 회피할 가능성이 낮다는 것을 나타낸다.

높은 수준의 테스토스테론이 분노얼굴에 대한 주의를 증가시키고 공포얼굴에 대한 주의를 감소시킨다는 결과는 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 공격과 도발의 존재 여부를 빠르게 판단하고 후속 행동을 결정하는데 더 반응적일 수 있다는 것을 시사한다.

#### 외인성 테스토스테론

테스토스테론 처치(소량의 합성 테스토스테론 투약 vs. 위약 투약) 연구들은 테스토스테론과 접근/회피 경향성 간의 인과적 추론을 가능하게 한다. 이들 연구에서 모든 참가자들은 한번은 테스토스테론을 처치 받는 투약조건에 그리고 다른 한번은 처치 받지 않는 위약조건에 할당된다. 또한 이들 처치조건들은 상쇄균형화(counter balancing)하여 순서효과를 통제한다. Terburg와 동료들(2012)은 시선추적 응시회피 과제(eye-tracked gaze aversion task)를 이용하여 분노, 행복, 그리고 중립 얼굴을 식역하로 제시하고 참가자들의 응시회피 정도가 테스토스테론 처치 조건과 위약조건에서 차이를 보이는지 살펴보았다. 그 결과 테스토스테론 처치 조건에서 행복얼굴과 비교하여 분노얼굴에 노출될 때 참여자들의 응시회피가 더 느린 것으로 나타났다. 즉 행복얼굴에 비해 분노얼굴을 더 오래 응시하였다는 것이다. 하지만 위약 조건에서는 이런 효과가 관찰되지 않았다. 이 결과는 일시적으로 증가한 테스트

스테론이 분노얼굴로 향한 주의 반응을 증가시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

다른 한편, van Honk와 동료들(2005)은 차폐 정서 스트룹 과제를 이용하여 테스트스테론 처치 전 후 공포얼굴에 대한 주의편향이 중립이나 행복얼굴에 대한 주의편향과 차이를 보이는지 살펴보았다. 그 결과 행복 얼굴에 대해서는 위약조건과 테스트스테론 투약 조건 모두에서 주의 편향이 관찰되지 않았다. 반면 위약조건에서는 중립얼굴보다 공포얼굴에 대한 주의 편향이 더 크게 나타났다. 즉 위약조건에서 중립얼굴에 비해 공포얼굴을 더 오래 응시하였다는 것이다. 하지만 테스트스테론 투약 후에는 위약조건에서 관찰된 공포얼굴에 대한 높은 주의편향이 유의미하게 감소되었다. 이 결과는 일반적으로 사람들은 중립얼굴과 비교하여 공포얼굴에 대한 경계반응이 더 높다는 것을 나타낸다. 하지만 일시적으로 증가한 테스트스테론이 공포얼굴에 대한 경계반응을 감소시킬 수 있다는 것을 나타낸다. 즉 테스트스테론은 공포를 약화시키는 특성을 가지고 있다는 것을 보여주는 것이다.

이런 논지를 뒷받침하는 증거는 공포에 의해 영향을 받는 생리적 반응 중 하나인 놀람반사가 테스트스테론 처치 전후 차이를 보인다는 연구에서 찾아볼 수 있다. Hermans과 동료들(2006)은 전기쇼크이라는 언어적 위협을 이용하여 놀람반사의 상승 정도가 테스트스테론 투약조건과 위약조건에서 서로 차이를 보이는지 살펴보았다. 모든 참여자들에게 실험 동안 최대 3회의 전기 쇼크를 받을 것이고, 첫 쇼크보다 그 다음 쇼크는 강도와 지속시간이 증가할 거라고 알려준다. 이때 안전 조건에서는 “안전”이란 단어가 컴퓨터 화면에 나타나며 쇼크는 받지 않을 것이라는 것을 신호

하고 위협 조건에서 “위협”이라는 단어가 나타나면 쇼크를 받을 것이라는 것을 신호한다고 알려주었다. 그런 다음 전기쇼크 전극을 각 참여자들에게 부착하였다. 두 가지 실험조건에서 “안전” 또는 “위협”이라는 단어가 주어질 때 나타내는 놀람반사 반응의 상승 정도로 공포 반응을 측정하였다. 그 결과 안전 조건에 비해 위협 조건에서 테스트스테론을 투약과 위약조건 모두에서 놀람반응이 유의미하게 증가하였다. 하지만 이 놀람 반사의 상승 효과는 위약조건과 비교하여 테스트스테론을 투약 조건에서 더 낮은 것으로 나타났다. 즉 테스트스테론 투약이 공포에 의해 영향을 받는 놀람반사 반응을 약화시켰다는 것이다.

정서를 표현하는 3가지 종류(부정적, 중립, 긍정적)의 얼굴 표정 사진을 이용하여 놀람반사를 측정한 다른 한 연구에서도 이와 유사한 결과가 관찰되었다(Hermans et al., 2007). 실험 처치와는 무관하게 모든 여성 참여자들은 중립적 정서를 나타내는 얼굴에 비해 부정적 정서를 표현하는 얼굴에 놀람반사 반응이 더 크게 증가하였다. 반면 긍정적 얼굴에 대한 놀람반사의 증가는 중립적 얼굴과 차이가 없었다. 즉 중립적이거나 긍정적 정서정보와 비교하여, 부정적 정서정보를 처리하는 동안 놀람반응이 더 크게 증가하였다는 것이다. 또한 불안수준이 높은 여성들이 낮은 여성들에 비해 부정적 정서자극에 대한 놀람반사 반응이 더 크게 나타났다. 하지만 이때 증대된 놀람반사 반응은 테스트스테론 투약 후 약화되었다.

여러 동물 중에서도 테스트스테론은 불안을 감소시키고 공포반응을 하향 조절한다고 알려져 있다(Aikey, Nyby, Anmuth, & James, 2002; Boissy & Bouissou, 1994). 예를 들어, 100일 동



안의 지속적인 테스토스테론 처치는 낮은 환경이나 놀라운 사건에 대한 소의 공포반응을 약화시켰다(Boissy & Bouissou, 1994). 또한 고환이 절제된 수컷 쥐에게 테스토스테론을 반복 처치했을 때, 불안완화 효과(매장행동으로 측정)가 나타났다. 하지만 안드로젠 수용체 차단제인 플루타마이드(flutamide)를 주사했을 때 테스토스테론에 의해 생성된 불안완화 효과가 차단되었다(Fernández-Guasti, & Martínez-Mota, 2005). 또한 고위십자형 미로(elevated plus-maze) 실험에서 테스토스테론 주사 후 30분 내에 개방된 공간에 머무는 시간이 증가하였다. 이것은 불안이 낮아졌다는 것을 나타낸다. 실제 테스토스테론은 테스토스테론 수준이 낮은 사람들에게는 효과적인 항우울제이기도 하다(Rabkin, Rabkin, & Wagner, 1995). 이들 결과는 테스토스테론이 불안과 공포반응을 약화시켜 회피할 가능성을 감소시키는 신경생리학적 원인일 수 있다는 것을 증명하는 것이다.

### 테스토스테론 변동

사회적 위협 자극은 테스토스테론의 변동을 유발하기도 한다. van Honk와 동료들(2000)은 차폐 정서 스트룹 과제를 이용하여 중립과 분노 얼굴에 대한 색명을 말하기까지의 반응시간과 과제 수행 후 나타나는 테스토스테론 수준의 변화를 관찰하였다. 그 결과 차폐 정서 스트룹 과제에서 중립얼굴에 비해 분노얼굴에 선택적으로 주의를 더 많이 준 참가자들은 과제 수행 후 테스토스테론 수준이 증가하였다. 반대로, 분노얼굴을 회피하는 참가자들은 테스토스테론 수준이 낮아지는 것으로 나타났다. 따라서 분노얼굴은 지각자의 생리학적 반응, 즉 테스토스테론의 변동을 유발할 수 있고 일시적으로 증가 또는 감소한 테스토스테론이,

다시, 뒤이은 접근 또는 회피 행동을 유발할 수 있다는 것을 시사한다.

