

男性性欲减退症的功能磁共振成像研究进展

石陵丰, 蒲 军*

重庆医科大学附属第一医院泌尿外科, 重庆

收稿日期: 2025年11月29日; 录用日期: 2025年12月22日; 发布日期: 2025年12月30日

摘 要

男性性欲减退症(Hyposexual desire disorder, HSDD)作为一种复杂的生物-心理-社会疾病, 其发病机制不清楚, 治疗缺乏有效手段, 是当前临床研究重点关注的疾病之一。本综述系统梳理了男性性欲减退症的定义、流行病学、病因及神经机制, 同时总结了正常性欲调控中奖赏、情绪及自主神经网络的作用, 并重点总结了HSDD患者在任务态与静息态功能磁共振下的异常脑功能, 以及未来的研究方向, 以便为读者全面了解和掌握该疾病提供帮助。

关键词

男性性欲减退症, 性功能障碍, 功能磁共振成像, 神经机制

Advances in Functional Magnetic Resonance Research of Male Hypoactive Sexual Desire Disorder

Lingfeng Shi, Jun Pu*

Department of Urology, The First Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: November 29, 2025; accepted: December 22, 2025; published: December 30, 2025

Abstract

Male hyposexual desire disorder (HSDD) is a complex bio-psycho-social condition characterized by unclear pathogenesis and a lack of effective treatment strategies, making it a focal point of contemporary clinical research. This review systematically examines the definition, epidemiology, etiology, and neural mechanisms of male HSDD. Furthermore, it synthesizes current findings on the regulatory roles of the reward system, emotional modulation, and the autonomic neural network in normal

*通讯作者。

文章引用: 石陵丰, 蒲军. 男性性欲减退症的功能磁共振成像研究进展[J]. 临床个性化医学, 2026, 5(1): 158-166.
DOI: 10.12677/jcpm.2026.51024

sexual desire. Special attention is given to the aberrant brain function observed in HSDD patients through task-based and resting-state functional magnetic resonance imaging (fMRI). By providing a comprehensive analysis of the disorder, this review aims to facilitate a deeper understanding and knowledge acquisition for researchers and clinicians in the field.

Keywords

HSDD, Sexual Dysfunction, fMRI, Neural Mechanism

Copyright © 2026 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

1.1. 男性性欲减退症的定义及流行病学

在世界卫生组织出版的《疾病和有关健康问题国际统计分类》第 11 次修订本(ICD-11)中, 将性功能障碍分为四大类: 性欲减退或唤醒功能障碍(Hypoactive sexual desire and arousal dysfunctions)、性高潮功能障碍(Orgasmic dysfunction)、射精功能障碍(Ejaculatory dysfunction)和性疼痛穿透障碍(Sexual pain-penetration disorder) [1]。性欲作为人类性体验的重要组成部分, 不仅关系到个体情感及亲密关系的维系, 也直接影响整体幸福感[2]。性欲减退症(HSDD)作为常见的性功能障碍疾病之一, 其临床特征表现为持续性或间歇性性兴趣与性欲的明显下降, 并伴有显著的心理困扰。

在 ICD-11 的定义中, 性欲减退症指的是从事性活动的欲望或动机明显减少甚至缺失, 可以表现为以下任何一种情形: ① 自发性欲望减少或缺失(性想法或性幻想); ② 对性暗示和刺激的反应性性欲减少或缺失; ③ 一旦开始性活动就无法维持对性活动的欲望或兴趣。其中, 自发性或反应性欲望减少或缺失, 或无法维持对性活动的欲望或兴趣, 一般是指在至少几个月的时间内间歇性或持续性地发生, 并与临床上显著的痛苦有关[3]。这与《美国精神障碍诊断与统计手册》(DSM-5)中对性欲减退的定义相似: 男性出现性欲减退或缺乏, 或在性活动中缺乏满足感, 对其正常生活造成困扰, 症状持续 6 个月。同时, 此症状无法被另一种精神障碍、人际关系困扰或药物及其他医疗条件影响解释。

