

## MEDIOS DE COMUNICACIÓN

**用数学模型解释血液如何在大脑中循环**——这项 UC3M 的研究分析了流动网络中振荡的出现

马德里卡洛斯三世大学 (UC3M) 的一项研究，通过考虑流体流动和积聚（血液在这种情况下）的理论模型，更好的解释了脑血管网络中发生的血流振荡。

流动网络由一组传输流体的连接组成。通常，如果输入和输出之间的压力差增加，流过这些“导管”的血流量就会增加。然而，在有些被称之为非线性流动网络，如循环系统中，可能会发生血流量随着压力差的增加而减小的情况。“这种行为被称为负微分阻力，可在血管和导电设备中观察到。”项目研究员之一，UC3M 数学系 CONEX-Plus 计划研究员 Miguel Ruiz García 解释。

血管更像是活跃的器官，而不是刚性导管。具体来说，动脉被血管肌肉覆盖，使它们能够响应不同的刺激时而变窄时而变宽。例如，当为器官供血的血管在其入口处感觉到压力升高时，会通过收缩（压缩肌肉）来响应压力升高以减少流量，保护该器官。“这种效应被称为肌源性机制，并且有类似的效应导致通过血管的流量压力差不是线性，而是呈非线性并有时呈现负微分阻力。”Miguel Ruiz García 表示。

这种允许考虑管道间连接方法来估计网络大小从而预测压力振荡频率的理论模型，由研究团队在最近举行的[复杂网络及其应用的国际会议](#)上提出。“我们能够观察到有趣的现象，如这些复杂网络中行波的出现。事实证明，随着我们以各种不同的方式改变网络结构，这些振荡的频率也会随之发生变化。解释为什么这些不同的结构变化会导致类似的频率变化是研究的一个难点——且只能用拓扑度量来衡量网络‘有效’大小的值”。Miguel Ruiz García 解释说明。

拓扑度量之所以如此命名，是因为研究使用了网络拓扑学。也就是说需要考虑其内部连接是什么样的。“例如，我们可以以公里为单位测量城市之间的距离，我们会说马德里离特鲁埃尔比离巴塞罗那更近。但是，如果我们用 1 除以每天从马德里到这两个城市的火车数量来衡量距离，那么根据我们的新测量方法，巴塞罗那比特鲁埃尔要离马德里‘近得多’。这类测量方法为我们提供了在网络中从一个点移动到另一个点的难度信息。”研究人员表示并总结：“同样，我们在案例中使用的拓扑测量告诉我们系统的有效大小，因此如果系统实际上更小，那么波从一端到另一端所需的时间更短，并且频率增加，类似于之前的在这种情况下，去巴塞罗那比去特鲁埃尔容易”。

“我们的理论结果可以帮助其他研究人员更好地了解大脑血液中观察到的振荡，因为这些血管提供了我们模型研究的条件。”Miguel Ruiz García 指出并继续说明：“另一方面，通过实验室的研究工作，我们希望开发出新的设备来帮助控制微流体设备（制药行业和许多实验室设备中使用的带有非常微小的管道的设备）中的流量。”

这项研究是 Miguel Ruiz García 在美国宾夕法尼亚大学担任博士后研究生期间与老师 Eleni Katifori 一同开创的。目前，由于他作为 UC3M 大学和欧盟委员会通过欧洲 2020 地平线项目（GA 801538）下的居里夫人联合基金会提供研究经费的 CONEX-Plus 人才引进计划的研究员加入 UC3M，从而使该项目得到了发展。

**更多信息：**

《拓扑控制非线性流网络中的涌现动力学》

Topology controls the emergent dynamics in nonlinear flow networks

作者：Ruiz-Garcia, M. Katifori, E. (2021).

第十届复杂网络及其应用国际会议

11月30日至12月2日

西班牙马德里 <https://complexnetworks.org/>

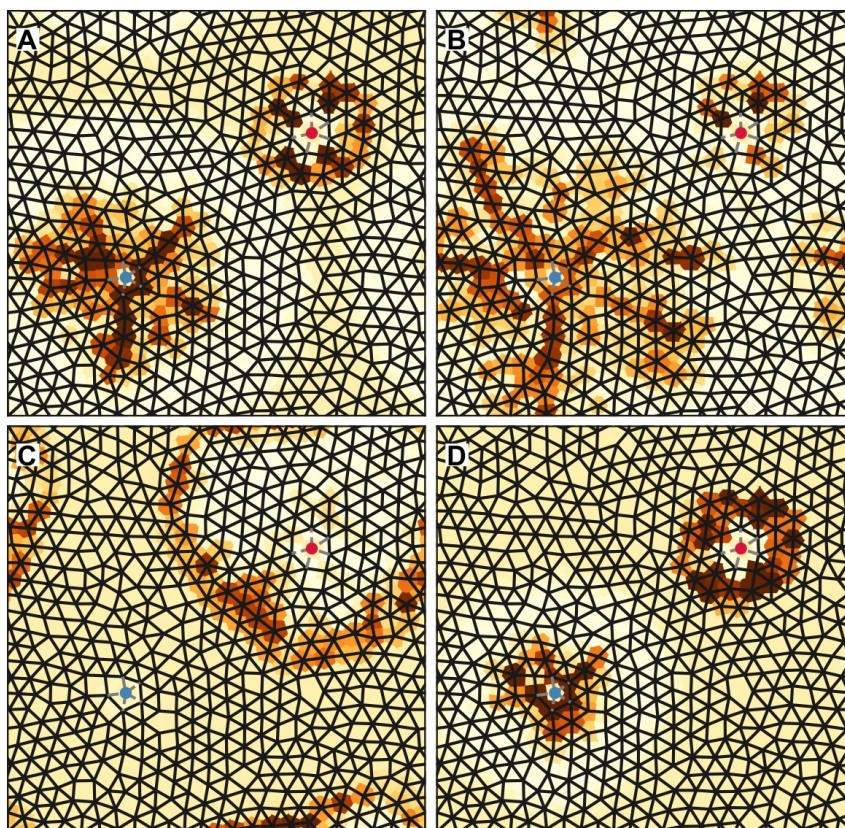
《可激发流动系统中的紧急动力学》

Emergent dynamics in excitable flow systems

期刊：《物理评论 E》Physical Review E 103 (6), 062301

作者：Ruiz-Garcia, M. Katifori, E. (2021).

<https://doi.org/10.1103/PhysRevE.103.062301>



图释：非线性流网络中的行波。每个面板显示不同的时间瞬间。网络由黑线表示，而每个节点周围的颜色表示该节点中累积了多少量。红色和蓝色节点保持恒定的压差（类似于将它们连接到压力泵）。可以看到波浪如何在蓝色节点周围形成、增长并传播到红色节点。这个过程周期性地重复，引起振荡。

注解人：Miguel Ruiz García, Eleni Katifori.