

융합연구 우수사례집

# 분야 간 경계를 넘어 혁신을 이루다



현장의 살아있는  
융합연구 노하우

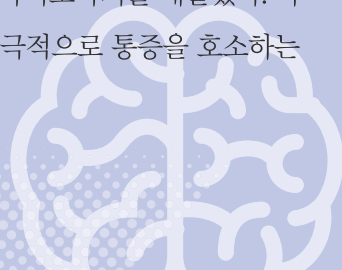
## CASE 2

# 통증을 정량화하고 예측하는 바이오마커로 진단과 치료의 새 장을 열다

통증 실험 기반 통증 정도를 예측할 수 있는  
뇌영상 바이오마커 개발

우충완 교수 성균관대학교 글로벌바이오메디컬공학과 부교수, 기초과학연구원 뇌과학이미징연구단 부연구단장

인간은 누구나 예외 없이 통증을 경험한다. 극심한 통증이 어느 날 갑자기 찾아오는 경우도 있고 가끔씩 느껴졌던 통증이 견딜 수 없을 정도로 심해지는 경우도 있다. 부상이나 질병에 대한 경고 신호로 작용하는 급성 통증과 달리 만성 통증은 그 자체로는 생명을 위협할 만한 질환이 아니지만 지속되면 이로 인해 삶이 파괴되고 막대한 사회경제적 비용이 초래되기도 한다. 그러나 적절한 통증 측정 도구가 존재하지 않다 보니 진료는 물론 치료에도 어려움이 있었다. 정서신경과학을 연구하며 통증의 객관적 측정과 표현 방법을 개발하는데 전략을 다했던 우충완 교수는 뉴로이미징과 빅데이터 및 인공지능 전문가와의 융합연구를 통해 통증 정도를 예측할 수 있는 뇌영상 바이오마커를 개발했다. 이 성과는 만성 통증이 일어나는 뇌 기제를 이해하고 궁극적으로 통증을 호소하는 환자들을 도울 수 있을 것으로 기대되고 있다.





## 삶의 질을 떨어뜨리는 통증을 잡아라

“으아... 너무너무 아파.”

“뭐야. 뭐 그렇게 엄살이야? 그 정도도 못 참아?”

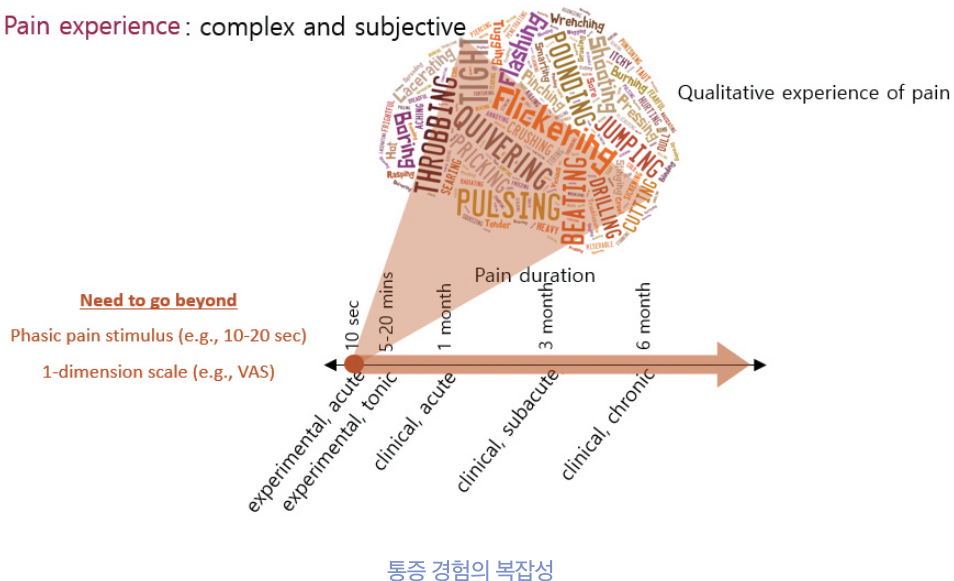
“엄살 아니야. 진짜 무지무지 아프다고!”



일상에서 누구나 한두 번은 겪었을 흔한 상황이다. 통증의 당사자가 아닌 이상 아픈 정도를 알기가 힘들다. 육신육신하다, 찌릿하다, 아리다, 쭈시다, 따끔하다, 시리다, 찢어진다, 쪼개진다, 끊어진다, 묵직하다, 빠근하다, 우리하다, 저리다, 묵직하다, 당긴다 등 통증을 표현하는 우리 말은 다양하다. 그러나 이런 말로 대략 짐작해 느낌은 알 수는 있어도 통증의 강도까지 체감할 수는 없다. 인간이 느끼는 고통의 정도를 수치화한다는 것은 사실 어려운 일이다.