HSDD 不仅具有明确的临床诊断标准, 其日益增长的患病率进一步凸显了研究的紧迫性。大量研究显示, HSDD 的患病率呈现出显著的地域和年龄差异: 在亚洲男性中总体患病率从 0.7%到 81.4%不等, 60~69 岁及 70 岁以上人群的患病率分别可达 57%和 81.4%; 而欧洲男性中总体患病率则介于 0%至 65.5%之间, 60~69 岁组的患病率在 41.4%到 46.1%之间, 70 岁以上的男性则介于 37.9%至 65.5% [4]。尽管各地区在具体数值上有所不同, 但普遍呈现出性欲减退与年龄增长之间的正相关趋势。高患病率不仅加重了医疗系统的负担, 更可能对个体心理健康及家庭关系产生长远的不利影响。

1.2. 病因的复杂性及治疗困境

男性性欲减退症的病因涉及生物、心理及社会等多重因素, 体现出高度复杂性。生物学层面, 性激素失衡是重要诱因, 睾酮水平降低与性欲减退密切相关[5], 支持这一说法的一个关键原因是, 睾酮会引发性活动, 并增加性欲和性行为。因此, 缺乏睾酮会导致性欲低下, 性快感和接受能力降低[6]。但研究显示约 30%患者睾酮处于正常范围, 这提示其他激素(如甲状腺激素、催乳素)或神经递质(多巴胺促进性动机, 5-羟色胺起抑制作用)可能也参与了性欲的调控。此外, 慢性疾病(如糖尿病、心血管病)通过炎症反

应或血管损伤也可间接影响性欲[7][8], 而某些药物(如抗抑郁药、降压药)的副作用则可能成为病情加剧的因素[9]。

在心理社会层面, 抑郁、焦虑及双相情感障碍等精神类疾病可直接降低性欲[10]-[12]。而社会文化中对男性性能力的过度期待以及伴侣关系中的矛盾也可能形成长期压力源, 这与生物学因素形成“恶性循环”, 进而形成生物、心理、社会之间的相互作用。尽管生物-心理-社会模型为理解 HSDD 的病因提供了框架, 但各因素间的权重分配和动态交互仍不清晰[13]。这种复杂性使得单一解释难以充分揭示 HSDD 的本质。

目前, 对于 HSDD 的神经机制认识仍较为零散。部分研究发现 HSDD 患者前额叶皮层对边缘系统的抑制作用可能过强[14], 而另一些研究则强调奖赏系统(如伏隔核)反应性不足的重要性[15]。此外, 性欲的产生涉及认知评估(前额叶皮层)、情感驱动(边缘系统)与生理唤醒(自主神经系统)的综合调控[16], 但现有研究多聚焦于静态脑区激活, 而忽视了各个系统之间的实时动态交互。并且性激素对大脑功能的调控存在性别差异, 但男性 HSDD 的神经机制研究远少于女性。

病因的多元化与机制研究的碎片化, 直接导致现有治疗手段的“治标不治本”。目前, 激素替代疗法仅对部分睾酮低下的患者有效, 同时可能增加前列腺疾病的患病风险[17]; 多巴胺激动剂(如阿扑吗啡)虽然能在短期内能增强性动机, 但疗效短暂且副作用显著[18]; 心理干预(如认知行为疗法)针对心因性 HSDD 效果显著, 但对生物学因素主导的患者治疗效果有限[19]。根本的是, 当前治疗手段多偏向于缓解症状, 缺乏针对不同病因亚型(激素型、心理型、混合型)的个体化干预策略。因此深化对 HSDD 神经机制的认识成为未来研究的重要方向。

2. 正常性欲的神经机制

性欲是一种复杂的生理-心理现象, 其调控涉及动机、奖励、情绪和自主神经系统的动态整合。近年来, 随着功能神经影像学和神经调控技术的发展, 对正常性欲的神经生物学基础有了较为深入的研究。

2.1. 核心脑区及其功能

2.1.1. 奖励与动机系统

伏隔核(Nucleus Accumbens, NAcc): 作为多巴胺奖励通路的核心节点, 伏隔核在性动机和性快感中起关键作用。研究显示, 性刺激可激活伏隔核, 其活动强度与主观性欲评分正相关[20]。腹侧被盖区(Ventral Tegmental Area, VTA): 该区域通过多巴胺能投射至伏隔核与前额叶皮层, 调控性动机的发起和维持[21]。James 等人发现, 性刺激可激活 VTA, 伴随多巴胺释放增加, 该机制不仅促进了性欲的产生, 还强化了相关行为的执行[20]。纹状体(Striatum): 在性行为的动作准备和奖励预期中发挥作用, 不同区域分别对应性行为执行与快感整合。其背侧区域与性行为执行相关, 腹侧区域与性快感整合相关[22][23]。

