

손가락의 사회심리학: 2D:4D와 사회적 행동의 관계

심 경 옥

전 우 영[†]

충남대학교 심리학과

최근 사회적 행동과 2D:4D 비율(둘째와 넷째 손가락 길이 비율, second-to-fourth digit ratio)과의 관계에 대한 관심이 높아지고 있다. 그 이유는 2D:4D 비율을 이용하여 사회적 행동의 개인차에 대한 생물학적 근거 즉, 태내 테스토스테론의 효과를 살펴볼 수 있기 때문이다. 태내 테스토스테론은 초기 뇌 발달과 손가락 길이 패턴에 관여할 뿐만 아니라, 출생 후 행동에 결정적 영향을 미친다. 2D:4D 비율이 낮을수록 상대적으로 높은 태내 테스토스테론에 노출되었다는 것을 나타낸다. 만약 태내 테스토스테론이 초기 뇌 발달, 손가락 비율, 그리고 출생 후 행동에 주요한 역할을 한다면, 다양한 종류의 사회적 행동은 2D:4D 비율과 관계가 있을 가능성이 높다. 또한 테스토스테론이 사회적 행동의 기저가 되는 신경구조와 기능의 조직화에 관여한다면, 이들 신경네트워크는 테스토스테론 의존 행동을 유발하는 특정 자극(예, 사회적 위협, 테스토스테론 처방)에 의해 활성화될 수 있어야 되며, 그리고 그 자극에 반응하여 나타나는 사회적 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타나야 한다. 따라서 본 논문은 특정 자극에 반응하여 행동을 다르게 조절하는 2D:4D의 역할에 중점을 두고, 경제 게임(예, 신뢰 게임, 공공재 게임, 최후통첩 게임 등)을 이용하여 2D:4D와 사회적 행동(예, 사회적 협력, 위험 감수, 충동성, 그리고 공격성)과의 관련성에 대해 알아본 연구들을 살펴보았다. 또한 2D:4D, 순환 테스토스테론, 그리고 사회적 행동과의 관계에 대한 최근 연구들을 살펴보았다. 연구들은 사회적 의사결정이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여주었다. 뿐만 아니라 태내 테스토스테론은 여러 사회적 행동의 기저가 되는 신경 메커니즘을 사전 프로그래밍하고, 생리적 또는 환경적 단서에 대한 반응으로 나타나는 행동을 촉진하거나 억제하기 위해 신경과정을 선택적으로 조절하는 것으로 보인다.

주요어 : 2D:4D, 테스토스테론, 사회적 협력, 사회적 위협, 경제게임

[†] 교신저자: 전우영, 충남대학교 심리학과, 대전광역시 유성구 대학로 99, E-mail: wooyoung@cnu.ac.kr

최근 사회적 행동과 손가락 길이 패턴과의 연관성에 대한 과학적 관심이 높아지고 있다. 그 이유는 손가락 길이 패턴을 이용하여 사회적 행동에 대한 개인의 생물학적 근거 즉, 태내 테스토스테론의 효과를 살펴볼 수 있기 때문이다. 태내 테스토스테론은 태아의 뇌 발달에 관여하여 행동의 기저가 되는 신경구조와 기능을 남성형 또는 여성형으로 조직화하는 효과(organizational effect)가 있고, 출생 후 행동에 결정적인 영향을 준다고 알려져 있다(Arnold & Breedlove, 1985; Breedlove, 1994; Breedlove, 2010; Chapman et al., 2006; Geschwind & Galaburda, 1985; Lombardo et al., 2012). 또한 태아의 신경발달에 영향을 주는 바로 그 호르몬이 손가락 길이의 발달에도 영향을 미친다. 따라서 사회적 행동에 대한 태내 테스토스테론의 효과를 손가락 길이 패턴을 이용하여 간접적으로 살펴보는 것이 가능한 것이다.

둘째손가락 길이(second digit, 2D)와 넷째손가락 길이(fourth digit, 4D)의 비율(second-to-fourth digit ratio, 이하 2D:4D)은 태아가 태내에서 노출되는 주요 여성화 호르몬인 에스트로겐과 주요 남성화 호르몬인 테스토스테론의 상대적 수준에 의해 영향을 받는다(Manning et al., 1998). 구체적으로 넷째손가락 길이가 둘째손가락에 비해 길수록 태아가 에스트로겐에 비해 상대적으로 높은 수준의 테스토스테론에 노출되었다는 것을 나타낸다. 따라서 일반적으로 남성은 넷째손가락 길이가 둘째 보다 길고, 여성은 넷째손가락 길이가 둘째보다 더 짧거나 두 손가락 길이가 같다. 2D:4D 비율의 측정 방법은 손바닥을 스캔하거나 복사한 후 각 손가락의 끝 부분에서 가장 아래쪽 마디 주름까지의 길이를 0.01mm 정확도로 2회 측정한 후 그 평균값을 사용하여 비율을 계산한다(Manning, 2002).

2D:4D 비율은 모든 인종 집단에서 남녀 간의 차이가 분명한 성적이형특질(sexual dimorphic trait)이며, 남성이 여성에 비해 표준편차가 0.5 단위 정도 더 낮다(Manning, 2002; Voracek &

Loibl, 2009). 그리고 그 효과는 왼손보다 오른손에 더 크게 나타난다(Manning, 2002). 이런 2D:4D 비율의 남녀 차이는 초기 태아 발달(대략 임신 14주 전후) 동안 일어나며, 그 이후 길이는 변화가 있더라도 2D:4D 비율 값은 일생 동안 비교적 안정적으로 유지된다(Malas, Dogan, Evcil, Desdiciglu, 2006; Manning et al., 1998; McIntyre, Ellison, Lieberman, Demerath, & Towne, 2005). 또한 2D:4D 비율은 사춘기의 성호르몬 급등이나 성인의 체내 성호르몬 수준에 의해 영향을 받지 않는 것으로 알려져 있다(Manning et al., 1998). 그러므로 2D:4D 비율이 태내 성호르몬의 상대적 수준을 나타내는 간접 생물학적 지표로 사용될 수 있는 것이다.

2D:4D 비율이 태내 테스토스테론의 영향을 받는다는 주목할 만한 증거들이 있다. 첫째, Lutchmaya와 동료들(2004)들은 양수로 부터 측정된 테스토스테론과 에스트로겐의 비율과 아동의 2D:4D 비율에 대한 연구를 통해서 태내 테스토스테론의 상대적 수준이 손가락 길이 비율에 영향을 준다는 직접적인 증거를 제시하였다. 낮은 2D:4D 비율을 가진 아동일수록 양수로부터 측정된 테스토스테론의 수준이 에스트로겐에 비해 더 높은 것으로 나타났다. 둘째, 유전적 변이나 태내 이상 환경으로 인해 상대적으로 높은 태내 테스토스테론에 노출되는 사람들이 일반인들에 비해 평균적으로 더 낮은 2D:4D 비율을 가진다는 증거들이 있다. 먼저 유전적 결함으로 부신선에서 안드로젠(androgen, 테스토스테론을 포함하는 포괄적인 남성 호르몬을 지칭함)이 과잉 생산되어 상대적으로 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출되는 질병인 선천성부신과형성(congenital adrenal hyperplasia, CAH)으로 진단받은 여성과 남성이 그 첫 번째 사례이다(Berenbaum & Resnick, 1997). 선천성부신과형성인 여성들의 2D:4D 비율이 통제집단의 여성들을 비해 더 낮은 것으로 나타났다(Brown, Hines, Fane, & Breedlove, 2002; Buck, Williams, Hughes, & Acerini, 2003; Okten, Kalyoncu, & Yariş, 2002).

선천성부신과형성 남성 또한 일반 남성들에 비해 더 낮은 2D:4D 비율을 가지는 것으로 나타났다(Brown et al., 2002; Okten et al., 2002). 두 번째 사례로는, 남녀 이성 쌍둥이 중 여아는 남아 쌍둥이로부터 합성된 테스토스테론의 영향을 받아 상대적으로 높은 태내 테스토스테론에 노출되는 것으로 보인다. 이들 여아들의 2D:4D 비율이 통제 그룹의 여아들에 비해 더 낮은 것으로 나타났다(van Anders, Vernon, & Wilbur, 2006).

테스토스테론에 의해 영향을 받는 특질들은 테스토스테론의 수준뿐만 아니라 안드로젠 수용기의 활성화에 의해서도 영향을 받는다. 먼저 안드로젠 수용기 유전자의 CAG 염기서열의 길이는 개인차를 보이는데, 이 염기서열 길이가 짧을수록 테스토스테론에 대한 반응성이 더 높다는 것을 나타낸다. CAG 염기서열 길이가 짧은 안드로젠 수용기를 가진 남성들이 긴 수용기를 가진 남성들에 비해 2D:4D 비율이 더 낮은 것으로 나타났다(Butovskaya et al., 2012; Manning, Bundred, Newton, & Flanagan, 2003). 다음으로, 유전적으로는 남성(XY)이면서 외부 생식기는 여성의 모습을 하고 있는 안드로젠 둔감성 증후군(Androgen insensitivity syndrome) 남성들의 2D:4D 비율은 전형적인 여성의 비율과 비슷하다(Berenbaum, Bryk, Nowak, Quigley, & Moffat, 2009). 그 이유는 안드로젠 둔감성 증후군은 안드로젠의 양은 일반 남성과 비슷하게 생산되지만 안드로젠에 반응하는 수용기의 수가 적어 안드로젠이 제 역할을 하지 못하기 때문이다. 따라서 낮은 수준의 테스토스테론에 노출된 것과 같은 효과를 가지는 것이다. 2D:4D 비율의 분명한 남녀 성차와 더불어 이들 결과는 2D:4D 비율이 여러 다양한 사회적 행동에 대한 태내 테스토스테론의 영향을 살펴보기에 좋은 지표라는 것을 보여준다.

