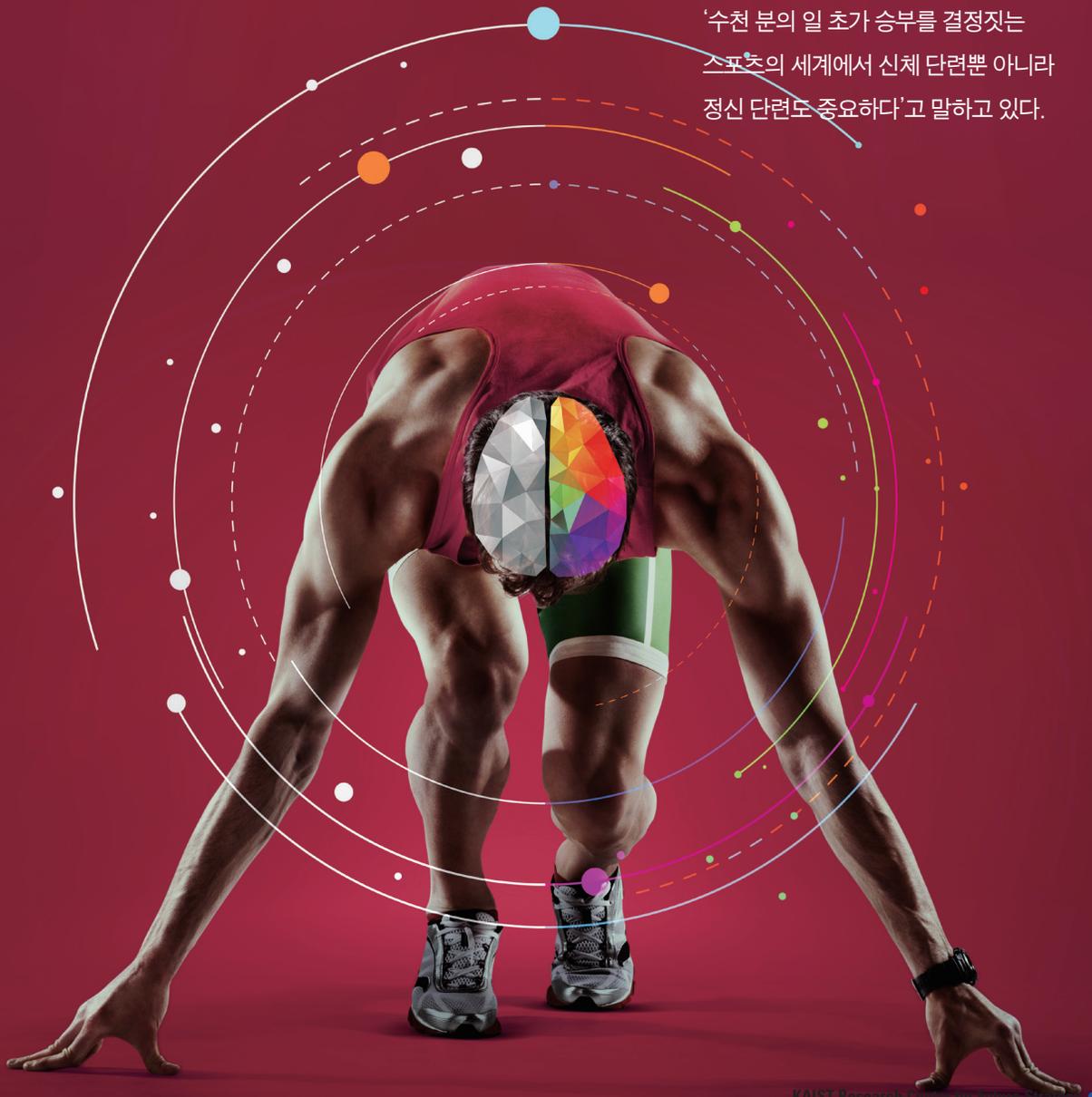


뇌공학자가 바라보는 스포츠 과학의 미래

임창환 한양대 생체공학과 교수

“용기는 모든 것을 정복한다. 심지어는
육체에 힘을 더하기도 한다”

로마 시대의 유명한 시인이자 철학자였던
오비디우스(Publius Ovidius Naso, 기원전
43년 ~ 서기 17년)가 남긴 말이다. 이미
오래전 로마인들은 경험을 통해 ‘육체와
정신의 관계’를 체득했으며, 이러한 사실은
뇌과학의 발전에 힘입어 21세기에 다시 한
번 재조명 받고 있다. 현대 뇌과학에서는
‘수천 분의 일 초가 승부를 결정짓는
스포츠의 세계에서 신체 단련뿐 아니라
정신 단련도 중요하다’고 말하고 있다.