2.1.2. 情绪与调控系统

杏仁核(Amygdala): 在性刺激的情绪评估和性唤醒中扮演重要角色, 其激活水平与性刺激的情绪效价(积极/消极)密切相关[24][25]。前额叶皮层(Prefrontal Cortex, PFC): 背外侧前额叶(Dorsolateral Prefrontal Cortex, DLPFC)参与认知调控和性冲动的抑制, 而眶额叶皮层(Orbitofrontal cortex, OFC)则在社会规范与性决策中发挥平衡作用[26]。

2.1.3. 自主神经与内分泌整合

下丘脑(Hypothalamus): 通过调控促性腺激素释放激素(Gonadotropin-releasing hormone, GnRH)和催产素分泌, 下丘脑在调节性欲生理驱动中有关键意义。有动物实验显示, 下丘脑视前区的损伤可导致性动机明显下降[27]。岛叶(Insula): 负责整合内脏感觉与情绪体验, 其活动水平与主观性欲感受密切相关[28]。

2.1.4. 性刺激感知与加工

视觉联合皮层(如梭状回): 对性相关的视觉刺激(如裸体图像)具有特异性反应, 其激活强度与个体对性吸引力的评价呈正相关[29]。体感皮层(Somatosensory Cortex): 负责接收并处理生殖器区域的触觉信号, 这些信号直接与个体的性快感体验相关[30]。

2.2. 神经环路模型

性欲的产生与调控依赖于大脑内奖励 - 动机系统与抑制性控制系统之间的动态平衡。

2.2.1. 奖励 - 动机环路: 性欲的驱动核心

奖赏 - 动机环路以腹侧被盖区(VTA)为起点, VTA 通过多巴胺能神经元投射至伏隔核(NAcc)、前额叶皮层(PFC)和杏仁核, 构成性欲的神经驱动网络[31]。包括: VTA-NAcc 通路: VTA 释放多巴胺至伏隔核, 增强性刺激的奖励价值与动机强度。动物实验表明, 光遗传学激活 VTA-NAcc 通路可直接诱导性行为, 若抑制该通路则显著降低性动机[32]。VTA-PFC 通路: VTA 释放多巴胺至前额叶皮层, 调控性决策与目标导向行为。VTA-杏仁核通路: VTA 释放的多巴胺可增强性刺激的情绪效价评估, 促进性唤醒。临床研究表明, 该通路功能障碍与性成瘾行为密切相关[33]。

2.2.2. 抑制性调控环路: 性冲动的“刹车”机制

抑制性调控主要由前额叶皮层(PFC)与 5-羟色胺(5-HT)系统主导, 通过抑制边缘系统活动来调节性冲动。包括: 前额叶 - 边缘系统抑制通路: 背外侧前额叶(DLPFC)通过谷氨酸能投射抑制伏隔核和杏仁核活动, 从而减弱性冲动。5-羟色胺系统: 中缝核 5-HT 神经元通过投射至 VTA 和伏隔核, 拮抗多巴胺的激活效应, 从而降低性动机阈值。

3. 性欲低下的功能磁共振研究进展

功能磁共振(fMRI)作为一种非侵入性、具有高空间分辨率的成像技术, 能够通过测量脑内血氧及血流变化捕捉特定任务或状态下的脑区活动[34]。任务态 fMRI 可揭示性刺激的脑区响应差异, 静息态 fMRI 可挖掘默认网络(Default mode network, DMN)与奖励网络的功能连接异常, 这为解析 HSDD 神经机制提供了独特视角。同时结合机器学习与多模态成像技术, 有望在未来识别神经标志物, 推动从“经验性治疗”向“精准干预”的转化。

3.1. 任务态 fMRI 研究

任务态 fMRI 通过呈现性刺激或要求被试执行性相关任务(如性幻想), 直接观察 HSDD 患者与健康对照组的脑活动差异, 聚焦于性欲相关的动态神经响应, 是探索 HSDD 神经机制的核心手段。

3.1.1. 视觉性刺激模式

奖励系统激活减弱: HSDD 患者在观看性刺激时, 伏隔核(NAcc)、腹侧被盖区(VTA)及纹状体的激活显著低于健康对照组, 这提示多巴胺能奖赏通路的反应性下降。前额叶过度激活: 背外侧前额叶(DLPFC)和眶额叶皮层(OFC)的激活增强, 表明抑制性控制环路过度参与, 可能通过抑制边缘系统活动削弱性动机[35]。性别差异: 女性 HSDD 患者对性刺激的杏仁核反应异常更为显著, 这可能与情绪和社会因素对女性性欲影响较大有关[2] [36]。