통증이란 주관적이고 감정적인 것이기 때문에 절대적인 수치로 나타낼 수 없다고 인식되어 왔다. 통증을 정확하고 객관적으로 측정하고 평가할 수 있다면 효과적인 진단과 치료가 가능할 터였다. 정서신경과학 분야를 연구해온 우충완 교수는 통증의 객관적 측정과 표현 방법을 개발하는데 관심을 기울여왔다. 인간의 감정과 통증을 연구하며 뇌를 이용하여 감정, 통증과 같은 주관적 경험을 읽어내는 브레인 디코딩을 주로 연구해온 그는 통증 분야를 연구하기까지 여러 경로를 거쳐왔다. 학부에서 생물학 공부를 하던 중, 사람의 마음에 관심을 가지며 심리학 분야를 탐색했다. 그러던 중 우울, 불안, 만성 통증 등을 연구하는 임상심리학에 관심을 갖게 되어, 임상심리학으로 석사 과정을 밟았다. 이후 대학병원 정신과에서 임상심리 수련을 하며, 정서 및 통증 문제를 지닌 환자들을 많이 만나게 되었다. 당시 주로 했던 일은 심리 검사 및 인터뷰를 통해 환자들의 증상 및 심리적인 상태를 종합적으로 평가하는 것이었는데, 환자들과의 인터뷰를 통해 환자들의 주관적 고통에 대해 많은 것을 알 수 있었다.

**Pain experience: complex and subjective**





“환자가 느끼는 통증을 정량적으로 표현할 수 있으면 치료에도 도움이 될 텐데...”

좀 더 정량적인 방법으로 그들의 고통을 연구하고 싶었던 그는 박사과정을 통해 기능 뇌영상 기법을 이용해 주관적인 감정과 통증을 연구하는 분야로 들어서게 되었다.

우 교수는 학부 과정에서 익혔던 생물학적 관점과 석사 과정 이후 병원 수련 기간을 통해 익혔던 심리학적 관점을 통합하게 되었고, 대표적인 복잡계인 뇌 기능을 연구하기 위해 박사과정 동안에는 계산과학적인 기법들을 익혔다. 이를 위해 박사과정 재학 중에 컴퓨터과학과에서 개설되는 여러 수업을 청강 혹은 수강하면서 기계학습, 네트워크 과학 등에 대한 기본기를 다졌다. 이후 통증 뇌과학에서 꼭 풀어야 하는 문제에 대해 여러 학문의 관점을 융합하며 연구를 본격화하기 시작했다.



## 만성 통증의 재현, 핫소스에서 힌트를 얻다

우 교수는 박사과정 재학 중 10~20초 가량 지속되는 열자극으로 유발된 통증의 세기를 기능자기공명영상(fMRI, functional MRI) 신호로부터 읽어내는 연구를 진행했고, 이를 2013년 The New England Journal of Medicine(NEJM) 학회지에 발표했다. 통증의 브레인 디코딩으로 세계로부터 주목받은 첫 연구였다. 그러나 이 통증 모델은 임상적인 만성 통증에 일반화하기가 어려웠다.

“환자를 지속적으로 괴롭히는 것은 짧은 시간에 지나가는 통증이 아니라 긴 시간 지속되는 통증이지. 안전하면서도 충분한 시간 동안 통증이 지속되게 실험을 디자인할 수 없을까?”



당시에도 피험자들을 대상으로 통증을 실험적으로 유발하고, 통증을 경험하는 동안 기능적 뇌영상을 촬영해 통증의 정도를 읽어내는 실험은 여러 연구에서 이루어지고 있었다. 그러나 10~20초 사이의 통증 자극을 반복적으로 전달하면서 하는 연구가 대부분이었다. 이렇게 짧은 시간 동안 지속되는 통증은 만성 통증과는 매우 다르기 때문에 기존의 뇌영상 통증 모델을 만성 통증에 적용하는 것은 불가능했다.

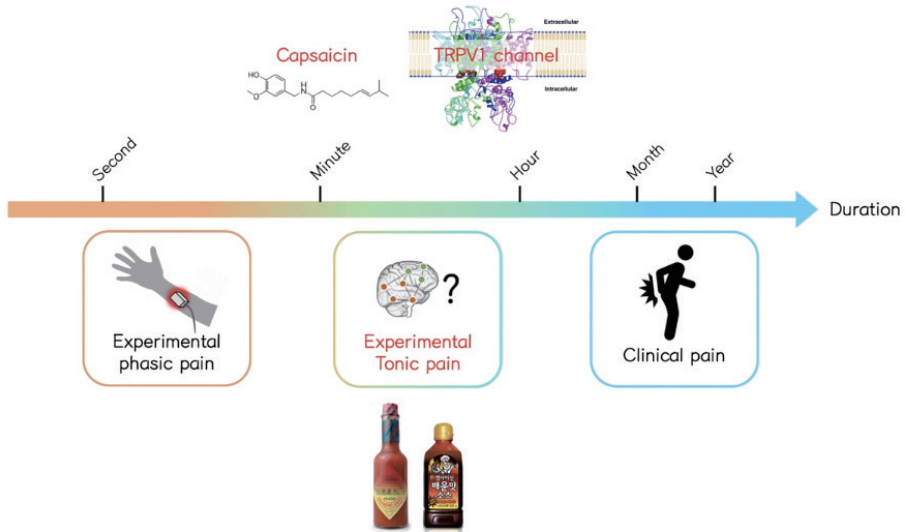
‘통증 실험 기반 통증 정도를 예측할 수 있는 뇌영상 바이오마커’ 개발이라는 연구과제에 대한 아이디어가 움트기 시작한 것은 2015년 박사과정 지도교수가 지나가듯 툭 던진 아이디어 덕분이었다.

