

# 睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响及相关机制研究进展

邓悠然, 罗小东\*

重庆医科大学附属第二医院妇产科, 重庆

收稿日期: 2026年2月11日; 录用日期: 2026年3月4日; 发布日期: 2026年3月13日

## 摘要

子宫内膜容受性(Endometrial Receptivity, ER), 是影响辅助生殖技术(ART)胚胎着床及临床妊娠成功率的重要因素之一。睡眠障碍在ART人群中高发, 其对辅助生殖结局的影响, 逐渐成为生殖医学领域的研究焦点。目前研究主要聚焦于睡眠障碍对辅助生殖结局的影响, 对于辅助生殖过程中的关键因素尤其是子宫内膜容受性的影响研究及相关机制尚不明确。本研究就睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响及相关机制做简要总结与阐述, 以期为不孕症的精准诊疗提供理论依据与潜在靶点。

## 关键词

睡眠障碍, 子宫内膜容受性, 辅助生殖技术, 不孕症

# Research Progress on the Impact of Sleep Disorders on Endometrial Receptivity and Related Mechanisms

Youran Deng, Xiaodong Luo\*

Department of Obstetrics and Gynecology, The Second Affiliated Hospital of Chongqing Medical University, Chongqing

Received: February 11, 2026; accepted: March 4, 2026; published: March 13, 2026

## Abstract

Endometrial receptivity is one of the important factors affecting the success rate of embryo

\*通讯作者。

文章引用: 邓悠然, 罗小东. 睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响及相关机制研究进展[J]. 临床医学进展, 2026, 16(3): 2137-2144. DOI: 10.12677/acm.2026.1631006

**implantation and clinical pregnancy in assisted reproductive technology (ART). Sleep disorders are highly prevalent among individuals undergoing ART, and their impact on assisted reproductive outcomes has gradually become a research focus in reproductive medicine. Current studies mainly focus on the influence of sleep disorders on assisted reproductive outcomes, whereas research on the impact and underlying mechanisms of sleep disorders on key factors during ART—especially endometrial receptivity—remains unclear. This study briefly summarizes and elaborates on the effects of sleep disorders on endometrial receptivity and related mechanisms, aiming to provide a theoretical basis and potential targets for the precise diagnosis and treatment of infertility.**

## Keywords

**Sleep Disorders, Endometrial Receptivity, Assisted Reproductive Technology (ART), Infertility**

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

不孕症是指女性未避孕且正常性生活至少 12 个月未孕, 我国不孕症发病率为 7%~10% [1]。全球不孕症患病率目前正在上升, 且预计至 2040 年仍将持续上升[2]。辅助生殖技术(Assisted Reproductive Technology, ART)是目前治疗不孕症的主要手段[3]。在 ART 治疗中, 胚胎着床是妊娠成功的关键步骤之一。胚胎着床的两个关键因素是优质胚胎和容受的子宫内膜[4]。在胚胎正常时, 子宫内膜容受性异常是引起着床失败的关键[5] [6], 子宫内膜因素占胚胎移植失败因素的 2/3 [7]。子宫内膜容受性是指子宫内膜在“种植窗(window of implantation, WOI)”对胚胎着床的接受能力, 评估指标包括超声评估的子宫内膜参数, 特定的形态学变化, 内膜细胞的胞饮突评分, 分子标志物的特异性表达等[8]。

睡眠对人体功能至关重要, 越来越多的证据表明睡眠与生殖功能相关且可能具有双向性的影响[9], 而睡眠作为一种可干预因素, 可能是能够改善生殖健康和结果的重要干预手段。睡眠障碍是指睡眠质和量出现临床症状或异常的一种状态[10]。ART 助孕患者因承受治疗压力、激素水平波动等多重因素影响, 睡眠障碍发生率约为 40%, 在接受妊娠试验前甚至可高达 79.3%, 显著高于普通育龄人群[11]。

早期研究多围绕睡眠对卵巢功能、胚胎质量等的影响展开, 近年来, 学界逐渐意识到其对子宫内膜容受性的调控作用。多项前瞻性队列研究证实, 睡眠障碍与 ART 患者胚胎着床率、妊娠率降低存在密切关联[12]-[14], 但二者之间的分子调控通路尚未完全阐明。基于此, 本文系统整合近年来相关研究成果, 探讨睡眠障碍与子宫内膜容受性的关联及机制, 客观分析研究局限性, 为临床改善 ART 妊娠结局提供参考依据。

