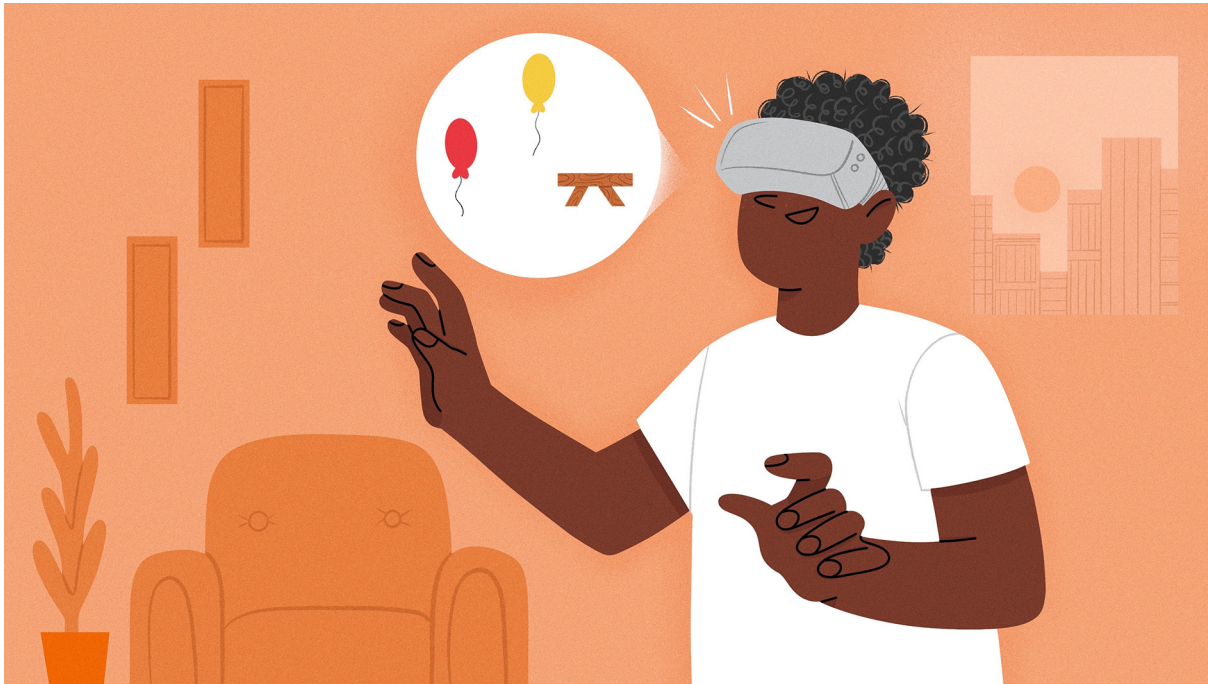




虚拟现实视频游戏改善老年人的记忆力

Melissa Arioli, Roger Anguera-Singla 和 Peter E. Wais*

加利福尼亚大学, Neuroscape 研究中心及威尔神经科学研究所 (美国, 加利福尼亚州, 旧金山市)

少年审稿人



BILLINGHURST

MIDDLE
SCHOOL

年龄: 11–12



SPANDANA

年龄: 15

编码 (Encoding)

在我们大脑中最初进行的信息学习与存储。

记忆详细信息的能力被称为高保真长时记忆。我们利用高保真长时记忆来记住我们最喜欢的故事的细节, 以及利用它来确认一双绿色袜子属于哪位家庭成员。随着年龄的增长, 记忆细节的能力会随着大脑健康状况的变化而下降。我们制作了一款名为 "虚拟现实迷宫" 的虚拟现实视频游戏, 旨在帮助改善记忆。在玩该游戏时, 参与者要练习用最短的路线找出他们想去的地方。在游戏中, 参与者要了解一个虚拟街区, 然后必须围绕该街区找到路来完成任务。在我们的研究中, 49 名老年人玩了 12 小时的虚拟现实迷宫游戏或 12 小时的平板电脑游戏。高保真长时记忆测试结果表明, 玩虚拟现实迷宫游戏能提高参与者在记忆测试中的得分, 而玩平板电脑游戏则不能。

什么是长时记忆?