뇌는 변한다-신경가소성

1978년, UC 샌프란시스코 대학의 마이클 메르체니히(Michael Merzenich) 교수는 올빼미 원숭이를 대상으로 실험을 했다. 원숭이의 오른손 중지를 자르고 대신 검지와 약지를 계속 사용하게 하자, 원숭이 뇌에서 중지를 담당하던 뇌 영역을 검지와 약지가 대신 사용하는 현상을 발견했다. 이처럼 뇌 기능이 '뇌를 어떻게 쓰느냐'에 따라 변하는 현상을 '신경 가소성(neuroplasticity)'이라고 한다. 후천적으로 시력을 잃은 사람이 청각이나 촉각 같은 다른 감각이 더 발달하게 되는 것도 모두 이 때문이다. 신경 가소성은 뇌 기능뿐만 아니라 구조를 바꾸기도 한다. 특정 뇌 기능을 반복 사용하면 해당 영역에 있는 신경세포의 축삭돌기(axon)를 감싼 지방질 조직이 발달한다. 수초(myelin)라 불리는 이 조직은 신경세포의 정보 전달 속도를 빠르게 한다. 이런 훈련이 지속되면, 뇌의 특정한 영역이 커지거나 대뇌 피질(cortex)의 두께가 두꺼워지며 뇌 영역 사이를 연결하는 신경섬유의 수가 증가하는 등 여러 가지 드라마틱한 변화가 일어난다.

최근 잉글랜드의 축구팀 맨체스터 유나이티드에서는 훈련이 끝난 뒤 게임 삼매경에 빠진 선수들이 많다. 이들이 하는 게임은 캐나다 몬트리올 대학의 포버트(Faubert) 교수 연구팀이 개발한 인지 훈련 게임 '뉴로 트래커(neurotracker)'다. 게임을 실행하면, 화면상에 8개 숫자가 적힌 공이 떠 있고 잠시 후 숫자가 지워진다. 빈 공간이 화면 위를 어지럽게 돌아다니다가 멈추면, 특정 숫자가 적힌 공의 위치를 찾아내면 된다. 축구 선수들이 이 게임을 하는 이유는 무엇일까? 선수들의 개인 기량이 평준화되어가는 가운데 3-40년 전 마라도나처럼 뛰어난 선수 한 명이 상대 팀 선수 모두를 따돌리고 골을 넣는 일은 거의 일어나지 않는다. 팀플레이가 중요시되는 현 축구에서 가장 핵심적인 스킬 중 하나가 바로 시야(視野), 즉 '경기장 전체를 보는 능력'이다. 최고의 선수는 드리블을 위해 공을 바라보면서도 다가오는 상대 선수들의 위치, 패스를 기다리는 자기 팀 선수들의 위치를 확인한다. 이걸 잘하는 선수를 '주변시(Peripheral vision) 인식 능력이 뛰어난 선수'라 하는데, 프랑스의 지네딘 지단(Zinedine Zidane)이나 브라질의 호나우지뉴(Ronaldinho)가 그렇다. 과거에는 이 능력이 '타고 나는 것'이라 믿었다. 하지만 현대 뇌과학의 신경가소성 원리에 따르면, 뇌의 어떠한 능력이라도 훈련을 통해 향상이 가능하다. 프랑스의 축구 클럽인 올림피크 리옹에서도 동일한 게임 훈련을 통해 선수들의 기량을 향상시키고 있다고 한다.