3.1.2. 性幻想任务

默认模式网络(DMN)参与度降低: 性幻想任务依赖于 DMN (如后扣带回、内侧前额叶)的自我参照加工, HSDD 患者 DMN 激活强度较弱, 且与性欲水平正相关。突显网络(Salience Network)功能异常: HSDD

患者的前岛叶和前扣带回(ACC)对性欲相关信号的监测和整合能力下降, 可能导致性动机启动不足。Cera N 等人发现 HSDD 患者在性幻想时 ACC-NAcc 功能连接强度显著降低[37]。

此外性刺激材料的文化敏感性可能影响结果普适性(如东亚人群对暴露性材料的反应差异), 同时缺乏统一的性刺激标准化流程, 可能导致跨研究可比性受限。

3.2. 静息态 fMRI 研究

静息态 fMRI 通过分析自发神经活动及脑区之间的功能连接, 揭示 HSDD 患者内在脑网络的功能失调, 弥补了任务态研究对静态神经状态关注的不足。

3.2.1. 功能连接异常

前额叶-边缘系统连接增强: 研究发现, HSDD 患者背外侧前额叶与伏隔核、杏仁核的功能连接显著增强, 提示抑制性调控过度, 从而抑制性欲的生理驱动。这种异常连接在女性患者中更为突出, 与性欲受社会心理因素抑制的临床观察一致[38]。默认网络与突显网络耦合失调: 有研究发现 DMN (后扣带回、内侧前额叶)与突显网络(前岛叶、ACC)的功能连接减弱, 可能破坏了性欲相关信号的有效整合[39]。

3.2.2. 局部神经活动异常

低频振幅(Amplitude of Low Frequency Fluctuation, ALFF)降低: HSDD 患者岛叶、后扣带回等区域的 ALFF 值下降, 反映这些脑区的自发神经活动减弱, 可能影响内感受与性欲的主观体验。由于岛叶在整合体内感觉与情绪认知方面具有重要作用, 其低频振幅下降可能导致性欲相关感知的削弱。后扣带回在 DMN 中承担自我相关信息加工和记忆提取的功能, 后扣带回活动的减少可能进一步影响个体对性相关信息的主观体验[40]。局部一致性(Regional Homogeneity, ReHo)异常: 前额叶 ReHo 值升高与认知控制增强相关, 而伏隔核 ReHo 值降低[41]。

4. 性欲减退症应用功能磁共振时的独特挑战

功能磁共振成像(fMRI)在探索男性性欲减退症(hypoactive sexual desire disorder, HSDD)中的神经机制方面具有重要潜力, 但其应用仍面临若干独特挑战。首先, 刺激范式的设计是 HSDD 研究中的关键难点。性相关刺激既需具有足够的生态效度以诱发真实的性欲反应, 又必须避免伦理与文化限制带来的偏差。当前研究多采用静态性图片、视频或文字描述, 但个体在性取向、文化背景及性经验等方面的差异可能显著影响神经反应的稳定性与可比性[2]。因此, 设计能兼顾个体差异与实验控制的个性化刺激范式, 是未来研究的重要方向。

其次, 欲望(desire)与唤醒(arousal)的分离构成了 HSDD 研究的核心。性欲是主观心理动机[42], 而性唤醒则更多涉及生理与情绪反应[43], 两者虽相关但并非等同。fMRI 信号主要反映脑区的血流变化, 对心理动机的特异性识别有限, 这导致部分研究难以区分低欲望与低唤醒状态下的脑活动差异。因此, 结合生理指标与主观评分进行多模态分析, 可能有助于更准确地刻画性欲减退的神经表征。

第三, 数据采集环境对性反应的影响亦不可忽视。fMRI 扫描环境通常封闭、嘈杂且缺乏隐私, 容易抑制被试者的自然性反应[44]。这种“实验室去性化效应”(de-eroticization effect)会显著削弱刺激诱发的脑活动信号, 尤其在 HSDD 患者中更易被放大。因此, 创造相对舒适的扫描环境、采用虚拟现实或沉浸式刺激技术, 可能有助于改善生态效度。