## 2. 睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响情况

### 2.1. ART 患者睡眠障碍的现状

一项纳入 11,480 例 ART 患者的荟萃分析结果显示, 该人群睡眠障碍总发生率达 40% (95%CI 34%~47%), 其中睡眠时长 < 6 h/d 者占 22%, 昼夜颠倒的夜班从业者占 18% [11]。体外受精 - 胚胎移植女性患者多存在不同程度的睡眠质量下降[15]。一项纳入 1002 名中国不孕女性的前瞻性队列研究显示 24.1%的参与者报告睡眠质量较差, 且不良的睡眠特征降低了取卵细胞的数量和质量、受精率以及临床妊娠率[11]。ART 助孕患者睡眠质量普遍较差, 睡眠障碍检出率较高, 且影响受孕的各个阶段。过去几十

年里, 不孕率的上升与睡眠剥夺和睡眠中断常常并行, 睡眠剥夺降低了女性生育的可能性[16]。由此可见, 睡眠障碍在育龄期女性尤其是 ART 人群中极为普遍。

## 2.2. 睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响研究

研究表明, 女性的睡眠时间影响体外受精(IVF)过程, 较短的睡眠时间和较晚的入睡时间增加了胚胎移植的失败率[17]。一项纳入 1351 名患者的前瞻性队列研究显示, 睡眠时长与胚胎移植后的临床妊娠率存在显著正相关, 且睡眠时长每增加 1 h, 胚胎移植后的临床妊娠率提高 23% [12]。许雅琦等[18]发现睡眠剥夺 50 天的小鼠, 其子宫内膜厚度低于睡眠剥夺 15 天及对照组的小鼠, 而子宫内膜整合素  $\alpha v\beta 3$  蛋白表达也存在差异。一项纳入了 3183 名不孕女性的前瞻性研究[19]发现, 相比于睡眠质量不佳的患者, 睡眠质量良好者辅助生殖的临床妊娠率和活产率更高。一项前瞻性队列研究通过对比反复种植失败患者与正常女性子宫内膜基因表达谱, 发现昼夜节律通路可以调控子宫内膜容受性, 介导妊娠早期的胚胎种植[20]。研究发现可调控睡眠-觉醒周期的生物钟基因 *Bmal1* 的缺失可显著降低雌性小鼠胚胎的着床潜力[21], 而电针预处理可调节大鼠子宫组织时钟基因 *Bmal1* 的节律表达, 从而改善种植窗口期子宫内膜容受性, 显著增加子宫内膜厚度、腺体和血管的数量, 提高容受性因子 *HoxA10* 和 *LIF* 的 mRNA 和蛋白水平[22]。睡眠障碍可严重干扰褪黑素的正常分泌, 而褪黑素对节律相关基因的表达有重要影响, 从而对子宫内膜容受性及胎儿的生长和发育产生影响[23]。综上, 睡眠障碍一定程度上能够影响子宫内膜容受性, 从而改变 ART 助孕患者的妊娠结局。

## 3. 睡眠障碍对子宫内膜容受性的影响机制

通过文献分析, 总结得出睡眠障碍可通过以下路径对子宫内膜容受性产生影响: 激素分泌稳态失衡、母胎界面免疫微环境重塑、子宫内膜血管新生障碍。各路径可协同损害子宫内膜容受性, 且各路径之间存在复杂的交叉调控关系。

### 3.1. 干扰 HPO 轴功能, 破坏激素分泌稳态

子宫内膜容受性的建立受机体分泌的雌、孕激素的动态调控[24]。下丘脑-垂体-卵巢(HPO)轴的活动对性激素的分泌调节至关重要, 而子宫内膜对性激素尤其是雌二醇和孕酮的变化高度敏感。当发生睡眠障碍时, 下丘脑-垂体-卵巢轴的驱动减弱, 可导致雌二醇分泌紊乱, 黄体功能下降等, 显著降低子宫内膜容受性及女性生育能力[25]。长期的睡眠剥夺可能引起卵巢功能早衰, 引起性激素水平紊乱, 雌孕激素分泌不足且波动大, 难以为子宫内膜提供稳定的激素支持[26]。同源盒(HOX) A10 基因在 WOI 高峰表达[27], 是 ER 的特征性标志物。雌激素和孕酮可动态调控 *HOXA10* 基因的表达, 其分子机制为通过金属蛋白酶调节细胞外基质重塑, 细胞因子以及细胞粘附分子等, 影响上皮细胞和基质细胞的分化以及滋养层细胞的侵入, 从而影响子宫内膜容受和着床能力[28]。