“핫소스 어떨까? 핫소스의 매운맛을 이용해서 연구하는 것도 괜찮을 것 같은데?”

여행에서 돌아와서 학생들에게 툭 던진 얘기였다. 다른 학생들은 대부분 흘려 들었지만, 이 아이디어를 흘려들지 않은 사람이 바로 우충완 교수였다.

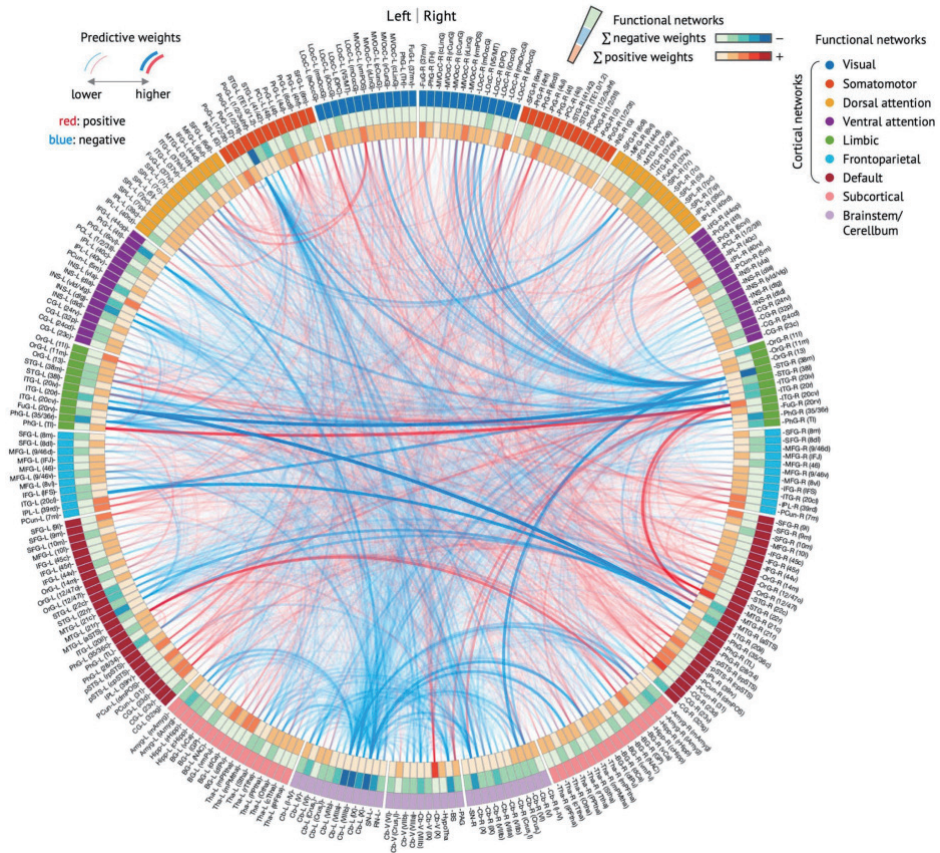
‘그래. 흔히 먹는 음식이니까 안전하기도 하고, 지속성 면에서도 괜찮고. 뭔가 될 것 같은데.’

핫소스에 들어있는 캡사이신은 통증 연구에 많이 쓰이는 물질이었기 때문에, 통증을 효과적으로 유발할 것이라고 판단했다. 특히 캡사이신을 이용해서 입 안에서 유발되는 통증은 10분에서 20분 가량 지속이 되는데, 만성 통증의 중요한 특징 중 하나인 지속되는 통증이라는 특성을 잘 가지고 있었다. 우 교수는 여러 요인들을 검토한 끝에 이 연구를 자신이 해야겠다고 생각하게 되었다. 캡사이신을 이용한 통증 유발 아이디어를 기반으로 만성 통증에 적용이 가능한 뇌영상 통증 모델을 만들 수 있을 것 같았다.