2013년, 세계적인 과학 학술지 <네이처(Nature)>의 표지에 컴퓨터 게임 장면이 실렸다. UC 샌프란시스코 연구팀은 60세 이상 노인들을 대상으로 '뉴로레이서(Neuroracer)'라는 3차원 레이싱 게임을 하게 했다. 난이도를 점차 높여 가며 4주 동안 변화를 관찰했는데, 그 결과 피실험자들 대부분이 훈련을 받지 않은 20대들보다 고득점을 기록했다. 또, 단기 기억 능력이나 집중력 유지능력 등 다양한 인지 능력과 뇌파 패턴도 크게 향상되었으며, 멀티태스킹 능력은 20대 이전 수준으로 회복됐다. 2014년에는 네이처 자매지에 '슈퍼마리오가 구조적인 뇌 가소성을 유발하는가?'라는 흥미로운 제목의 연구가 발표됐다. 독일 막스플랑크 연구소가 주도 하에, 2-30대 일반 성인을 대상으로 하루 30분씩 매일 3차원 슈퍼마리오 어드벤처 게임을 하게 했다. 2달 후 공간 지각, 기억, 운동능력 등을 담당하는 뇌 부위의 해마, 배외측전전두 피질(DLPFC), 소뇌 등 피질 두께가 유의미하게 증가하는 것을 관찰할 수 있었다.

신경가소성의 원리는 부상 선수들의 재활 훈련에도 적용된다. 부상 때문에 몸을 쓸 수 없는 선수들이 이전 기량을 회복하기란 쉬운 일이 아니다. 뇌는 계속해서 특정 기능을 사용해 줘야만 그 기능을 잘 수행할 수 있는 상태로 변하거나 유지되기 때문이다. 선수들이 자유롭게 움직일 수 없을 때, 가장 효과적인 훈련 방법은 다른 사람이 경기하는 것을 '그냥 지켜보는 것'이다. 인간의 뇌에는 '거울 뉴런(mirror neuron)'이라는 시스템이 있다. 거울 뉴런이란 우리가 다른 사람이 하는 행동을 보고 있을 때 그 행동과 관련된 뇌 영역이 활동하는 현상을 말한다. 예를 들어 오른팔 부상을 당한 테니스 선수가 TV를 통해 다른 선수가 오른팔로 테니스 라켓을 휘두르는 장면을 본다고 가정해 보자. 경기 장면을 지켜보는 선수는 실제 자신의 오른팔을 쓰지 않았음에도 불구하고 대뇌 피질의 오른팔 운동영역이 활성화된다. 이처럼 다른 선수의 경기 장면을 지켜보거나 자신이 경기하는 모습을 상상하게 하는 훈련 방법을 '이미지 트레이닝(image training)'이라 한다. 경험을 통해 만들어진 이 오랜 전통의 재활훈련 방식 이면에는 놀라운 뇌과학적 원리가 숨어 있다.

압박을 극복하라-자기뇌조질

2016년 8월 6일, 브라질 리우데자네이루에서 제31회 올림픽의 성대한 막이 올랐다. 대회 초반 금메달을 예상했던 여러 종목에서 우리 선수들이 줄줄이 고배를 마시는 와중에도, 기대를 저버리지 않고 우리 국민들에게 큰 기쁨을 선사한 종목이 바로 양궁이었다. 뇌공학자인 필자의 시선을 가장 끌었던 것은 '뉴로피드백(Neuro-

Feedback'이라는 훈련법이였다. 뉴로피드백이란 사용자의 현재 뇌 상태에 대한 피드백을 제공하는 바이오피드백 기술의 일종이다. 이는 1972년 미국 UCLA의 배리 스테먼(Barry Sterman) 박사에 의해 개발된 뒤, 주로 집중력 결핍 아동이나 공황장애가 있는 성인 등 정신질환자들을 치료하기 위해 사용돼 왔다. 어려운 이름에 비해 원리는 비교적 간단하다. 뇌파 신호를 분석하면 사용자의 집중력 증가나 감소 정도를 알아낼 수 있는데, 실시간으로 뇌파를 측정하면서 집중력의 높낮이에 따라 다른 피드백을 제시하는 것이다. 보통 게임을 이용해 피드백을 주는 것이 일반적이데, 집중력이 높으면 자동차가 빨리 달려서 레이싱에서 승리하게 한다거나 사격 게임에서 높은 점수를 얻게 하는 식이다.