子宫内膜局部以正常节律方式运转, 当人体昼夜节律受损, 子宫内膜节律基因的表达也受到干扰[29]。由大脑/肌肉芳香烃受体核转运样蛋白 1 (brain and muscle ARNT-like protein 1, *BMAL1*)及昼夜运动输出周期蛋白(circadian locomotor output cycles kaput, *CLOCK*)构成的转录异二聚体复合物, 是昼夜节律的核心调控因子[30], 通过与靶基因启动子 E-box 序列结合激活其他时钟控制基因的节律性表达[31]。当睡眠障碍表现为睡眠节律紊乱时, 可引起 *BMAL1/CLOCK* 复合物表达紊乱, 从而引起性激素分泌紊乱[32]、子宫内膜病变, 降低 ER。

睡眠障碍尤其是睡眠剥夺/失眠可引起脂肪酸代谢异常[33] [34], 进而影响子宫内膜的容受。首先, 雌孕激素作为类固醇激素, 不饱和脂肪酸可能通过激活 *PI3K/Akt* 信号通路, 促进雌二醇和孕酮的分泌来改

善 ER [35]。其次脂肪酸是子宫内细胞线粒体中  $\beta$  氧化的主要底物, 通过氧化磷酸化, 为蜕膜化提供 ATP 及还原当量[36]。当脂肪酸代谢异常, 脂肪酸供应不足可导致 ATP 生成下降, 从而阻碍蜕膜化进程并削弱 ER [37] [38]。另外, 前列腺素(prostaglandin, PG)作为一类由不饱和脂肪酸组成的活性物质, 可介导母胎界面的免疫调节, 调控胚胎移植后囊胚的孵化、滋养细胞的增殖及趋化因子表达, 从而参与 ER 的建立[39]。

以上研究表明, 睡眠障碍可能通过影响激素调节通路及脂肪酸代谢等方式, 破坏激素分泌稳态, 从而影响子宫内膜容受性。

### 3.2. 干扰母胎界面免疫微环境, 诱发局部免疫失衡

妊娠成功依赖于子宫内膜在母胎界面进行准确且有效的免疫应答。子宫内膜免疫细胞主要由自然杀伤(natural killer, NK)细胞、巨噬细胞(macrophages, Mac)、树突状细胞(dendritic cell, DC)、T 淋巴细胞等组成, 这些细胞的数量改变, 会在一定程度上导致子宫内膜细胞免疫群的功能紊乱, 最终导致妊娠失败[40]-[42]。研究表明[43]: 短期内的睡眠剥夺会降低 NK 细胞活性, 当恢复睡眠后 NK 细胞可恢复如常, 表明睡眠与自然免疫调节有关, 即使是轻微的睡眠干扰也会导致 NK 细胞活性的降低。调节性 T 细胞具有良好的抗炎、免疫抑制和促进血管的功能, 小鼠实验[44]表明睡眠剥夺会减少血液中的调节性 T 细胞, 且表达调节性 T 细胞的 Helios 转录因子水平升高, 当使用褪黑素干预可使 T 细胞数量恢复到接近正常水平。辅助性 T 细胞包括 Th1 和 Th2, 二者的比值维持稳态在促进胚胎着床、胎儿正常发育和增加活产率中具有重要作用。小鼠实验表明睡眠剥夺的小鼠 T 细胞效应细胞活性受损, 表现为辅助 T 细胞分化为 Th1 表型的减少, 随后产生促炎细胞因子[45]。巨噬细胞存在于妊娠的各个阶段并参与多种活动, 可调节子宫内膜容受性、蜕膜化、胎盘细胞侵袭、血管生成和分娩等[46]。慢性睡眠剥夺会增强巨噬细胞致病性[47], 睡眠紊乱显著影响巨噬细胞极化表型[48]。需要注意的是, 小鼠模型中子宫内膜各型免疫细胞占比与人类子宫内膜免疫细胞占比存在差异, 这意味着相关机制在人体中的效应强度可能存在差异。研究表明, 睡眠质量可影响经免疫球蛋白(IVIG)治疗的复发性流产患者的保胎效果, 睡眠质量越高, 保胎效果越好[49]。总体来说, 睡眠障碍是多种免疫失调相关疾病的危险因素[50], 母胎界面的免疫失调可引起子宫内膜容受性改变, 最终引起不同的妊娠结局。