태내 테스토스테론이 성차를 보이는 여러 사회적 행동(예, 공격성, 위협 행동 등) 뿐만 아니라 발달장애(예, 자폐증 등), 그리고 여러 질병들(예, 생식계 질환, 암, 심장 질환 등)의 한 원인

일 수 있다는 것이 제안되어 왔다(Manning, 2011). 하지만 윤리적인 문제 때문에 태아의 테스토스테론 수준을 조작하여 그들의 미래 행동에 어떤 영향을 미치는지 관찰하는 것은 불가능하다. 태아의 테스토스테론과 에스트로겐 수준을 직접 측정하는 것 또한 쉽지 않다. 그 이유는 임신기간을 통틀어 태아의 테스토스테론을 측정하여 보관하였다가 오랜 시간 후 여러 행동과의 관계를 살펴봐야 하기 때문이다(Breedlove, 2010). 이런 연구 방법론적인 한계가 태내 테스토스테론과 여러 행동과의 관계성을 평가하는 것을 어렵게 해왔다. 하지만 Manning과 동료들(1998)이 발표한 2D:4D 비율에 대한 논문 이후로 이들 변인들과 2D:4D 비율과의 관계성을 밝히는 연구들이 활발히 진행되었고 태내 테스토스테론의 효과에 대해 예측된 것과 동일한 결과들이 보고되었다. 이런 사실은 2D:4D 비율이 태내 테스토스테론의 효과를 연구하기에 타당한 지표라는 것을 보여준다.

따라서 태내 테스토스테론이 초기 뇌 발달, 손가락 비율, 그리고 출생 후 행동에 주요한 역할을 한다면, 다양한 종류의 사회적 행동은 2D:4D 비율과 관계가 있을 가능성이 높다. 또한 태내 테스토스테론이 사회적 행동의 기저가 되는 신경구조와 기능의 조직화에 관여한다면, 테스토스테론과 연관된 행동을 유발하는 특정 자극이 존재할 때, 이 신경네트워크를 활성화할 가능성이 높으며, 그 자극에 반응하여 나타나는 사회적 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 조절될 가능성이 높다. 따라서 본 논문은 이런 논지를 뒷받침하는 최근 연구들을 두 가지 측면에서 살펴볼 것이다. 먼저, 사회적 행동과 2D:4D와의 직접적 관련성을 살펴볼 것이다. 다음으로 특정 자극에 반응하여 사회적 행동을 조절하는 2D:4D의 역할에 대해 살펴보고, 그 시사점에 대해 논할 것이다. 또한 특정 자극에 반응하여 나타나는 사회적 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 조절되는 것이 관련 신경네트워크 활성화의 차이 때문일 수 있다는 생물학적 증거를 제시할

것이다. 마지막으로, 2D:4D, 순환 테스토스테론(circulating testosterone: 혈액을 통해 이동하여 신체의 여러 기관에 영향을 미침, 기저 테스토스테론이라고도 함), 그리고 사회적 행동과의 관계에 대한 최근 연구들을 살펴보고 그 시사점에 대해 논할 것이다.

사회적 협력 행동

사회적 협력행동에 대한 태내 테스토스테론의 효과를 알아보기 위한 연구들은 의사결정을 요구하는 경제게임(예, 신뢰게임, 최후통첩게임, 공공재게임, 죄수딜레마게임, 독재자게임)에서 참여자들이 서로 협력할 것인지 배신할 것인지를 살펴보았다. 이들 게임에서 공정하고 평등한 선택을 하는 것은 다른 사람들과의 협력을 선택하는 것이다. 또한 불공정한 제안이라 할지라도 그 제안에 동의하는 것이 협력적인 행동이다. 태내 테스토스테론 수준과 공감능력의 관계를 살펴본 연구들에 의하면 태내 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에게 비해 공감능력이 더 낮은 것으로 나타났다(Chapman et al., 2006; Sapienza, Zingales, & Maestripieri, 2009). 또한 태내 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 낮은 사람들에 비해 공격적 행동을 더 많이 하는 것으로 알려져 있다(Bailey & Hurd, 2005; Coyne, Manning, Ringer, & Bailey, 2007; Gallup, White, & Gallup, 2007; Hampson, Ellis, & Tenk, 2008; Joyce et al., 2013; Manning, 2002). 높은 태내 테스토스테론 수준이 공감능력의 결여와 높은 공격성과 관계가 있다면, 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출된 사람, 즉 2D:4D 비율이 낮은 사람이 더 낮은 협력행동을 보여야 한다.

신뢰 게임(Trust Game)

De Neys, Hopfensitz, 그리고 Bonnefon(2013)는 신뢰 게임을 이용하여 사회적 협력 행동을 평가하고 2D:4D와의 관계를 살펴보았다. 신뢰 게임

은 처음 대면하는 두 사람이 상대방을 얼마나 신뢰하는지를 평가한다. 신뢰게임에서 한 참여자가 만약 상대방을 아주 신뢰한다면 실험자로부터 받은 돈 전부를 상대방에 투자하여 세배로 늘어난 돈을 반반씩 나눠가질 수 있다. 이는 두 사람 모두에게 이익이다. 하지만, 상대방을 신뢰하지 않는다면 상대방에게 소액을 투자하거나 투자하지 않을 수 있는데, 이 경우는 상대방을 신뢰하여 모두 투자하는 것 보다는 손해이다. 반대로 아주 신뢰하여 모든 돈을 투자했지만 한 푼도 돌려받지 못할 수도 있다. 이 신뢰게임에서 2D:4D 비율이 낮은 여성들이 높은 여성들에 비해 상대 게임자에게 더 적은 돈을 투자하는 것으로 나타났다. 즉 2D:4D 비율이 낮은 여성들이 상대방을 덜 신뢰하는 의사결정을 한 것이다. 신뢰는 사회적 관계를 형성하고 유지하는데 중요한 역할을 하며 협력행동을 촉진시킨다(Bos, Terburg, & van Honk, 2010; Mayer, Davis, & Schoorman, 1995). 따라서 이 결과는 2D:4D 비율이 낮은 여성들이 높은 여성들에 비해 타인에 대한 신뢰가 낮고, 이로 인해 낮은 수준의 협력행동을 보일 가능성이 크다는 것을 보여준다.

공공재 게임(Public Goods Game)

흥미롭게도, 공공재 게임에서는, 신뢰 게임에서 나타난 결과와는 반대로, 2D:4D 비율이 낮은 남자가 높은 남자에 비해 더 높은 수준의 협력행동을 보인 것으로 나타났다. 공공재 게임은 타인들과 서로 협력하여 일정액의 돈을 기부하는 이타적인 행동을 할 것인지, 협력하지 않고 다른 사람들로 인해 발생한 이익을 나눠가지는 이기적인 행동(무임승차)을 할 것인지를 평가한다. 공공재 게임에서 2D:4D 비율이 낮은 참여자들이 높은 참여자들에 비해 공공의 이익을 위해 더 많은 금액을 기부함으로써 더 협조적이고 이타적인 행동을 보였다(Millet & Dewitte, 2006).

독재자 게임(Dictator Game)

독재자 게임에서도 공공재 게임과 비슷한 결

과가 나타났다. 독재자 게임에서는 최후 통첩 게임과 다르게 돈을 나눠가지기 위해 응답자의 동의가 필요하지 않다. 제안자가 제시하는 금액을 그냥 나눠가지면 된다. 따라서 이 게임을 통해 사람들이 다른 사람들의 안녕을 염려하는 이타적인 마음이 있는지, 즉 친사회적으로 행동하는지를 알아볼 수 있다. 이 게임에서도 역시, 2D:4D 비율이 낮은 참여자들이 높은 참여자들에 비해 상대방 게임자에게 높은 할당 수준을 제시함으로써 보다 더 친사회적인 행동을 보였다(Millet & Dewitte, 2009).

죄수딜레마 게임(Prisoner's Dilemma Game)

공공재 게임의 무임승차와 마찬가지로 협력하지 않음으로써 더 큰 이익을 얻게 되는 죄수 딜레마 게임에서는 중간 수준의 2D:4D 남성들이 더 협력적인 선택을 하였다(Sanchez-Pages & Turiegano, 2010). 즉, 2D:4D 비율이 낮거나 높은 남성 모두 더 낮은 협력행동을 보였다.

최후통첩 게임(Ultimatum Game)

최후통첩 게임을 이용한 van den Bergh와 Dewitte(2006)의 연구에서는 참여자들이 제안자일 때와 응답자일 때의 협력행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타났다. 최후통첩 게임에서 제안자가 일정 금액을 제안할 때 응답자가 동의하면(협력행동) 그 만큼의 금액을 두 사람이 나눠가지게 되고, 제안에 동의하지 않으면 두 사람 모두 한 푼도 가지지 못한다. 이 게임에서 응답자는 제안된 금액이 절반 정도일 때 공정하다고 지각하고, 그 이하인 경우 불공정하다고 지각한다. 이 게임에서 2D:4D 비율이 낮은 남성이 제안자일 경우는 공정한 제안을 더 많이 했지만, 응답자일 경우는 불공정한 제안을 더 많이 거절하는 것으로 나타났다(van den Bergh & Dewitte, 2006). 즉, 2D:4D 비율이 낮은 남성은 자신이 제안자일 경우에는 협력적으로 행동 했지만, 응답자일 경우 제안자의 불공정한 제안에 비협력적인 태도를 취한 것이다.

논의와 시사점

테스토스테론 수준이 높은 남녀들이 관대하거나 공정한 분배로 협력적인 행동을 보이는 반면, 불공정 제안에 대해서는 비협력적으로 행동하는 모순된 결과에 대해, van Honk와 그의 동료들은(2012) 최후통첩 게임의 특성 때문이라고 주장 하였다. 최후통첩 게임에서 테스토스테론 수준이 높은 남자가 관대하거나 공정한 제안을 더 많이 하는 이유는 불공정 제안을 할 경우 상대방 응답자가 동의하지 않을 가능성이 있고, 이것은 곧 제안자에게는 경제적 처벌 위협이 되고, 이는 더 나아가 지위나 명성에 대한 위협으로 작용하기 때문에 공정한 협력 행동을 하게 된다고 보았다. 만약 그렇다면, 지위를 위협 받을 우려가 없을 경우, 테스토스테론 수준이 높은 사람의 협력 행동은 감소하여야 한다. van Honk와 그의 동료들은 다른 사람들과 협력하지 않아도 처벌 위협이 없고 오히려 이익을 얻는 공공재 게임을 이용해 협력행동에 대한 외인성 테스토스테론 주입 효과를 연구하였다. 즉, 테스토스테론 주입으로 일시적으로 높아진 테스토스테론 수준이 협력행동에 영향을 미치는지를 살펴보았다. 하지만, 협력행동에 대한 테스토스테론 주입 효과는 관찰되지 않았다.