最后, 数据分析策略的选择直接影响结果的解释与可重复性。传统基于静态刺激的 block 设计或 ROI 分析方法, 难以捕捉性欲动态变化的时间特征。近年来, 动态功能连接(dynamic functional connectivity)、机器学习分类器以及基于全脑网络的图论分析等方法被逐渐引入性欲研究。然而, 这些高维数据分析手

段在小样本 HSDD 研究中易受噪声影响，统计效能和结果的可推广性仍需进一步验证。

因此 HSDD 领域的 fMRI 研究需在实验范式、心理构念操作化、环境控制与数据分析等多方面进行优化。未来的研究应更多采用多模态成像及纵向设计，以实现对性欲神经机制更具生态学与预测意义的探索。

5. 性欲减退症的未來研究方向

5.1. 多模态影像技术的综合应用

5.1.1. 多模态数据融合

结合 fMRI (功能活动)、DTI (白质纤维追踪)与 PET (神经递质受体分布)，构建多尺度神经模型[45]。例如，通过 PET 检测多巴胺 D2 受体密度异常与 fMRI 奖赏环路活动减弱之间的关联，明确 HSDD 的分子 - 环路交互机制。引入 MRS (磁共振波谱)分析关键脑区(如伏隔核、前额叶)中的谷氨酸与 GABA 代谢水平，探索兴奋 - 抑制环路动态失调的生化基础[46]。

5.1.2. 神经 - 内分泌 - 免疫网络整合

同步采集 fMRI 数据与性激素(睾酮、雌激素)、炎症因子(如 IL-6)水平，解析激素波动对脑网络(如默认模式网络)功能连接的影响，揭示 HSDD 的神经内分泌机制。

5.2. 大样本与纵向研究设计

5.2.1. 跨中心大样本队列

建立国际多中心 HSDD 影像数据库，解决现有研究样本量不足、性别/年龄匹配不足的问题，同时明确各亚型特异性的神经标志物。通过细分人群，按病因、性别和性取向等分层分析，以降低研究中异质性干扰。

5.2.2. 纵向干预追踪

设计药物(如氟班色林)或非药物干预(认知行为疗法、经颅磁刺激)的纵向 fMRI 研究，动态观察治疗前后奖赏 - 抑制环路的重塑效应，探索疗效预测标志物[47]。

5.3. 男性性欲低下的神经内分泌交互

例如结合男性低睾酮患者的 fMRI 与基因多态性数据(如 AR 基因 CAG 重复序列)，明确激素替代治疗对下丘脑 - 边缘系统功能连接的影响。

5.4. 计算精神病学与人工智能的应用

5.4.1. 机器学习驱动的生物标志物开发

利用深度学习方法从多模态影像数据中提取特征(如伏隔核激活模式、前额叶 - 杏仁核功能连接强度)，构建 HSDD 的分类模型，辅助临床诊断与亚型分型；开发动态因果模型(DCM)，量化奖赏 - 抑制环路中定向信息的传递效率，进一步揭示病理机制。

5.4.2. 虚拟现实(VR)与生态效度提升

探索开发 VR 性刺激范式，以模拟真实情境下的性互动，结合 fMRI 实时记录脑活动，提高研究的生态效度与临床相关性[48]。

6. 结论

男性性欲减退症被定义为持续缺乏性兴趣或性欲，导致个体生活受影响从而感到痛苦。随着年龄增

长, 其患病率上升。由于病因复杂、发病机制尚未完全阐明, 现有治疗手段存在较大局限。而功能磁共振成像技术为解析 HSDD 的神经机制提供了独特视角, 通过任务态和静息态两种模式揭示患者在性刺激处理及内在网络功能方面的异常。但当前研究仍存在技术与理论上的局限。未来需通过技术创新、跨学科合作及伦理规范的不断完善, 推动 HSDD 研究从“现象描述”向“机制解析-靶向干预”的精准医学范式转型。这一进程不仅将深化对性欲调控本质的理解, 更将为全球数亿 HSDD 患者提供更加高效和个性化的诊疗方案, 最终实现从“缓解症状”到“根治病因”的跨越。