### 3.3. 抑制子宫内膜血管新生, 降低组织血流灌注水平

异常的子宫内膜血流灌注会导致不良的妊娠结局, 尤其是妊娠初期。正常的子宫血流灌注是子宫内膜容受性建立的重要前提。正常的子宫内膜血管生成受到血管内皮生长因子(vascular endothelial growth factor, VEGF)的调控[51] [52]。睡眠障碍尤其是阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征(obstructive sleep apnea-hypopnea syndrome, OSAHS)患者可能存在长期缺氧, 导致机体氧化应激水平会显著升高[53]-[55]。缺氧诱导因子-1 $\alpha$  (HIF-1 $\alpha$ )是细胞在缺氧环境下应答的关键性转录调节因子, 在细胞低氧状态下被激活, 进而调控多种与血管生成、炎症反应及细胞增殖相关的基因表达[56]。在长期低氧状态下, HIF-1 $\alpha$  可介导 VEGF 水平降低从而抑制血管新生, 同时可抑制细胞增殖并增强凋亡活性, 引起子宫内膜功能受损[57]。一项前瞻性研究显示[58]: 睡眠质量差与子宫动脉搏动指数(PI)升高显著相关, 而 PI 值越高提示血流阻力越大, 子宫血供越差。由此可见, 睡眠障碍可通过介导子宫内膜血管生成, 从而对子宫内膜容受性产生影响。

### 3.4. 现有研究的局限性分析

现有研究存在以下局限: 一、部分研究未充分校正焦虑、抑郁等心理混杂因素, 而这些因素可通

过下丘脑-垂体-肾上腺轴(HPA轴)提高皮质醇水平,易与睡眠障碍的效应产生混淆[59];二、大部分研究依赖于PSQI等主观问卷评估睡眠状态,缺乏多导睡眠监测技术等客观指标,可能导致睡眠障碍的误判[60];三、现有研究多为观察性队列设计,难以明确睡眠障碍与子宫内膜容受性下降的因果关系,甚至不排除存在反向因果的可能,即子宫内膜容受性异常引发的生育压力,进一步加重患者的睡眠障碍。因此,未来亟须开展大样本多中心随机对照试验(RCT),通过干预睡眠来明确二者之间的因果关联。

#### 4. 结论

睡眠障碍在ART患者中具有较高的发生率,其可能通过激素分泌稳态失衡、母胎界面免疫微环境重塑、子宫内膜血管新生障碍等路径,协同损害子宫内膜容受性,进而导致胚胎着床率降低、临床妊娠率下降。在未来诊疗过程中,或许可通过对睡眠进行干预提升子宫内膜容受性,从而改善辅助生殖结局。但该领域研究仍存在结论争议、物种差异、混杂因素控制不足等局限性,未来需通过大样本、多中心、精准设计的研究,为不孕症的精准诊疗提供新的切入点。

