

酒精是否可以伪装成水分子骗过水通道蛋白？

AQP*

摘要

水通道蛋白负责在细胞膜表面运输水分子，对水分子具有高度选择性。在日常经验中，把水和酒精混在一起倒进鼻子下面那个器官后，往往能迅速产生显著生理效应，让人思维混乱。这一现象容易引发一种直观推测，即小分子醇类是否可能在一定条件下通过结构相似性骗过水通道蛋白，从而快速进入细胞内。本文对水和乙醇之间的相似性进行比较，讨论其在跨膜过程中潜在的行为。

1. 引言

水通道蛋白作为细胞膜中高度保守的一类跨膜蛋白，以其对水分子的高选择性著称，几乎成为“只允许水通过”的标准范例。其核心功能在于高效且选择性地运输水分子。经典观点认为，其孔道结构通过尺寸限制、电荷分布以及氢键网络重排，实现对水分子的专一性筛选。^[1]然而，在日常经验中，乙醇与甲醇同样能够迅速进入细胞并产生系统性效应。尤其是在将酒精与水混合饮用时，人们常感受到较快的“上头”过程，这一现象容易被直观地理解为某种“运输效率的提高”。

考虑到乙醇与甲醇同样具有羟基结构，并在一定程度上具备与水类似的极性特征，一个自然的问题随之产生：在真实生理条件下，当乙醇和水一起出现时，乙醇是否可能冒充水分子，在某些瞬时构象或动态扰动中进入水通道的运输路径，从而骗过水通道蛋白直接进入细胞内。如此一来，或许可以解释酒精为什么会让人产生思维混乱这一世界难题。

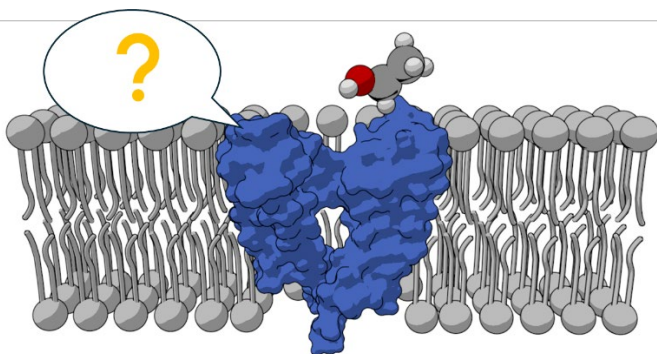


图 1 一个乙醇分子正试图欺骗水通道蛋白。

2. 研究方法

本研究从直觉出发，这种伪装似乎并非完全没有基础。乙醇可以与水形成氢键，在溶液中也确实与水混合得很好。于是可以设想，在某些瞬时结构中，乙醇是否

可能嵌入水分子的队列中，让自己看起来“差不多”。如果这一设想成立，那么在水通道蛋白中，乙醇或许可以借助水分子的排列，找到一个短暂的机会，通过原本只属于水的路径。

本研究没有引入任何力场计算模型，也没有使用任何数据库来训练任何机器学习模型，更没有结合人工智能辅助来试图假装这一论点在某种程度上是真的并且还科学价值。

3. 结果与讨论

3.1 分子相似性与混合效应

水与乙醇均具有羟基，能够参与氢键网络的构建。在宏观层面，两者可以完全互溶，形成均一溶液。从这一事实出发，可以进一步设想：在微观环境中，乙醇分子是否可能“嵌入”水分子的氢键网络，从而在某些瞬时结构中表现出类似水分子的行为。

当饮用的是酒精与水的混合液体时，这种“混合网络”似乎为乙醇提供了一种更为“自然”的存在环境，使其在进入生物体系时不再作为孤立分子，而是作为水网络的一部分出现。这一推论在形式上具有一定连贯性。

3.2 关于“快速起效”的直观解释尝试

人们常认为稀释后的酒精更容易被吸收，从而更快产生作用。如果沿用上述结构类比，可以提出一种进一步的解释路径：水分子的存在可能在跨膜过程中起到“引导”作用，使乙醇在局部环境中更接近水的行为模式。

在这一逻辑下，一个更具想象力的推论是：当水分子通过水通道蛋白时，是否可能在某些情况下“携带”或“掩护”乙醇分子，从而在极低概率事件中实现共同通过。更或者，水分子足够多的时候乙醇会试图伪装成水，而水通道蛋白也会走神看花眼，不小心放过一些乙醇分子。

3.3 结构约束与机制收缩

然而，上述推论在进入具体结构分析后迅速受到限制。水通道内部的孔径与电场分布要求分子以严格的取向单列通过，其氢键网络具有高度有序性。^[2] 任何额外的疏水基团都会破坏这一排列，从而引入显著的能量惩罚。

即便是在水-乙醇混合体系中，氢键网络的统计结构也并不等同于纯水环境。乙醇的引入会降低网络连续性，而非增强其“伪装能力”。因此，将乙醇视为可以在水网络中“隐形”的分子，在微观尺度上缺乏支撑。

此外，现有研究表明，小分子醇类跨膜的主要路径是通过脂质双层的被动扩散，这一过程与水通道蛋白无关，也不依赖于水分子的协同作用。^[3]

4. 结论

本研究从一个直观但未经验证的设想出发，尝试解释酒精与水混合饮用后快速产生效应的原因。分析显示，将该现象归因于水通道蛋白被“欺骗”在结构和机制上均难以成立。相反，更简单的解释来自于扩散、吸收动力学以及行为因素。

因此可以认为：水通道蛋白并未因此产生困惑。

5. 参考文献

[1] Gregory M. Preston, Peter Agre, Isolation of the cDNA for erythrocyte integral membrane protein of 28 kilodaltons: member of an ancient channel family. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA.*, **1991**, *88*, 11110.

[2] Gregory M. Preston, Jin Sup Jung, William B. Guggino, Peter Agre, The mercury-sensitive residue at cysteine 189 in the CHIP28 water channel, *J. Biol. Chem.*, **1993**, *268*, 17-20.

[3] Mahdi Ghorbani, Eric Wang, Andreas Kramer, Jeffery B. Klauda, Molecular dynamics simulations of ethanol permeation through single and double-lipid bilayers. *J. Chem. Phys.*, **2020**, *153*, 125101.

基金支持：最近一次在网购葡萄酒时电商平台总计给予了 39.03RMB 的资助。

利益冲突：作者在一次酒局中开始构思这一课题，该店未减免任何用餐费用。

数据公开：本文不依赖任何研究。

伦理审查：本研究由涉及的人类研究对象在意识清醒或不清醒的情况下自行同意。