参考文献

- [1] Briken, P., Matthiesen, S., Pietras, L., Wiessner, C., Klein, V., Reed, G.M., *et al.* (2020) Estimating the Prevalence of Sexual Dysfunction Using the New ICD-11 Guidelines. *Deutsches Ärzteblatt international*, **117**, 653-658. <https://doi.org/10.3238/arztebl.2020.0653>
- [2] Ertl, N., Mills, E.G., Wall, M.B., Thurston, L., Yang, L., Suladze, S., *et al.* (2024) Women and Men with Distressing Low Sexual Desire Exhibit Sexually Dimorphic Brain Processing. *Scientific Reports*, **14**, Article No. 11051. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-61190-4>
- [3] The Lancet (2019) ICD-11. *The Lancet*, **393**, 2275. [https://doi.org/10.1016/s0140-6736\(19\)31205-x](https://doi.org/10.1016/s0140-6736(19)31205-x)
- [4] Irfan, M., Hussain, N.H.N., Noor, N.M., Mohamed, M., Sidi, H. and Ismail, S.B. (2020) Epidemiology of Male Sexual Dysfunction in Asian and European Regions: A Systematic Review. *American Journal of Men's Health*, **14**, No. 4. <https://doi.org/10.1177/1557988320937200>
- [5] AlAwlaqi, A., Amor, H. and Hammadeh, M.E. (2017) Role of Hormones in Hypoactive Sexual Desire Disorder and Current Treatment. *Journal of the Turkish-German Gynecological Association*, **18**, 210-218. <https://doi.org/10.4274/jtgga.2017.0071>
- [6] Davis, S.R. and Tran, J. (2001) Testosterone Influences Libido and Well Being in Women. *Trends in Endocrinology & Metabolism*, **12**, 33-37. [https://doi.org/10.1016/s1043-2760\(00\)00333-7](https://doi.org/10.1016/s1043-2760(00)00333-7)
- [7] Pedersen, M.B., Giraldi, A., Kristensen, E., Lauritzen, T., Sandbæk, A. and Charles, M. (2015) Prevalence of Sexual Desire and Satisfaction among Patients with Screen-Detected Diabetes and Impact of Intensive Multifactorial Treatment: Results from the Addition-Denmark Study. *Scandinavian Journal of Primary Health Care*, **33**, 3-10. <https://doi.org/10.3109/02813432.2014.1002295>
- [8] Montgomery, K.A. (2008) Sexual Desire Disorders. *Psychiatry (Edgmont)*, **5**, 50-55.
- [9] Montejo, A.L., Montejo, L. and Baldwin, D.S. (2018) The Impact of Severe Mental Disorders and Psychotropic Medications on Sexual Health and Its Implications for Clinical Management. *World Psychiatry*, **17**, 3-11. <https://doi.org/10.1002/wps.20509>
- [10] Mahmoud, O.E., Ahmed, A.R. and Arafa, A.E. (2018) Patterns of Female Sexual Dysfunction in Premenopausal Women with Moderate to Severe Depression in Beni-Suef, Egypt. *Middle East Fertility Society Journal*, **23**, 501-504. <https://doi.org/10.1016/j.mefs.2018.05.003>
- [11] Sreelakshmy, K., Velayudhan, R., Kuriakose, D. and Nair, R. (2017) Sexual Dysfunction in Females with Depression: A Cross-Sectional Study. *Trends in Psychiatry and Psychotherapy*, **39**, 106-109. <https://doi.org/10.1590/2237-6089-2016-0072>
- [12] Elkhiat, Y.I., Abo Seif, A.F., Khalil, M.A., GamalEl Din, S.F. and Hassan, N.S. (2018) Sexual Functions in Male and Female Patients with Bipolar Disorder during Remission. *The Journal of Sexual Medicine*, **15**, 1111-1116. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2018.06.002>
- [13] Kuehner, C. (2017) Why Is Depression More Common among Women than among Men? *The Lancet Psychiatry*, **4**, 146-158. [https://doi.org/10.1016/s2215-0366\(16\)30263-2](https://doi.org/10.1016/s2215-0366(16)30263-2)
- [14] Miller, E.K. and Cohen, J.D. (2001) An Integrative Theory of Prefrontal Cortex Function. *Annual Review of Neuroscience*, **24**, 167-202. <https://doi.org/10.1146/annurev.neuro.24.1.167>
- [15] Georgiadis, J.R. and Kringelbach, M.L. (2012) The Human Sexual Response Cycle: Brain Imaging Evidence Linking Sex to Other Pleasures. *Progress in Neurobiology*, **98**, 49-81. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2012.05.004>
- [16] Meston, C.M. and Frohlich, P.F. (2000) The Neurobiology of Sexual Function. *Archives of General Psychiatry*, **57**, 1012-30. <https://doi.org/10.1001/archpsyc.57.11.1012>
- [17] Grossmann, M. (2024) Indications for Testosterone Therapy in Men. *Current Opinion in Endocrinology, Diabetes and Obesity*, **31**, 249-256.
- [18] Hull, E.M., Muschamp, J.W. and Sato, S. (2004) Dopamine and Serotonin: Influences on Male Sexual Behavior.