#### 参考文献

- [1] 孔北华. 妇产科学[M]. 第10版. 人民卫生出版社, 2024: 396.
- [2] Liang, Y., Huang, J., Zhao, Q., Mo, H., Su, Z., Feng, S., *et al.* (2025) Global, Regional, and National Prevalence and Trends of Infertility among Individuals of Reproductive Age (15-49 Years) from 1990 to 2021, with Projections to 2040. *Human Reproduction*, **40**, 529-544. <https://doi.org/10.1093/humrep/deae292>
- [3] Kirkegaard, K. and Barratt, C. (2025) WHO Infertility Guidelines 2025: A Call for Evidence-Based Practice. *Human Reproduction*, **41**, 1-2. <https://doi.org/10.1093/humrep/deaf229>
- [4] Lessey, B.A. and Young, S.L. (2019) What Exactly Is Endometrial Receptivity? *Fertility and Sterility*, **111**, 611-617. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2019.02.009>
- [5] Opuchlik, K., Pankiewicz, K., Pierzyński, P., Sierdziński, J., Aleksejeva, E., Salumets, A., *et al.* (2025) Factors Influencing Endometrial Receptivity in Women with Recurrent Implantation Failure. *BMC Women's Health*, **25**, Article No. 15. <https://doi.org/10.1186/s12905-024-03531-z>
- [6] 付平芳, 磨丹, 岑长双, 等. 反复胚胎种植失败人群子宫内膜种植窗移位的影响因素分析[J]. 广西医科大学学报, 2024, 41(8): 1151-1156.
- [7] 葛逸盟, 杨硕, 李蓉. 子宫内膜容受性评价方法及其临床应用的研究进展[J]. 中国微创外科杂志, 2023, 23(9): 686-692.
- [8] 鹿群, 张淑艺, 宋宇仪, 等. 子宫内膜容受性的评估进展[J]. 中国妇产科临床杂志, 2024, 25(6): 481-482.
- [9] Beroukhim, G., Esencan, E. and Seifer, D.B. (2022) Impact of Sleep Patterns Upon Female Neuroendocrinology and Reproductive Outcomes: A Comprehensive Review. *Reproductive Biology and Endocrinology*, **20**, Article No. 16. <https://doi.org/10.1186/s12958-022-00889-3>
- [10] 唐静, 卢琼芳, 丘驰, 等. 孕妇睡眠质量的研究进展[J]. 现代临床医学, 2021, 47(4): 275-278.
- [11] 李汶莲, 何莹, 饶琳, 等. 辅助生殖技术助孕患者睡眠障碍发生率的系统评价和 Meta 分析[J]. 军事护理, 2025, 42(6): 100-104.
- [12] 曹旭, 高璐, 付晓杰, 等. 夜间睡眠时长对胚胎移植后妊娠结局的影响: 一项针对 1351 名不孕症患者的前瞻性队列研究[J]. 生殖医学杂志, 2025, 34(6): 766-776.
- [13] Li, Q., Wang, C., Cao, K., Zhang, L., Xu, Y., Chang, L., *et al.* (2023) Sleep Characteristics before Assisted Reproductive Technology Treatment Predict Reproductive Outcomes: A Prospective Cohort Study of Chinese Infertile Women. *Frontiers in Endocrinology*, **14**, Article 1178396. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1178396>
- [14] Yao, Q., Yuan, X., Liu, C., Du, Y., Yao, Y., Wu, L., *et al.* (2022) Associations of Sleep Characteristics with Outcomes of IVF/ICSI Treatment: A Prospective Cohort Study. *Human Reproduction*, **37**, 1297-1310. <https://doi.org/10.1093/humrep/deac040>
- [15] 刘建霞. 体外受精-胚胎移植患者睡眠质量及其影响因素分析[J]. 中国实用医药, 2017, 12(16): 185-188.
- [16] Lateef, O.M. and Akintubosun, M.O. (2020) Sleep and Reproductive Health. *Journal of Circadian Rhythms*, **18**, 1.

