

일상으로 확장 시도하는 뉴로테크놀로지

저자 : 김영미 류대현



뉴로테크놀로지를 활용해 AI 로봇과 대화하는 미래 인간을 생성형 AI Canva로 묘사

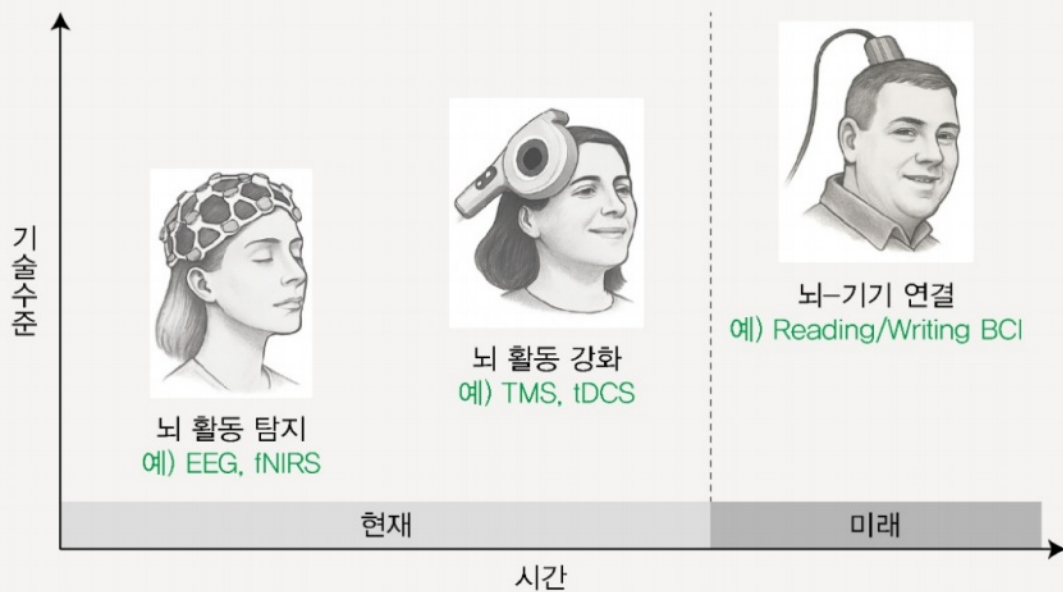
- 뇌파 측정에서 뇌-기계 인터페이스까지
- 확장되는 뉴로테크 활용 분야
- 뇌파 측정으로 사고 예방까지
- 뉴로테크 대중화를 위한 과제들

영화 매트릭스에서는 주인공의 머리에 직접 칩을 연결해 지식을 업로드하거나 가상 세계에 접속하는 장면이 등장한다. 실제로 이런 장면을 만들어내려는 기술 분야가 있다. 바로 ‘뉴로테크놀로지(Neurotechnology, 이하 뉴로테크)’다. 이 기술은 뇌과학과 첨단 기술을 융합한 분야로, 의료 분야에서 이미 상용화되고 있다. 뇌졸중 환자의 재활을 돕고, 전신마비 환자는 생각만으로 로봇 팔을 움직이는 등 과거에는 불가능했던 영역을 개척해 왔으며, 최근에는 의료를 넘어 일상 영역으로도 확장되고 있다. 미국 뉴럴링크(Neuralink)를 창업한 일론 머스크는 지난해 8월 “뉴로테크가 인간에게 AI와 경쟁할 수 있는 초능력(Superpower)을 줄 것”이라며, 이를 인간 경쟁력 강화의 핵심으로 지목했다.

뇌파 측정에서 뇌-기계 인터페이스까지

뉴로테크라는 용어가 생소한 사람일지라도 알파(Alpha)파, 델타(Delta)파 같은 뇌파 분류 용어를 한 번쯤 들어봤을 것이다. 1920년대 뇌파 측정과 같은 기초 연구에서 출발한 뉴로테크는 훨씬 더 정밀하고 상호작용적(Interactive)인 기술로 진화했다.