### 논의와 시사점

테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노얼굴에는 주의를 더 많이 기울이고, 반대로 공포얼굴에는 주의를 적게 준다는 것은 테스토스테론이 사회적 지위 추구나 유지와 관련이 있고, 이들 관계가 상황 의존적이라는 것을 입증하는 결과일 수 있다. 구체적으로, 테스토스테론 수준이 높은 사람들은 자신의 지위가 도전 받을 수 있다고 지각할 때는 분노반응으로 공격적인 접근 행동을 더 많이 한다(심경옥 & 전우영, 2014). 반면, 자신이 사회적으로 우위에 있다고 지각할 때는 친사회적으로 행동하기도 한다. 한 가지 예로, 최후통첩 게임에서 태내 테스토스테론 수준이 높은 남성들이 낮은 남성들에 비해 제안자일 경우는 공정한 제안을 더 많이 하는 반면, 응답자일 경우 불공정한 제안을 더 많이 거절하였다(Miller & Dewitte, 2009). 최후통첩게임은 반응적 공격성(reactive aggression)의 지표이며, 불공정한 제안에 대한 거절은 공격적 행동으로 간주된다. 그 이유는 거절은 의도적으로 상대방을 금전적으로 피해를 입히는 것이기 때문이다. 이 게임에서 테스토스테론 수준이 높은 사람들은 자신의 제안에 대한 상대 게임자의 거부를 지위에 대한 위협으로 지각하기 때문에 지위를 유지하기 위해 공정한 제안을 더 많이 한다는 것이다. 반대로, 상대 게임자로부터 불공정 제안을 받을 때는 이것을 자신의 지위나 명성에 대한 도전으로 지각하여 자신의 돈을 모두 잃는 위협을 감수하면서도 상대 게임자에게 금전적 손실을 입히는 공격적 협상 행동을 한다는 것이다. 실제 사

사람들은 현재의 불공정한 제안에 동의하면 미래에 있을 상호작용에서 자신들의 지위나 명성에 손상을 줄지도 모른다고 생각한다.

따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들은 분노얼굴에 노출될 때 자신의 지위가 도전받고 있다고 지각하여 공격적인 경계반응을 증가시키는 반면, 공포얼굴에 노출될 때는 지위 위협이 낮다고 지각하여 주의적 경계반응을 낮게 하는 것일 수 있다. 그 이유는 분노와 공포의 얼굴표정은 위계적 사회시스템에서 직접적인 대결의 위협 없이 암묵적으로 위계질서를 확립하고 구성하기 위해 진화되어온 지배-순종 메커니즘으로 여겨지기 때문이다(Öhman, 1986). 구체적으로, 분노얼굴은 공격이나 우위경쟁을 신호함으로써 도발행동을 촉발시키는 즉, 우월을 신호하는 사회적 자극이다(van Honk et al., 1999; van Honk, Tuiten, de Haan, et al., 2001). 반면, 공포얼굴은 처벌(예. 부상, 사망, 물질적 자원이나 지위상실)에 대한 두려움을 신호함으로써 공격 받을 가능성을 감소시키는 즉, 순종을 신호하는 사회적 자극으로 여겨진다.

분노얼굴에 대한 주의편향의 크기가 테스토스테론의 변동을 유발한다는 결과는 테스토스테론이 우위경쟁에 대한 생물학적 준비 메커니즘일 가능성이 있다는 것을 보여준다. 그 이유는 순환 테스토스테론 수준은 우위경쟁에 의해 변동하기 때문이다(Mazur & Booth, 1998). 구체적으로, 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 우위도전에 대한 무의식적 경계반응이 높고, 압박한 경쟁을 위한 준비로 테스토스테론 수준이 높아질 가능성이 있다는 것이다. 도전가설에 의하면 테스토스테론은 우위경쟁의 승과 패의 결과에 따라 그 수준이 역동적으로 변동한다(Mazur & Booth,

1998). 즉 사회적 경쟁에서 승리했을 때는 일시적으로 증가하는 반면, 경쟁에서 패했을 때는 감소한다. 그리고 이런 변화는 뒤이은 경쟁에 다시 가담할 것인지에 대한 의사결정에 영향을 주기도 한다(Mehta & Josephs, 2006). 따라서 분노얼굴은 압박한 우위경쟁을 신호하는 자극으로서의 역할을 하며, 지각자의 신경생리학적 반응, 즉 테스토스테론의 변동을 유발할 수 있고, 그리고 일시적으로 증가 또는 감소한 테스토스테론이, 다시, 뒤이은 접근/회피 행동을 유발할 수 있다는 것을 시사한다.

테스토스테론 수준이 높은 사람들에게서 관찰되는 분노와 공격성은 우월동기뿐만 아니라 보상민감성과도 관련이 있다(Harmon-Jones, 2003; Harmon-Jones & Peterson, 2008; Smits & Kuppens, 2005; Terburg & van Honk, 2013). 예를 들어, 신체적 공격성과 언어적 공격성은 보상 민감성(BAS 척도 점수)과 정적상관관계가 있는 반면, 처벌 민감성(BIS 척도 점수)과는 부적상관관계가 있었다(Harmon-Jones, 2003; Smits & Kuppens, 2005). 보상 민감성이 높은 사람들은 낮은 사람들에 비해 보상 단서에 더 반응적이고 보상 추구 행동, 즉 접근 경향성이 더 높다(Carver, 2004). 반면, 처벌 민감성이 높은 사람들은 낮은 사람들에 비해 위협 단서에 주의를 더 많이 기울이고 불안을 더 많이 경험하며 회피할 가능성이 더 높다. 이것은 분노는 높은 보상요구와 낮은 처벌 민감성을 수반하고 보상추구 행동과 연관성이 있다는 것을 나타낸다. 또한 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노표정을 주의를 더 많이 기울인다는 것은 분노표정을 압박한 우위도전이나 도발로 지각할 뿐만 아니라 우위경쟁의 결과 쟁취할 수 있는 보상에 대한 민감성이 더 높기 때문에 행동적 접근

경향성을 높일 수 있다는 것을 시사한다. 이것은 테스토스테론이 우위도전을 신호하는 단서에 민감하게 반응할 뿐만 아니라 접근할 가능성을 높이는 요인으로 작용할 수 있다는 것을 나타낸다. 즉 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 우위경쟁에서 패했을 경우 받게 될 처벌보다는 성공함으로써 얻을 수 있는 보상에 더 민감하다는 것이다. 따라서 높은 수준의 테스토스테론은 불안을 완화하고 공포를 감소시키는 특성이 있고, 이런 특성으로 인해 보상과 관련 있는 사회적 자극이나 보상으로의 접근은 증가시키고 처벌에 대한 민감성을 감소시켜 회피할 가능성을 낮게 할 수 있다는 것이다.

#### 동기의 불균형 유발

테스토스테론 수준에 따라 분노 얼굴에 대한 주의 반응이 다르다는 것은 동기적 측면에서 테스토스테론의 양면적 성질을 잘 설명한다. 구체적으로 테스토스테론 처치를 받은 후 분노얼굴에 대한 주의적 편향이 증가한다는 것은 테스토스테론이 보상에 대한 민감성은 증가시키고 처벌에 대한 민감성은 감소시키는 한 원인일 수 있다는 것을 시사한다. 즉 높은 수준의 테스토스테론은 보상 민감성은 증가시키고 처벌 민감성은 감소시켜 접근 가능성은 증가시키는 반면, 회피할 가능성은 감소시킨다는 것이다. 이런 동기의 불균형은 Iowa 도박 과제 수행이 테스토스테론 처치 전과 후 차이를 보이는지 살펴본 연구에서 찾아볼 수 있다. van Honk와 동료들(2004)은 Iowa 도박과제를 이용하여 테스토스테론 처치가 보상과 손실에 대한 개인의 민감성과 연관성이 있는지 살펴 보았다. 그 결과 위약조건과 비교하여, 테스트

스테론 투약 조건에서 여성들은 즉각적이고 큰 보상이 주어지지만 높은 처벌(금전적 손실)이 뒤따르는 위험한 옵션을 더 많이 선택하였다. 즉 여성들이 위약 조건과 비교하여 테스토스테론 투약 조건에서 처벌이 포함되어 있을 수 있는 결과에는 개의치 않고 빠른 보상을 더 많이 선택하였다는 것이다. 이 결과는 일시적으로 증가한 소량의 테스토스테론이 처벌에 대한 민감성은 감소시키고 보상에 대한 의존성은 증가시키는 동기의 불균형을 유발할 수 있다는 것을 보여주는 것이다. 즉 테스토스테론은 처벌에는 둔감하고 보상에 대한 의존은 높이는 동기의 불균형을 유발함으로써 접근 경향성은 높이고 회피 경향성은 감소시킬 수 있다는 것이다.

#### 조건화 학습에 대한 테스토스테론의 효과

테스토스테론은 조건화 학습에도 영향을 미치는 것으로 보인다. Wirth와 Schultheiss(2007)는 차등 암묵적 학습 과제(Differential Implicit Learning Task)를 이용하여 분노얼굴과 짝지어진 과제에 대한 조건화 학습이 순환 테스토스테론 수준에 따라 차이가 나는지 살펴보았다. 이 과제에서 컴퓨터 화면에서 별표가 나타날 장소에 해당되는 키를 눌러 반응하면 뒤이어 분노 얼굴, 중립 얼굴, 또는 빈 화면이 식역하로 제시되었다. 별표의 색을 식별자극으로 사용하여 각 얼굴이나 빈 화면과 짝짓기 하는 방식으로 각 조건을 12회 연속 시행하였다. 그 결과 테스토스테론이 식역하로 제시된 분노얼굴과 짝지어진 과제의 학습을 정적으로 예측하였다. 즉 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 중립얼굴이나 빈 화면과 짝지어진 과제보다 분노 얼굴과 짝지

어진 과제를 더 빠르게 학습하였다는 것이다. 이 결과는 테스토스테론이 분노얼굴의 강화(reinforcement: 학습에서 자극과 반응의 결부를 촉진하는 수단) 속성과 연관성이 있다는 것을 시사한다. 분노얼굴은 생물학적으로 준비된 사회적 위협 자극(Dimberg & Öhman, 1996)이다. 그리고 테스토스테론 수준이 높은 사람들에게는 분노얼굴은 공격과 우위경쟁을 신호하고 경쟁에서 성공은 보상, 즉 생존과 번식에 필요한 소중한 자원의 획득을 의미한다. 따라서 분노얼굴과 짝지어진 과제에 대한 학습의 효과가 테스토스테론 수준에 따라 다르게 나타난다는 결과는 테스토스테론이 보상민감성을 조절하기 때문에 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 잠재적 보상을 신호하는 분노얼굴과 짝지어진 과제를 더 빠르게 학습한 것으로 보인다.