그렇다면, 어떻게 공감능력이나 대인관계에서의 신뢰와 부적 관련성이 있는 것으로 알려진 테스토스테론 수준이 사회적 협력 행동과는 정적인 관련성을 보이는 것일까? 또한, 테스토스테론 수준이 높은 남녀들이 공정한 제안에는 협력적인 행동을 하지만, 불공정한 제안에는 협력적인 행동을 더 적게 하는 이유는 무엇일까? 불공정한 제안이라 할지라도 그냥 받을 수 있는 상대방이 제안한 모든 돈을 잃으면서도 상대방의 제안에 동의하지 않는 것은 경제적인 관점에서 보면 비합리적인 의사결정이라고 할 수 있다. 과연 이러한 행동들을 어떻게 이해할 수 있을 것인가? 이에 대한 구체적인 설명은 이들 행동을 유발할 수 있는 자극의 존재 여부에 따라

2D:4D와 이들 행동 간의 관계성이 다르게 나타난다는 연구들에서 찾아볼 수 있다.

사회적 행동과 신경네트워크 접화

태내 테스토스테론이 사회적 행동의 기저가 되는 신경구조와 기능의 조직화에 관여한다면, 그리고, 적절한 자극이 이 신경네트워크를 접화할 수 있다면, 사회적 행동에 대한 2D:4D의 효과는 이들 자극의 존재 유무에 따라 다르게 나타나야 한다. 아래에서 두 가지 접화 방법을 이용하여 이 관계성을 증명한 연구들을 살펴보고자 한다: (1) 사회적 자극과 (2) 생리적 자극: 외인성 테스토스테론 주입.

사회적 자극

만약 태내 테스토스테론이 초기 뇌 발달 과정 중 사회적 행동과 관련된 신경회로의 발달이나 기능을 조직화하여 출생 후 행동에 결정적 영향을 주고, 상황이나 맥락단서가 이들 신경네트워크를 활성화할 수 있다면, 특정 상황단서에 노출될 때 사회적 행동에 대한 반응성은 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타나야 한다. 이런 논지를 뒷받침하는 연구들은 사회적 우위나 지위추구에 대한 테스토스테론의 역할, 그리고 이들 관계가 상황에 따라 다르게 나타날 수 있다는 가정에 기반을 두고 있다. 일반적으로 테스토스테론 수준이 높은 사람들이 사회적 지위 추구 동기가 더 높고, 더 공격적이며, 사회적 우위 획득의 가능성을 높이는 위협 감수를 더 많이 하는 경향이 있다(Bailey & Hurd, 2005; Coyne et al., 2007; Gallup et al., 2007; Garbarino, Slonim, & Sydnor, 2011; Hampson et al., 2008; Joyce et al., 2013; Manning & Fink, 2008; Mazur, 2005; Neave, Laing, Fink, & Manning, 2003; Stenstrom Saad, Nepomuceno, & Mendenhall, 2011). 또한 이들은 지위 관련 단서에 노출될 때 사회적 지위와 명

성을 획득하는 수단으로 공격적인 위협 행동을 더 많이 하는 경향이 있다(Garbarino et al., 2001; Josephs et al., 2006; Mazur & Booth, 1998; Millet & Dewitte, 2007; Sapienza et al., 2009).

협력 행동

위에서 살펴본 바와 같이, 2D:4D 비율이 낮은 남성은 공정하거나 관대한 제안을 함으로써 협력적이고 친사회적인 행동을 더 많이 하는 것으로 나타났다(Millet & Dewitte, 2006; Millet & Dewitte, 2009). 하지만, 불공정 제안에는 이들이 2D:4D 비율이 높은 남성보다 덜 협력적이었다(낮은 동의율, 높은 기각률). 이에 대한 설명 중 하나는 테스토스테론이 서열경쟁과 관련이 있고, 테스토스테론 수준이 높은 사람들은 자신의 제안에 대한 상대방의 거부를 지위에 대한 위협으로 지각하기 때문에 지위를 유지하기 위해 공정한 제안을 더 많이 한다는 것이다(Eisenegger, Haushofer, & Fehr, 2011). 반대로, 불공정 제안을 받을 때는 이것이 자신의 지위나 명성에 대한 도전으로 지각될 수 있기 때문에, 자신의 돈을 모두 잃는 위험을 기꺼이 감수하면서, 상대방에게 금전적 손실을 입히는 공격적 협상 행동을 한다는 것이다(Carre, McCormick, & Hariri, 2011; van Honk et al., 2012). 또한 일반적으로 사람들은 현재의 불공정 제안에 동의하면 미래에 있을 상호작용에서 자신들의 사회적 명성에 손상을 줄지도 모른다고 생각한다(Page & Nowak, 2001). 따라서 이들 연구는 2D:4D 비율이 낮은 남성이 높은 남성보다 지위 위협 단서에 더 민감하게 반응한다는 것을 보여준다.

불공정 제안이 지위를 위협하는 단서로 작용한다면, 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 뒤이은 협상 행동에서 상대방에게 비협조적인 행동 또는 공격적인 협상 태도를 보여야 한다. 이를 검증하기 위해 Ronay와 Galinsky(2011)는 최후통첩 게임을 2회 연속 실시하였다. 첫 번째 게임에서 참여자들을 지위 위협이 없는 조건(공정 분배 조건, \$40 중 \$20을 제안)과 지위 위협이 있는 조

건(불공정한 분배 조건, \$40 중 \$5를 제안)에 할당하고, 연이은 두 번째 게임에서 제안자로서 역할을 하게 하였다. 예측한 대로, 지위 위협이 없는 조건에서는 2D:4D 비율에 따른 행동의 차이가 관찰되지 않았으나, 지위 위협이 있는 조건에서는 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 높은 사람들에 비해 상대방 게임자에게 불공정한 제안, 즉 공격적인 협상을 더 많이 하는 것으로 나타났다. 이는 태내 테스토스테론 수준이 지위를 위협받거나 도전 받았을 때 뒤따르는 응징 반응을 동기화 시킬 가능성이 있다는 것을 의미한다. 하지만 이 결과 만으로는 불공정 제안이 실제로 공격성을 점화하여 뒤이은 협상행동에 영향을 주었는지는 알 수 없다.

만약 불공정 제안이 공격성을 점화하였다면, 직접적인 공격성 점화 조건에서도 동일한 결과가 나와야 한다. Miller와 Dewitte(2009)의 연구에서는 남녀 대학생들이 공격성 관련 단어로 점화되었을 때와 중성적 단어로 점화되었을 때 그들의 2D:4D 비율과 친사회적 행동 간의 관계성이 다르게 나타나는지를 살펴보았다. Ronay와 Galinsky(2011)의 결과와 마찬가지로, 중성단어 조건에서는 2D:4D 비율이 낮은 남녀 대학생들이 독재자 게임에서 더 친사회적으로 행동하였다(공정한 분배를 더 선호). 반면 공격성이 점화되었을 때는 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 낮은 친사회적인 행동을 보였다(불공정한 분배를 더 많이 함). 이러한 결과들은 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 지위 위협 단서가 없을 때는 더 친사회적으로 행동하지만, 위협 단서에 직면하면 더 공격적이고 덜 협력적인 행동을 할 가능성이 높다는 것을 보여준다.

이 연구에서 발견된 흥미로운 결과는, 2D:4D 비율이 낮은 남성들의 불공정 분배에 대한 민감성이 성관련 단서에 노출되었을 때는 2D:4D 비율이 높은 남성들 보다 더 낮아 졌다는 것이다. 즉, 2D:4D 비율이 낮은 남성이 중성적인 맥락에서는 불공정한 분할을 좀 더 많이 거절하였지만, 성관련 단서(매력적인 여성이나 여성속옷 란

제리 사진)에 노출되었을 때는 불공정한 제안을 더 많이 수용하였다(van den Bergh & Dewitte, 2006). 이는 남성들이 성관련 단서에 노출될 때 크지만 지연된 보상보다는 적지만 즉각적인 보상을 더 많이 선택한다는 것을 보여준다. 이 결과는 지위추구와 배우자 쟁취라는 진화론적 개념을 통해 설명할 수 있을 것이다. 높은 사회적 지위는 높은 경제적 능력의 예측인자이고, 이는 결국 배우자에게 접근할 수 있는 우선권과 번식의 기회를 높인다(Adler, Epel, Castellazo, & Ickovics, 2000; Buss, 2004). 또한 조기 번식이 지연된 번식에 비해 번식 성공률을 높이기 때문에 단기 짝짓기 전략이 장기 짝짓기 전략에 비해 남성에게 이점이 더 크다고 볼 수 있다(Buss, 2004). 따라서 남성이 구매 가능한 여성에 노출될 때, 자신들이 받을 수 있는 미래의 더 큰 경제적 보상을 희생시킬 수도 있다는 것을 보여준다(Wilson & Daly, 2004). 실제로, 금전적 선택 과제에서 매력적인 여성 사진에 노출된 남성이 매력적이지 않은 여성 사진에 노출된 남성에 비해 적지만 즉각적인 보상을 더 많이 선택하는 것으로 나타났다(Wilson & Daly, 2004).