캡사이신을 활용한 통증 유발 아이디어

이후 박사학위를 받고 성균관대학교 글로벌바이오메디컬공학과 교수로 임용되면서 한국에 자리를 잡고 실험실을 설립했다. 그리고 실험실 첫 과제로 ‘통증 실험 기반 통증 정도를 예측할 수 있는 뇌영상 바이오마커 개발’을 시작하기로 결정하였다.



개발된 통증 정도를 예측할 수 있는 뇌영상 바이오마커(Tonic Pain Signature 모델)



## 통증을 측정하는 통증 뇌바이오마커를 개발하라

우충완 교수가 새로운 통증 뇌바이오마커 연구를 결심하게 된 것은 기존의 뇌영상 통증 모델이 만성 통증에 적용이 불가능했었기 때문이며, 이 연구를 성공적으로 수행하면 향후 신약 개발은 물론 환자의 치료의 가이드라인 제시에 꼭 필요한 도구가 될 것이라는 생각에서였다.

첫째 통증에 대한 효과적인 신약 개발은 그 필요성에도 불구하고 수십 년 동안 실패하고 있다. 이로 인해 통증으로 고통받는 사람들은 적절한 치료를 받지 못하고 있다. 또한 미국 등의 나라에서는 오랫동안 대안적인 치료약이 없어서, 위험한 마약성 진통제에 주로 의존해 왔으며, 이로 인해 많은 사람들이 죽었고, 지금도 약물 중독으로 많은 이들이 고통받고 있다. 이에 미국에서는 트럼프 정부 때 마약성 진통제로 인한 공중보건비상사태를 선포하고 마약성 진통제와의 전면전을 시작할 정도였다.

신약 개발에 있어서 가장 중요한 단계는 인간을 대상으로 한 임상 시험이다. 임상 시험 단계까지 이르는 데에는 약물 개발과 동물 대상 실험 등을 위한 막대한 비용이 소요된다. 그래서 가능하면 성공적으로 임상 시험 단계를 통과해야 하지만, 진통제 개발에서는 임상 시험 단계에서 실패하는 경우가 비일비재하다.

실패의 가장 큰 원인은 통증 측정 방법의 정확도 때문이었다. 인간을 대상으로 한 진통제 임상 시험에서 통증을 평가하기 위한 방법은 환자에게 얼마나 아픈지 직접 물어보는 것 밖에 없다. 통증은 주관적이기 때문이다. 그러나 이는 다양한 요소의 영향을 받을 수 있다. 그중 하나가 위약 효과(플라시보 효과)이다. 치료 환경과 맥락이 주는 다양한 효과로 인해 인간은 일반적으로 강한 위약 효과를 보인다. 인간 대상 임상 시험에 있어서 요구되는 것은 바로 위약 효과보다 강한 약물 효과인데, 주관적인 자기 보고에 의존하는 통증 측정에 있어서는 위약 효과를 이기는 것이 어렵다. 이에 자기 보고 통증 평가 방법외의 대안적인 방법이 절실하게 필요하며, 이 대안적인 통증 평가 방법은 위약 효과의 영향을 받지 않는 방법이어야 한다.

뇌영상 통증 바이오마커가 개발된다면 조금 더 객관적인 통증 평가 방법을 제공할 수 있는 가능성이 생기며, 이는 신약 개발의 새로운 장을 열어줄 수 있을 것이라 예상할 수 있다.

두 번째 효용은 치료의 가이드라인을 제공할 수 있다는 것이다. 어쩔 수 없이 마약성 진통제를 사용해서 통증을 조절해야 하는 경우, 부족하지도 혹은 과하지도 않게 약물의 용량을 결정하는 것이 매우 필요하다. 그러나 이 또한 자기 보고 통증 평가 방법에 의존하다 보면 다양한 요인들이 영향을 미쳐, 때로는 부족한 용량, 때로는 과도한 용량의 약물치료를 실시할 가능성이 있으며, 이러한 경우 환자들의 통증 치료에 악영향을 줄 수 있다. 만약 통증 뇌바이오마커와 같은 비교적 객관적인 통증 평가 방법이 개발된다면, 통증 완화를 위해 어느 정도의 용량의 약물을 사용해야 하는지에 대한 치료 가이드라인을 제공할 수 있을 것이라 기대할 수 있다.

이 연구는 신경과학, 의학, 뉴로이미징, 데이터과학 등 다양한 분야에 대해 전문적인 역량이 필요한 어려운 과제였지만 성공한다면 의학 연구의 새 장을 열고, 환자들의 고통을 덜어줄 것이 틀림없었다. 하루도 연구를 늦출 수 없었다.

먼저 자신이 뇌과학이미징연구단에 세운 연구실이 주축이 되어 fMRI 실험 데이터를 수집하기 시작했다.