이런 논지에 뒷받침하는 증거로는 보상/처벌 민감성과 조건화 학습간의 관계를 살펴본 연구에서 찾아볼 수 있다. Zinbarg와 Mohlman (1998)는 접근-회피 변별 과제(approach-avoidance discrimination task)를 이용하여 BAS/BIS 척도 점수가 금전적 보상이 있는 단서 또는 손실이 있는 단서를 식별하는 학습 속도를 예측하는지 살펴보았다. 그 결과 BAS의 하위척도인 보상반응성은 보상이 기대되는 단서에 대한 학습 속도를 예측한 반면, BIS 척도 점수는 처벌이 기대되는 단서에 대한 학습 속도를 예측하였다. 이 결과는 보상에 대한 민감성이 높은 사람들은 보상이 주어지는 단서를 더 빠르게 학습하는 반면, 처벌 민감성이 높은 사람들은 처벌이 주어지는 단서를 더 빠르게 학습한다는 것을 나타낸다. 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 분노얼굴과 짝지어진 과제를 더 빠르게 학습한다는 것은 분노얼굴이 잠재적 보

상을 신호하기 때문일 수 있다는 것이다.

#### 무의식적·자동적 조절

위에서 살펴본 연구들 중 식역하로 제시된 분노나 공포 얼굴에 대한 테스토스테론의 효과는 위협단서에 대한 무의식적이고 자동적인 테스토스테론의 반응을 나타낸다. 구체적으로 테스토스테론 수준이 높을 때, 분노 얼굴에 대한 자동적이고 주의 편향된 경계는 증가하는 반면 공포 얼굴에 대해서는 자동적이고 주의 편향된 경계가 감소한다는 것이다. 이들 결과는 테스토스테론이 무의식적인 양식으로 행동에 가담하는 일반적인 동기를 증가시킬 가능성이 있다는 것을 나타낸다(van Honk et al., 2005). 이를 뒷받침하는 증거로는 먼저 성선기능부전(hypogonadism) 환자를 대상으로 한 연구에서 찾아볼 수 있다. 성선기능부전은 테스토스테론의 합성 장애로 인해 혈중 테스토스테론 수준이 낮은 것을 말한다. 이들 성선기능부전 환자들의 테스토스테론 부족은 무관심과 낮은 수준의 동기와 관계가 있다(Tostain & Blanc, 2008). 또 다른 한 연구에서는 보상 자극에 대한 점화가 없는데도 불구하고 위약조건과 비교하여 테스토스테론 처치 조건에서 식역하로 제시된 행동(단어로 제시)을 수행하고자하는 동기를 유의미하게 증가시켰다(Aarts & van Honk, 2009). 이들 결과는 테스토스테론이 무의식적 동기의 근원일 가능성이 있다는 것을 나타낸다.

무의식적으로 유발되는 접근/회피 동기는 진화론적 개념을 시사한다. 사회적 신호 기능으로서의 분노표정은 서열경쟁에서 경쟁자의 도전에 대한 반응을 위해 진화된 적응적 반응일 가능성이 있다(Mazur & Booth, 1998; van Honk et al., 2001). 즉 인간은 사회적 위협 자

극에 대한 얼굴표정을 만들어내기 위해 유전적으로 준비되어 있고, 자각자는 이것을 자동적으로 해독하고 뒤이은 행동적 반응을 만들어 낸다는 것이다(Öhman, 2002). 위계적 사회 시스템에서, 서열경쟁에서의 성공은 배우자 생취와 자손 부양을 위해 필요한 물질적 자원으로의 우선 접근을 보장하기 때문에 생존과 번식성공에 중요한 역할을 한다(Buss, 2004). 이런 이유로 우위경쟁의 신호에 대한 무의식적이고 자동적인 반응은 적응된 인간의 마음일 가능성이 높다(Hogan & Hogan, 1991; Wright, 1994). 따라서 우위경쟁을 신호하는 분노 얼굴에 대한 자각자의 정서반응은 역제가 어려운 무의식적이고 자동적으로 작동되도록 진화되어온 적응 반응일 가능성이 있다는 것이다.

### 신경생리학적 반응

사회적 위협 자극에 노출될 때 행동적 접근/회피 경향성이 테스토스테론 수준에 따라 다르게 조절된다는 것은 접근/회피동기체계를 구성하고 있는 뇌 영역들의 활성이 테스토스테론 수준에 따라 다르게 조절될 가능성을 시사한다. 따라서 본 연구는 뇌 영상 연구들을 바탕으로 테스토스테론이 어떤 신경경로를 통해 행동적 접근/회피를 조절하는지에 대해 세 가지 측면에서 살펴볼 것이다: (1) 보상 시스템을 매개로한 테스토스테론의 효과, (2) 사회적 위협 자극에 대한 동기네트워크의 반응성 조절, 그리고 (3) 사회적 위협 자극에 대한 생리적 반응성 조절.

### 보상시스템을 매개로한 테스토스테론의 효과

중뇌로부터 선조체와 전전두피질로의 도파민 투사는 보상으로의 접근행동에 주요한 역할을 한다. 따라서 도파민 분비가 사고와 행동을 촉발시킬 수 있는 접근동기를 제공한다면, 그리고 테스토스테론이 이런 도파민 시스템의 반응성을 조절할 수 있다면, 테스토스테론은 도파민 시스템을 매개로 보상민감성을 높여 행동적 접근 경향성을 증가시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

### 태내 테스토스테론

Lombardo 등(2012)은 아동을 대상으로 태내 테스토스테론(양수로부터 측정)이 긍정적 또는 부정적 정서를 유발하는 얼굴표정에 대한 신경반응과 행동적 접근/회피 경향성을 예측하는지 살펴보았다. 접근/회피 경향성은 부모가 평가한 BAS/BIS 척도로 평가하였다. 그 결과 태내 테스토스테론 수준과 BAS 척도 점수 간의 직접적 관계성은 관찰되지 않았다. 하지만 테스토스테론과 BAS 척도 점수와의 관계는 보상시스템의 활성화에 의해 매개되었다. 즉 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출되었던 아동들이 부정적 단서에 비해 긍정적 단서에 더 크게 반응하였으며, 이때 보상 자극에 대한 정보를 처리하는 뇌 영역(예, 미상핵, 피각, 측핵)의 활성을 선택적으로 높이는 것으로 나타났다. 또한 보상과 관련된 뇌 영역이 크게 활성화된 아동일수록 BAS 척도 점수가 더 높은 것으로 나타났다. 이 결과는 Beaver와 동료들(2006)의 연구 결과와도 일치한다. 즉 남녀 참가자들이 보상단서(예, 식욕을 돋우는 음식)에 노출되었을 때 보상관련 신경네트워크(안와전두피질, 편도체, 복측선조체, 중뇌의 흑질과

복측피개영역)가 활성화 되었으며, 이때 보상 관련 신경네트워크의 활성화의 크기는 BAS 척도 점수(적극적 보상 추구)와 정적으로 상관되어 있었다.

따라서 이들 결과는 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출되었던 사람들이 보상 단서에 더 크게 반응할 뿐만 아니라 보상 단서로 접근할 가능성도 더 높다는 것을 나타낸다. 따라서 태내 테스토스테론이 보상시스템을 매개로 출생 후 행동적 접근 경향성에 영향을 미친다는 것은 동기체계의 태아 프로그래밍 효과(fetal programming: 태내 환경에 적응하여 뇌와 여러 기관들의 조직과 기능을 조절하는 조직화효과)를 반영할 가능성이 있다. 즉 태내 테스토스테론이 보상과 정서조절의 기저를 이루는 신경회로의 발달에 영향을 주고, 출생 후 접근/회피 행동에 영향을 줄 수 있다는 것이다.