뉴로테크의 발전 과정



뉴로테크는 ① 뇌 활동을 읽는 단계에서 시작해 ② 뇌를 자극해 기능을 개선하고 ③ 나아가 뇌와 외부 기기를 연결해 인간 역량을 증강하는 방향으로 발전하고 있다.

뇌파 측정(Electro Encephalo Graphy, EEG)은 가장 범용적이고 오랜 기술 중 하나다. 이 기술은 뇌파를 감지해 인지 상태와 감정을 파악하기 위한 것으로, 주로 신경계 질환 진단과 뇌 연구에 활용돼 왔다.

2000년대에 들어서며 이 기술은 한 단계 도약했다. 뇌 활동을 읽는 수준을 넘어, 뇌의 특정 부위를 자극해 인지 기능을 개선하는 단계로 발전했다. 자기장으로 신경세포를 자극하는 경두개자기자극술(Transcranial Magnetic Stimulation, TMS)과 미세 전류를 활용하는 경두개직류자극술(Transcranial Direct Current Stimulation, tDCS)이 대표적이다. 이 기술들은 인지기능과 운동기능 개선 효과가 임상적으로 입증돼 전 세계 의료 기관에서 활용되고 있다.

뉴로테크의 가장 고도화된 단계는 뇌와 외부 기기를 연결하는 ‘뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI)’ 기술이다. BCI는 뇌 신경 신호를 읽어내 사용자의 생각을 파악하고, 이를 통해 외부 기기를 제어한다. 지난해 3월 뉴럴링크는 놀라운 임상시험 결과를 공개했는데, 뇌에 칩을 이식한 사지 마비 환자가 생각만으로 컴퓨터 커서를 조작해 체스를 두며 동시에 대화까지 나누는 놀라운 멀티태스킹 능력을 보여줬다. 업계는 BCI가 장기적으로는 뇌 신호를 읽어 외부 기기를 제어하는 수준(Reading BCI)을 넘어, 외부 정보를 뇌에 입력하는 단계(Writing BCI)까지 발전할 것으로 전망한다.

확장되는 뉴로테크 활용 분야

의료 분야에서 출발한 뉴로테크는 점차 일상의 다양한 영역으로도 활용 분야가 확장되고 있다. 학습 능력 향상, 운동 능력 증진 등 여러 분야로 응용 범위가 크게 넓어지는 추세다.

뉴로테크의 주요 활용 분야

활용 목적	활용 목적	예시
의료/치료 (Treatment)	의료/재활	마비 환자 운동 및 감각 기능 재활, 의사소통 보조
	정신 건강	정신질환(우울증, 조현병, 자폐증 등) 치료, 중독 증상 완화
증강/향상 (Enhancement)	교육/학습	집중력 및 기억력 강화
	운동 능력	운동 학습 및 조절 능력 향상
	사무 근로자	집중력 및 스트레스 모니터링/관리
	현장 근로자	각성 수준 모니터링 및 관리

출처: 경영연구원 자체 분석

먼저 의료 분야에서는 환자의 뇌에 직접 칩을 이식하는 BCI 기술이 중증 마비 환자의 재활에서 주목할 만한 성과를 보여줬다. 예를 들면, 환자가 ‘컵을 쥐고 싶다’고 생각할 때 발생하는 뇌 신호 패턴을 읽어내고, 이를 로봇 팔 같은 외부 기기로 전송해 사용자가 원하는 대로 작동시키는 방식이다. 특히 지난해 뉴럴링크의 ‘N1 임플란트 칩’ 임상시험 결과가 공개되며 신체 마비 환자나 뇌 손상 환자들에게 새로운 희망이 됐다. 인구 고령화로 늘어나는 치매, 파킨슨병 등 퇴행성 질환자들의 신체 기능 보조에도 도움이 될 것으로 기대를 모은다.

비의료 분야에서는 기기를 착용하는 방식을 주로 활용하고 있다. 신체에 칩을 이식하는 방식보다 정밀도는 떨어지지만, 거부감이 덜하기 때문이다. 과거에는 기기가 크고 조작성 복잡해 실험실처럼 제한된 환경에서만 사용됐으나, 최근 기기들은 작고 가벼워졌으며 사용법도 더 쉬워졌다. 이어폰, 헤드밴드 등 착용이 쉬운 웨어러블 기기들이 출시되며 일상생활에서도 쉽게 사용할 수 있다.