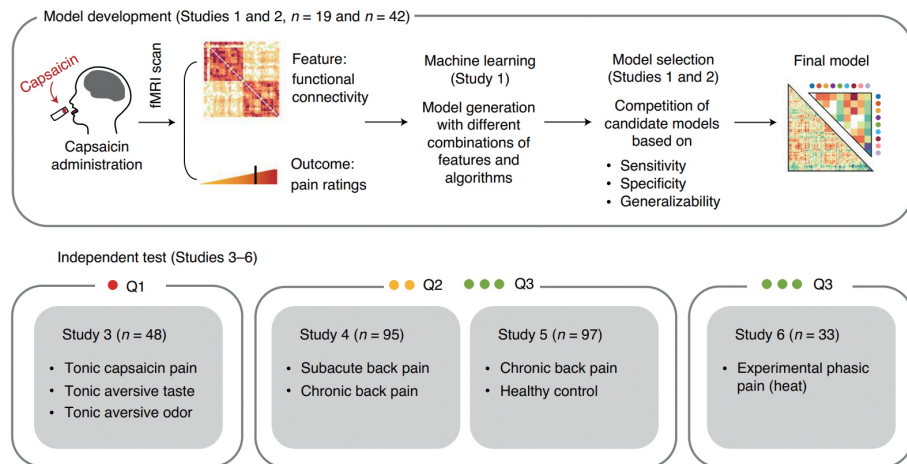
## 의학부터 빅데이터 전문가까지 다양한 연구진의 참여

연구를 진행하기 위해서는 뉴로이미징과 빅데이터 분석에 대한 전문지식이 꼭 필요했다. 우충완 교수의 연구실에서는 이 융합연구를 위해 자체적으로 전문지식을 확보하려 했다. 그러나 연구의 디테일과 속도를 위해 이 분야의 외부 연구자들과 공동연구를 수행하면 좋겠다는 판단이 들었다. 그래서 손을 잡은 것이 기초과학연구원(IBS) 뇌과학이미징연구단의 기능뇌영상 전문가인 김성기 단장과 더 많은 검증 데이터 수집을 위하여 외부 공개 데이터 분석에 도움을 준 박현진 교수의 연구실이었다.



또한 우충완 교수 연구실에는 당시 석박사 통합과정 학생이었던 이재중 박사가 있었다. 그는 의사 면허를 지닌 박사과정 학생으로 연구의 배경과 필요성 등에 대해 깊이 이해하고 있어, 실험과 데이터 분석 과정 등에 집중하면서도 결과들에 대한 신경과학적, 의학적 함의를 놓치지 않고 중심을 잘 잡을 수 있었다. 게다가 서로의 합이 잘 맞았고 의사소통도 매우 잘 이루어져 연구의 진행에 큰 몫을 담당해 주었다.

연구팀을 구성하고 먼저 미국과 한국에서 캡사이신을 이용한 fMRI 실험을 진행하였으며, 3개의 데이터셋을 직접 모으고, 이를 기반으로 기계학습을 이용해 모델을 개발했다. 이후 만성 통증 공개 데이터셋 등을 이용하여 모델을 테스트했다. 최종적으로는 약 400명을 대상으로 7개의 데이터셋을 이용하여 모델을 개발하고 테스트했다.



#### 연구과정과 사용된 6개의 데이터셋

(논문 수정 단계에서 하나의 보충 데이터셋이 추가되어 총 7개의 데이터셋이 사용되었다)

이 연구는 박사 과정 중인 2016년 미국에서 데이터 수집을 시작했는데, MRI 기계 안에서 캡사이신을 이용해 입 안에 통증을 유발하는 것이 생각보다 쉽지 않았다.

처음에는 바늘을 뺀 주사기를 이용해서 캡사이신을 입에 주입하면 될 것이라고 생각했지만, 뜻대로 되지 않았다. 간단한 과정이었지만 연구진은 이 부분에서 생각보다 많은 시행착오를 겪었다. 용액의 양이 조금만 많아도 피험자들은 MRI 기계 안에 누워있기 어려워했고, 기침을 하면서 머리를 심하게 움직이거나, 위급상황에만 누르는 벨을 눌러서 실험을 중단하는 등의 일들이 여러 번 반복되었다.

“아, 어떡하지? 이번에도 피험자가 기침을 해버려서 중단됐어.”

“큰일이네. 머리를 움직이면 실험이 어려운데, 좋은 방법이 없을까?”

“주사로 직접 주입하니 매운맛이 더 자극적으로 느껴지는 모양이에요.”

“거름종이에 캡사이신을 발라서 입에 넣어볼까요?”

“거름종이라... 그렇게 한번 해보지.”



거름종이에 캡사이신을 극소량 발라서 입에 안착시키는 방법은 피험자에게 주는 고통을 크게 줄일 수 있었다. 이 실험 절차를 개발하고 난 후부터는 문제없이 잘 진행되었다.



캡사이신을 바른 거름종이를 들고 있는 우교수. 누워있는 사람은 이재중 박사.