### 순환 테스토스테론

접근 경향성의 개인 간 변이는 태내 테스토스테론의 조직화 효과뿐만 아니라 순환 테스토스테론이 보상시스템에 작용하여 그 효과를 나타낼 수 있다는 것을 보여주는 최근 연구들이 있다. Op de Macks와 동료들(2011)은 남녀 청소년들이 보상의 결과에 반응하여 나타나는 보상시스템의 활성화가 순환 테스토스테론 수준에 따라 다르게 나타나는지 살펴보기 위해 잭팟 도박과제를 수행하는 동안 뇌 영상(fMRI)을 촬영하였다. 그 결과 금전적 보상을 받을 때 순환 테스토스테론의 수준이 높은 남녀 청소년들이 낮은 청소년들에 비해 측핵을 포함하는 복측선조체의 반응성이 더 크게 나타났다. Forbes와 동료들(2010)의 연구에서도 정답 맞추기 과제(guessing task)에서 과제 수행 후 주어

질 금전적 보상에 대한 기대가 있을 때 순환 테스토스테론의 수준이 높은 남자 청소년들이 낮은 남자 청소년들보다 복측선조체의 활성화가 더 크게 증가하는 것으로 나타났다. 이들 결과는 순환 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 보상 민감성이 더 높다는 것을 나타낸다. 보상은 접근행동을 유발하기 때문에 순환 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 보상단서로 접근할 가능성이 더 높다는 것을 나타낸다.

### 외인성 테스토스테론

외인성 테스토스테론 처치 연구들은 테스토스테론이 보상시스템을 매개로 보상민감성을 증가시킬 수 있다는 인과적 추론을 가능하게 하였다. Hermans와 동료들(2010)은 금전적 보상지연 과제를 이용하여 테스토스테론 처치 조건과 위약 조건에서 금전적 보상에 대한 기대가 보상시스템의 반응성에 영향을 주는지 살펴보았다. 그 결과 위약조건과 비교하여 테스토스테론 처치 조건에서 측핵을 포함하는 복측선조체의 신경반응이 더 크게 활성화되는 것으로 나타났다. 테스토스테론 처치 조건과 위약조건에서 보상시스템의 활성화의 크기가 다르다는 것은 일시적으로 증가한 순환 테스토스테론이 도파민 시스템에 작용하여 그 반응성을 증대시킬 수 있다는 것을 나타낸다. 테스토스테론 처치 후 나타나는 보상시스템의 과반응성은 위에서 살펴본 테스토스테론 처치 후 나타나는 행동적 패러다임에서 관찰된 보상 민감성의 증가를 잘 설명한다. 이들 결과는 테스토스테론이 직접적으로 보상민감성을 높인다기보다는 보상시스템에 작용하여 도파민 분비를 증가시킴으로서 보상민감성을 높이고, 이것이 다시 행동적 접근 경향성을 높일

수 있다는 것을 나타낸다.

테스토스테론이 실제로 도파민성 뉴런에 작용하여 도파민 분비를 촉진하고, 보상 단서로의 접근성을 높인다는 것은 많은 동물연구에서 증명되었다(심경옥, & 전우영, 2015). 예를 들어 쥐들을 거세시키고 도파민의 재흡수를 막았을 때, 테스토스테론 처치 집단이 통제집단에 비해 도파민성 뉴런으로부터 더 많은 도파민을 분비하는 것으로 나타났다(Shemisa, Kunnathur, Liu, Salvaterra, & Dluzen, 2006). 선조체와 측핵에 미세투석탐침(microdialysis)을 연결하여 테스토스테론 처치집단과 통제집단의 도파민의 분비량을 비교한 연구에서도 테스토스테론을 처치 받은 쥐들이 통제집단에 비해 선조체와 측핵에서 더 많은 양의 도파민이 분비되었다(de Souza Silva, Mattern, Topic, Buddenberg, & Huston, 2009). 또한 쥐들은 테스토스테론을 자가 투약하고(DiMeo & Wood, 2004), 이런 효과가 도파민 수용체 길항제에 의해 차단될 수 있다(Schroeder & Packard, 2000). 이들 결과는 다른 중독성 약물과 마찬가지로 테스토스테론이 중변연도파민 시스템에 작용하여 도파민의 반응성을 조절할 수 있다는 것을 나타낸다(Wood, 2008). 따라서 테스토스테론이 보상시스템을 매개로 보상민감성을 조절할 수 있고, 이것이 다시 행동적 접근 또는 회피로 나타날 수도 있다는 것이다.

#### 사회적 위협 자극에 대한 동기체계의 반응성 조절

테스토스테론은 또한 사회적 위협 자극에 대한 동기회로의 활성을 조절하여 접근/회피를 다르게 조절할 수 있는 것으로 보인다. 이런 논지를 지지하는 증거는 사회적 위협 자극

에 노출될 때 접근/회피 동기 체계를 구성하고 있는 뇌 구조물들의 활성이 테스토스테론 수준에 따라 다르게 나타난다는 연구들에서 살펴볼 수 있다.

#### 순환 테스토스테론

Hermans과 동료들(2008)은 뇌 영상촬영(fMRI)을 이용하여 분노 얼굴에 노출되었을 때, 여성들의 순환 테스토스테론 수준이 동기회로를 구성하고 있는 뇌 구조물들의 반응성에 영향을 미치는지 살펴보았다. 분노얼굴과 행복얼굴을 번갈아가며 대비되게 노출되었을 때 여성들은 사회적 위협을 신호하는 분노얼굴에 선택적으로 더 크게 반응하였으며 이때 동기회로를 구성하고 있는 뇌 구조물들이 활성화되었다. 즉 분노얼굴에 반응하여 정서관련 정보를 제공하는 편도체와 원초적이고 본능적으로 동기화되는 행동과 관련된 정보를 제공하는 시상하부가 활성화 되었다. 또한 이들 뇌 구조물들의 활성이 테스토스테론과 코르티솔의 비율에 따라 다르게 나타났다. 즉 코르티솔에 비해 순환 테스토스테론 수준이 높은 참가자들이 사회적 위협을 신호하는 분노얼굴에 편도체와 시상하부가 더 크게 활성화되었다. 높은 수준의 테스토스테론과 낮은 수준의 코르티솔은 높은 분노와 높은 접근경향성 그리고 낮은 불안과 낮은 회피경향성과 관련이 있다(Putaman et al., 2004; van Honk et al., 1998; Wirth & Schultheiss, 2007). 또한 분노얼굴에 반응하여 나타나는 높은 편도체의 활성은 BAS의 보상욕구 하위척도 점수와 직접적인 관계성이 있었다(Beaver, Lawrence, Passamonti, & Calder, 2008). 구체적으로 슬픔이나 중립 얼굴과 비교하여 분노 얼굴에 노출될 때, 편도체의 활성은 증가하였으며, 이때 증가한 편도체

의 활성화는 접근동기체계 척도 점수와 정적으로 상관되어 있었다. 이들 결과는 순환 테스토스테론이 공격성이나 우위도전을 신호하는 분노얼굴에 대한 반응으로 편도체의 활성화는 높이고, 이것이, 다시, 공격적인 접근 행동에 가담할 가능성을 증가시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

안드로젠 수용체들이 위치해있는 편도체는 정서정보 처리의 기저를 이루는 신경회로의 핵심 노드로서 행동적 접근이나 회피 반응에 관여한다(Bechara, Damasio, Damasio, & Lee, 1999; Nelson et al., 2005). 편도체는 또한 공격적 행동을 조절하고, 위협자극에 의한 편도체의 활성화는 투쟁(접근) 또는 도피(회피) 행동을 유발한다(Whalen et al., 2001; Öhman, 2002). 따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들에게서 관찰되는 분노얼굴에 대한 증가한 편도체의 신경반응은 사회적 위협에 대한 높은 경계반응 반응을 나타내고, 이런 높은 경계반응은 공격적인 접근 행동 가능성을 높일 수 있다는 것을 나타낸다. 즉 분노 얼굴에 대한 증가한 편도체의 반응은 사회적 도전이나 도발 신호에 대한 경계반응을 높여 접근할 가능성을 증가시킬 수 있다는 것이다.

#### 외인성 테스토스테론

테스토스테론 처치 연구는 동기회로를 구성하고 있는 뇌 구조물들의 반응성이 테스토스테론 수준에 따라 다르게 조절될 수 있다는 인과적 증거를 제시하였다. 순환 테스토스테론의 결과와 마찬가지로 Hermans과 동료들(2008)의 연구에서 위약조건과 비교하여, 테스토스테론 처치 조건에서 분노얼굴에 대한 편도체와 시상하부가 더 크게 활성화 되었다. 즉 소량의 테스토스테론 투약이 분노얼굴에

대한 편도체와 시상하부의 활성을 증가시켰다는 것이다. 이 결과는 일시적으로 높아진 테스토스테론이 동기회로를 구성하고 있는 주요 뇌구조물인 편도체와 시상하부를 활성화시켜 접근 경향성을 증가시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