위험감수

위험감수 행동(risk taking behavior)에 대한 2D:4D 비율의 관계를 조사하는 연구들도 상황 단서에 따른 효과를 보고하였다. 이들 연구는 위험 감수 행동을 측정하기 위해 풍선 아날로그 위험 과제(Ballon Analogue Risk Task, BART, Lejuez et al., 2002)를 이용하였다. 풍선 아날로그 위험 과제에서 참여자들이 컴퓨터 화면에 나타난 풍선에 공기를 주입하기 위해 버튼을 눌러 펌프하면, 매 펌프마다 위험이 증가(풍선이 터질 확률이 증가)하는 동시에 보상도 임시은행에 축적된다. 만약 풍선이 터지면 임시은행에 축적되어 있던 모든 돈을 잃게 되지만 임시 은행에 있던 돈을 장기은행으로 옮기면 이것은 획득한 돈이 된다. 하지만 장기은행으로 돈을 옮기거나 풍선이 터지면 게임은 끝나게 되고, 새로운 게임이

시작 된다. 이런 게임을 여러 번 진행한다. 풍선 아날로그 위험 과제 점수는 전체 게임에서 터지지 않은 풍선에 펌프 한 횟수를 평균한 값이고, 그 점수가 높을수록 위험감수 행동을 많이 한 것으로 평가된다. 이 게임을 이용한 한 연구는, 위험감수 정도와 2D:4D 간의 관계성을 범죄자와 비범죄자 집단 모두에서 발견하지 못하였다 (Anderson, 2012).

반면, 점화효과를 이용한 연구에서는 위험감수 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여 주었다(Ronay & von Hippel, 2010). 남자 대학생을 대상으로 권력 관련 사건을 회상하고 기술하게 함으로써 지배적 지위와 종속적 지위를 점화시켜 권력 동기화 수준을 다르게 하였다. 그런 다음 풍선 아날로그 위험 과제를 수행하게 하였을 때, 위험감수 행동에 대한 2D:4D의 효과는 권력 조건에 따라 다르게 나타났다. 종속적 지위로 점화되었을 때, 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들보다 위험감수 행동을 더 많이 하는 것으로 나타났다(높은 BART 점수). 이와는 반대로, 지배적 지위로 점화되었을 때는 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들보다 위험감수 행동을 더 적게 하였다. 이러한 결과는 사람들이 자신이 권력을 가지고 있는지 아닌지에 따라 위험감수 행동에서 차이를 보인다는 것을 보여준다. 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출된 사람들에게 지배적 지위가 점화되면 위험회피 행동을 보이는 반면, 이들에게 종속적 지위가 점화되면 위험감수가 그들의 지위와 자원을 위한 잠재적 획득의 수단으로 지각되고, 그 결과, 위험행동을 더 많이 한다는 것이다.

충동성

충동성과 관련한 연구에서도 지위 단서에 대한 2D:4D의 조절효과가 나타났다. 이들 연구는 지연 디스카운팅(delay discounting) 과제를 이용하여 경제적 의사결정에 대한 2D:4D의 효과를 살펴보았다. 지연 디스카운팅 과제는 적지만 즉각

적인 보상(충동적인 선택)을 선택할 것인지 아니면 크지만 지연된 보상(경제적으로 합리적인 선택)을 선택할 것인지를 결정하는 과제이다. 이 과제에서 2D:4D 비율이 낮은 여성들이 높은 여성들에 비해 크고 지연된 보상 보다는 적지만 즉각적인 보상을 더 많이 선호하는 것으로 나타났다(Lucas & Koff, 2010). 하지만 가짜 수행 피드백 패러다임을 이용하여 사회적 지위(지배적 지위 또는 종속적 지위)를 조작했을 때는 다른 결과가 나타났다(Millet & Dewitte, 2008). 종속적 지위가 점화되었을 때, 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들에 비해 크지만 지연된 보상보다는 적지만 즉각적인 보상(충동적인 의사결정)을 더 많이 선택하였다. 하지만 지배적 지위가 점화되었을 때는 이런 효과가 나타나지 않았다. 이들 결과는 태내 테스토스테론이 사회적 지위에 대한 민감성을 사전 프로그래밍하고, 테스토스테론 수준이 요구하는 지위가 보장되지 않았을 때, 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 비협력적이고 충동적인 의사결정을 할 가능성이 더 높다는 것을 시사한다(Josephs et al., 2006).

공격성

공격성에 대한 2D:4D 효과를 살펴본 초기 연구들은 다소 불일치하는 결과들을 보고하였다. 많은 연구들이 2D:4D 비율과 공격성 간의 부적 관계성을 보고한 반면, 일부 연구들에서는 유의미한 부적 관계성을 찾지 못하거나 약한 부적 관계를 보고하였다(Austin, Manning, McInroy, & Mathews, 2002; Honekopp & Watson, 2011; Moore, Quinter, & Freeman, 2005; Putz, Gaulin, Sporter, & McBurney, 2004; Vermeersch, T'Sjoen, Kaufman, & Vincke, 2008). 또한 동일한 연구 내에서도 남녀의 결과가 다르게 나타나는 경우도 있었다(Bailey & Hurd, 2005; Benderlioglu & Nelson, 2004). 이들 비일관적인 결과들에 비해, 공격성 점화를 이용한 연구들은 2D:4D 비율과 공격성 간의 관계성을 보다 명확하게 보여주었다.

Millet와 Dewitte(2007)는 공격적인 또는 중성적

인 뮤직 비디오 시청으로 공격성을 점화한 후 질문지로 측정한 신체적 공격성 점수와 2D:4D 비율 간의 관계성을 조사하였다. 그 결과, 낮은 2D:4D 비율과 높은 신체적 공격성 간의 유의한 관계는 공격성이 점화되었을 때만 관찰되었다. 즉 공격적인 뮤직 비디오를 시청한 남녀 참여자들 중 2D:4D 비율이 낮은 참여자들이 높은 참여자들에 비해 공격성 측정 척도 점수가 더 높았다. 하지만 중성적인 뮤직 비디오 조건에서는 이런 결과가 나타나지 않았다. 다른 연구에서는, 남자 대학생을 대상으로 공격성 조건에서는 럭비 팀이 경기 시작 전에 추는 전승을 기리는 춤인 럭비 하카(rugby haka)와 럭비태클 장면을 담고 있는 공격적인 비디오를 보여주고, 비공격적 조건에서는 아무것도 없는 빈 화면을 보여 주었다(Kilduff, Hopp, Cook, Crewther, & Manning, 2013). 그런 다음, 공격성을 촉발시키는 다섯 가지 상황에 대한 반응을 측정하는 공격성 도발 질문지로 공격성을 측정하였다. 그 결과, 공격성 비디오를 시청한 남성들 중 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들에 비해 더 높은 공격성 점수를 보였다. 하지만, 비공격성 조건에서는 이런 효과가 관찰되지 않았다. McIntyre 등(2007)이 수행한 연구에서도 유사한 결과가 관찰되었다. 모의 전쟁 게임을 하는 과정에서 공격성이 점화되었을 때, 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들에 비해 이유 없는 공격을 더 많이 하는 것으로 나타났다.

논의와 시사점

이들 결과는 태내 테스토스테론과 사회적 행동 간의 관계는 개인이 직면한 상황 조건에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여준다. 구체적으로, 태내 테스토스테론과 여러 사회적 행동 변인들과의 관계성이 일반적인 모든 상황에서 관찰되는 것이 아니라 지위 위협이나 서열경쟁과 같은 상황 단서가 존재할 때 더 쉽게 관찰될 수 있다는 것을 보여준다. 즉 사회적 지위 위협을

받는 상황에 직면할 때, 높은 태내 테스토스테론에 노출된 사람들이 지배적 지위를 쟁취하기 위해 독단적이고 충동적인 의사결정을 더 많이 하며 위험하고 공격적인 행동을 할 가능성이 더 높다는 것을 나타낸다. 사회적 지위를 위협받는 상황에서 태내 테스토스테론은 사회적 행동에 매개하는 요인으로 작용할 가능성이 높은 것이다. 따라서 사회적 행동에 대한 태내 테스토스테론의 효과는 사회적 지위 추구나 유지와 밀접하게 관련되어 있고, 이 관계성은 상황 의존적이라고 볼 수 있다(Dabbs & Dabbs, 2000; Eisenegger et al., 2011).

생리적 자극: 외인성 테스토스테론 주입

만약 태내 테스토스테론이 초기 뇌 발달 과정 중 사회적 행동과 관련된 신경회로의 발달이나 기능을 조직화하여 출생 후 행동에 영향을 주고 일시적인 테스토스테론 상승이 이들 신경네트워크를 활성화할 수 있다면, 주사 등을 통한 외부로부터의 테스토스테론 주입을 통해 신경네트워크를 활성화하는 것이 가능할 것이다. 따라서 외인성 테스토스테론의 주입으로 인한 공감능력이나 사회적 협력행동의 변화는 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타날 것이라고 예상할 수 있다. 테스토스테론 처치 연구들은 대부분 여성 참여자를 대상으로 한다. 그 이유는 여성을 대상으로는 테스토스테론 처치 후 나타나는 신경생리학적 반응이 시간이 경과함에 따라 어떻게 변화 하는지에 대한 평가가 가능하지만 남성을 대상으로는 이런 평가가 불가능하기 때문이다. 구체적으로 소량의 테스토스테론(0.5 mg)을 혀 밑으로 주입 받은 여성들은 예외 없이 모두 15분 내에 혈중 테스토스테론 수준이 10배로 증가하고, 90분 경과하면 기저 수준으로 되돌아간다. 그리고 테스토스테론을 처치한 뒤 4시간 후에 테스토스테론에 대한 행동적, 생리적 효과가 절정에 달한다. 테스토스테론 처치에 대한 행

동적, 생리적 효과는 질 펄스진폭(vaginal pulse amplitude)의 증가로 측정이 가능하다(Tuiten et al., 2000).

공감능력

테스토스테론 주입 없이 단순히 공감능력과 2D:4D 간의 상관관계를 살펴본 연구들은 비일관적인 결과들을 보고하였다. Sapienza 등(2009)은 눈을 통해 마음 읽기 과제(Reading the Mind in the Eyes Task)를 이용하여 공감능력을 측정하고, 이를 2D:4D와 비교하였다. 그 결과 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 높은 사람들에 비해 공감능력이 더 낮은 것으로 나타났다. 반면 Voracek과 Dressler(2006)는 이러한 관련성을 발견하지 못했다. 하지만, 테스토스테론 주입으로 인한 점화 방법을 이용한 연구에서는 여성들의 공감능력 감소가 그들의 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여 주었다(van Honk, Schutter et al., 2011). 이 연구에서 테스토스테론을 주입받은 여성들 중 2D:4D 비율이 낮은 여성들의 공감능력 측정치는 유의미하게 감소한 반면, 2D:4D 비율이 높은 여성들의 공감능력은 변화가 없었다. 즉, 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출되었던 여성들이 외인성 테스토스테론 주입에 더 민감하게 반응한 것이다. 이러한 결과는 태내 테스토스테론이 공감능력의 기저를 이루는 신경네트워크의 발달과정에 관여하며, 테스토스테론 주입으로 이 네트워크가 점화되었을 때 높은 태내 테스토스테론에 노출되었던 사람들이 공감능력 결여를 경험할 가능성이 더 높다는 것을 시사한다.

