

移动智能技术在孕妇自我管理中的应用进展

黄蓓,陈阳,陈晓莉,钱俊,邹智杰,孟宪梅
(武汉大学 护理学院,湖北 武汉 430071)

通过采用移动智能技术构建孕妇健康监测系统,运用具备监测功能的智能设备实时监测数据波动并预警异常,以及借助智能应用程序和云端服务器提供医疗决策支持与干预建议等手段,可减少孕妇门诊就诊次数与住院时间、降低医疗成本^[1];并实现对孕妇的远程管理,以提高其自我护理能力、预防不良妊娠结局的发生^[1-3]。这种智能管理模式的有效性在中国、丹麦和荷兰等多个国家的研究中得到证实^[3-5]。本文综述了移动智能技术在孕妇健康管理中的应用以及局限性,以期对相关研究的开展提供参考。

1 移动智能技术在孕妇自我管理中的应用类型

1.1 孕期健康状况监测 移动智能技术在孕妇及胎儿持续的健康监测中至关重要,如健康状况评估、潜在健康风险识别、母婴安全保障等。早期预警异常生理指标可以预防不良妊娠结局发生^[1,3]。因此,该技术在孕期健康监测领域应用较为广泛。目前,智能设备依据其使用方式及与人体的佩戴关系可分为穿戴式和非穿戴式^[1,6]。

1.1.1 可穿戴式设备

1.1.1.1 腹部穿戴式胎心监测仪 穿戴式胎心监护仪融合材料、电子、信息、人工智能等新兴技术,通过放置在孕妇腹部皮肤的传感器,如生物电位传感器、声学传感器和运动传感器等,动态捕获母胎心电信号和子宫肌电信号,描记形成胎心监护图形,并依靠配套的智能设备分析和反馈健康数据^[6]。国内公司研发的 TFEM030 穿戴式胎儿心电监测仪^[7]可精准监测妊娠晚期胎儿心率基线、加/减速次数、心率趋势图、孕妇心电图及心率变异性等指标数据。通过使用该穿戴式胎心监测设备及配套智能设备,能提前获取各项数据,以便评估母婴健康状况,其便利性、可操作性、成本效益优于传统胎心监护仪监测,可成为肥胖妊娠、妊娠糖尿病和高血压等高危妊娠孕妇居家自我健康筛查以及医护人员远程监护的有效工具。岳永飞等^[8]对 TFEM030 监测仪的准确性、稳定性和便利性进行了验证,该监测仪监测胎心时脱落次数和脱落时间均低于传统的多普勒胎心监

护仪,且假阳性和假阴性结果较低,数据准确率高。智柔·柔性电子胎儿母体心率记录仪是国内首款获批上市可穿戴式胎儿母体心率记录仪,具有轻、薄、柔、小、高度集成、即贴即测等优势^[9],可有效提高监测精度、提升孕妇舒适度,为孕妇居家自我监测提供便利。此外,Ryu 等^[10]于 2021 年设计了对胎儿心率、孕妇心电图、胎动、孕妇血压等进行多模式监测的智能系统,配备了用于胸部、肢体和腹部的传感器。该系统不仅在对芝加哥和卢萨卡两个地区妊娠 25~41 周孕妇进行母婴生命体征监测中表现出良好的性能,其配备的可重复使用传感器亦展现出良好的成本效益,有效降低了孕妇日常监护的经济支出^[10]。未来,可考虑将腹部穿戴式胎心监测仪与其他智能设备和技术进行互联互通,全面监测母婴各项生理指标,以替代传统单一的监测手段,实现护理人员远程对孕期母婴健康状态持续进行监控和管理。

1.1.1.2 腕带式智能穿戴设备 腕带式智能穿戴设备,如智能手表、智能手环、智能腕带等^[11-12],通过配置运动检测传感器、心率传感器、睡眠监测器、血压传感器、温度传感器等监测活动信息、睡眠状况、情绪变化和生理参数等,以评估孕妇孕期健康情况。国外公司推出类似手表的 Actiwatch-2 非侵入性监测仪能有效监测孕妇的客观睡眠参数^[13],研究者将其捕捉的参数与睡眠多导图检测结果对比得出的一致率高达 96.5%,而且数据可用于研究客观睡眠和产前抑郁情绪间的关系,有效监测存在睡眠困扰或者有潜在产前抑郁风险、需评估睡眠状况与心理状态关联性的孕妇群体。Fitbit Flex 智能手环用于监测女性孕期每日活动情况轨迹^[12],护理人员通过与之配套的智能系统收集相关数据,并为孕妇制订合适的孕期运动方案。通过运动干预可有效预防妊娠期糖尿病、超重或肥胖和先兆子痫等并发症的发生。配备光电容积脉搏波和惯性测量单元传感器的 Gear Sport 智能手表穿戴设备不仅能够监测孕妇的心率、身体活动情况(运动步数和非活动时间)和睡眠参数,还能与智能手机应用程序联用获得孕期的主观压力水平报告^[11]。此外,部分智能手表还配置有胎心感应器、胎动体感压力装置等特定传感器^[14],用于监测胎儿在宫内的活动情况。监测过程

【收稿日期】 2024-06-24 【修回日期】 2025-02-19
【基金项目】 国家社会科学基金项目(21BSH073)
【作者简介】 黄蓓,硕士在读,电话:027-68758747
【通信作者】 孟宪梅,电话:027-68758747