홍미롭게도, Beaver와 동료들(2008)의 연구에 의하면, 중립적이거나 슬픔을 나타내는 얼굴에 비해 분노를 표현하는 얼굴에 노출되었을 때 편도체의 활성화는 증가하는 반면, 복측전대상피질(ventral anterior cingulate cortex)의 활성화는 감소하였으며, 이들 뇌 영역의 활성화의 크기는 BAS 척도 점수와 상관이 있었다. 이런 증가한 편도체 활성화와 감소한 복측전대상피질의 활성화는 공격적 접근행동과 관련이 있다. 즉 분노와 같은 사회적 위협단서를 처리하는 동안 안와전두피질과 편도체 간의 기능적 연결(정서적 의사결정에 관여)이 약화되는 것은 반응적 공격에 가담할 가능성이 높아진다는 것을 의미한다(Carre, McCormick, & Hariri, 2011). 실제 공격성 경험도 이와 유사한 패턴 보인다(Dougherty et al., 2004). 예를 들어, 테스토스테론 처치가 자기조절과 충동성 제어에 관여하는 안와전두피질(orbitofrontal cortex)과 공격성에 관여하는 편도체 사이의 기능적 연결을 약화시키기도 한다(van Wingen, Mattern, Verkes, Buitelaar, & Fernández, 2010). 뇌파기록장치(EEG)를 이용하여 테스토스테론 처치 조건과 위약 조건에서 피질과 피질하 영역의 뇌 활성을 평가한 연구에서도 이와 동일한 결과를 보고하였다(Schutter & van Honk, 2004). 즉 위약 조건에서는 피질과 피질하 영역 활성화 간의 정적 상관관계가 관찰 되는 반면, 테스토스테론 처치 조건에서는 피질하 영역의 활성화가 더 크게 증가함으로써 피질과 피질하 영역 활성화간



의 정적 관계성이 사라졌다. 이것은 증가한 편도체의 활성화로 인해 공격적 반응을 제어하는 전전두피질의 관여가 상대적으로 약화되었다는 것을 반영한다. 이들 결과는 테스토스테론 처치가 피질과 피질하 영역들 간의 기능적 상호 간섭을 감소시키고, 이로 인해 높은 수준의 테스토스테론은 동기적 측면에서 행동적 회피에서 행동적 접근으로 변화시킬 수 있다는 것을 나타낸다.

#### 사회적 위협 자극에 대한 생리적 반응성 조절

위협정보를 처리하는 신경네트워크의 활성화와 마찬가지로 이에 대한 생리학적 메커니즘 또한 테스토스테론에 의해 동일한 방식으로 영향을 받는다. 즉 테스토스테론이 사회적 위협자극에 대한 생리적 반응을 조절하여 행동적 접근 경향성은 높이고 회피 경향성은 감소시킬 수 있다는 것이다. 이에 대한 증거는 테스토스테론이 교감신경계를 조절하여 접근/회피 경향성에 영향을 줄 수 있다는 연구에서 찾아볼 수 있다.

#### 외인성 테스토스테론

공포자극에 대한 생리적 반응은 교감신경계의 활성을 반영하는 땀 분비와 심장박동으로 측정할 수 있다. 위에서 살펴본 Hermans과 동료들(2007)의 실험에서 놀람반사와 마찬가지로 모든 여성들은 중립적 정서 자극과 비교하여 각성 수준이 높은 부정적 정서 자극에 피부전도 반응이 더 큰 것으로 나타났다. 피부전도 반응은 피부에 미세한 수분을 감지하는 것으로 땀의 양으로 정서변화를 측정한다. 정서적 그리고 생리적 각성을 일으키는 자극에 노출될 때 전기전도가 더 높게 나타난다. 하지만

위약조건과 비교하여 테스토스테론 투약 조건에서 부정적 정서 자극에 대한 피부전도 반응이 약화되었다. 부정적 자극에 노출될 때 테스토스테론 투약이 피부전도 반응을 약화시킨다는 결과는 테스토스테론이 교감신경계에 작용하여 스트레스 반응을 하향 조절할 수 있다는 것을 시사한다.

테스토스테론 투약이 스트레스 반응을 감소시킨다는 결과는 테스토스테론이 여러 경로를 통해 스트레스 시스템에 영향을 주기 때문으로 보인다. 구체적으로, 테스토스테론은 스트레스에 대한 반응성과 스트레스 호르몬인 코르티솔의 분비를 조절하는 시상하부-뇌하수체-부신(hypothalamic-pituitary-adrenal, HPA) 축을 하향 조절하여(Viau, 2002) 공포반응을 감소시키는 것으로 보인다. 예를 들어, 남성의 경우 테스토스테론 처치는 부신피질자극호르몬(ACTH)에 대한 부신의 민감성을 감소시켜 코르티솔 분비를 감소시킨다(Rubinow et al., 2005). 동물 연구들은 이들 관계에 대한 직접적인 증거를 제시하였다. 거세된 쥐들이 통제집단의 쥐들에 비해 스트레스 자극에 대해 부신피질자극 호르몬과 코르티솔을 더 많이 분비하였다(Handa et al., 1994). 즉 스트레스 호르몬의 분비를 억제하는 테스토스테론이 없기 때문에 코르티솔이 더 많이 분비된다는 것이다. 또한 통제집단과 비교하여, 100일 동안 소량의 테스토스테론을 매일 주사 받은 암소들이 공포를 유발하는 사건(예, 사람이 접근, 놀라게 하는 사건)에 노출되었을 때 코르티솔이 더 적게 분비되었다(Boissy & Bouissou, 1994). 또한 부신피질자극호르몬 투약으로 부신피질을 자극했을 때, 통제집단의 코르티솔 수준이 테스토스테론 처치 집단의 코르티솔 수준보다 2배나 더 높았다. 이들 결과는 테스토스테론이

코르티솔 분비를 감소시켜 공포반응을 하향 조절할 수 있다는 것을 나타낸다.

van Honk와 동료들(2001)은 중립, 행복, 그리고 분노 얼굴에 노출되었을 때 참가자들의 심장박동을 측정하였다. 그 결과 중립과 행복 얼굴에 대해서는 테스토스테론 처치조건과 위약조건 간에 심장박동의 차이가 없었다. 반면 분노 얼굴에 대해서는 자극에 노출된 후 4초 이내에 심장박동은 최고점에 도달 하였으며, 이 때 위약에 비해 테스토스테론 투약조건에서 심장박동이 더 크게 증가하였다. 심장박동의 증가는 예상되는 위협(분노 또는 공포)에 대한 생리학적 방어 반응을 나타낸다. 즉 심장박동 증가는 공격성향과 투쟁에 대한 준비를 나타내거나 또는 공포와 도주를 위한 준비와 관련이 있다. 즉, 분노와 공포 반응 둘 다 심장박동의 증가를 유발한다는 것이다. 따라서 심장박동의 증가만으로 이것이 분노로 인한 것인지 공포로 인한 것인지를 구별하기는 어렵다는 것이다. 하지만 높은 수준의 테스토스테론과 관련이 있는 높은 분노와 공격성 그리고 낮은 공포와 불안을 고려해보면, 테스토스테론 투약 후 관찰되는 분노 얼굴에 대한 심장박동의 증가는 공포반응이 아니라 공격성 상승으로 인한 것으로 볼 수 있다.

이를 뒷받침하는 증거로는 위에서 살펴본 바와 같이 소량의 테스토스테론 투약 후 보여주는 분노얼굴에 대한 증가한 주의반응(Terburg et al., 2012)과 증가한 편도체의 활성화(Hermans et al., 2008)에서 찾아볼 수 있다. 또한 코르티솔에 비해 순환 테스토스테론 수준이 높은 참가자들이 분노얼굴에 편도체와 뇌간이 더 크게 활성화되었다(Hermans et al., 2008). 뇌간은 편도체와 신경연결을 가지고 있으며 심장박동을 제어한다. 따라서 테스토스

론 투약 후 나타나는 분노얼굴에 대한 심장박동의 증가는 테스토스테론이 우월행동과 공격적 성향을 고무시키기 때문에 나타난다고 볼 수 있다.

## 결 론

본 연구는 테스토스테론이 행동적 측면에서 어떤 방식으로 그리고 신경생리학적 측면에서 어떤 신경경로를 통해 접근/회피 경향성에 영향을 미치는지에 대해 살펴보았다. 먼저 행동적 측면에서 테스토스테론은 사회적 위협 자극에 대한 정서반응을 조절하여 접근 경향성은 높이고 회피 경향성은 약화시킬 수 있다. 또한 사회적 위협 자극의 보상특성에 대한 민감성은 높이고 처벌에 대한 공포는 약화시킴으로서 접근 경향성을 높이는 반면 회피 경향성은 감소시킬 수 있다. 다음으로 신경생리학적 측면에서 테스토스테론은 보상시스템을 매개하거나 위협자극에 대한 동기체계와 생리적 반응을 조절하여 접근 동기는 높이고 회피 동기는 낮게 할 수 있다. 또한 테스토스테론 처치 연구 결과는 정서 기능과 접근/회피 동기는 테스토스테론의 작은 변화에도 영향을 받을 수 있다는 것을 보여주었다. 또한 인간의 사회적-정서적 행동에 대한 호르몬의 영향을 증명하고 행동의 기저를 이루는 신경 메커니즘에 대한 통찰을 제공하였다. 이들 결과는 테스토스테론이 신경내분비계와 상호작용하여 정서과정과 접근/회피 경향성을 조절하는 방식에 대한 우리의 이해를 한층 높일 것이다.