사회적 협력 행동

사회적 협력 행동에서도 비슷한 결과가 나타났다. 테스토스테론 주입으로 인한 점화가 없는 조건에서는 서로 불일치하는 결과들이 보고되었다(De Neys et al., 2013; Millet & Dewitte, 2006; Millet & Dewitte, 2009; Sanchez-Pages & Turiegano, 2010). 신뢰게임에서 2D:4D 비율이 낮은 남녀들

이 높은 남녀들에 비해 더 낮은 수준의 협력 행동을 보인 반면, 공공재 게임과 독재자 게임에서는 더 협조적이었다. 또한, 죄수딜레마 게임에서는 2D:4D 비율이 낮거나 높은 남성 모두가 협력하지 않는 이기적인 의사결정을 더 많이 했다. 하지만, 테스토스테론 주입으로 인한 점화가 있는 조건에서는 2D:4D 비율이 높은 여성들이 공공재 게임에서 협력 행동을 더 많이 한 반면, 2D:4D 비율이 낮은 여성들의 행동에는 변화가 없었다(van Honk et al., 2012).

논의와 시사점

이들 결과는 태내 테스토스테론이 사회적 협력 행동에 관여하는 뇌 영역들을 조직화하는데 관여하고, 소량의 외인성 테스토스테론 주입으로 관련 뇌 영역들을 활성화 할 수도 있다는 것을 보여준다. 그리고 이에 반응하여 나타나는 사회적 행동이 태내 테스토스테론 수준에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여준다. 하지만 우리가 감각 기관을 통해 받아들이는 실제 자극 단서가 없음에도 불구하고, 단순히 외인성 테스토스테론 주입이 어떻게 2D:4D 비율에 따른 반응성의 차를 유도하는 것일까? 만약 테스토스테론이 사회적 우위나 경쟁과 관계가 큰 호르몬이라면, 테스토스테론 주입으로 인한 일시적 테스토스테론의 상승이 이들 행동의 기저를 이루는 신경네트워크를 자극하여 지위 위협이 존재하는 것처럼 반응하게 할 수도 있을 것이다. 그리고 이들 지위 위협 단서에 대해 2D:4D 비율이 낮은 사람들이 더 민감하게 반응하게 할 가능성을 높일 수도 있다는 것이다.

도전 가설(Challenge hypothesis)에 의하면 도전 상황에 직면했을 때 압박한 경쟁에 대한 준비로 일시적으로 테스토스테론 수준이 급격히 상승하고 난 후에 뒤이은 행동을 조절한다(Mazur & Booth, 1998). 도전에 반응하여 상승하는 테스토스테론의 역할과 마찬가지로, 테스토스테론 주입으로 일시적으로 높아진 테스토스테론 수준이

임박한 경쟁을 생화학적으로 관련 신경네트워크로 신호하여 공격적인 반응을 촉진하고 덜 협력적으로 행동하게 할 수도 있을 것이다. 특히 높은 수준의 태내 테스토스테론을 경험한 사람들이 이에 더 크게 반응할 가능성이 있는 것이다.

신경네트워크 접화에 대한 생물학적 증거

상황 단서나 외인성 테스토스테론 주입 후 사회적 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타난다는 연구 결과들은 태내 테스토스테론이 관련 행동의 기저가 되는 신경네트워크의 형성 과정에 관여하고, 특정 자극이 이들 신경네트워크를 활성화 시킬 수 있다는 것을 보여주는 것이다. 이러한 가능성을 지지하는 생물학적 증거들은 신경영상법을 이용한 연구들에서 찾아볼 수 있다. 기능적 자기공명 기록법(fMRI)을 이용한 연구들은 사회적 지위관련 단서나 테스토스테론 처방이 공격적 반응에 관여하는 신경네트워크를 활성화 시킬 수 있다는 것을 보여준다. 공격성의 신경체계에 대한 메커니즘을 파악하기 위한 연구들은 분노 표정에 대한 신경 반응에 주목한다. 그 이유는 위협적인 얼굴 표정 특히, 분노의 얼굴 표정은 지배적인 사람에게는 도전으로 지각되는 반면, 종속적인 사람에게는 지배적 관계의 강요로 지각되는 지위 관련 단서이기 때문이다(Carre et al., 2011; van Honk & Schutter, 2007). 따라서 사람들이 분노 표정을 어떻게 지각하는지에 따라 공격성에 관여하는 뇌 영역의 활성화의 크기가 다르며, 이런 신경반응에서의 차이가 공격적 반응의 차이를 초래하게 된다는 것이다.

Hermans, Ramsey, 그리고 van Honk(2008)는 테스토스테론 처방이 있는 조건과 없는 통제조건에서의 분노 표정에 대한 신경반응이 차이가 나는지를 살펴보았다. 그 결과 통제조건의 여성들에 비해 테스토스테론을 주입받은 여성들이 반

응적 공격과 관계있는 편도체와 시상하부의 활성이 더 크게 증가하는 것으로 나타났다. 동시에 테스토스테론 주입이 자기조절과 충동성 제어에 관여하는 안와전두피질(orbitofrontal cortex)과 편도체 사이의 기능적 연결을 약화시키기도 하였다(van Wingen, Mattem, Verkes, Buitelaar, & Fernández, 2010). 분노와 같은 위협 관련 단서를 처리하는 동안 안와전두피질과 편도체 간의 기능적 연결이 약화되는 것은 반응적 공격에 가담할 가능성을 높이는 것을 의미한다(Carre et al., 2011). 또한 순환 테스토스테론 수준이 높은 참여자들이 최후통첩게임에서 불공정한 제안과 같은 지위 위협이 있을 때, 제안을 거절하는 공격적인 협상 행동을 더 많이 보였으며, 이때 이들의 안와전두피질의 활성이 약화되었다(Mehta & Beer, 2010). 또 다른 연구에서는 사회적 상호작용에서 협력 행동을 증진시키는데 중요한 역할을 하는 신뢰성 평가에서 외인성 테스토스테론을 처치 받은 여성이 신뢰할 수 없다고 판단한 얼굴에 대해 편도체 반응이 증가하였고 더 큰 경계 반응을 보였다(Bos, Hermans, Ramsey, & Van Honk, 2012). 또한 공감능력 발달의 근간이 되는 시선교류와 뇌 활성화에 대한 여러 연구들을 종합 분석한 연구에서는 시선교류가 사회적 뇌 네트워크에 포함되는 뇌 구조물들(전전두피질, 편도체, 대상회, 방추상회, 상측두회)의 활성을 조절한다는 것을 보여주었다(Senju & Johnson, 2009).

테스토스테론은 사회적 지위에 대한 도전이나 위협에 반응하여 공격적인 행동을 유발하기도 하고(van Honk, Terburg, & Bos, 2011), 사회적 협력 행동을 촉진시키기도 한다(Eisenegger, Naef, Snozzi, Heinrichs, & Fehr, 2010). 그렇다면, 어떻게 높은 수준의 테스토스테론이 공격적인 행동을 유발하기도 하고 협력 행동과 친사회적 행동을 촉진시키기도 하는가? 가능한 설명 중 하나는 호르몬 수준은 개인이 직면하는 환경적 요인에 따라 다르게 행동을 조절하기 때문이라는 것이다. 보다 구체적으로, 테스토스테론은 사회적 우위를 위한 경쟁을 유발하는 상황에 직면했을 때

와 지위에 대한 경쟁 위협이 낮거나 없을 때 개인의 행동을 다르게 조절한다는 것이다(Terburg & van Honk, 2013; van Honk, Terburg et al., 2011). 따라서 지위 위협이 있는 도전 상황에서 테스토스테론은 공격적 행동, 위험 감수 행동, 그리고 우월 행동의 가능성을 높이는 반면, 지위 위협이 없는 상황에서는 협력 행동이나 친사회적 행동을 촉진시킬 가능성이 높다는 것이다(Dabbs & Dabbs, 2000).

이러한 테스토스테론의 반대되는 역할을 설명하기 위해 두 가지 신경생리학적 메커니즘이 제안되었다(Terburg & van Honk, 2013; van Honk, Terburg et al., 2011). 첫째, 직접적인 지위 위협이 존재하지 않을 때, 테스토스테론은 안와전두 피질(orbitofrontal cortex, OFC)에서 도파민의 활성을 상향조정하여 기능적으로 안와전두 피질과 편도체를 분리시켜(편도체에 대한 안와전두 피질의 제어를 감소시킴) 현재의 사회적 지위를 유지하거나 높이는 친사회적인 의사결정을 하게 한다는 것이다. 이 경로는 공격적 행동에 대한 테스토스테론의 효과를 반영하기도 한다. 둘째, 지위에 대한 위협이 있는 상황에서, 테스토스테론은 편도체에 있는 베포프레신 뉴런의 유전자 발현을 상향조정하여 편도체로부터 뇌간으로의 연결을 강화함으로써 사회적 경계심을 높여 지위 위협에 대한 방어를 준비시키고 더 공격적으로 행동을 하게 한다는 것이다.