캐나다 '신경치료 및 바이오피드백 클리닉'의 폴 스윈글(Paul Swingle) 박사의 연구는 뉴로피드백의 대표적인 성공 사례로 꼽힌다. 그는 2008년에 출판한 자신의 저서에서 뉴로피드백을 이용해 주의력결핍과잉행동장애(ADHD) 환자를 치료했던 경험에 대해 이야기했다. 박사는 ADHD가 있는 아이들의 뇌파가 정상 뇌파보다 특정 주파수 비중이 높다는 사실을 발견하고, 이들에게 영화 <토이스토리>를 보여 주다 뇌파의 특정한 주파수가 커지면 영화를 중단하는 피드백을 주었다. 그러자 영화를 계속 보고 싶어 하는 아이들이 자기 스스로 뇌파를 조절했을 뿐만 아니라 다른 일상에서도 치료 전에 비해 주의력이 높아졌다. 여러 성공 사례들에도 불구하고 오랜 기간 동안 뉴로피드백은 뇌과학 분야에서 제대로 인정받지 못했다. 사람들이 어떤 원리로 자신의 뇌파를 조절할 수 있는지 과학적인 해답을 내놓지 못했기 때문이다. 최근 뇌 활동을 영상으로 보여 줄 수 있는 기능적 자기공명영상(fMRI) 기술이 발전하면서 이런 자기뇌조절 기술의 원리가 증명되기 시작했다. 2007년 독일 튀빙겐 대학의 안드레아 카리아(Andrea Caria) 박사는 실시간 fMRI를 이용해 섬엽(Insula) 자가 조절 실험을 했다. 섬엽은 부정적인 감정 자극에 민감하게 반응하는 뇌 부위다. 실험 대상에게 섬엽 활동을 막대그래프로 보여주며 스스로 활동을 높이는 훈련을 했더니, 놀랍게도 동일 자극에 대해 더 부정적인 감정을 갖게 됐다. 뉴로피드백 기술은 집중력 향상이나 감정 조절 차원에서 나아가 스트레스 저하와 명상 분야까지 적용 범위를 확대해 가고 있다.

이 기술이 스포츠 분야에 적용된 것은 아주 최근의 일이다. 여러 종목 중에서 특히 사격이나 양궁과 같이 혼자 하는 종목에서는 산만한 정신을 통제하는 것이 매우 중요하다. 찰나의 집중력 이탈이 경기 결과에 큰 차이를 만들기 때문이다. 고도의 정신적 압박을 받는 속에서 경기 내내 감정을 통제하고 잡념을 없애는 것은 결코 쉬운



일이 아니다. 앞서 설명한 것처럼 뉴로피드백을 이용하면 집중력과 평온한 마음을 오랫동안 유지하는 방법을 스스로 훈련할 수 있다. 뿐만 아니라, 선수들의 긴장감을 없애고 자신감을 높일 수도 있다. 스트레스 뇌파라고 불리는 베타파(beta wave: 뇌파의 13 - 30 Hz 대역)를 줄이기 위한 뉴로피드백 훈련을 실시하면 되는 것이다. 최근 들어서 헤드밴드 형태의 휴대용 뇌파 측정 장치들이 속속 등장하고 있다. 이는 선수들이나 코치들에게 희소식이 아닐 수 없다. 수천만원을 호가하는 고가의 뇌파 측정 장비 대신 쉽게 휴대 가능하고 가격도 저렴한 뇌파 측정용 웨어러블 밴드를 스마트폰이나 스마트패드와 연결하면 언제 어디서나 뉴로피드백 훈련이 가능하기 때문이다. 휴대용 뉴로피드백 기술은 엘리트 스포츠 분야뿐만 아니라 생활체육 분야에도 적용 가능성을 모색 중이다. 현재 가장 많이 진척을 보이는 분야가 바로 골프다. 골프는 사격이나 양궁처럼 혼자 진행되는 게임은 아니지만 대표적인 멘탈 스포츠로 분류된다. 경기 당일의 긴장도나 집중력에 따라 결과가 큰 영향을 받기 때문이다. '골프의 신'으로 불렸던 타이거 우즈도 메이저 대회 2승을 기록한 2006년에, 집중력이 흐려져 US 오픈 2라운드에서 컷오프 당한 적 있다. 앞으로는 골프 라운딩 전에 이마에 뇌파 밴드를 착용하고 스마트폰을 들여다보는 광경이 펼쳐질지도 모른다.

