

---

# 心理所等揭示重力环境塑造人类生物运动知觉

作者：writer 来源：中国科学院

本文原地址：<https://www.iikx.com/news/progress/18459.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！**

两百多万年前，人类的祖先诞生于地球，历经漫长的演化，适应地球环境，繁衍生息。然而，人类探索的脚步从未停息。随着载人航天技术的发展，人类文明正从地球走向太空，对浩瀚宇宙的探索从科幻小说走向了现实。

近年来，中国载人航天科技取得了长足进展。有朝一日，星际旅行或成为可能。而在此之前，阐明离开地球环境对人的生理及脑认知功能的影响，进而帮助人们更好地适应太空环境，是科学家需要解决的核心问题。在太空中，受失重影响，包括肌肉、骨骼、心血管在内的生理系统会发生显著改变，以往研究在此方面已累积了较多成果。相比之下，失重对人类的认知加工以及脑功能产生的影响在很大程度上仍是未知。

中国科学院心理研究所脑与认知科学国家重点实验室蒋毅研究组与中国航天员科研训练中心人因工程国家重点实验室合作，借助载人航天与-6°头低位卧床模拟失重等技术（图1），探究了微重力条件下人类视知觉的变化规律及其机理，揭示了地球重力环境在塑造人类视知觉功能中的关键作用。该研究聚焦于人类对视觉生物运动的加工。在地球上，生命体的运动受到地球重力的制约。而人类对符合重力作用的生物运动具有特殊的敏感性，表现为仅依靠几个附着于运动生物关节上的光点，就能探测到生命体的存在，并从中提取与生存及社会交互相关的信息；当光点生物运动刺激倒置呈现，其运动模式不再符合重力作用的影响时，人们对其的感知会显著变差。有研究表明，上述倒置效应主要取决于生物运动中包含的重力加速度线索。这种由视觉重力线索驱动的朝向特异的知觉敏感性可能反映了生命体在地球重力环境中发展出的一种适应性机制，具有进化意义。然而，这种知觉敏感性究竟缘何而来？地球重力在其中扮演了何种角色？这些重要的科学问题尚未得到很好的解答。关于这些问题，存在两种不同的假设。假设之一是人们对正立生物运动相对于倒立刺激的知觉优势完全源自我们的视觉经验，正如人们通过长期观察学习，获得了对正立面孔相对于倒立面孔的知觉优势。而另一种假设则与地球重力有关，即由于我们自身始终处于地球重力场，大脑前庭系统可以利用身体接收的重力信号估计重力的方向，这种实时的计算有可能为视觉重力加速度的加工提供便利，从而塑造了视觉生物运动知觉的朝向依赖性。该研究成果支持了后一种假设。通过航天实验，研究发现暴露于太空失重环境约一周之后，航天员生物运动知觉的倒置效应显著降低，且该效应在个体间具有高度的一致性（图2a、b），提示地球重力环境对于维持人类对生物运动信息的朝向特异敏感性至关重要。为了进一步检验上述效应是由失重还是其他非重力因素（如航天实验环境和练习效应）引起，研究开展了两个控制实验。结果发现，在正常地球重力条件下，不论个体是在模拟航天任务的幽闭环境中反复进行生物运动知觉测试，还是在实验室中进行多次测试，均不会表现出生物运动知觉倒置效应的减弱（图2c、d），从而支持太空失重、而非重力无关因素决定了航天实验的结果。为验证航天实验的发现，并探究失重带来的生物运动知觉变化背后的神经机制，研究开展了一个在地模拟失重实验。实验采用-6°头低位卧床方法模拟航天对人的影响，该方法被证明可以诱发类似于失重状态下的生

---

理及前庭响应改变。45天头低位卧床实验产生了和航天实验类似的行为影响，即生物运动知觉倒置效应在头低位卧床期间逐渐减弱，并最终降至显著低于前测的水平。同时，研究还测量了面孔知觉倒置效应，发现其并不随头低位卧床时间增长而减弱，说明生物运动知觉的改变可能源于运动而非形状信息加工受前庭响应改变的影响。在头低位卧床模拟失重前后，研究还利用功能磁共振成像技术扫描了受试者的神经活动。在前测中，大脑中特异于生物运动加工的pSTS脑区表现出对生物运动刺激的朝向依赖性响应（神经水平的倒置效应），而该效应在后测中显著下降，且上述改变无法由简单运动或静态身体形状刺激诱发的神经响应所解释（图3a）。作为对照，负责面孔加工的FFA脑区在前测中表现出对面孔刺激的朝向依赖性响应，但该效应在后测中并未发生改变；此外，加工房屋刺激的PPA脑区对正倒立房屋刺激的相对响应强度也未在前后测中表现出差异。这些结果排除了头低位卧床本身改变一般性静态物体表征的可能性，说明模拟失重特异性地改变了生物运动信息的朝向特异性视觉加工。静息态功能连接分析进一步发现，pSTS与脑岛后部区域的功能连接在后测显著增强；该连接增强幅度可预测行为水平生物运动知觉倒置效应的减少幅度（图3b）。后脑岛作为前庭系统的核心脑区，已被发现与前庭和视觉重力信息加工及内部重力模型的存储有关，因而上述结果有力支持了前庭重力计算参与视觉生物运动信息朝向特异性加工的假说。该研究使人们更深入地了解地球重力环境之于人类认知功能的意义：地心引力影响我们自身的活动，并通过施加于身体的重力信号影响我们对包含重力加速度线索的其他生命体运动的加工，从而塑造了人脑对符合地球重力作用的视觉生物运动特异的敏感性。在机制方面，上述过程可能有赖于大脑对前庭（自身）及视觉系统（他人）传递的重力信号的整合及利用。在地球环境中，这种整合机制有助于人类有效地探测和知觉地球上的生命体。而当摆脱地心引力的束缚时，人类或可通过重新调校前庭视觉交互及相应的内部重力计算模型，提升对不同重力状态下生命信息的探测能力，以便更好地适应太空环境。这些发现为进一步探究不同重力条件下人脑的可塑性奠定了基础，并有望为未来人类探索深空、踏上登月之旅提供帮助。相关研究成果发表在《自然-通讯》（Nature Communications）上。 [论文链接](#)

图2.航天实验及地面控制实验的流程和结果

图3.头低位卧床前后功能磁共振成像实验结果  
研究团队单位：心理研究所

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