연구 인력의 역량이나 실험 방법 이외에 우 교수의 연구에 있어 가장 중요한 장비는 MRI 기계였다. MRI는 한 대가 50~100억 원이 넘고, 매년 유지비도 10억 원 이상 소요될 정도로 매우 비싼 실험 도구다. 그런 면에서 MRI 센터는 국가의 전폭적인 지원 없이 운영되는 것이 매우 어렵다. 미국, 영국, 캐나다, 독일, 프랑스, 중국 등 대부분의 나라에서는 다수의 뉴로이미징 센터가 운영되고 있지만, 우리나라의 경우는 오랫동안 제대로 명함을 내밀만한 MRI 센터가 없었다.

그런데 운이 좋게도 우 교수가 한국에 들어올 무렵은 국내의 MRI 연구환경이 제대로 갖춰진 기초과학연구원(IBS) 뇌과학이미징연구단이 성균관대학교에 설립된지 4년 정도 지난 시점이었다.



fMRI 실험을 위해서는 MRI 및 그 기계를 운영할 수 있는 인프라가 매우 중요했다. 한국에서는 뇌과학이미징연구단이 거의 유일무이한 뉴로이미징 센터였고, 이곳에서 연구에 필요한 많은 자원들을 얻을 수 있었다. MRI 외에도 fMRI 실험을 통해 나오는 엄청난 양의 데이터를 분석할 컴퓨터 자원이 필요한데, 뇌과학이미징연구단의 고성능 컴퓨터(high performance computer)를 이용하여 데이터 분석이 가능했다. 또한 뇌과학이미징연구단에 모여 있는, 뇌영상 전문가, 기계학습 전문가 등과 공동연구를 하면서 본 연구가 원활하게 진행될 수 있었다.

물론 진행 과정에서 MRI 기계에 문제가 생기기도 하고, 분석 코드에 문제가 생기는데, 여러 어려움이 있었지만 결국에는 모두 잘 해결되었다.



## 원활한 협업을 위한 빛나는 노력

통증을 오랜 시간 안전하게 유발하기 위해 캡사이신을 혀에 발라 약 10분 이상 지속되는 통증을 일으키며, 피험자가 입안에서 통증을 느낄 때 fMRI를 이용하여 뇌기능 커넥톰의 변화 패턴을 기록하는 연구는 비교적 순조롭게 진행되었다.

이전 연구들은 뇌의 활성화 패턴만을 이용하여 연구를 진행하는 것이 보통이었는데, 이번 연구는 뇌 영역들 간 기능적 연결성을 이용하여 통증을 예측하고자 하는 아이디어를 기반으로 진행되었다. 뇌의 기능적 연결성은 긴 시간 지속되는 통증을 이용할 때만 연구가 가능한 것이라, 캡사이신 통증 유발 아이디어와 뇌의 기능적 연결성을 이용하고자 하는 아이디어는 연결되어 있었다.

마지막 중요한 요소는 기계학습과 빅데이터였다. 아무리 실험이 잘 이루어지고 뇌의 기능적 연결성을 이용하자는 아이디어가 좋다고 해도, 뇌에서 통증을 읽어낼 수 있는 디코딩 모델을 개발하고, 또한 개발된 모델이 얼마나 잘하는지를 검증하기 위해서는 기계학습 알고리즘과 모델 훈련과 검증에 필요한 빅데이터가 필요했다. 종합적으로 이 세 가지 요소(즉, 캡사이신, 뇌연결성, 기계학습과 빅데이터)가 합쳐져야 연구가 성공적으로 이루어질 수 있었다.

그런데 연구에서 분석한 데이터의 양과 종류가 너무 많다 보니 분석 마무리 단계에서 실수를 발견하거나 여러 연구팀 간의 다른 분석 스타일 등으로 인해 데이터 분석을 처음부터 모두 다시 해야 하는 어려움을 겪기도 했다.

이런 일을 겪으면서 분석에 사용하는 코드 정리와 검토 등의 과정이 얼마나 중요한지 깨닫게 되었다. 특히 이번 연구는 데이터 분석 과정조차도 본질적으로 협업과 대화의 과정이라는 사실을 느끼게 했다. 연구 노트와 코드 정리와

문서화는 매우 중요한 과정이었다. 이러한 과정들이 부차적이라고 생각한다면, 시간 낭비로 느껴져서 힘들겠지만, 이러한 과정들이 본질적이라고 생각했기에 더 많은 시간을 투자할 수 있었다. 우 교수는 이러한 과정들이 과학과 연구에 있어서 본질적이라고 생각하고 접근하여 협력 연구를 진행했다.