뇌 도핑, 그리고 스포츠맨십

2016년 3월, 뇌 자극을 통해 신체 기능을 향상시키는 '뇌 도핑(brain doping)'이 시도됐다는 사실이 화제가 됐다. 미국 스키 및



스노보드협회(US Ski and Snowboard Association: USSA)는 샌프란시스코에 있는 할로 뉴로사이언스(Halo Neuroscience)라는 스타트업과 함께 프로 스키 점프 선수 7명에게 뇌에 약한 전류를 흘리는 실험을 했다. 실험에 사용한 자극 방식은 경두개직류자극(transcranial direct-current stimulation: tDCS)으로, 머리 표면에 흘려주는 전류의 방향을 바꿈으로써 특정 뇌 영역의 활성도를 올리거나 내릴 수 있다. 7명 중 4명에게는 대뇌 운동영역의 활성도를 높이기 위한 전류를 흘려주었고, 나머지 3명에게는 전류를 흘리는 척하고 실제로 아무 자극도 가하지 않았다. '거짓 자극'은 플라시보 효과(Placebo effect, 위약효과)를 배제하기 위해 흔히 사용하는 실험 방법이다. 실험 대상의 숫자는 적었지만 결과는 놀라웠다. '거짓 자극'을 받은 3명에 비해 '진짜 자극'을 받은 4명이 무려 점프력 70%, 균형감각 80%가 향상된 것이다.

같은 해 스포츠 과학자인 렉스 모거(Lex Mauger) 영국 켄트 대학교수가 대뇌 운동영역에 경두개직류자극을 가하면 운동에 따른 피로감을 덜 느끼게 된다는 연구 결과를 발표했다. 모거 교수는 사이클 선수들에게 경두개직류자극을 가한 뒤 헬스 사이클을 지칠 때까지 타도록 주문했는데, '진짜 자극'을 받은 선수들이 '가짜 자극'을 받은 선수들에 비해 자전거를 탄 시간이 평균 2분이나 길었다. 뿐만 아니라 '진짜 자극'을 받은 선수들은 그렇지 않은 선수들에 비해 주관적으로 느끼는 피로도도 더 낮았다. 재미있는 사실은, 심박수 라든가 근육 피로도 와 같은 생체 지표에 있어서는 두 집단 간 차이가 전혀 보이지 않았다는 점이다. 이는 뇌 자극을 통해 신체 능력이

달라진 게 아니라 뇌가 느끼는 고통의 정도에만 변화가 일어났다는 것을 의미한다. 뇌공학 분야에서 이와 비슷한 연구 결과들은 2000년대 초부터 꾸준히 발표돼 오고 있다.

물론 넘어야 할 산도 많다. 우선, 이런 뇌 자극 기술들을 장기간 사용했을 때 뇌에 어떤 변화가 생길 것인지에 연구가 충분하지 않다. 당장 눈앞의 성적 향상을 위해 부작용을 감수하는 약물 도핑과 다를 바 없는 셈이다. 또, 사람들마다 뇌 자극 효과의 편차가 심하고 동일 인물임에도 날마다 효과가 달라지는 등 아직 뇌 자극 방법 자체가 불완전하다는 점도 앞으로 해결해야 할 문제 중 하나다. 무엇보다 뇌에 인위적인 전기 자극을 가하는 것이 과연 윤리적으로 타당한가 하는 점에 대해서도 좀 더 심도 깊은 논의가 필요하다. '뇌 도핑'은 뉴로피드백과는 달리 선수 개인의 노력 없이 외부 도움을 받아 인위적으로 능력을 향상시키는 것이기 때문에 '페어 플레이(Fair play)'를 추구하는 스포츠 정신에 어긋난다는 지적이 많다. 이 외에도 현재 기술로는 브레인 도핑 검사가 불가능하다는 점, 누구나 인터넷을 통해 쉽게 장치를 구입할 수 있다는 점도 우려되는 문제다.

도핑이라는 말은 남아프리카공화국의 한 부족이 애용한 술 이름인 돕(dop)에서 유래했다. 그들은 사냥이나 전투에 나서기 전에 구성원들의 사기를 진작하기 위해 돕을 즐겨 마셨다고 한다. 오비디우스는 진정한 신체적 강인함을 얻기 위해서 용기가 필요하다는 점을 역설했지만, 스스로의 노력이 아닌 인위적으로 만들어진 용기를 바랬던 것은 아니었을 것이다. 뇌공학과 스포츠 과학이 스포츠맨십을 해치지 않는 범위 안에서 함께 발전해 나가기기를 기대한다. **SF**