- <https://doi.org/10.5334/jer.190>
- [17] Pimolsri, C., Lyu, X., Goldstein, C., Fortin, C.N., Mumford, S.L., Smith, Y.R., *et al.* (2021) Objective Sleep Duration and Timing Predicts Completion of in Vitro Fertilization Cycle. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics*, **38**, 2687-2696. <https://doi.org/10.1007/s10815-021-02260-8>
- [18] 许雅琦. 睡眠剥夺致雌性大鼠生育力下降及其机制初步研究[D]: [硕士学位论文]. 张家口: 河北北方学院, 2022.
- [19] Liu, Z., Zheng, Y., Wang, B., Li, J., Qin, L., Li, X., *et al.* (2023) The Impact of Sleep on in Vitro Fertilization Embryo Transfer Outcomes: A Prospective Study. *Fertility and Sterility*, **119**, 47-55. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2022.10.015>
- [20] Bastu, E., Demiral, I., Gunel, T., Ulgen, E., Gumusoglu, E., Hosseini, M.K., *et al.* (2019) Potential Marker Pathways in the Endometrium That May Cause Recurrent Implantation Failure. *Reproductive Sciences*, **26**, 879-890. <https://doi.org/10.1177/1933719118792104>
- [21] Xu, J., Li, Y., Wang, Y., Xu, Y. and Zhou, C. (2016) Loss of *bmal1* Decreases Oocyte Fertilization, Early Embryo Development and Implantation Potential in Female Mice. *Zygote*, **24**, 760-767. <https://doi.org/10.1017/s0967199416000083>
- [22] 朱钱, 刘静玉, 郝赛楠, 等. 电针预处理对促排卵大鼠子宫组织核心时钟基因 *Bmal1* 表达节律的影响[J]. 针刺研究, 2024, 49(7): 743-750.
- [23] Man, G.C.W., Zhang, T., Chen, X., Wang, J., Wu, F., Liu, Y., *et al.* (2017) The Regulations and Role of Circadian Clock and Melatonin in Uterine Receptivity and Pregnancy—An Immunological Perspective. *American Journal of Reproductive Immunology*, **78**. <https://doi.org/10.1111/aji.12715>
- [24] 周佳慧, 杨贵芳, 任杰, 等. 子宫内膜容受性的调节机制研究进展[J]. 生殖医学杂志, 2024, 33(10): 1395-1400.
- [25] 朱争艳, 郭静秋, 陈雪梅, 等. 睡眠障碍通过下丘脑-垂体-卵巢轴影响女性生育能力的临床研究[J]. 现代生物医学进展, 2022, 22(9): 1667-1671.
- [26] Yang, B., Li, W., Qiao, R., Guo, F., Zhang, M. and Zhang, Q. (2025) P-697 Chronic Sleep Deprivation Induces Premature Ovarian Insufficiency through Retinol Deficiency Mediated Oxidative Phosphorylation Damage of Follicles. *Human Reproduction*, **40**. <https://doi.org/10.1093/humrep/deaf097.1003>
- [27] Nazarenko, T.A., Kalinina, E.A., Knyazeva, E.A., Kiselev, V.I., Smolnikova, V.Y. and Sukhikh, G.T. (2019) The Role of Abnormal Hypermethylation of the *HOXA10* and *HOXA11* Promoters in Implantation Failures in IVF Programs. *Gynecological Endocrinology*, **35**, 31-34. <https://doi.org/10.1080/09513590.2019.1632087>
- [28] Pirlog, L., Pătrășcanu, A., Ona, M., Cătană, A. and Rotar, I.C. (2025) *HOXA10* and *HOXA11* in Human Endometrial Benign Disorders: Unraveling Molecular Pathways and Their Impact on Reproduction. *Biomolecules*, **15**, Article 563. <https://doi.org/10.3390/biom15040563>
- [29] Tasaki, H. (2013) Profiling of Circadian Genes Expressed in the Uterus Endometrial Stromal Cells of Pregnant Rats as Revealed by DNA Microarray Coupled with RNA Interference. *Frontiers in Endocrinology*, **4**, Article 82. <https://doi.org/10.3389/fendo.2013.00082>
- [30] Yang, Y., Lindsey-Boltz, L.A., Vaughn, C.M., Selby, C.P., Cao, X., Liu, Z., *et al.* (2021) Circadian Clock, Carcinogenesis, Chronochemotherapy Connections. *Journal of Biological Chemistry*, **297**, Article ID: 101068. <https://doi.org/10.1016/j.jbc.2021.101068>
- [31] Morales-Santana, S., Morell, S., Leon, J., Carazo-Gallego, A., Jimenez-Lopez, J.C. and Morell, M. (2019) An Overview of the Polymorphisms of Circadian Genes Associated with Endocrine Cancer. *Frontiers in Endocrinology*, **10**, Article 104. <https://doi.org/10.3389/fendo.2019.00104>
- [32] 甄华龙, 黄斌斌, 江敏敏, 等. 夜间轮班工作对女性生殖健康影响的流行病学研究进展[J]. 环境与职业医学, 2022, 39(8): 954-958.
- [33] Shigiyama, F., Kumashiro, N., Tsuneoka, Y., Igarashi, H., Yoshikawa, F., Kakehi, S., *et al.* (2018) Mechanisms of Sleep Deprivation-Induced Hepatic Steatosis and Insulin Resistance in Mice. *American Journal of Physiology-Endocrinology and Metabolism*, **315**, E848-E858. <https://doi.org/10.1152/ajpendo.00072.2018>
- [34] 朱珊, 夏勇军, 翟茜. 睡眠剥夺对小鼠肝脏脂肪代谢及肝功能的影响[J]. 西部医学, 2026, 38(1): 27-31.
- [35] Ma, X., Weng, X., Hu, X., Wang, Q., Tian, Y., Ding, Y., *et al.* (2019) Roles of Different N-3/N-6 PUFA Ratios in Ovarian Cell Development and Steroidogenesis in PCOS Rats. *Food & Function*, **10**, 7397-7406. <https://doi.org/10.1039/c9fo01730e>
- [36] Jabůrek, M., Klöppel, E., Průchová, P., Mozheitova, O., Tauber, J., Engstová, H., *et al.* (2024) Mitochondria to Plasma Membrane Redox Signaling Is Essential for Fatty Acid  $\beta$ -Oxidation-Driven Insulin Secretion. *Redox Biology*, **75**, Article ID: 103283. <https://doi.org/10.1016/j.redox.2024.103283>
- [37] Mizuno, Y., Tamaru, S., Tochigi, H., Sato, T., Kishi, M., Ohtake, A., *et al.* (2024) Decidualized Endometrial Stromal