- Physiology & Behavior*, **83**, 291-307. <https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2004.08.018>
- [19] Trudel, G., Marchand, A., Ravart, M., Aubin, S., Turgeon, L. and Fortier, P. (2001) The Effect of a Cognitive-Behavioral Group Treatment Program on Hypoactive Sexual Desire in Women. *Sexual and Relationship Therapy*, **16**, 145-164. <https://doi.org/10.1080/14681990120040078>
 - [20] Pfaus, J.G. (2009) Pathways of Sexual Desire. *The Journal of Sexual Medicine*, **6**, 1506-1533. <https://doi.org/10.1111/j.1743-6109.2009.01309.x>
 - [21] Wise, R.A. (2004) Dopamine, Learning and Motivation. *Nature Reviews Neuroscience*, **5**, 483-494. <https://doi.org/10.1038/nrn1406>
 - [22] Grahm, J.A., Parkinson, J.A. and Owen, A.M. (2008) The Cognitive Functions of the Caudate Nucleus. *Progress in Neurobiology*, **86**, 141-155. <https://doi.org/10.1016/j.pneurobio.2008.09.004>
 - [23] Robbins, T. (2002) Limbic-Striatal Memory Systems and Drug Addiction. *Neurobiology of Learning and Memory*, **78**, 625-636. <https://doi.org/10.1006/nlme.2002.4103>
 - [24] Hamann, S. (2001) Cognitive and Neural Mechanisms of Emotional Memory. *Trends in Cognitive Sciences*, **5**, 394-400. [https://doi.org/10.1016/s1364-6613\(00\)01707-1](https://doi.org/10.1016/s1364-6613(00)01707-1)
 - [25] Ferretti, A., Caulo, M., Del Gratta, C., Di Matteo, R., Merla, A., Montorsi, F., *et al.* (2005) Dynamics of Male Sexual Arousal: Distinct Components of Brain Activation Revealed by fMRI. *NeuroImage*, **26**, 1086-1096. <https://doi.org/10.1016/j.neuroimage.2005.03.025>
 - [26] Bechara, A. (2000) Emotion, Decision Making and the Orbitofrontal Cortex. *Cerebral Cortex*, **10**, 295-307. <https://doi.org/10.1093/cercor/10.3.295>
 - [27] Hull, E.M. and Dominguez, J.M. (2007) Sexual Behavior in Male Rodents. *Hormones and Behavior*, **52**, 45-55. <https://doi.org/10.1016/j.yhbeh.2007.03.030>
 - [28] (Bud) Craig, A.D. (2009) How Do You Feel—Now? The Anterior Insula and Human Awareness. *Nature Reviews Neuroscience*, **10**, 59-70. <https://doi.org/10.1038/nrn2555>
 - [29] Stoléro, S., Fonteille, V., Cornélis, C., Joyal, C. and Moulrier, V. (2012) Functional Neuroimaging Studies of Sexual Arousal and Orgasm in Healthy Men and Women: A Review and Meta-Analysis. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **36**, 1481-1509. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2012.03.006>
 - [30] McGlone, F., Wessberg, J. and Olausson, H. (2014) Discriminative and Affective Touch: Sensing and Feeling. *Neuron*, **82**, 737-755. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2014.05.001>
 - [31] Berridge, K.C. and Kringelbach, M.L. (2015) Pleasure Systems in the Brain. *Neuron*, **86**, 646-664. <https://doi.org/10.1016/j.neuron.2015.02.018>
 - [32] Tsai, H., Zhang, F., Adamantidis, A., Stuber, G.D., Bonci, A., de Lecea, L., *et al.* (2009) Phasic Firing in Dopaminergic Neurons Is Sufficient for Behavioral Conditioning. *Science*, **324**, 1080-1084. <https://doi.org/10.1126/science.1168878>
 - [33] Baxter, M.G. and Murray, E.A. (2002) The Amygdala and Reward. *Nature Reviews Neuroscience*, **3**, 563-573. <https://doi.org/10.1038/nrn875>
 - [34] Logothetis, N.K. (2008) What We Can Do and What We Cannot Do with fMRI. *Nature*, **453**, 869-878. <https://doi.org/10.1038/nature06976>
 - [35] Arnow, B.A., Millheiser, L., Garrett, A., Lake Polan, M., Glover, G.H., Hill, K.R., *et al.* (2009) Women with Hypoactive Sexual Desire Disorder Compared to Normal Females: A Functional Magnetic Resonance Imaging Study. *Neuroscience*, **158**, 484-502. <https://doi.org/10.1016/j.neuroscience.2008.09.044>
 - [36] Hamann, S., Herman, R.A., Nolan, C.L. and Wallen, K. (2004) Men and Women Differ in Amygdala Response to Visual Sexual Stimuli. *Nature Neuroscience*, **7**, 411-416. <https://doi.org/10.1038/nn1208>
 - [37] Cera, N., Di Pierro, E.D., Ferretti, A., Tartaro, A., Romani, G.L. and Perrucci, M.G. (2014) Brain Networks during Free Viewing of Complex Erotic Movie: New Insights on Psychogenic Erectile Dysfunction. *PLOS ONE*, **9**, e105336. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0105336>
 - [38] Filippi, M., Valsasina, P., Misci, P., Falini, A., Comi, G. and Rocca, M.A. (2012) The Organization of Intrinsic Brain Activity Differs between Genders: A Resting-State fMRI Study in a Large Cohort of Young Healthy Subjects. *Human Brain Mapping*, **34**, 1330-1343. <https://doi.org/10.1002/hbm.21514>
 - [39] Cacioppo, S. (2017) Neuroimaging of Female Sexual Desire and Hypoactive Sexual Desire Disorder. *Sexual Medicine Reviews*, **5**, 434-444. <https://doi.org/10.1016/j.sxmr.2017.07.006>
 - [40] Raichle, M.E. (2015) The Brain's Default Mode Network. *Annual Review of Neuroscience*, **38**, 433-447. <https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-071013-014030>
 - [41] Schultz, W. (2016) Reward Functions of the Basal Ganglia. *Journal of Neural Transmission*, **123**, 679-693. <https://doi.org/10.1007/s00702-016-1510-0>