2D:4D 비율, 순환 테스토스테론 수준, 그리고 사회적 행동

위에서 살펴본 점화 관련 연구들과 마찬가지로, 2D:4D 비율과 성인기의 순환 테스토스테론 수준과의 관계성 또한 모든 상황에서 관찰되는 것은 아니다. 테스토스테론은 초기 뇌 신경회로의 조직화 효과(organizational effect)와 사춘기를 즈음하여 조직화된 신경회로를 활성화하는 효과(activating effect) 모두에 관여한다. 그렇다면 태내

테스토스테론 수준을 반영하는 2D:4D 비율은 현재 체내를 순환하는 테스토스테론 수준과 관계가 있어야 한다. 많은 연구들은 2D:4D와 성호르몬 수준과 관계있는 여러 행동과 신체적 특질들과의 관계성을 보고하였다(Falter, Aroyo, & Davis, 2006; Manning et al., 1998; Sim, 2013). 하지만 2D:4D와 순환 테스토스테론과의 직접적인 관계성은 다소 명확하지 않았다(Honekopp, Bartholdt, Beier, & Liebert, 2007; Sapienza et al., 2009; van Honk et al., 2011). 어떤 연구들은 낮은 2D:4D 비율과 높은 순환 테스토스테론의 관계성을 보고한 반면, 많은 다른 연구들은 그 관계성을 찾지 못하였다.

최근 Manning과 동료들(2014)은 2D:4D와 테스토스테론 수준의 관계에 대해 새로운 의견을 제시하였다. 그들의 주장에 의하면, 2D:4D는 경쟁이 없는 동안의 기저 테스토스테론 수준과 관계가 있는 것이 아니라 도전과 같은 상황에서 일시적으로 상승하는 테스토스테론 수준과 관계가 있다는 것이다. 이런 주장의 근거는 테스토스테론의 역할과 에너지적인 측면에서의 테스토스테론의 효율성과 관계가 있다. 먼저 테스토스테론은 체력이나 운동능력과 관계되기 때문에 많은 에너지를 필요로 한다(Bescos et al., 2009; Honekopp & Schuster, 2010; Manning & Taylor, 2001; Honekopp, Manning, & Muller, 2006). 또한 테스토스테론은 면역 기능을 억제하는 효과도 있다(Folstad & Karter, 1992; Muehlenbein & Bribiescas, 2005). 이런 이유로, 경쟁이 없는 안정기에 높은 테스토스테론 수준을 유지하는 것은 에너지적인 측면에서 비효율적이며, 면역 기능의 약화를 초래할 수 있기 때문에 부적응적이라는 것이다. 따라서 일시적으로 상승한 테스토스테론이 근육 성능을 높이기 때문에(Crewther, Cook, Cardinale, Weatherby, & Lowe, 2011) 테스토스테론 수준은 스포츠 시합에서의 신체적 도전이나 공격성 단서에 반응하여 증가한다는 것이다(Elias, 1981; Neave & Wolfson, 2003).

신체적 도전

한 연구는 도전이나 경쟁으로 인해 상승한 테스토스테론 수준과 2D:4D 비율이 서로 관계가 있다는 것을 보여주었다(Kilduff, Cook et al., 2013). 이 연구에서는 프로레키 선수들을 도전 조건과 비도전 조건에 할당하고, 각 조건에서 선수들의 타액에서 측정된 순환 테스토스테론 수준의 변화와 2D:4D와의 관계성을 살펴보았다. 도전 조건에 할당된 선수들에게는 프로 게임에 출전할 가능성이 단거리 경주 능력 테스트 결과로 결정될 것이라는 경쟁에 대한 암시가 주어졌다. 그리고 단거리 경주 능력 테스트 바로 직전, 완료 5분후, 그리고 20분 후로 해서 총 3회 테스토스테론을 측정하였다. 비도전 조건에서는 아무런 처치 없이 테스토스테론을 1회 측정하였다. 그 결과 도전조건에서는 테스트 직전과 직후에 테스토스테론 수준이 증가하는 것으로 나타났다. 또한 테스토스테론 수준이 많이 증가한 선수들이 적게 증가한 선수들에 비해 더 남성적인 손가락 길이 비율을 보이는 것으로 나타났다. 하지만 비도전 조건에서는 1회 측정된 테스토스테론 수준과 2D:4D 비율과의 관계성이 관찰되지 않았다.

공격성 단서

다른 한 연구는 비디오 시청으로 공격성을 조작한 후(공격적인 비디오와 빈 화면), 테스토스테론 변화량, 공격성, 그리고 2D:4D 비율 간의 관계를 살펴보았다(Kilduff, Hopp et al., 2013). 테스토스테론 수준은 비디오 시청 전과 후 두 차례 측정되었다. 그 결과, 공격성 비디오를 시청한 후 왼손 2D:4D 비율이 낮은 남성들이 높은 남성들에 비해 공격성 점수가 더 높았다. 그리고 테스토스테론 상승이 클수록 2D:4D 비율과 공격성 간의 관계성이 더 크게 나타났다. 하지만, 통제조건의 남성들에게는 이들 변인들의 유의미한 관계성을 찾지 못했다.

논의와 시사점

Mazur와 Booth(1998)에 의하면 도전 상황에 직면했을 때 압박한 경쟁에 대한 준비로 순환 테스토스테론이 상승한다. 따라서 이들 결과는 태내 테스토스테론이 공격성 단서나 경쟁과 같은 도전 상황에서 내분비계를 통해 순환 테스토스테론 수준을 조절하지 못한다는 것을 시사한다. 또한 2D:4D와 순환 테스토스테론과의 관계성이 상황이나 맥락 단서에 따라 다르게 관찰될 수 있다는 것을 보여준다.

결론

경제게임을 이용하여 협력행동을 조사한 연구들은 개인의 의사결정이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타난다는 것을 보여주었으며, 이는 사회적 행동에 대한 태내 테스토스테론의 조절 효과를 평가하는 것을 가능하게 하였다. 뿐만 아니라 특정 상황 단서나 외인성 테스토스테론 처방 등 점화효과를 이용한 연구들은 사회적 행동의 기저가 되는 신경네트워크를 활성화시킬 수 있는 적절한 자극이 존재할 때 특정 행동에 대한 태내 테스토스테론의 조절 효과를 보다 명확하게 관찰하는 것이 가능하다는 것을 보여주었다. 2D:4D와 순환 테스토스테론, 그리고 사회적 행동에 대한 연구들 또한 도전과 같은 지위 관련 단서가 존재할 때 이들 변인들과의 관계성이 관찰 가능하다는 것을 보여 주었다. 따라서 태내 테스토스테론 수준은 사회적 지위 추구나 유지와 밀접한 관련이 있는 호르몬이며, 지위 위협이나 도전에 반응하여 나타나는 여러 행동이 2D:4D 비율에 따라 다르게 나타나는 것은 관련 신경네트워크의 활성화의 차이에 기인한다고 볼 수 있다. 이런 결과는 특정 행동에 대한 2D:4D의 효과를 관찰하기 위해서는 조사 방법론적 고찰이 필요하다는 것을 보여준다. 그러므로 단순한 자기보고식의 설문에 의존하기 보다는 연구

하고자 하는 행동의 반응성과 관련 있는 자극을 찾고 이를 점화시켰을 때 그 행동에서 관찰되는 변산성이 2D:4D 비율에 따라 다른지 조사하는 것이 태내 테스토스테론의 조직화 효과에 대한 바른 이해를 도울 것이다.

테스토스테론이 생리적 조절자로서 사회적 지위 단서에 반응하여 행동을 조절한다는 연구 결과들(Oliveira, 2009; van Honk et al., 2011)은, 높은 수준의 태내 테스토스테론에 노출된(낮은 2D:4D) 사람들은 자신들이 지배적 지위에 있거나 지위가 위협 받지 않는 상황에서는 더 협력적이고 친사회적으로 행동하고 위험감수 행동을 적게 하며 합리적인 의사결정을 내릴 가능성이 높다는 것을 보여준다. 반대로, 권력이 낮다고 생각하거나 현재는 권력이 높으나 그것이 안정적이지 않다고 지각하는 사람은 비협조적이고 반사회적인 행동을 하거나 위험감수 행동을 더 많이 하며 충동적인 의사결정을 할 가능성이 높다는 것을 보여 준다.

위험감수 행동이나 충동성은 추진력과 관련이 있기 때문에 빠른 의사결정이나 위험감수를 요구하는 상황에서는 장점으로 작용하기도 한다(de Wit, Flory, Acheson, McCloskey, & Manuck, 2007). 하지만 이들 행동은 반사회적 행동이나 중독 행동과 같은 사회적으로 문제가 되는 행동과도 밀접한 관계가 있다(Kirby, Petry, & Bickel, 1999; Lippa, 2003; Luengo, Carrillo-De-La-Pena, Otero, & Romero, 1994; Pietrzak & Petry, 2005). 또 이들 문제 행동은 높은 테스토스테론 수준과도 관계가 있다(Archer, 2004; Dabbs & Dabbs, 2000; Lombardo et al., 2012). 따라서 2D:4D 비율이 낮은 개인들이 자신이 현재 만족할만한 지위에 있지 않을 경우 또는 만족할 만한 위치에 있더라도 불안정하거나 위협을 받고 있다고 지각할 경우 이런 지각이 이들의 반사회적 행동이나 중독 행동의 가능성을 높일 가능성을 배제할 수 없다. 후속 연구를 통해 (1) 사회적으로 문제가 되는 행동들과 2D:4D와의 관계성이 개인이 당면하고 있는 현실 상황에 따라 다른지, (2) 개인의

현재 지위에 대한 지각과 의사결정 과정에서의 충동성이나 위험감수와의 관계성이 2D:4D에 따라 다른지, 그리고 (3) 개인의 지위가 불안정하거나 현재의 지위를 만족해하지 않는 사람이 하위 계급에 있을 때와 상위 계급에 있을 때 이들의 행동이 2D:4D에 따라 차이를 보이는지 알아보는 것은 사회적 행동에 대한 생물학적 근거를 제공하고 호르몬의 역할에 대한 이해를 한층 높일 것이다.