- Cells Promote Mitochondrial Beta-Oxidation to Produce the Octanoic Acid Required for Implantation. *Biomolecules*, **14**, Article 1014. <https://doi.org/10.3390/biom14081014>
- [38] 左文君, 彭祥焯. 脂肪酸代谢对子宫内膜容受性影响机制的研究[J/OL]. 医药导报: 1-15. <https://link.cnki.net/urlid/42.1293.R.20260129.1517.010>, 2026-01-29.
- [39] Li, W., Lu, J., Zhang, C., Wang, W., Ying, H., Myatt, L., *et al.* (2021) PGE2 vs PGF2 $\alpha$  in Human Parturition. *Placenta*, **104**, 208-219. <https://doi.org/10.1016/j.placenta.2020.12.012>
- [40] Robertson, S.A., Moldenhauer, L.M., Green, E.S., Care, A.S. and Hull, M.L. (2022) Immune Determinants of Endometrial Receptivity: A Biological Perspective. *Fertility and Sterility*, **117**, 1107-1120. <https://doi.org/10.1016/j.fertnstert.2022.04.023>
- [41] Wang, W., Vilella, F., Alama, P., Moreno, I., Mignardi, M., Isakova, A., *et al.* (2022) Single-Cell Transcriptomic Atlas of the Human Endometrium during the Menstrual Cycle. *Obstetrical & Gynecological Survey*, **77**, 98-99. <https://doi.org/10.1097/ogx.0000000000001009>
- [42] Díaz-Hernández, I., Alecsandru, D., García-Velasco, J.A. and Domínguez, F. (2021) Uterine Natural Killer Cells: From Foe to Friend in Reproduction. *Human Reproduction Update*, **27**, 720-746. <https://doi.org/10.1093/humupd/dmaa062>
- [43] Irwin, M., Mascovich, A., Gillin, J.C., Willoughby, R., Pike, J. and Smith, T.L. (1994) Partial Sleep Deprivation Reduces Natural Killer Cell Activity in Humans. *Psychosomatic Medicine*, **56**, 493-498. <https://doi.org/10.1097/00006842-199411000-00004>
- [44] Öztürk, H., Çalış, H., Gelmez, Y.M., Deniz, G., Yılmaz, A., Kılıç, M.A., *et al.* (2025) Sleep Deprivation Alters T Cell Dynamics: Melatonin as a Restorative Agent. *Journal of Sleep Research*. <https://doi.org/10.1111/jsr.70130>
- [45] Dempsey, L.A. (2024) Sleep Regulates Innate Immunity. *Nature Immunology*, **25**, 3. <https://doi.org/10.1038/s41590-023-01727-3>
- [46] 马丽娜, 张多加, 吴效科. 子宫巨噬细胞在正常妊娠及病理性妊娠中的作用[J]. 国际妇产科学杂志, 2023, 50(1): 65-69.
- [47] Ren, H., Lu, M., Zhang, D., Xing, Y. and Chen, Z. (2025) Chronic Sleep Deprivation Promotes Experimental Autoimmune Uveitis through STAT1 Phosphorylation, ISG15 Expression and Enhanced Pathogenicity of Macrophages. *International Immunopharmacology*, **154**, Article ID: 114556. <https://doi.org/10.1016/j.intimp.2025.114556>
- [48] Askarzadeh, M., Yazdian-Robati, R., Rajabinejad, M. and Rafiei, A. (2025) The Effect of Disrupted Sleep on Macrophage Polarization: A Systematic Review and Meta-Analysis of Animal Studies. *BMC Immunology*, **26**, Article No. 91. <https://doi.org/10.1186/s12865-025-00770-z>