回想一下你到新学校的第一天, 你是否还记得教学楼给你的感觉有多大以及要找到自己教室的路有多复杂? 几个月后, 你就会觉得哪怕蒙上眼睛也能找到路。你甚至可以告诉新同学如何从教室走到餐厅而不会迷路。你的记忆力可以让你回忆并使用之前学到的信息。大脑中的记忆系统分三步工作, 第一步称为学习或**编码**, 包括接收信息。在我们提取信息之前, 我们首先必须注意并编码信息。

长时记忆 (Long-Term Memory)

记忆在过去经历中我们编码过的信息的能力。

高保真长时记忆 (High-Fidelity Long-Term Memory)

记忆以往经历中非常详细的信息的能力。

海马体 (Hippocampus)

学习、记忆和空间导航所必需的脑区。

空间导航 (Spatial Navigation)

了解周围环境并使用最有效的路线导航到你想要的地方的能力。

虚拟现实 (Virtual Reality)

计算机编码生成的 3D 图像, 你可以通过一个特殊的头戴设备与其互动。这些图像完全不是真实的。

第二步, 将编码信息储存在大脑中。每一天, 我们的大脑都会编码大量的信息。例如, 当老师第一次带你参观教室时, 你会编码有关房间号、是否必须上楼以及附近还有哪些其他房间的信息。当我们睡觉时, 大部分信息会以更稳定的状态储存在大脑中。这些记忆可以随着时间的推移而更新, 也可以逐渐消失。**长时记忆**是指记忆我们从过去的经历中编码并存储的信息的能力。记忆的第三步叫做检索, 检索是当我们试图回忆特定的信息时, 要么是努力的, 比如为了考试; 要么是更自动的, 比如每天早上走到教室。

长时记忆有多种形式, 但其中一种最重要的形式叫做**高保真长时记忆**。有时, 当我们回忆往事时, 会遗漏或混淆某些细节, 因为我们记不清到底发生了什么。"保真"一词的意思是指某件事情准确或真实, 因此 "高保真长时记忆"是指我们在回忆过往时, 会记得这些经历发生时的具体细节。这种类型的记忆对记忆系统的要求很高, 因为它要求我们编码详细信息, 将其细节存储在长时记忆中, 并准确地检索出来。这一过程依赖于大脑中被称为**海马体**的部分来进行 [1]。

高保真长时记忆通常会随着大脑的衰老和海马体健康状况的正常变化而衰退 [2]。随着年龄的增长, 人们在学习、记忆和保持长时记忆的保真度方面会更加困难。这意味着, 当他们记忆或检索某件事情时, 可能会遗漏一些关键细节。目前还没有能够恢复高保真长时记忆的治疗方法。

什么是空间导航?

你曾经找到过走出迷宫的路吗? 那么你已经使用了**空间导航**! 空间导航指的是从周围环境中获取信息, 并以最有效的方式从我们所在的地方导航到我们想去的地方的能力。空间导航使用了许多与长时记忆相同的大脑系统。通过对动物的研究, 我们得知在新的、复杂的环境中探索可以提高这些相同记忆系统的功能 [3–5]。

我们很好奇的是, 在动物中显示出能够改善记忆力的同一类型空间导航任务是否也能改善人类的记忆力。由于老年人经常经历长时记忆的衰退, 我们认为他们可受益于将空间导航训练作为一种方法, 以此来加强他们的长时记忆系统。

虚拟现实视频游戏如何改善长时记忆?

在实验中, 我们开发了一款名为"虚拟现实迷宫"的**虚拟现实**视频游戏, 供人类参与者练习空间导航能力。虚拟现实是一个三维计算机模拟环境, 参与者戴上特制的头戴设备后就能与之互动并在其中移动 (见图 1A,B)。在虚拟现实迷宫游戏中, 参与者了解新的虚拟街区, 然后通过导航

高效地完成指定任务来展示他们所学习到的信息。例如, 参与者可能会被指派导航到一家杂货店、一家银行和一家餐馆作为他们的任务。

图 1

在我们的实验中, 参与者被分为两组。一组玩虚拟现实视频游戏, 另一组玩平板电脑游戏。(A) 参与者戴上虚拟现实头戴设备, 玩虚拟现实迷宫游戏。(B) 参与者在虚拟现实迷宫游戏中的视角。(C) 对照组玩平板电脑游戏的例子。