-
- [42] Ventura-Aquino, E. and Ågmo, A. (2023) The Elusive Concept of Sexual Motivation: Can It Be Anchored in the Nervous System? *Frontiers in Neuroscience*, **17**, Article ID: 1285810. <https://doi.org/10.3389/fnins.2023.1285810>
 - [43] Bogacki-Rychlik, W., Gawęda, K. and Bialy, M. (2024) Neurophysiology of Male Sexual Arousal—Behavioral Perspective. *Frontiers in Behavioral Neuroscience*, **17**, Article ID: 1330460. <https://doi.org/10.3389/fnbeh.2023.1330460>
 - [44] Mills-Finnerty, C., Frangos, E., Allen, K., Komisaruk, B. and Wise, N. (2022) Functional Magnetic Resonance Imaging Studies in Sexual Medicine: A Primer. *The Journal of Sexual Medicine*, **19**, 1073-1089. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2022.03.217>
 - [45] Catana, C., Drzezga, A., Heiss, W. and Rosen, B.R. (2012) PET/MRI for Neurologic Applications. *Journal of Nuclear Medicine*, **53**, 1916-1925. <https://doi.org/10.2967/jnumed.112.105346>
 - [46] Duncan, N.W., Wiebking, C. and Northoff, G. (2014) Associations of Regional GABA and Glutamate with Intrinsic and Extrinsic Neural Activity in Humans—A Review of Multimodal Imaging Studies. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, **47**, 36-52. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2014.07.016>
 - [47] Vargas-Cáceres, S., Cera, N., Nobre, P. and Ramos-Quiroga, J.A. (2021) The Impact of Psychosis on Sexual Functioning: A Systematic Review. *The Journal of Sexual Medicine*, **18**, 457-466. <https://doi.org/10.1016/j.jsxm.2020.12.007>
 - [48] Bohil, C.J., Alicea, B. and Biocca, F.A. (2011) Virtual Reality in Neuroscience Research and Therapy. *Nature Reviews Neuroscience*, **12**, 752-762. <https://doi.org/10.1038/nrn3122>