


## 살아있는 뇌를 들여다 보는 소프트 윈도우

### 뇌과학 이미징 연구단

실험동물을 통한 뇌 이미징이나 전기생리학적 방법들은 뇌기능과 회로를 이해하는데 중요한 연구 기법들이다. 살아 있는 상태에서 뇌 혈관이나 신경세포가 자극에 어떻게 반응하는지 확인할 수 있기 때문이다. 만약 두개골로 단단히 가려진 뇌를 들여다볼 수 있는 창을 내서 별도의 장비 없이도 뇌의 변화를 실시간으로 관찰할 수 있다면, 뇌 기능 연구에 큰 진전을 기대할 수 있을 것이다. 이러한 방법이 일부 시도되고 있었지만 뇌를 보

호하면서도 살아있는 뇌에 직접 접근해서 관찰이 가능한 소재를 찾기 어려웠다. IBS의 뇌과학 이미징 연구단(단장 김성기)은 투명하고 유연하며 탄성력이 있어서 쉽게 찢어지지 않는 생체친화적인 폴리디메틸실록산(PDMS)에 주목했다. 연구진은 외과적 수술로 실험동물의 두개골과 뇌경막을 제거하고 이를 PDMS로 대체했다. 뇌 피질을 직접 들여다볼 수 있는 창을 내고 PDMS가 대뇌를 보호하도록 한 것이다. PDMS는 기존에 사용하던 소재인 딱딱한 유리와 달리 유연하게 휘어질 수 있어 두개골의 둥근 모양에도 딱 맞게 감쌀 수 있다. 덕분에 유리를 사용할 때보다 넓은 영역을 뇌조직의 손상 없이 덮는 것이 가능하다. 연구진은 이렇게 만든 창에 '소프트 두개골 윈도우(이하 소프트 윈도우)'라 이름 붙였다. 미세전극과 피펫을 이용하면 살아있는 대뇌피질의 상태를 전기생리학적으로 측정하는 한편 약물을 직접 주입할 수도 있다. 여러 번의 반복적인 침투에도 뇌척수액 유출이 없어 뇌기능 연구에 큰 진전이 기대된다. 

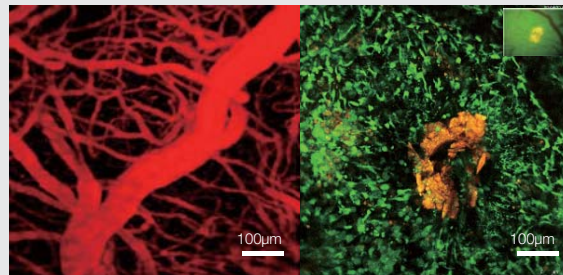
### 뇌 활동의 실시간 관찰

'소프트 윈도우'와 형광표지법을 이용하면 간편하게 뇌의 활동을 실시간으로 추적할 수 있다. 연구진은 소프트 윈도우를 낸 쥐를 트레드밀 위에 고정한 후, 이광자 현미경을 이용하여 소프트 윈도우를 통해 뇌에서 형광물질 입자의 이동을 실시간으로 관찰하는 데 성공했다.



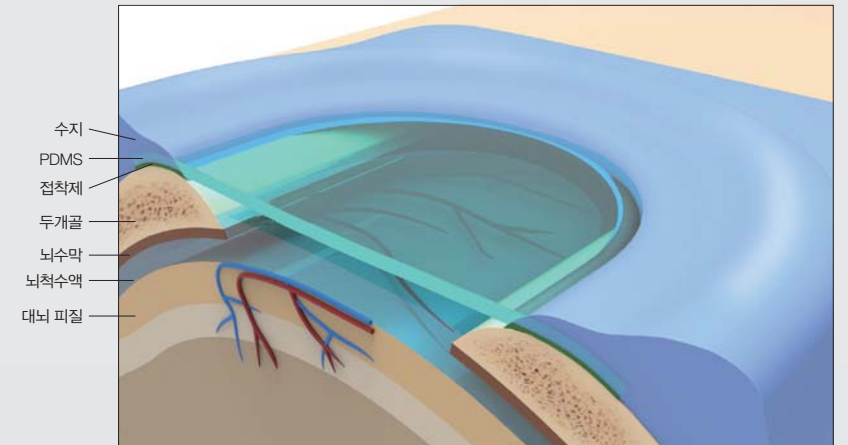
형광표지 입자 혈관내 주입 후 뇌혈관 이미징

형광표지 단백질 뇌 피질 내 주입 후 뇌 상태



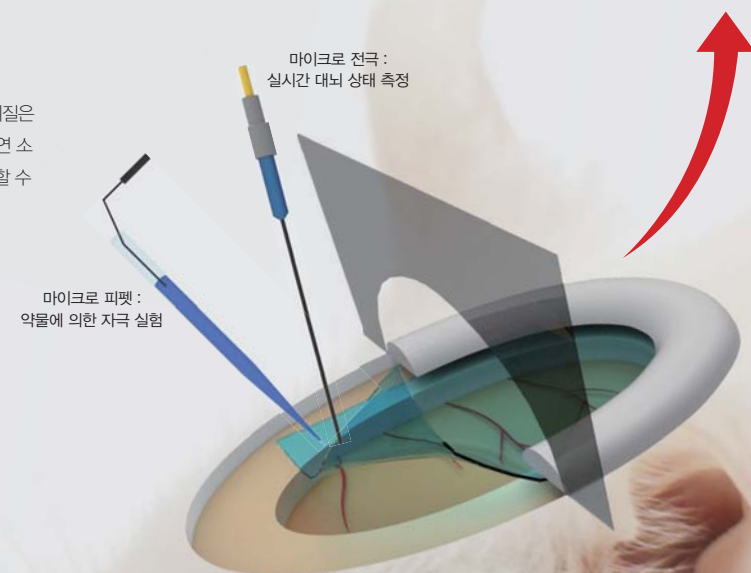
### 창문의 다층 구조

외과적 수술로 두개골에 구멍을 내고 쥐의 뇌수막을 포함한 뇌경막 전체를 절개하여 제거한다. 뇌경막을 PDMS로 대체하여 둘러싼 후, 접착제를 이용하여 PDMS를 두개골에 접착 후 수지접착제를 도포해서 고정시킨다. 이때 PDMS의 돌레를 완전히 접착해서 뇌척수액이 빠져나오지 않게 주의해야 한다. 이렇게 쥐의 두개골 대신 완성된 창문은 동물이 사망할 때까지도 견고하게 유지된다.



### 두개골에 낸 '창문'

두개골과 뇌경막을 제거하고 PDMS로 감싸 대뇌 피질은 안전하게 보호할 수 있다. PDMS는 피부와 같은 유연 소재이므로 전극이나 피펫을 자유롭게 적용하여 실험할 수 있다.



### 발표 논문

Chaejeong Heo, Hyejin Park, Yong-Tae Kim, Eunha Baeg, Yong Ho Kim, Seong-Gi Kim & Minah Suh, "A soft, transparent, freely accessible cranial window for chronic imaging and electrophysiology", *Scientific Reports*, 2016, DOI:10.1038/srep27818