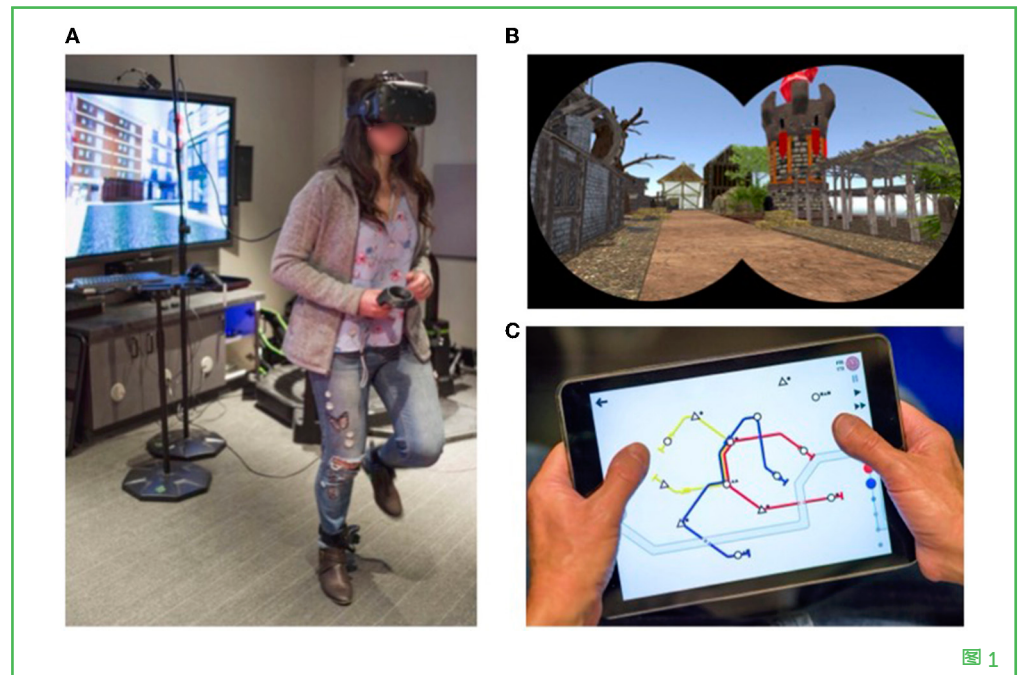


图 1

参与者玩得越多, 虚拟现实迷宫游戏的难度就越大, 以此可以确保参与者在不断挑战自己的记忆系统。当一个参与者成功地在一个社区完成了任务, 他就会上升到一个级别并且必须在限制视野的浓雾中再次完成所有的任务。一旦他们完成了一个社区的所有关卡, 他们就会升级到一个更大、更复杂的社区, 并承担新的任务。

虚拟现实迷宫游戏的设计是通过参与者挑战在完全陌生的环境中导航来训练其空间导航能力。此外, 在脚踝上佩戴传感器后, 参与者可以像在现实生活中一样在虚拟游戏环境中行走。在游戏中四处走动可使体验更加真实并且参与者能得到一些锻炼, 这些已被证明可以改善记忆和大脑健康 [6]。

测试长时记忆

在我们的研究中, 我们想看看玩虚拟现实迷宫游戏是否比玩其他电子游戏更能提高记忆力。为了验证这一点, 我们随机将 49 名健康老年人 (平均年龄 68.7 ± 6.4 岁, 女性 20 人, 男性 29 人) 分至两组。其中一组玩了 12 小时的虚拟现实迷宫游戏, 另一组被称为**对照组**, 在 3-4 周的时间里在家玩了 12 小时的市面上的平板电脑游戏 (见图 1C)。每次训练时间为 45 分钟。

对照组 (Control Group)