특히 정신 건강 관리 분야에서는 이미 상용화된 제품들을 쉽게 찾아볼 수 있다. 예를 들어, 헤드밴드 형태의 ‘멘디(Mendi)’는 전두엽 피질(Prefrontal Cortex)의 혈류량을 측정한다. 이를 스마트폰이나 태블릿에 블루투스로 연결해 전두엽의 활성화 상태를 실시간으로 확인할 수 있으며, 게임 형식으로 된 뉴로피드백 훈련을 통해 전두엽 기능을 향상시킬 수도 있다.

뇌 활동을 측정하는 웨어러블 기기들



좌측부터 차례로 뉴러블(Neurable)의 헤드폰, 이모티브(Emotiv)의 이어폰, 멘디(Mendi)의 헤드밴드. 이런 최신 기기들은 299~699달러에 판매되어 일반 소비자가 구매하기에도 큰 부담이 없다. 특히 헤드폰처럼 친숙한 형태로 만들어져 휴대성이 뛰어나다.

출처: 각 사 홈페이지

스포츠 분야에서 뉴로테크가 활용된 사례도 주목할 만하다. 넷플릭스 다큐멘터리 ‘쿼터백’에는 전미 미식축구협회(National Football League) 선수들이 뉴로피드백 훈련으로 운동 능력을 향상하는 장면이 나온다. 이들은 헤드밴드형 뇌파 측정(EEG) 기기를 착용해 실시간으로 자신의 컨디션을 측정하고 최적화한다. 이런 뉴로피드백 훈련은 실제 경기 상황에서 스트레스를 조절하고 최상의 능력을 발휘하도록 도울 뿐만 아니라, 수면의 질을 높여 선수들의 정신과 신체 기능 회복에도 도움을 준다.

커크 커즌스(Kirk Cousins) 멘탈 훈련에 활용된 뉴로테크



미국 프로 미식축구 구단인 애틀랜타 팔콘스(Atlanta Falcons) 주전 쿼터백 커크 커즌스는 지난 10여 년간 뉴로피드백 훈련을 해왔다.

출처: NFL, 유튜브 채널 'Mind Matters'

뇌 모니터링을 넘어 인지 능력을 증강하는 제품도 이미 시판 중이다. 예를 들어, 헤드밴드 형태의 ‘리프트이드(LIFTiD)’는 미세 전류를 전달해 전두엽을 활성화한다. 그 결과 주의력과 집중력이 높아져 학습과 업무 같은 복잡한 과제를 더욱 효율적으로 수행할 수 있다. 제조사 RPW 테크놀로지에 따르면, 20분간 착용하면 활성화 효과를 경험할 수 있으며, 이는 최대 90분간 지속된다. 같은 기술적 원리로 우울증을 치료하는 ‘플로우(FLOW)’도 참고할 만하다. 이 기기는 전두엽의 특정 부위를 활성화해 긍정적인 감정을 유도하고, 활력을 증진하며, 집중력을 높이는 등의 효과가 입증됐다.

전두엽 기능을 활성화하는 웨어러블 기기들



리프트이드(좌측)와 플로우(우측)는 tDCS 기술 기반 뉴로테크 기기다. 미세 전류를 효과적으로 전달하려면 이마 부위에 닿는 두 개의 접촉면에 수용성 젤을 발라야 한다.

출처: 각 사 홈페이지

뇌파 측정으로 사고 예방까지

뉴로테크의 발전은 기업에게 다양한 기회를 제시한다. 먼저 사업 및 투자 관점에서 해당 기술을 고려할 수 있다. AI 시대 인지 과부하나 고령 인구 증가 등으로 인해, 정신 건강과 인지 기능 유지 및 향상에 관한 소비자들의 관심이 앞으로 더 커질 것으로 예상된다. 기업들은 이런 시장 트렌드를 반영해 관련 제품과 서비스를 사업 포트폴리오에 추가하거나 투자를 검토할 수 있다. 국내 스타트업들도 이 분야에 뛰어들고 있는데, 뇌 건강 관리부터 특정 질환 치료까지 다양한 솔루션을 개발 중이다. 예를 들어, 와이브레인, 뉴로핏, 리메드 등 업체가 가정용 우울증 및 뇌졸중 치료기기를 판매하고 있다. 옴니핏은 뇌파 측정 기술(EEG)을 활용해 가정에서 치매 위험도를 진단하고 관리하는 기기를 출시했다.