사람이 하는 일인만큼 연구원들의 사기 진작에도 신경을 썼다. 야심찬 프로젝트일수록 한 치 앞도 안 보이는 어두운 터널을 더듬으며 걸어간다고 느낄 때가 많다. 우 교수는 잘 안 풀리고 결과가 잘 나오지 않아서 프로젝트의 미래가 불확실할 때, 연구원들에게 필요한 것은 자신의 연구에 대한 믿음, 확신, 그리고 그것을 가능하게 하는 낙관적인 태도라고 생각했다. 그 믿음과 낙관적인 태도는 연구 책임자(PI)가 만들어줘야 한다고 생각하기에 연구원들과 더 많이 대화하고, 그들에게 확신과 희망을 심어주려 노력했다. 다른 공동연구팀과의 의사소통은 이재중 박사과정생을 중심으로 이루어졌는데, 중간자로서 역할을 잘 수행하면서 모든 것들이 잘 해결되고 진행될 수 있었다.



계산인지정서신경과학 연구실 멤버들

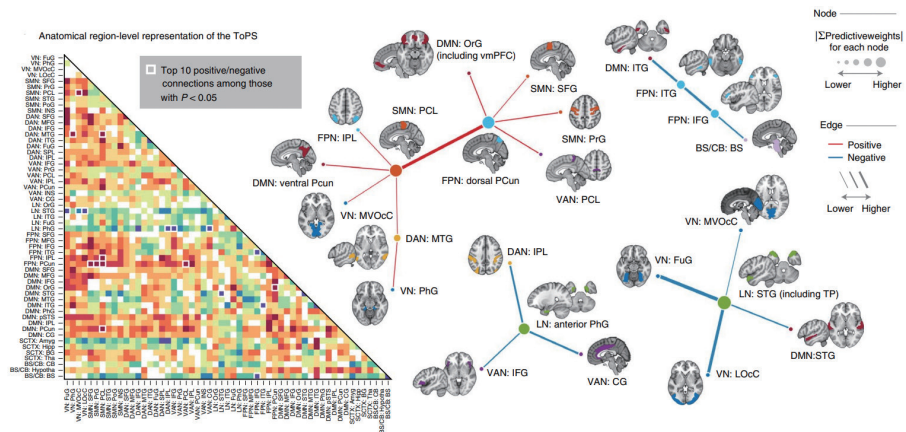
여러 연구팀의 도움을 받아야 했던 프로젝트인 만큼, 후반에 이르러서는 각 연구팀마다 약간씩 다른 연구 스타일을 맞춰가는 데 어려움이 있었고 연구자들 간에 갈등이 없었던 것은 아니지만, 연구 프로젝트의 성공이라는 하나의 목표를 명확하게 가지고 있었기에, 서로 조금씩 자신의 스타일을 양보해 가며 갈등을 해결해 나갈 수 있었다.





## 통증과 감정 연구의 열쇠가 될 혁신적 연구

5년여의 연구 끝에 우창완 교수의 융합연구팀은 fMRI를 이용한 실험을 통해 통증을 계속해서 경험할 때 일어나는 뇌기능 네트워크의 변화를 규명했다. 참가자들이 지속적 통증을 느끼는 동안 초반에는 통증의 감각 정보 처리와 관련돼 있다고 알려져있는 체성감각 뇌 네트워크가 다른 뇌 영역들과 광범위하게 연결되는 특징을 보이다가 시간이 지나면서는 오히려 소뇌와 다른 뇌 영역들 간 연결이 증대됐다.



개발된 뇌영상 바이오마커에서 중요한 뇌영역과 연결들

그리고 이러한 패턴을 학습한 기계학습 모델로 만들어진 통증 마커는 109명의 건강한 실험 참가자들의 지속적 통증 강도를 성공적으로 예측했을 뿐만 아니라, 192명의 허리통증 환자들의 통증 점수 또한 높은 정확도로 예측했다.

이 연구는 2021년 발표된 이후 2023년 현재까지 100회 이상 인용이 되고 있고, 많은 연구자들이 이 연구에서 사용한 모델링 접근을 사용하여 논문을 발표하고 있다. 저명 저널인 Trends in Cognitive Sciences 저널(IF = 24.48)에는 우충완 교수팀의 논문에 대한 스포트라이트 기사가 출판될 정도로 학계에서 큰 관심을 받았다.

산업적 측면에서도 뉴로이미징을 이용한 통증 뇌기반 바이오마커 개발이 가속화될 것으로 여겨진다. 통증 바이오마커는 신약 개발에 있어서 대안적인 엔드포인트(Endpoint)를 제공하고 치료에 대한 가이드라인도 제공할 수 있어 효용성이 크다. 그러나 현재까지는 의료적으로 사용할 수 있는 뇌바이오마커가 존재하지 않았다. 우충완 교수의 융합연구팀이 개발한 뇌영상 통증 바이오마커를 사용하고자 하는 시도가 조금씩 이루어지고 있으며, 이에 연구팀에서는 국제 특허를 출원한 상태이다.

우 교수와 융합연구팀의 성과는 통증 경험이 자극에 대한 수동적인 반응이 아니라 뇌의 적극적이고도 역동적인 대처 과정이라는 가설을 지지하는 증거이며 향후 만성 통증이 일어나는 뇌 기제를 이해하고 궁극적으로 통증 환자들을 도울 수 있을 것으로 기대되고 있다.