사회적 위협신호에 대한 증가한 주의, 위협신호에 대한 감소된 주의, 그리고 HPA 축을 하향 조절하여 불안을 감소시키는 테스토스테

론의 효과는 테스토스테론 수준과 위험행동 간의 연관성을 시사한다. 구체적으로 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 처벌에 대한 공포의 감소뿐만 아니라 주변 환경의 보상단서에 주의를 기울일 가능성이 더 높고, 이런 동기의 불균형으로 인해 사회적으로 문제가 되는 중독이나 그 외 위험행동(예. 폭력, 범죄행위 등)에 가담 할 가능성이 더 높을 수 있다는 것이다(Boissy & Bouissou, 1994; van Honk et al., 2004; van Honk & Schutter, 2007).

또한 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 분노 얼굴에 대해서는 선택적 주의를 더 많이 하는 반면 긍정적 정서나 중립얼굴에 대해서는 이런 효과가 관찰되지 않는다는 것은 상황 의존적인 테스토스테론의 특성을 반영하는 것일 수 있다. 심경옥과 전우영(2014)의 선행연구들을 리뷰한 결과에 의하면, 테스토스테론은 사회적 상황에 따라 행동을 다르게 조절하는 특성을 가지고 있다. 즉 사회적 지위에 대한 위협이 없거나 사회적 지위를 높일 수 있는 상황에서는, 공격적인 행동보다 친사회적인 행동을 한다. 하지만 사회적 지위 위협이 있을 때 테스토스테론은 공격적인 우월 행동을 촉진한다고 알려져 있다. 따라서 이들이 사회적 지위가 낮거나 보상의 쟁취가 어려운 상황에 직면한다면 이들의 높은 접근 경향성은 사회적으로 문제가 되는 여러 위험행동으로 표현될 가능성을 높일 수 있을 것이다. 또한 환경적 요인으로 자신이 경제적으로 어려움에 처해 있을 때 또는 이런 어려움으로부터 벗어나기가 힘들다고 인지할 때, 사회적으로 문제가 되는 여러 위험 자극(음주, 흡연, 도박, 약물, 인터넷 게임이나 스마트폰 중독 등)으로의 접근 가능성을 한층 더 높일 수도 있을 것

이다. 테스토스테론은 주변 환경에 존재하는 보상자극에는 더 많이 주의를 기울이고 처벌 자극은 회피하게 하는 요인이 될 수 있기 때문에, 개인이 경험하는 사회적 환경에 따라 어떻게 달라질 수 있는지 살펴보는 것은 상황 의존적 테스토스테론의 효과에 대한 이해를 한층 높일 것이다.

테스토스테론을 투약하기 전과 비교하여 투약한 후 분노얼굴에는 주의를 더 많이 주고 공포얼굴에 주의를 덜 준다는 것은 흡연과 관련한 부정적 이미지 광고의 효과에 대한 개인차를 설명할 가능성이 있다. 구체적으로, 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 동일한 금연 캠페인 광고에 노출되더라도 흡연으로 인한 잠재적 위험에 대한 지각은 낮은 반면, 흡연으로 인한 보상에는 더 민감할 수 있다는 것이다. 즉 금연 캠페인 광고의 혐오자극에는 주의를 덜 기울임으로서 미래의 잠재적 위험을 더 낮게 지각하여 금연하려는 의도를 감소시킬 수 있다는 것이다. 테스토스테론과 중독 리뷰 논문에 의하면(심경옥, 전우영, 2015), 알코올 의존 남성들 중 테내 테스토스테론 수준이 높은 남성들이 금단 중 알코올에 대한 갈망을 더 크게 경험한다(Lenz et al., 2010). 이것은 금주함으로서 얻는 이득보다는 알코올을 섭취함으로서 얻는 보상에 더 민감하다는 것을 나타낸다. 실제 접근 동기가 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 알코올에 대한 강한 욕구, 음주 의도, 그리고 알코올과 관련된 단서에 노출되는 동안 갈망을 더 많이 경험한다(Cooper, Agocha, & Sheldon, 2000; Franken, 2002). 따라서 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 동기 측면에서 잠재적 위험을 알리는 금연 광고에 노출되더라도 금연을 시도할 가능성이

낮을 뿐만 아니라 금연을 시도하더라도 성공할 확률이 낮거나 또는 금연과 재 금연의 과정을 여러 차례 반복할 가능성이 높을 수 있을 것이다.

테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 분노얼굴과 짝지어진 과제를 더 빠르게 학습한다는 것은 사회적 지위 위협이 있는 환경과 중독과의 연관성을 시사한다. 구체적으로, 분노를 경험하는 여러 사회적 상황에서의 알코올이나 약물 사용과 같은 개인의 행동적 반응은 빠른 속도로 연합되어 약물의 의존행동으로 더 빠르게 진전될 수 있다는 것이다. 즉 테스토스테론 수준이 높은 사람들의 높은 접근 경향성으로 인해 반복적으로 행하던 행동이 빠르게 중독으로 발전될 가능성이 있다는 것이다. 중독은 여러 복합적인 요인들(예, 유전적, 신경생물학적, 사회적, 환경적 요인)에 의해 시작되고, 발전되며, 그리고 유지된다. 이런 이유로 효과적인 예방과 치료를 위해서는 중독의 취약성을 높이는 요인들을 살펴보고 개개인에게 적합한 치료법을 찾는 것이 중요하다 할 것이다. 따라서 접근/회피 동기에 대한 테스토스테론의 효과를 규명하는 것은 중독 취약성과 중독 예방을 이해하는데 도움이 될 것이다.

높은 수준의 테스토스테론과 관련 있는 분노가 사회적으로 문제가 되는 여러 위험행동과만 관련이 있는 것은 아니다. 분노는 희망을 촉발시켜 부정적 상황을 바로잡기 위한 개인의 노력을 촉진할 수도 있다(Harmon-Jones, Sigelman, Bohlig, & Harmon-Jones, 2003). 동일하게 분노를 유발하는 환경적 단서에 노출되더라도 노력해서 보상을 쟁취할 수 있다고 지각하는 것과 노력이 쓸모없다고 지각하는 것은 다른 결과를 만들어 낼 수 있다는 것이다.

Harmon-Jones와 동료들(2003)의 연구에 의하면, 개인이 분노를 유발하는 상황을 개선하기 위해 자신들이 아무것도 할 수 없다고 믿을 때와 비교하여 개선할 수 있다고 믿을 때 좌뇌 전두피질의 활성화(EEG로 측정)가 더 크게 나타났다. 이 결과는 분노를 유발하는 상황을 해결할 수 있다는 희망이 좌뇌 전두피질 활성을 증가시킬 수 있다는 것을 보여주는 것이다. 따라서 분노를 유발하는 상황을 해결할 수 있다는 기대와 관련 있는 분노는 희망(높은 대처 잠재력, 목표 회복 가능성, 파워, 그리고 효능감과 관련)이라는 긍정적 정서를 촉발시킬 수 있고, 이런 희망이, 다시, 부정적인 상황을 바로잡기 위한 개인의 적극적 접근 행동(노력)을 촉진시킬 수 있다는 것이다. 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 분노를 유발하는 사회적 상황에 직면하더라도 자신들이 노력해서 보상을 쟁취할 수 있다고 지각하는 경우는 이들의 공격적인 우월 행동이 사회적 성공을 쟁취하는데 도움이 되기도 할 수 있다는 것이다.

동기의 성차에 대한 시사점이 있다. 남녀의 테스토스테론과 공격성이나 우위 간의 연관성에 대한 연구 결과들과 마찬가지로 테스토스테론과 분노얼굴에 대한 반응 패턴 또한 남녀가 동일하였다. 즉 남녀의 테스토스테론은 동일한 방식으로 분노얼굴에 대한 반응성에 영향을 준다는 것이다. 그렇다면 남자가 여자에 비해 테스토스테론 수준이 월등히 높을 뿐만 아니라 동기의 성차에도 불구하고 분노얼굴에 대한 반응 패턴이 동일한 이유는 무엇인가? 가능한 설명으로는 남녀의 테스토스테론과 공격성과 우위 간의 정적관계성과 마찬가지로 동기 또한 각 성별 내에서 상대적으로 테스토스테론 수준이 높은 남자가 낮은 남녀에 비해

분노얼굴에 대한 접근경향성이 더 높다는 것을 나타낸다. 둘째, 사회문화적 학습이 정서표현의 남녀 차이를 선택적으로 다르게 강화했기 때문으로도 볼 수 있다(Bradley, Codispoti, Sabatinelli, & Lang, 2001).