참고문헌

- Adler, N. E., Epel, E. S., Castellazzo, G., & Ickovics, J. R. (2000). Relationship of subjective and objective social status with psychological and physiological functioning: preliminary data in healthy white women. *Health Psychology, 19*, 586-592.
- Anderson, T. (2012). Comparing risk-taking and digit ratio (2D: 4D) in offenders and non-offenders. *The Plymouth Student Scientist, 5*, 105-120.
- Archer, J. (2004). Sex differences in aggression in real-world settings: A meta-analytic review. *Review of General Psychology, 8*, 291-322.
- Arnold, A. P., & Breedlove, S. M. (1985). Organizational and activational effects of sex steroids on brain and behavior: a reanalysis. *Hormones and Behavior, 19*, 469-498.
- Austin, E. J., Manning, J. T., McInroy, K., & Mathews, E. (2002). A preliminary investigation of the associations between personality, cognitive ability and digit ratio. *Personality and Individual Differences, 33*, 1115-1124.
- Bailey, A. A., & Hurd, P. L. (2005). Finger length ratio (2D: 4D) correlates with physical aggression in men but not in women. *Biological Psychology, 68*, 215-222.
- Benderlioglu, Z., & Nelson, R. J. (2004). Digit

- length ratios predict reactive aggression in women, but not in men. *Hormones and Behavior*, 46, 558-564.
- Berenbaum, S. A., Bryk, K. K., Nowak, N., Quigley, C. A., & Moffat, S. (2009). Fingers as a marker of prenatal androgen exposure. *Endocrinology*, 150, 5119-5124.
- Berenbaum, S. A., & Resnick, S. M. (1997). Early androgen effects on aggression in children and adults with congenital adrenal hyperplasia. *Psychoneuroendocrinology*, 22, 505-515.
- Bescos, R., Esteve, M., Porta, J., Mateu, M., Irurtia, A., & Voracek, M. (2009). Prenatal programming of sporting success: Associations of digit ratio (2D: 4D), a putative marker for prenatal androgen action, with world rankings in female fencers. *Journal of Sports Sciences*, 27, 625-632.
- Bos, P. A., Hermans, E. J., Ramsey, N. F., & van Honk, J. (2012). The neural mechanisms by which testosterone acts on interpersonal trust. *Neuro Image*, 61, 730-737.
- Bos, P. A., Terburg, D., & van Honk, J. (2010). Testosterone decreases trust in socially naive humans. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 107, 9991-9995.
- Breedlove, S. M. (1994). Sexual differentiation of the human nervous system. *Annual Review of Psychology*, 45, 389-418.
- Breedlove, S. M. (2010). Minireview: Organizational hypothesis: instances of the fingerpost. *Endocrinology*, 151, 4116-4122.
- Brown, W. M., Hines, M., Fane, B. A., & Breedlove, S. M. (2002). Masculinized finger length patterns in human males and females with congenital adrenal hyperplasia. *Hormones and Behavior*, 42, 380-386.
- Buck, J. J., Williams, R. M., Hughes, I. A., & Acerini, C. L. (2003). In utero androgen exposure and 2nd to 4th digit length ratio-comparisons between healthy controls and females with classical congenital adrenal hyperplasia. *Human Reproduction*, 18, 976-979.
- Buss, D. M. (2004). *Evolutionary Psychology: the new science of the mind*. Pearson Education, Inc.
- Butovskaya, M. L., Vasilyev, V. A., Lazebny, O. E., Burkova, V. N., Kulikov, A. M., Mabulla, A., ... & Ryskov, A. P. (2012). Aggression, digit ratio, and variation in the androgen receptor, serotonin transporter, and dopamine D4 receptor genes in African Foragers: The Hadza. *Behavior Genetics*, 42, 647-662.
- Carre, J. M., McCormick, C. M., & Hariri, A. R. (2011). The social neuroendocrinology of human aggression. *Psychoneuroendocrinology*, 36, 935-944.
- Chapman, E., Baron-Cohen, S., Auyeung, B., Knickmeyer, R., Taylor, K., & Hackett, G. (2006). Fetal testosterone and empathy: Evidence from the empathy quotient (EQ) and the "reading the mind in the eyes" test. *Social Neuroscience*, 1, 135-148.
- Coyne, S. M., Manning, J. T., Ringer, L., & Bailey, L. (2007). Directional asymmetry (right - left differences) in digit ratio (2D: 4D) predict indirect aggression in women. *Personality and Individual Differences*, 43, 865-872.
- Crewther, B. T., Cook, C., Cardinale, M., Weatherby, R. P., & Lowe, T. (2011). Two emerging concepts for elite athletes. *Sports Medicine*, 41, 103-123.
- Dabbs, J. M., & Dabbs, M. G. (2000). *Heroes, rogues, and lovers: Testosterone and behavior*. McGraw-Hill.
- De Neys, W., Hopfensitz, A., & Bonnefon, J. F. (2013). Low second-to-fourth digit ratio predicts indiscriminate social suspicion, not improved trustworthiness detection. *Biology Letters*, 9, 20130037.
- de Wit, H., Flory, J. D., Acheson, A., McCloskey,

- M., & Manuck, S. B. (2007). IQ and nonplanning impulsivity are independently associated with delay discounting in middle-aged adults. *Personality and Individual Differences, 42*, 111-121.
- Eisenegger, C., Haushofer, J., & Fehr, E. (2011). The role of testosterone in social interaction. *Trends in Cognitive Sciences, 15*, 263-271.
- Eisenegger, C., Naef, M., Snozzi, R., Heinrichs, M., & Fehr, E. (2010). Prejudice and truth about the effect of testosterone on human bargaining behaviour. *Nature, 463*, 356-359.
- Elias, M. (1981). Serum cortisol, testosterone, and testosterone binding globulin responses to competitive fighting in human males. *Aggressive Behavior, 7*, 215-224.
- Falter, C. M., Arroyo, M., & Davis, G. J. (2006). Testosterone: Activation or organization of spatial cognition?. *Biological Psychology, 73*, 132-140.
- Folstad, I., & Karter, A. J. (1992). Parasites, bright males and the immunocompetence handicap. *American Naturalist, 139*, 603-622.
- Gallup, A. C., White, D. D., & Gallup, G. G. (2007). Handgrip strength predicts sexual behavior, body morphology, and aggression in male college students. *Evolution and Human Behavior, 28*, 423-429.
- Garbarino, E., Slonim, R., & Sydnor, J. (2011). Digit ratios (2D: 4D) as predictors of risky decision making for both sexes. *Journal of Risk and Uncertainty, 42*, 1-26.
- Geschwind, N., & Galaburda, A. M. (1985). Cerebral lateralization: Biological mechanisms, associations, and pathology: I. A hypothesis and a program for research. *Archives of Neurology, 42*, 428-459.
- Hampson, E., Ellis, C. L., & Tenk, C. M. (2008). On the relation between 2D:4D and sex dimorphic personality traits. *Archives of Sexual Behavior, 37*, 133-144.
- Honekopp, J., Bartholdt, L., Beier, L., & Liebert, A. (2007). Second to fourth digit length ratio (2D:4D) and adult sex hormone levels: New data and a meta-analytic review. *Psychoneuroendocrinology, 32*, 313-321.
- Honekopp, J., Manning, J. T., & Muller, C. (2006). Digit ratio (2D:4D) and physical fitness in males and females: Evidence for effects of prenatal androgens on sexually selected traits. *Hormones and Behavior, 49*, 545-549.
- Honekopp, J., & Schuster, M. (2010). A meta-analysis on 2D:4D and athletic prowess: Substantial relationships but neither hand out-predicts the other. *Personality and Individual Differences, 48*, 4-10.
- Honekopp, J., & Watson, S. (2011). Meta-analysis of the relationship between digit-ratio 2D: 4D and aggression. *Personality and Individual Differences, 51*, 381-386.
- Josephs, R. A., Sellers, J. G., Newman, M. L., & Mehta, P. H. (2006). The mismatch effect: when testosterone and status are at odds. *Journal of Personality and Social Psychology, 90*, 999-1013.
- Joyce, C. W., Kelly, J. C., Chan, J. C., Colgan, G., O'Briain, D., Mc Cabe, J. P., & Curtin, W. (2013). Second to fourth digit ratio confirms aggressive tendencies in patients with boxers fractures. *Injury, 44*, 1636-1639.
- Kilduff, L., Cook, C. J., Bennett, M., Crewther, B., Bracken, R. M., & Manning, J. (2013). Right-left digit ratio (2D: 4D) predicts free testosterone levels associated with a physical challenge. *Journal of Sports Sciences, 31*, 677-683.
- Kilduff, L. P., Hopp, R. N., Cook, C. J., Crewther, B. T., & Manning, J. T. (2013). Digit ratio (2D: 4D), aggression, and testosterone in men exposed to an aggressive video stimulus.

- Evolutionary Psychology*, 11, 953-964.
- Kirby, K. N., Petry, N. M., & Bickel, W. K. (1999). Heroin addicts have higher discount rates for delayed rewards than non-drug-using controls. *Journal of Experimental Psychology: General*, 128, 78-87.
- Lejuez, C. W., Read, J. P., Kahler, C. W., Richards, J. B., Ramsey, S. E., Stuart, G. L., ... & Brown, R. A. (2002). Evaluation of a behavioral measure of risk taking: the Balloon Analogue Risk Task (BART). *Journal of Experimental Psychology: Applied*, 8, 75-84.
- Lippa, R. A. (2003). Are 2D: 4D finger-length ratios related to sexual orientation? Yes for men, no for women. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85, 179-188.
- 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.
- Lucas, M., & Koff, E. (2010). Delay discounting is associated with the 2D: 4D ratio in women but not men. *Personality and Individual Differences*, 48, 182-186.
- Luengo, M. A., Carrillo-De-La-Pena, M. T., Otero, J. M., & Romero, E. (1994). A short-term longitudinal study of impulsivity and antisocial behavior. *Journal of Personality and Social Psychology*, 66, 542.
- Lutchmaya S, Baron-Cohen S, Raggatt P, Knickmeyer R, Manning, J. T. (2004). 2nd to 4th digit ratios, fetal testosterone and estradiol. *Early Human Development*, 77, 23-28.
- Malas, M. A., Dogan, S., Hilal Evcil, E., & Desdicioglu, K. (2006). Fetal development of the hand, digits and digit ratio (2D: 4D). *Early Human Development*, 82, 469-475.
- Manning, J. T. (2002). *Digit ratio: A pointer to fertility, behavior, and health*. New Jersey: Rutgers University Press.
- Manning, J. T. (2011). Resolving the role of prenatal sex steroids in the development of digit ratio. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 16143-16144.
- Manning, J. T., Bundred, P. E., Newton, D. J., & Flanagan, B. F. (2003). The second to fourth digit ratio and variation in the androgen receptor gene. *Evolution and Human Behavior*, 24, 399-405.
- Manning, J. T., & Fink, B. (2008). Digit ratio (2D: 4D), dominance, reproductive success, asymmetry, and sociosexuality in the BBC Internet Study. *American Journal of Human Biology*, 20, 451-461.
- Manning, J., Kilduff, L., Cook, C., Crewther, B., & Fink, B. (2014). Digit Ratio (2D: 4D): A biomarker for prenatal sex steroids and adult sex steroids in challenge situations. *Frontiers in Endocrinology*, 5, 9.
- Manning, J. T., Scutt, D., Wilson, J., & Lewis-Jones, D. I. (1998). The ratio of 2nd to 4th digit length: a predictor of sperm numbers and concentrations of testosterone, luteinizing hormone and oestrogen. *Human Reproduction*, 13, 3000-3004.
- Manning, J. T., & Taylor, R. P. (2001). Second to fourth digit ratio and male ability in sport: implications for sexual selection in humans. *Evolution and Human Behavior*, 22, 61-69.
- Mayer, R. C., Davis, J. H., & Schoorman, F. D. (1995). An integrative model of organizational trust. *Academy of Management Review*, 20, 709-734.
- Mazur, A. (2005). *Biosociology of dominance and deference*. Rowman & Littlefield Publishers.
- Mazur, A., & Booth, A. (1998). Testosterone and dominance in men. *Behavioral and Brain Sciences*,