在研究中没有接受实验治疗, 但完成了整个实验过程的小组。科学家将实验组的结果与对照组的结果进行比较, 以了解实验治疗是否产生了效果。

对照组玩的游戏被评估为与虚拟现实迷宫一样吸引人但有很大的不同, 因此对照组玩的游戏不会训练记忆系统。所有平板电脑游戏都不需要导航、长时记忆或身体锻炼。

我们如何来测试长时记忆以确定其是否有所改善呢? 首先, 我们需要在参与者开始训练之前, 对他们的记忆表现进行起始测试。为此, 我们对对照组和虚拟现实迷宫游戏组的所有参与者进行了相同的记忆任务测验。继而在他们完成全部的 12 小时训练后, 我们再次对他们进行测试, 看看他们的表现是否发生了变化。

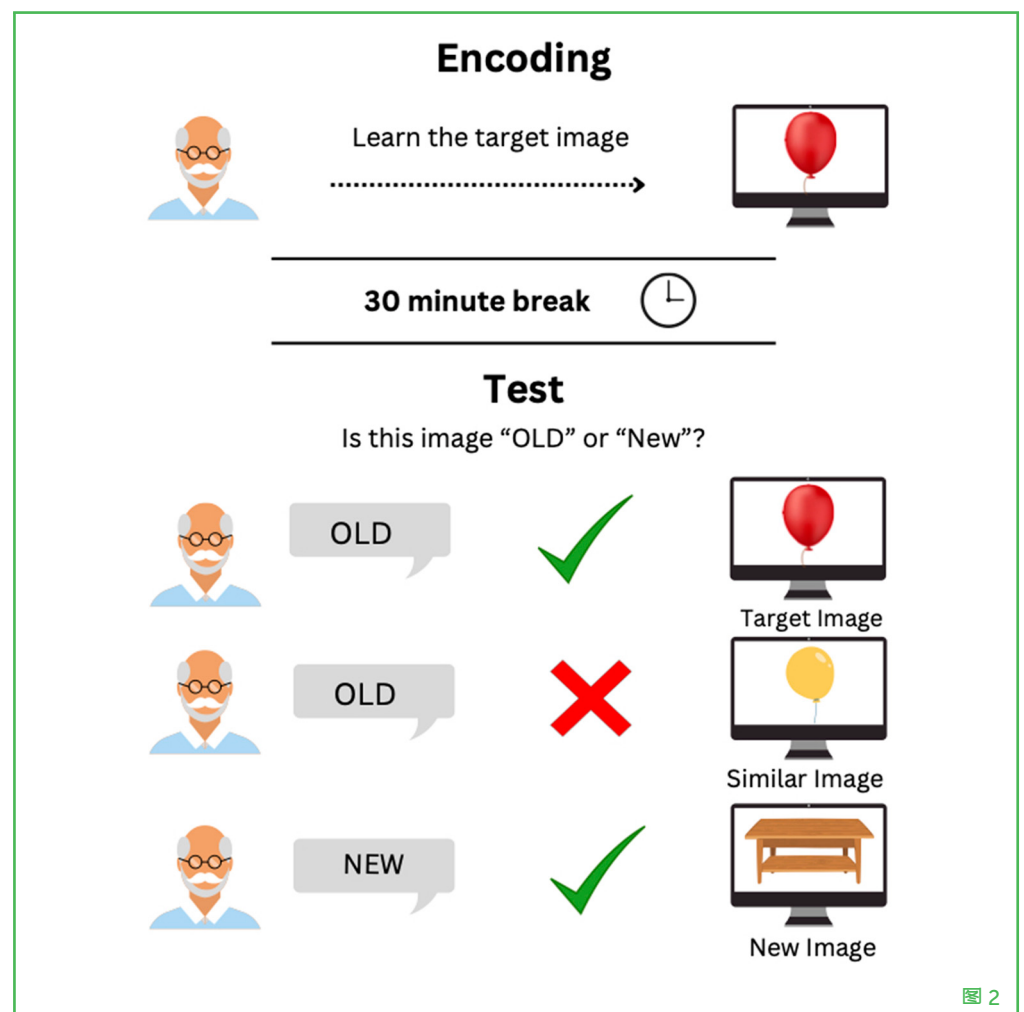
我们用来测试长时记忆的测验称为**记忆辨别任务**。该任务旨在评估受试者能够多准确地记住他们所看到的图像的**细节** (见图 2)。首先, 参与者通过学习常见物体的图像 (如红色气球) 完成编码阶段。休息 30 分钟后, 测试参与者对物体的记忆。每次向他们展示一张图片, 并询问其是否辨认出了编码物体。他们会看到三类图像: 他们在编码阶段看到的确切物体, 如红色气球; 不在编码阶段的物体, 如桌子; 不在编码阶段但与编码阶段相似的物体, 如黄色气球。