- [49] 鄢海静, 董希露. 睡眠质量与免疫球蛋白治疗复发性流产患者保胎效果的相关性分析[J]. 中国妇幼保健, 2025, 40(19): 3601-3604.
- [50] Liu, Y., Wang, Z., Liu, S., Li, X., Wang, D., Wang, D., *et al.* (2025) Cell-Type-Specific mRNA N<sup>6</sup>-Methyladenosine Landscape and Regulatory Mechanisms Underlying Immune Dysregulation of Sleep-Deprived. *Journal of Pineal Research*, **77**, e70046. <https://doi.org/10.1111/jpi.70046>
- [51] 田金, 张冬丽, 姚丽, 等. 子宫内膜息肉干细胞的提取及内皮抑素对其血管生成的影响[J]. 安徽医科大学学报, 2018, 53(2): 215-221.
- [52] Ferrara, N., Gerber, H. and LeCouter, J. (2003) The Biology of VEGF and Its Receptors. *Nature Medicine*, **9**, 669-676. <https://doi.org/10.1038/nm0603-669>
- [53] Davinelli, S., Medoro, A., Savino, R. and Scapagnini, G. (2024) Sleep and Oxidative Stress: Current Perspectives on the Role of NRF2. *Cellular and Molecular Neurobiology*, **44**, Article No. 52. <https://doi.org/10.1007/s10571-024-01487-0>
- [54] Chang, T.H.C., Hicks, J.B., Izadi, Z., Marwaha, A., Allen, A.H., Hajipour, M., *et al.* (2026) Circulating Markers of Biological Aging Associated with Obstructive Sleep Apnea or Insomnia in Adults: A Systematic Review and Meta-analysis. *Sleep Medicine Reviews*, **86**, Article ID: 102255. <https://doi.org/10.1016/j.smrv.2026.102255>
- [55] 熊若竹, 江佳柳, 莫雨婷, 等. 阻塞性睡眠呼吸暂停低通气综合征共病脑小血管病的研究进展[J]. 中风与神经疾病杂志, 2025, 42(12): 1089-1094.
- [56] McQueen, D.B., Maniar, K.P., Hutchinson, A., Confino, R., Bernardi, L. and Pavone, M.E. (2022) Retained Pregnancy Tissue after Miscarriage Is Associated with High Rate of Chronic Endometritis. *Journal of Obstetrics and Gynaecology*, **42**, 3101-3105. <https://doi.org/10.1080/01443615.2022.2100693>
- [57] Zhang, D., Bian, W. and Gao, Z. (2025) Impact of Obstructive Sleep Apnea on Endometrial Function in Female Rats: Mechanism Exploration. *Nature and Science of Sleep*, **17**, 2485-2499. <https://doi.org/10.2147/nss.s540493>
- [58] Tang, Y., Zhang, J., Dai, F., Razali, N., Tagore, S., Chern, B., *et al.* (2020) Poor Sleep Is Associated with Higher Blood Pressure and Uterine Artery Pulsatility Index in Pregnancy: A Prospective Cohort Study. *BJOG: An International Journal of Obstetrics & Gynaecology*, **128**, 1192-1199. <https://doi.org/10.1111/1471-0528.16591>

- [59] 彭婧晴, 王楠, 王甜, 等. 心理因素对辅助生殖技术结果影响的研究进展[J]. 中国计划生育和妇产科, 2021, 13(4): 10-12.
- [60] 贾延昆, 朱宇清. 客观睡眠评估方法的研究进展[J]. 医学综述, 2018, 24(21): 4265-4269.