조직 운영에도 뉴로테크 도입을 고려할 수 있다. 우선 직원 정신 건강과 생산성 관리에 활용할 수 있다. 기존에 기업들이 사용하던 설문 조사는 문제 파악과 조치가 사후적으로 이뤄진다는 단점이 있었다. 반면 직원 뇌파 정보와 같은 뉴로데이터(Neurodata, 이하 신경정보)를 분석하면 감정이나 몰입 상태를 실시간으로 파악하고 즉각적인 개선 조치를 취할 수 있다. 실제로 미국 방산기업 록히드마틴은 직원들의 인지 부하 상태를 분석해 업무 및 인력 배치를 최적화하는 인력 관리 솔루션을 개발했다. 해당 솔루션은 뉴로테크 기술로 직원들의 인지력, 주의력, 스트레스 수준을 실시간 측정하고, 이를 업무 분장과 인력 배치에 반영해 번아웃 방지와 생산성 향상을 돕는다.

산업 현장의 안전 관리에도 뉴로테크를 활용할 수 있다. 안전사고는 대부분 작업자의 부주의로 발생하는데 이 기술을 접목하면 부주의를 모니터링해 사고 발생을 방지할 수 있다. 일본 히타치 건설기계의 자회사 웬코(Wenco)는 2021년 호주 뉴로테크 기업 스마트캡(SmartCap)을 인수하며 제품 및 솔루션 포트폴리오를 확대했다. 안전 관리에 대한 고객들의 수요가 늘었기 때문이다. 스마트캡의 뇌파 측정 헤드밴드는 현장 근로자들의 피로도를 5단계로 실시간 측정해 인명과 직결되는 안전사고 발생을 방지한다. 웬코는 이 기술을 생산, 건설, 운송 분야로 넓혀 산업 현장의 인명피해 예방과 제품 수율 개선에 기여할 계획이다.

뉴로테크 대중화를 위한 과제들

뉴로테크는 다양한 활용 가능성을 지녔지만, 프라이버시와 노동권을 침해할 수 있어 주의가 필요하다. 개인의 사고와 감정을 감시하며 통제하거나, 신경정보를 근거로 차별적 결정(Neuro-discrimination)을 내리는 등 악용될 가능성이 있다. 예를 들어, 고용주가 직원들의 신경정보를 모니터링해 ‘조용한 퇴직자(Quiet Quitter)’를 색출하는 데 활용될 수 있다.

각국은 이런 특수성을 인식하고 개인의 신경정보와 신경권리(Neuro Rights)를 보호하기 위한 제도적 장치를 마련하고 있다. 지난해에는 미국 캘리포니아주와 콜로라도주가 신경정보를 민감 데이터로 분류해 개인정보보호법 적용 대상에 포함했다. 뉴욕, 미네소타, 텍사스, 플로리다 등 다른 주들도 유사 법안을 추진 중이다. 브라질, 멕시코, 스페인, 칠레 등도 보호 조치 시행에 나섰다. 국내에서는 아직 법안이 마련되지는 않았으나, 최근 신경정보와 권리 보호 제도 마련을 위한 논의가 본격적으로 이뤄지고 있다. 향후 미국과 유사한 방향으로 신경정보를 민감 개인정보로 분류해 보호 조치를 강화할 전망이다.

기업이 조직 내에서 뉴로테크를 도입할 때도 세심한 접근이 필요하다. 특히 고용주가 이 기술로 직원을 감시하며 과도한 노동을 요구하거나, 신경정보를 근거로 평가나 보상에 불이익을 줄 수 있다는 점에서 직원들이 느끼는 불안이 클 수 있다. 따라서 기업은 기술 도입에 앞서 직원 신경정보 수집, 관리, 활용에 관한 명확한 원칙을 수립해 직원들의 동의를 구하고, 이를 철저히 준수해야 한다.