记忆辨别任务 (Mnemonic Discrimination Task)

一项旨在测试人们对物体细节的记忆能力, 以及区分相同和相似图像能力的测验。

图 2

我们使用了一项名为“记忆辨别任务”的测验来测试参与者在虚拟现实迷宫游戏或平板电脑游戏训练前后的长时记忆情况。在测试过程中, 参与者首先要对目标图像进行编码, 然后休息 30 分钟。休息过后, 他们会看到一些图像, 并被问及这些图像是“旧的”(即与他们在编码阶段看到的图像相同) 还是“新的”(即他们之前从未见过的图像)。



如果被试在编码阶段记住了物体的详细信息, 他们就能正确地将红色气球识别为他们以前见过的"旧"物体, 而将桌子和黄色气球识别为他们没见过的"新"物体。如果被试在编码阶段无法记住物体的详细信息, 他们可能会错误地将黄色气球识别为"旧"物体, 因为他们在编码时没有记住气球的颜色。正确识别物体的比例可以作为一个分数, 来衡量受试者长时记忆的起始水平。

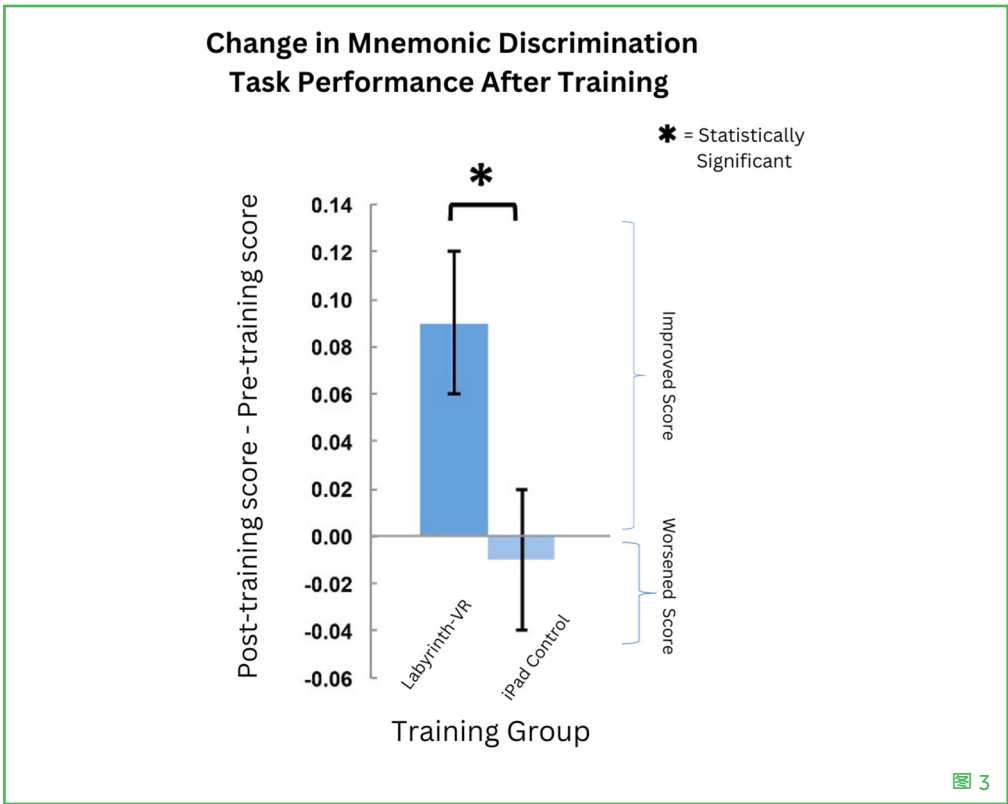
参与者们在完成虚拟现实迷宫游戏或平板电脑游戏的训练后, 参加了相同的长时记忆测验。我们想看看在训练后的测验中, 与起始分数相比, 他们正确识别出物体的数量是更多、相同还是更少 [7]。