후속 연구로 현재 통증과 감정의 브레인 디코딩, 자발적인 생각의 흐름에 대한 연구 등 다양한 연구들을 진행 중인 우 교수는 자신의 연구를 통해 만성 통증과 우울증, 불안장애 등으로 고통받고 있는 환자들에게 실질적으로 도움이 될 수 있게 되기를 바란다.

## 정부지원 내용



사업명	기초과학연구원 연구운영비지원	총 연구기간	2013년-현재
과제명	기초 뇌과학 및 생물물리학 융합연구	연구책임자	연구단장 김성기, 부연구단장 우충완

## INTERVIEW

## 연구자가 잠재력을 발휘할 수 있는 아낌없는 지원이 필요

현재 저는 통증과 감정의 브레인 디코딩, 자발적인 생각의 흐름에 대한 연구 등 다양한 연구들을 진행 중인데, 그중에서도 가장 융합적인 연구는 바로 통증과 감정을 느끼는 인공지능 개발 연구입니다. LNPO라는 이름의 공동연구 그룹에서 야심차게 준비하여 진행하고 있는 연구인데 이제까지의 인공지능이 주로 시각, 청각 등 외부 감각에 대한 기능만을 구현해 왔다면, 저희는 내수용 감각이라고도 알려진 내부 감각에 대한 기능을 구현하는 인공지능 연구를 진행하고 있습니다. 내부 감각은 보상, 통증, 감정 등에 매우 필수적인 기능이며, 강화학습과 의사결정 등에도 중요한 요소로 여겨지고 있으나, 인공지능 연구에서는 전혀 주목받지 못했습니다. 최근 내수용 감각 인공지능(Interoceptive AI)이라는 개념을 저희 분야에 소개하고 더 자율적이고 적응적인 인공지능 에이전트(agent)를 개발할 수 있는 아이디어들을 개발 중에 있습니다.

융합연구는 좁게는 미래의 나 자신과의 협업이고, 넓게는 공동연구팀 간 다른 연구자들, 더 나아가서는 이후에 자신들의 연구를 반복 검증해 보고 싶은 세계 다른 연구자들과의 협업과 대화 과정이라고 생각합니다. 하지만 융합을 통해 새로운 개념을 만들어낸다는 것은 정말 어려운 일이고 많은 시간이 걸리는 일입니다. 그렇기 때문에 우수 연구를 지원하기 위해서는 연구자의 잠재력을 믿고 아낌없는 지원을 해야 합니다. 또한 연구자에게는 폭넓은 관심사와 의사소통 능력, 그리고 당장 눈에 보이는 성과가 없어 보여도 견디고 인내하는 인내력 등이 필요합니다. 사실 제가 현재 진행하고 있는 연구들도 몇 년이 걸릴지 모르겠습니다. 하지만 제가 하는 모든 연구들이 합쳐져, 결국에는 내 곁의 고통받는 이웃들에게 도움이 되는 결과들이 될 수 있길 바라며 열심히 정진할 것입니다.



## 융합, 성공의 열쇠



### 리더는 구심점이자 연결자로 역할

융합연구는 여러 분야의 전문가를 단순히 모은다고 해서 성공적으로 이루어지는 것이 아니다. 여러 분야의 전문가들이 모인 만큼 융합연구의 성공을 위해서 구심점의 역할을 하기 위해 노력했다. 하나의 연구목표를 향해 나아갈 수 있도록 소통하는 것이 중요한데, 이를 위해 구심점이 되는 연구실은 각 분야의 전문지식을 어느 정도 갖추고, 때로는 리더로서 지휘하고 때로는 다른 연구팀과의 연결자(connector)의 역할을 수행해야 한다. 상향식(bottom-up)으로 참여 연구팀 간에 공유하는 관심 영역에 대한 의견 교환이나 질문을 스스로 없이 할 수 있도록 분위기를 만들고, 도움이 필요한 경우 구체적으로 도움을 요청하고 도움을 받을 수 있도록 역할을 하였다.

### 데이터 정리와 문서화를 연구의 일부로

이번 연구는 MRI 외에도 fMRI 실험을 통해 나오는 엄청난 양의 데이터를 다뤄야 했다. 그래서 데이터의 양과 종류를 여러 연구팀이 다루는데 혼선이 없도록 연구 노트와 분석에 사용하는 코드 정리를 문서화하는데 신경을 쓸 필요가 있었다. 다른 연구의 경우 정리와 문서화의 과정이 부차적인 업무일 수 있지만, 이번 융합연구처럼 방대한 데이터가 중심이 되는 경우 정리하는 과정조차 연구에 있어 본질적인 부분이었고, 이는 연구팀 내의 협업과 소통에 큰 도움이 되었다.