### 참고문헌

- 심경옥, 전우영 (2014). 손가락의 사회심리학: 2D:4D와 사회적 행동의 관계. *한국심리학회지: 사회 및 성격*, 28, 1-21.
- 심경옥, 전우영 (2015). 테스토스테론과 중독. *한국심리학회지: 인지 및 생물*, 27, 321-353.
- Aarts, H., & Van Honk, J. (2009). Testosterone and unconscious positive priming increase human motivation separately. *Neuroreport*, 20, 1300-1303.
- Aikey, J. L., Nyby, J. G., Anmuth, D. M., & James, P. J. (2002). Testosterone rapidly reduces anxiety in male house mice (*Mus musculus*). *Hormones and Behavior*, 42, 448-460.
- Alcaro, A., Huber, R., & Panksepp, J. (2007). Behavioral functions of the mesolimbic dopaminergic system: an affective neuroethological perspective. *Brain Research Reviews*, 56, 283-321.
- Archer, J. (2006). Testosterone and human aggression: an evaluation of the challenge hypothesis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 30, 319-345.
- Arias-Carrión, Ó., & Pöppel, E. (2007). Dopamine, learning, and reward-seeking behavior. *Acta Neurobiologica Experimentalis*, 67, 481-488.
- Arnold, A. P. (2009). The organizational-activational hypothesis as the foundation for a unified theory of sexual differentiation of all mammalian tissues. *Hormones and Behavior*, 55, 570-578.
- Barrett, E. S., Tran, V., Thurston, S., Jasienska, G., Furberg, A. S., Ellison, P. T., & Thune, I. (2013). Marriage and motherhood are associated with lower testosterone concentrations in women. *Hormones and Behavior*, 63, 72-79.
- Beaver, J. D., Lawrence, A. D., Passamonti, L., & Calder, A. J. (2008). Appetitive motivation predicts the neural response to facial signals of aggression. *The Journal of Neuroscience*, 28, 2719-2725.
- Beaver, J. D., Lawrence, A. D., van Ditzhuijzen, J., Davis, M. H., Woods, A., & Calder, A. J. (2006). Individual differences in reward drive predict neural responses to images of food. *The Journal of Neuroscience*, 26, 5160-5166.
- Bechara, A., Damasio, H., Damasio, A. R., & Lee, G. P. (1999). Different contributions of the human amygdala and ventromedial prefrontal cortex to decision-making. *The Journal of Neuroscience*, 19, 5473-5481.
- Boissy, A., & Bouissou, M. F. (1994). Effects of androgen treatment on behavioral and physiological responses of heifers to fear-eliciting situations. *Hormones and Behavior*, 28, 66-83.
- Bradley, M. M., Codispoti, M., Sabatinelli, D., & Lang, P. J. (2001). Emotion and motivation II: sex differences in picture processing.

- Emotion*, 1, 300-319.
- Buss, D. M. (2004). *Evolutionary Psychology: the new science of the mind*. Pearson Education, Inc.
- Calder, A. J., Ewbank, M., & Passamonti, L. (2011). Personality influences the neural responses to viewing facial expressions of emotion. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 366, 1684-1701.
- Carre, J. M., McCormick, C. M., & Hariri, A. R. (2011). The social neuroendocrinology of human aggression. *Psychoneuroendocrinology*, 36, 935-944.
- Carver, C. S. (2004). Negative affects deriving from the behavioral approach system. *Emotion*, 4, 3-22.
- Carver, C. S., & Harmon-Jones, E. (2009). Anger is an approach-related affect: evidence and implications. *Psychological Bulletin*, 135, 183-204.
- Carver, C. S., & White, T. L. (1994). Behavioral inhibition, behavioral activation, and affective responses to impending reward and punishment: the BIS/BAS scales. *Journal of Personality and Social Psychology*, 67, 319.
- Chambers, R. A., Taylor, J. R., & Potenza, M. N. (2003). Developmental neurocircuitry of motivation in adolescence: a critical period of addiction vulnerability. *American Journal of Psychiatry*, 160, 1041-1052.
- Cooper, M. L., Agocha, V. B., & Sheldon, M. S. (2000). A motivational perspective on risky behaviors: The role of personality and affect regulatory processes. *Journal of Personality*, 68, 1059-1088.
- Cornell, D. G., Warren, J., Hawk, G., Stafford, E., Oram, G., & Pine, D. (1996). Psychopathy in instrumental and reactive violent offenders. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 64, 783-790.
- de Souza Silva, M. A., Mattern, C., Topic, B., Buddenberg, T. E., & Huston, J. P. (2009). Dopaminergic and serotonergic activity in neostriatum and nucleus accumbens enhanced by intranasal administration of testosterone. *European Neuropsychopharmacology*, 19, 53-63.
- Derntl, B., Windischberger, C., Robinson, S., Kryspin-Exner, I., Gur, R. C., Moser, E., & Habel, U. (2009). Amygdala activity to fear and anger in healthy young males is associated with testosterone. *Psychoneuroendocrinology*, 34, 687-693.
- Dimberg, U., & Öhman, A. (1996). Behold the wrath: Psychophysiological responses to facial stimuli. *Motivation and Emotion*, 20, 149-182.
- DiMeo, A. N., & Wood, R. I. (2004). Circulating androgens enhance sensitivity to testosterone self-administration in male hamsters. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, 79, 383-389.
- Dougherty, D. D., Rauch, S. L., Deckersbach, T., Marci, C., Loh, R., Shin, L. M., ... & Fava, M. (2004). Ventromedial Prefrontal Cortex and Amygdala Dysfunction During an AngerInduction Positron Emission Tomography Study in Patients With Major DepressiveDisorder With Anger Attacks. *Archives of General Psychiatry*, 61, 795-804.
- Fernández-Guasti, A., & Martínez-Mota, L. (2005). Anxiolytic-like actions of testosterone in the burying behavior test: role of androgen

- and GABA-benzodiazepine receptors. *Psychoneuroendocrinology*, 30, 762-770.
- Fernie, G., Cole, J. C., Goudie, A. J., & Field, M. (2010). Risk-taking but not response inhibition or delay discounting predict alcohol consumption in social drinkers. *Drug and Alcohol Dependence*, 112, 54-61.
- Forbes, E. E., Ryan, N. D., Phillips, M. L., Manuck, S. B., Worthman, C. M., Moyles, D. L., ... & Dahl, R. E. (2010). Healthy adolescents' neural response to reward: associations with puberty, positive affect, and depressive symptoms. *Journal of the American Academy of Child & Adolescent Psychiatry*, 49, 162-172.
- Franken, I. H. (2002). Behavioral approach system (BAS) sensitivity predicts alcohol craving. *Personality and Individual Differences*, 32, 349-355.
- Gray, J. A. (1990). Brain systems that mediate both emotion and cognition. *Cognition & Emotion*, 4, 269-288.
- Gray, P. B., Kahlenberg, S. M., Barrett, E. S., Lipson, S. F., & Ellison, P. T. (2002). Marriage and fatherhood are associated with lower testosterone in males. *Evolution and Human Behavior*, 23, 193-201.
- Handa, R. J., Nunley, K. M., Lorens, S. A., Louie, J. P., McGivern, R. F., & Bollnow, M. R. (1994). Androgen regulation of adrenocorticotropin and corticosterone secretion in the male rat following novelty and foot shock stressors. *Physiology & Behavior*, 55, 117-124.
- Harmon-Jones, E. (2003). Anger and the behavioral approach system. *Personality and Individual Differences*, 35, 995-1005.
- Harmon-Jones, E. (2007). Trait anger predicts relative left frontal cortical activation to anger-inducing stimuli. *International Journal of Psychophysiology*, 66, 154-160.
- Harmon-Jones, E., & Peterson, C. K. (2008). Effect of trait and state approach motivation on aggressive inclinations. *Journal of Research in Personality*, 42, 1381-1385.
- Harmon-Jones, E., Sigelman, J., Bohlig, A., & Harmon-Jones, C. (2003). Anger, coping, and frontal cortical activity: The effect of coping potential on anger-induced left frontal activity. *Cognition & Emotion*, 17, 1-24.
- Hermans, E. J., Bos, P. A., Ossewaarde, L., Ramsey, N. F., Fernández, G., & Van Honk, J. (2010). Effects of exogenous testosterone on the ventral striatal BOLD response during reward anticipation in healthy women. *Neuroimage*, 52, 277-283.
- Hermans, E. J., Putman, P., Baas, J. M., Gecks, N. M., Kenemans, J. L., & Van Honk, J. (2007). Exogenous testosterone attenuates the integrated central stress response in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 32, 1052-1061.
- Hermans, E. J., Putman, P., Baas, J. M., Koppeschaar, H. P., & Van Honk, J. (2006). A single administration of testosterone reduces fear-potentiated startle in humans. *Biological Psychiatry*, 59, 872-874.
- Hermans, E. J., Ramsey, N. F., & van Honk, J. (2008). Exogenous testosterone enhances responsiveness to social threat in the neural