- 21, 353-363.
- McIntyre, M. H., Barrett, E. S., McDermott, R., Johnson, D. D., Cowden, J., & Rosen, S. P. (2007). Finger length ratio (2D: 4D) and sex differences in aggression during a simulated war game. *Personality and Individual Differences, 42*, 755-764.
- McIntyre, M. H., Ellison, P. T., Lieberman, D. E., Demerath, E., & Towne, B. (2005). The development of sex differences in digital formula from infancy in the Fels Longitudinal Study. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 272*, 1473-1479.
- Mehta, P. H., & Beer, J. (2010). Neural mechanisms of the testosterone-aggression relation: The role of orbitofrontal cortex. *Journal of Cognitive Neuroscience, 22*, 2357-2368.
- Millet, K., & Dewitte, S. (2006). Second to fourth digit ratio and cooperative behavior. *Biological Psychology, 71*, 111-115.
- Millet, K., & Dewitte, S. (2007). Digit ratio (2D: 4D) moderates the impact of an aggressive music video on aggression. *Personality and Individual Differences, 43*, 289-294.
- Millet, K., & Dewitte, S. (2008). A subordinate status position increases the present value of financial resources for low 2D: 4D men. *American Journal of Human Biology, 20*, 110-115.
- Millet, 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.
- Moll, J., & de Oliveira-Souza, R. (2007). Moral judgments, emotions and the utilitarian brain. *Trends in Cognitive Sciences, 11*, 319-321.
- Montoya, E. R., Terburg, D., Bos, P. A., Will, G. J., Buskens, V., Raub, W., & van Honk, J. (2013). Testosterone administration modulates moral judgments depending on second-to-fourth digit ratio. *Psychoneuroendocrinology, 38*, 1362-1369.
- Moore, T., Quinter, C., & Freeman, L. M. (2005). Lack of correlation between 2D: 4D ratio and assertiveness in college age women. *Personality and Individual Differences, 39*, 115-121.
- Muehlenbein, M. P., & Bribiescas, R. G. (2005). Testosterone mediated immune functions and male life histories. *American Journal of Human Biology, 17*, 527-558.
- Neave, N., Laing, S., Fink, B., & Manning, J. T. (2003). Second to fourth digit ratio, testosterone, and perceived male dominance. *Proceedings of the Royal Society of London Series B, Biological Sciences, 270*, 2167-2172.
- Neave, N., & Wolfson, S. (2003). Testosterone, territoriality, and the 'home advantage'. *Physiology & Behavior, 78*, 269-275.
- Okten, A., Kalyoncu, M., & Yaris, N. (2002). The ratio of second- and fourth-digit lengths and congenital adrenal hyperplasia due to 21-hydroxylase deficiency. *Early Human Development, 70*, 47-54.
- Oliveira, R. F. (2009). Social behavior in context: hormonal modulation of behavioral plasticity and social competence. *Integrative and Comparative Biology, 49*, 423-440.
- Page, K. M., & Nowak, M. A. (2001). A generalized adaptive dynamics framework can describe the evolutionary Ultimatum Game. *Journal of Theoretical Biology, 209*, 173-179.
- Pietrzak, R. H., & Petry, N. M. (2005). Antisocial personality disorder is associated with increased severity of gambling, medical, drug and psychiatric problems among treatment seeking pathological gamblers. *Addiction, 100*, 1183-1193.
- Putz, D. A., Gaulin, S. J. C., Sporter, R. J., &

- McBurney, D. H. (2004). Sex hormones and finger length: what does 2D:4D indicate? *Evolution and Human Behavior*, 25, 182-199.
- Ronay, R., & Galinsky, A. D. (2011). Lex talionis: Testosterone and the law of retaliation. *Journal of Experimental Social Psychology*, 47, 702-705.
- Ronay, R., & von Hippel, W. (2010). Power, testosterone, and risk taking. *Journal of Behavioral Decision Making*, 23, 473-482.
- Sanchez-Pages, S., & Turiegano, E. (2010). Testosterone, facial symmetry and cooperation in the prisoners' dilemma. *Physiology & Behavior*, 99, 355-361.
- Sapienza, P., Zingales, L., & Maestripieri, D. (2009). Gender differences in financial risk aversion and career choices are affected by testosterone. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106, 15268-15273.
- Senju, A., & Johnson, M. H. (2009). The eye contact effect: mechanisms and development. *Trends in Cognitive Sciences*, 13, 127-134.
- Sim, K. (2013). The relationship between sex-typical body shape and quality indicators. *Journal of Social, Evolutionary, and Cultural Psychology*, 7, 97-120.
- Stenstrom, E., Saad, G., Nepomuceno, M. V., & Mendenhall, Z. (2011). Testosterone and domain-specific risk: Digit ratios (2D:4D and rel2) as predictors of recreational, financial, and social risk-taking behaviors. *Personality and Individual Differences*, 51, 412-416.
- 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.
- van Anders, S. M., Vernon, P. A., & Wilbur, C. J. (2006). Finger-length ratios show evidence of prenatal hormone-transfer between opposite-sex twins. *Hormones and Behavior*, 49, 315-319.
- van den Bergh, B., & Dewitte, S. (2006). Digit ratio (2D: 4D) moderates the impact of sexual cues on men's decisions in ultimatum games. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 273, 2091-2095.
- van Honk, J., Montoya, E. R., Bos, P. A., van Vugt, M., & Terburg, D. (2012). New evidence on testosterone and cooperation. *Nature*, 485, E4-E5.
- 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., Bos, P. A., Kruijt, A. W., Lentjes, E. G., & Baron-Cohen, S. (2011). Testosterone administration impairs cognitive empathy in women depending on second-to-fourth digit ratio. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108, 3448-3452.
- van Honk, J., Terburg, D., & Bos, P. A. (2011). Further notes on testosterone as a social hormone. *Trends in Cognitive Sciences*, 15, 291-292.
- van Wingen, G., Mattern, C., Verkes, R. J., Buitelaar, J., & Fernández, G. (2010). Testosterone reduces amygdala-orbitofrontal cortex coupling. *Psychoneuroendocrinology*, 35, 105-113.
- Vermeersch, H., T'Sjoen, G., Kaufman, J. M., & Vincke, J. (2008). 2d: 4d, sex steroid hormones and human psychological sex differences. *Hormones and Behavior*, 54, 340-346.
- Voracek, M., & Dressler, S. G. (2006). Lack of correlation between digit ratio (2D: 4D) and Baron-Cohen's "Reading the Mind in the Eyes" test, empathy, systemising, and autism-spectrum quotients in a general population sample. *Personality and Individual Differences*, 41,

1481-1491.

Voracek, M., & Loibl, L. M. (2009). Scientometric analysis and bibliography of digit ratio (2D:4D) research, 1998-2008 1, 2. *Psychological Reports*, 104, 922-956.

Wilson, M., & Daly, M. (2004). Do pretty women inspire men to discount the future?. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 271 (Suppl4), S177-S179.

1 차원고접수 : 2014. 09. 04.

수정원고접수 : 2014. 11. 17.

최종게재결정 : 2014. 11. 21.

Social Psychology of Fingers: The Relationship between 2D:4D Ratio and Social Behaviors

Kyungok Sim

Woo Young Chun

Department of Psychology, Chungnam National University

Recently, there has been an increased interest in the relationship between 2D:4D ratio (second-to-fourth digit ratio) and social behaviors. It is because 2D:4D can be used to explore a potential biological basis (the effect of prenatal testosterone) of individual differences in social behavior. Prenatal testosterone has organizational effects on brain development and finger length pattern, as well as permanent influence on behavior in later life. Low 2D:4D indicates high level of testosterone relative to estrogen in utero. If prenatal testosterone plays an important role in early brain development, digit ratio and later behavior, social behavior should be related to 2D:4D. In addition, if prenatal testosterone shapes the neural networks underlying social behaviors, these networks may be able to be activated by specific stimuli (e.g., social threat, testosterone administration) that provoke testosterone-dependent behaviors, and social behaviors expressed in response to those stimuli may be modulated by 2D:4D. Therefore, this review outlines research findings of the relationship between 2D:4D and social behaviors (e.g., social cooperation, risk taking, impulsivity, and aggression) using economic games (e.g., Trust game, Public goods game, Ultimatum game, etc) with a main focus on the role of 2D:4D dynamics in modulating social behaviors in response to certain stimuli. Studies have shown that 2D:4D affects on social decision making. Furthermore, prenatal testosterone may preprogram the neural mechanisms underlying social behaviors, and it may selectively modifies neural processing to facilitate or inhibit social behaviors in response to environmental or physiological cues.

Key words : 2D:4D, testosterone, social cooperation, social threat, economic game