玩虚拟现实迷宫游戏有助于长时记忆

我们比较了每位参与者的起始记忆得分和训练后记忆得分, 结果显示虚拟现实迷宫游戏训练组的参与者比平板电脑游戏对照组的参与者在高保真长时记忆方面获得了更大的提高。我们发现, 与训练前相比, 虚拟现实迷宫游戏训练组的参与者能正确识别更多的物体, 这意味着他们记忆详细信息的能力得到了提高 (见图 3)。他们的进步也比平板电脑游戏对照组更大。这告诉我们, 他们分数的提高很可能是虚拟现实迷宫游戏训练的结果, 而不是其他因素造成的 [8]。

图 3

玩虚拟现实迷宫游戏的参与者在 12 小时的训练后显示出长时记忆的改善。Y 轴表示训练前和训练后的记忆辨别任务得分的差异。平板电脑游戏对照组在长时记忆方面没有任何改善。



由于参与者在训练结束时, 其各自的虚拟现实迷宫游戏难度达到了不同的水平, 我们还研究了参与者达到的水平是否与他们在记忆测验中的得

分提高有关。结果显示,参与者在虚拟现实迷宫游戏中达到的级别越高,记忆测验得分的提高幅度就越大。

为什么这很重要?

在这项研究中,我们比较了老年人在接受虚拟现实迷宫游戏或平板电脑游戏训练前后的长时记忆表现。我们发现,经过 12 小时的训练后,虚拟现实迷宫游戏组比对照组(平板电脑游戏组)的长时记忆力提高幅度更大。我们还发现,在虚拟现实迷宫游戏中达到更高等级会使长时记忆力得到更大改善。

高保真长时记忆力会随着年龄的增长而下降,这种下降会影响日常功能。目前还没有任何治疗方法或药物可以帮助预防这种衰退。我们的研究表明,使用虚拟现实游戏进行训练可提高健康老年人的长时记忆能力。我们的研究结果还提出了新的问题,这些问题可以通过未来的研究来解答。例如,不涉及训练的虚拟现实迷宫游戏是否也能改善记忆力?虚拟现实迷宫游戏能否改善随着年龄增长而出现记忆力衰退的人的记忆力?通过扫描人们在完成虚拟现实迷宫游戏训练前后的大脑,我们能了解大脑的记忆系统吗?通过回答这些问题和其他问题,我们或许能够开发出一种治疗方法,帮助成年人在年老时保持长时记忆系统的健康。

利益冲突声明

作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

致谢

感谢脑与心智毕生发展研究中心、发展人口神经科学研究中心对本文中文翻译的贡献。感谢严潘婕对本文的翻译指导和中文编辑的贡献;感谢左西年、张蕾对本文中文审校的贡献。

原文

Wais, P. E., Arioli, M., Anguera-Singla, R., and Gazzaley, A. 2021. Virtual reality video game improves high-fidelity memory in older adults. *Sci. Rep.* 11:2552. doi: 10.1038/s41598-021-82109-3

参考文献

1. Squire, L., Zola-Morgan, S., 1991. The medial temporal lobe memory system. *Science* 253:1380–6. doi: 10.1126/science.1896849
2. Yassa, M., Mattfield, A., Stark, S., and Stark, C. E. L. 2011. Age-related memory deficits linked to circuit-specific disruptions in the hippocampus. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 108:8873–8. doi: 10.1073/pnas.1101567108