- circuitry of social aggression in humans. *Biological Psychiatry*, 63, 263-270.
- Horgan, R., & Hogan, J. (1991). Personality and status. In D. G. Gilbert & J. J. Connolly (Eds.), *Personality, Social Skills, and Psychopathology: An Individual Differences Approach* (pp.137-154). New York: Plenum Press.
- Kuhn, C., Johnson, M., Thoma, A., Luo, B., Simon, S. A., Zhou, G., & Walker, Q. D. (2010). The emergence of gonadal hormone influences on dopaminergic function during puberty. *Hormones and Behavior*, 58, 122-137.
- Lenz, B., Frieling, H., Jacob, C., Heberlein, A., Kornhuber, J., Bleich, S., & Hillemecher, T. (2010). The modulating effect of the androgen receptor on craving in alcohol withdrawal of men is partially mediated by leptin. *The Pharmacogenomics Journal*, 10, 226-231.
- Lenz, B., Müller, C. P., Stoessel, C., Sperling, W., Biermann, T., Hillemecher, T., ... & Kornhuber, J. (2012). Sex hormone activity in alcohol addiction: integrating organizational and activation effects. *Progress in Neurobiology*, 96, 136-163.
- Lombardo, M. V., Ashwin, E., Auyeung, B., Chakrabarti, B., Lai, M. C., Taylor, K., ... & Baron-Cohen, S. (2012). Fetal programming effects of testosterone on the reward system and behavioral approach tendencies in humans. *Biological Psychiatry*, 72, 839-847.
- Mazur, A., & Booth, A. (1998). Testosterone and dominance in men. *Behavioral and Brain Sciences*, 21, 353-363.
- Mehta, P. H., & Josephs, R. A. (2006). Testosterone change after losing predicts the decision to compete again. *Hormones and Behavior*, 50, 684-692.
- Miller, K., & Dewitte, S. (2009). The presence of aggression cues inverts the relation between digit ratio (2D: 4D) and prosocial behaviour in a dictator game. *British Journal of Psychology*, 100, 151-162.
- Nelson, E. E., Leibenluft, E., McClure, E., & Pine, D. S. (2005). The social re-orientation of adolescence: a neuroscience perspective on the process and its relation to psychopathology. *Psychological Medicine*, 35, 163-174.
- Op de Macks, Z. A., Moor, B. G., Overgaauw, S., Güroğlu, B., Dahl, R. E., & Crone, E. A. (2011). Testosterone levels correspond with increased ventral striatum activation in response to monetary rewards in adolescents. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 1, 506-516.
- Öhman, A. (1986). Face the beast and fear the face: Animal and social fears as prototypes for evolutionary analyses of emotion. *Psychophysiology*, 23, 123-145.
- Öhman, A. (2002). Automaticity and the amygdala: Nonconscious responses to emotional faces. *Current Directions in Psychological Science*, 11, 62-66.
- Putman, P., Hermans, E., & Van Honk, J. (2004). Emotional stroop performance for masked angry faces: it's BAS, not BIS. *Emotion*, 4, 305-311.
- Rabkin, J. G., Rabkin, R., & Wagner, G. (1995). Testosterone replacement therapy in HIV illness. *General Hospital Psychiatry*, 17, 37-42.
- Rubinow, D. R., Roca, C. A., Schmidt, P. J.,



- Danaceau, M. A., Putnam, K., Cizza, G., ... & Nieman, L. (2005). Testosterone suppression of CRH-stimulated cortisol in men. *Neuropsychopharmacology*, 30, 1906-1912.
- Schroeder, J. P., & Packard, M. G. (2000). Role of dopamine receptor subtypes in the acquisition of a testosterone conditioned place preference in rats. *Neuroscience Letters*, 282, 17-20.
- Schultz, W. (1999). The reward signal of midbrain dopamine neurons. *Physiology*, 14, 249-255.
- Schutter, D. J., & van Honk, J. (2004). Decoupling of midfrontal delta - beta oscillations after testosterone administration. *International Journal of Psychophysiology*, 53, 71-73.
- Shemisa, K., Kunnathur, V., Liu, B., Salvaterra, T. J., & Dluzen, D. E. (2006). Testosterone modulation of striatal dopamine output in orchidectomized mice. *Synapse*, 60, 347-353.
- Smits, D. J., & Kuppens, P. (2005). The relations between anger, coping with anger, and aggression, and the BIS/BAS system. *Personality and Individual Differences*, 39, 783-793.
- Terburg, D., Aarts, H., & van Honk, J. (2012). Testosterone affects gaze aversion from angry faces outside of conscious awareness. *Psychological Science*, 23, 459-463.
- Terburg, D., & van Honk, J. (2013). Approach - avoidance versus dominance - submissiveness: A multilevel neural framework on how testosterone promotes social status. *Emotion Review*, 5, 296-302.
- Tostain, J. L., & Blanc, F. (2008). Testosterone deficiency: a common, unrecognized syndrome. *Nature Clinical Practice Urology*, 5, 388-396.
- van Honk, J., Peper, J. S., & Schutter, D. J. (2005). Testosterone reduces unconscious fear but not consciously experienced anxiety: implications for the disorders of fear and anxiety. *Biological Psychiatry*, 58, 218-225.
- van Honk, J., & Schutter, D. J. (2007). Testosterone reduces conscious detection of signals serving social correction implications for antisocial behavior. *Psychological Science*, 18, 663-667.
- van Honk, J., Schutter, D. J., Hermans, E. J., Putman, P., Tuiten, A., & Koppeschaar, H. (2004). Testosterone shifts the balance between sensitivity for punishment and reward in healthy young women. *Psychoneuroendocrinology*, 29, 937-943.
- van Honk, J. V., Tuiten, A., de Haan, E., van de Hout, M., & Stam, H. (2001). Attentional biases for angry faces: Relationships to trait anger and anxiety. *Cognition & Emotion*, 15, 279-297.
- van Honk, J., Tuiten, A., Hermans, E., Putnam, P., Koppeschaar, H., Thijssen, J., ... & van Doornen, L. (2001). A single administration of testosterone induces cardiac accelerative responses to angry faces in healthy young women. *Behavioral Neuroscience*, 115, 238-242.
- van Honk, J., Tuiten, A., van den Hout, M., Koppeschaar, H., Thijssen, J., de Haan, E., & Verbaten, R. (1998). Baseline salivary cortisol levels and preconscious selective attention for threat: A pilot study. *Psychoneuroendocrinology*, 23, 741-747.

- van Honk, J., Tuiten, A., van den Hout, M., Koppeschaar, H., Thijssen, J., de Haan, E., & Verbaten, R. (2000). Conscious and preconscious selective attention to social threat: different neuroendocrine response patterns. *Psychoneuroendocrinology*, 25, 577-591.
- van Honk, J., Tuiten, A., Verbaten, R., van den Hout, M., Koppeschaar, H., Thijssen, J., & de Haan, E. (1999). Correlations among salivary testosterone, mood, and selective attention to threat in humans. *Hormones and Behavior*, 36, 17-24.
- van Wingen, G., Mattern, C., Verkes, R. J., Buitelaar, J., & Fernández, G. (2010). Testosterone reduces amygdala - orbitofrontal cortex coupling. *Psychoneuroendocrinology*, 35, 105-113.
- Viau, V. (2002). Functional cross talk between the hypothalamic pituitary gonadal and adrenal axes. *Journal of Neuroendocrinology*, 14, 506-513.
- Whalen, P. J., Shin, L. M., McInerney, S. C., Fischer, H., Wright, C. I., & Rauch, S. L. (2001). A functional MRI study of human amygdala responses to facial expressions of fear versus anger. *Emotion*, 1, 70-83.
- Wirth, M. M., & Schultheiss, O. C. (2007). Basal testosterone moderates responses to anger faces in humans. *Physiology & Behavior*, 90, 496-505.
- Wright, R. (1994). *The moral animal: Why we are the way we are. The new science of evolutionary psychology*. Vintage, a division of Random House, Inc.
- Wood, R. I. (2008). Anabolic - androgenic steroid dependence? Insights from animals and humans. *Frontiers in Neuroendocrinology*, 29, 490-506.
- Zak, P. J., Kurzban, R., Ahmadi, S., Swerdloff, R. S., Park, J., Efremidze, L., ... & Matzner, W. (2009). Testosterone administration decreases generosity in the ultimatum game. *PLoS One*, 4, e8330.
- Zinbarg, R. E., & Mohlman, J. (1998). Individual differences in the acquisition of affectively valenced associations. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74, 1024-1040.

1차원고접수 : 2016. 10. 10.

수정원고접수 : 2017. 04. 04.

최종게재결정 : 2017. 05. 19.

## The Ways that Testosterone Affects Approach/Avoidance

Kyungok Sim

Kyungsung University

Recently, there has been an increased interest in the way that testosterone influences behavioral approach or avoidance. This is probably because testosterone is believed to be the neurophysiological mechanisms of addiction associated with motivational imbalance and interindividual variation in other risky behaviors. Thus, this study reviewed recent literature regarding ways that testosterone affects approach or avoidance in terms of behavior and neurophysiology and discussed the implications of their findings. With regard to behavior, testosterone increases approach tendency and decreases avoidance tendency by regulating emotional responses to social threat stimuli. In terms of neurophysiology, testosterone increases behavioral approach and decreases avoidance tendency by mediating reward system or regulating motivational system and physiological response to threat stimuli. Furthermore, the findings of exogenous testosterone treatment provide insight that emotional function and behavioral approach/avoidance can be influenced by small change in testosterone levels.

*Key words* : testosterone, motivational system, reward system, approach/avoidance, social threat.