
研究揭示人类脑膜发育及调控大脑皮层构建机制

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/40132.html>

本文仅供学习交流之用，版权归原作者所有，请勿用于商业用途！

研究揭示人类脑膜发育及调控大脑皮层构建机制

。脑膜由硬脑膜、蛛网膜和软脑膜三层结构组成，通过成纤维细胞、免疫细胞与血管相关细胞间形成的复杂相互作用网络，为中枢神经系统提供机械性保护、营养支持与内环境稳态维持。传统认知中，脑膜被视为静态“惰性保护层”，但其与脑实质细胞的动态信号交流机制，特别是在神经发育与免疫调控方面的作用，相关机制仍存在大量研究空白。

近日，中国科学院动物研究所研究团队破解了人类脑膜发育规律并揭示其指挥大脑皮层构建的关键机制，阐明了人脑膜三层结构的时序性发育规律、细胞异质性与功能分区，揭示了脑膜免疫微环境主动调控大脑皮层构建的全新分子机制，完善了脑膜发育生物学基础理论，为脑膜相关疾病的发病机制研究与靶向治疗策略开发提供了理论支撑。

团队明确了人类脑膜三层结构的非同步发育规律，确立了软脑膜作为“发育先驱层”的核心地位。研究发现，硬脑膜、蛛网膜和软脑膜并非同步形成，而是遵循严格时空顺序逐步分化成熟，其中软脑膜最早出现，并率先完成基本结构构建。功能基因组学分析证实，各层脑膜成纤维细胞不仅构成脑膜结构，还主动表达与血脑屏障特性、神经递质转运、突触功能精细调控及中枢神经系统脂质代谢相关的关键基因。这重新定义脑膜为高度分区化、功能特化的中枢神经系统动态微环境调控系统，并发现其主动参与中枢神经系统的发育进程与稳态维持。

研究进一步解析了人类脑膜免疫微环境的建立过程与调控机制。研究发现，软脑膜细胞通过分泌CXCL12趋化因子，经CXCL12-CXCR4信号通路主动招募免疫细胞，形成空间特异性排布，在柔脑膜等关键区域构筑免疫屏障与

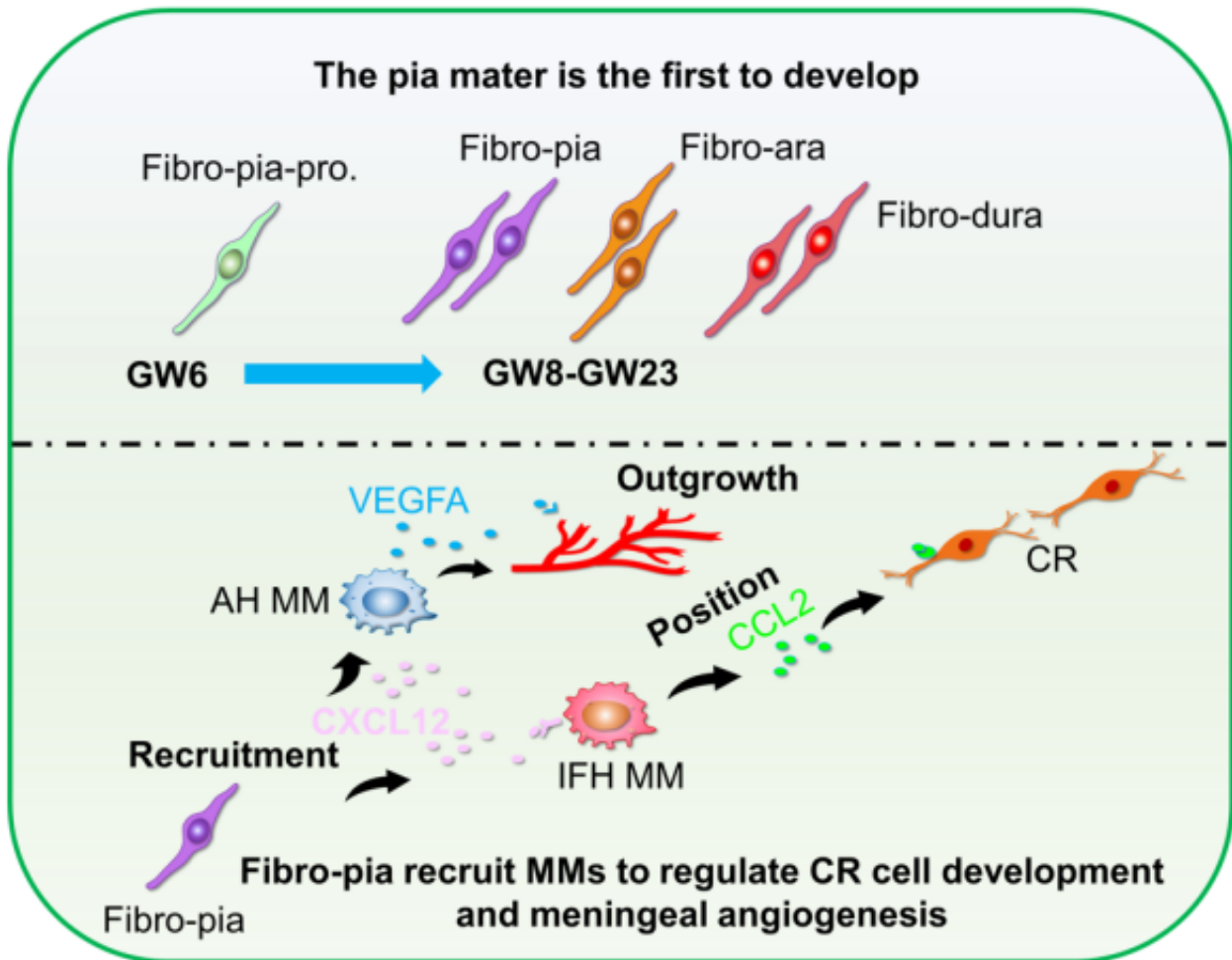
调控微环境。实验证实，Trem2⁺

巨噬细胞通过分泌关键信号分子，直接调控大脑皮层的卡哈尔—雷特修斯神经元细胞功能。该发现在细胞与分子层面确立了脑膜免疫细胞—大脑皮层发育的上行调控轴线，将脑膜从被动保护结构提升为主动调控中枢。这揭示了巨噬细胞与血管内皮细胞之间通过VEGF等经典信号通路的密切互动，阐明了免疫细胞在脑膜血管生成、屏障成熟及淋巴管网络形成中的作用，为理解脑膜在神经血管单元构建、中枢神经系统免疫监视通道形成及脑脊液循环稳态维持中的作用，提供了新视角。

这项研究破解了人类脑膜发育的基本规律，揭示了脑膜细胞自身发育的时空规律，阐明了脑膜作为免疫活性界面与大脑皮层进行动态信号对话的新机制，为理解多种神经发育障碍及神经退行性疾病的病理机制开辟了新方向，也为未来开发靶向脑膜免疫微环境的创新治疗策略奠定了科学基础。

相关研究成果发表在《细胞》（Cell）上。

[论文链接](#)



脑膜发育调控机制示意图

研究团队单位：动物研究所

更多 科学进展 请访问 <https://www.iikx.com/news/progress/>

本文版权归原作者所有，请勿用于商业用途，[爱科学iikx.com](http://www.iikx.com)转发