3. Negron-Oyarzo, I., Espinosa, N., Aguilar-Rivera, M., Fuenzalida, M., Aboitiz, F., and Fuentealba, P. 2018. Coordinated prefrontal–hippocampal activity and navigation strategy-related prefrontal firing during spatial memory formation. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 115:7123–8. doi: 10.1073/pnas.1720117115
4. Harvey, C., Collman, F., Domback, D., and Tank, D. 2009. Intracellular dynamics of hippocampal place cells during virtual navigation. *Nature* 461:941–6. doi: 10.1038/nature08499
5. vanPraag, H., Kempermann, G., and Gage, F. H. 2000. Neural consequences of environmental enrichment. *Nat. Rev. Neurosci.* 1:191–8. doi: 10.1038/35044558
6. Wang, C., Yu, J. T., Wang, H. F., Tan, C. C., Meng, X. F., and Tan, L. 2014. Nonpharmacological interventions for patients with mild cognitive impairment: a meta-analysis of randomized controlled trials of cognition-based and exercise interventions. *J. Alzheimer's Dis.* 42:663–78. doi: 10.3233/JAD-140660
7. Macmillan, N. A., and Creelman, C. D. 2004. *Detection Theory: A User's Guide*. 2nd Edn. London: Psychology Press.
8. Bakker, A., Kirwan, C. B., Miller, M., and Stark, C. E. L. 2008. Pattern separation in the human hippocampal CA3 and dentate gyrus. *Science* 319:1640–2. doi: 10.1126/science.1152882

线上发布: 2025 年 6 月 20 日

编辑: Elizabeth Johnson

科学导师: Marian Berryhill 和 Elizabeth Lorenc

引用: Arioli M, Anguera-Singla R 和 Wais PE (2025) 虚拟现实视频游戏改善老年人的记忆力. *Front. Young Minds*. doi: 10.3389/frym.2024.1184019-zh

英文原文: Arioli M, Anguera-Singla R and Wais PE (2024) Virtual Reality Video Game Improves Memory in Older Adults. *Front. Young Minds* 12:1184019. doi: 10.3389/frym.2024.1184019

利益冲突声明: 作者声明本研究不涉及任何潜在商业或财务关系。

版权 © 2024 © 2025 Arioli, Anguera-Singla 和 Wais. 这是一篇依据 [Creative Commons Attribution License \(CC BY\)](#) 条款发布的开放获取文章。根据公认的学术惯例, 在注明原作者和版权所有, 及在标明本刊为原始出处的前提下, 允许使用、传播、复制至其他平台。如违反以上条款, 则不得使用、传播或复制文章内容。

少年审稿人

BILLINGHURST MIDDLE SCHOOL, 年龄: 11-12

本文由 Billinghamurst 中学七年级科学课学生 (Callahan 女士执教班级) 参与评审。这些青少年暂时放下学业、运动、社团活动和刷抖音等重要事务, 深入思考老年人记忆力问题。他们期待生活中出现更多虚拟现实技术, 而本文的研究结论也让他们相信——这类技术对脑健康同样大有裨益。





SPANDANA, 年龄: 15

大家好, 我是斯潘达娜! 我热爱阅读奇幻小说和打排球。我对科学充满兴趣, 尤其着迷于心理学与太空探索。闲暇时喜欢绘画、听音乐和弹吉他。

作者



MELISSA ARIOLI

我是加州大学旧金山分校神经内科临床研究协调员, 本科毕业于旧金山大学心理学专业。目前与彼得·韦斯博士合作, 研究虚拟现实认知干预如何改善老年人记忆力。工作之余, 你常能在瑜伽馆、徒步山径或我的手工创作台前找到我。



ROGER ANGUERA-SINGLA

罗杰出生于西班牙巴塞罗那, 2022 年于拉曼鲁尔大学获得多媒体工程学士学位。求学期间, 他对人机交互、互动媒体装置、音视频编辑、电子游戏等跨领域学科产生浓厚兴趣, 尤其关注艺术、科技与科学交汇的边界探索。



PETER E. WAIS

我是加州大学旧金山分校神经内科副教授, 本科毕业于加州大学伯克利分校新闻学专业。在转行投身科研前, 曾于钢铁制造、巧克力生产等多元行业工作多年, 后重返校园在加州大学圣地亚哥分校取得心理学博士学位。我的研究聚焦陈述性记忆的认知神经机制, 特别是脑网络如何支持长期记忆重构。业余时间热衷摄影、品尝意式浓缩咖啡和骑行。*peter.wais@ucsf.edu