一方面需要孕妇将胎心感应器贴附到腹部皮肤,以捕捉胎儿心脏跳动产生的声波信号,从而获得胎儿的心率;另一方面孕妇通过感知宫内胎儿胎动情况自主按压胎动体感压力装置获得胎动的次数和强度。与腹部穿戴式胎心监测仪相比,手表使用相对较为灵活,孕妇可以根据自己的需求随时进行监测操作,但监测胎心时则要求感应器贴附位置准确,否则影响监测的准确性。

1.1.1.3 其他智能穿戴设备 除上述提及的穿戴设备,佩戴在特定身体部位的设备可高效识别一些身体活动,放置在脚踝和大腿位置的传感器设备可以检测腿部在运动(行走、跑步和骑行等)和弯曲时的活动,而放置在手臂、颈部或肘部的传感器设备则可以准确识别摆臂、头部活动以及弯腰等上半身的活动情况^[15]。佩戴在手指的Oura环既可以监测身体活动还能记录生理指标^[16]。它是一种配备了温度、3-D加速度计和红外光电容积脉搏波传感器的多模态智能戒指,能收集孕妇的心率、心率变异性、体温变化、呼吸和运动等数据。

1.1.1.2 非穿戴式智能设备

1.1.1.2.1 蓝牙电子监测设备 体重秤、血压计等借助蓝牙或WIFI链接外部设备,可将血糖、体重、血压这些关键的阶段性测量指标上传至智能应用平台并记录、分析和储存。这些数据能够直接反映孕妇身体的基本健康状况(如糖代谢情况、血压波动等)以及某些疾病(如妊娠期糖尿病、高血压等)的控制情况,可弥补穿戴性设备在特定生化指标监测的不足^[1]。

1.1.1.2.2 尿液成分分析设备 孕期监测和收集孕妇尿糖、尿蛋白、尿胆原、潜血或其他尿液成分具有重要意义,可评估孕妇肾脏功能以及是否存在泌尿系感染和糖代谢异常等^[17],便于及时发现问题并干预,从而改善孕妇及胎儿的健康结果。以智能马桶为典型代表的尿液分析设备,主要由座便器本体、用于尿生化检测的智能尿检测单元和智能尿生物信息数据库管理系统3个部分组成^[18],其中核心在于智能尿检测单元自动收集尿液样本,并进行尿生化检测^[18]。已有研究^[19]指出,智能马桶在实时检测尿液生物标志物(包括离子、葡萄糖和尿素等)方面的分类精度可达95%,浓度识别精度可高达97%,显示其较好的检测性能表现。相较于医院检验周期长和费用高等,基于移动智能技术的智能马桶在实现对孕妇尿液成分的便利检测方面展现了巨大的潜能。然而,针对孕妇的智能尿检测设备仍处于研发阶段^[18],未来还需开展临床研究来验证其有效性和安全性。

1.2 孕期护理指导 为孕妇自我健康管理提供个性化、实时监测和反馈支持,对于保证母婴安全、促进孕

妇健康至关重要。通过将孕期健康监测与移动互联网和云平台连接,将采集的指标(如体温、血压、血糖、胎动等)输到智能应用程序(application,APP)或云端服务器,为孕妇提供实时的健康状态反馈,并让医护人员远程监控孕妇的各项数据波动情况。

1.2.1 APP APP与智能监测设备联用可收集、储存和反馈孕妇的健康数据,生成个性化的健康报告,并为其提供孕期保健知识和健康教育指导^[2,20-21]。国外医院开发的食物追踪器聚焦于孕妇的饮食摄入管理^[20]。孕妇以日志方式将用餐时间、食物种类和重量输入到食物跟踪器中,食品跟踪器从食品成分数据库中获取相关信息后计算营养摄入量,并向孕妇显示获得的营养和纤维的能量,使孕妇清晰了解自己的饮食状况。瑞典研究者开发的Healthy-Moms智能手机APP包含膳食指导、运动指南、监测反馈系统、孕期日志等功能^[2]。孕妇每周会收到APP的行为习惯指导和自我监测的提醒通知,帮助其综合管理自己的健康状况。此外,国内医院还基于智能手机开发了体重管理App,为超重/肥胖孕妇制订个性化体重管理计划、计算卡路消耗量、生成体重变化曲线,并进行产前护理提醒以及个性化孕期教育等^[21]。该研究^[21]指出,体重管理APP从多维度对孕妇进行体重管理,可降低剖宫产率($P=0.044$)和产后出血率($P=0.045$)。另有医院设计的APP^[22]则从产科知识、妊娠营养和日常保健等3个主题制作了436门产前教育课程,为孕妇提供了专业医疗保健知识指导。该研究^[22]表明,完成课程的孕妇妊娠糖尿病、人工流产、产后感染、胎儿宫内窘迫和新生儿畸形的风险显著降低。APP虽然能为孕妇便捷地提供保健知识和信息^[23],但孕妇不能完全依赖其提供的医疗诊断,仍需咨询专业医护人员。

1.2.2 云端服务器 护士可通过云端服务器平台与孕妇实现健康监测数据的共享,为其提供护理建议和教育。Bagwari等^[24]开发的系统将传感器测量心率、体温、胎儿心率等参数储存于云端,护士可远程访问孕妇的各项健康数据,以评估孕妇的健康状况,并及时调整护理方案、指导孕妇调整生活方式。护士加强对高危妊娠孕妇的监测并警惕异常参数的同时将病情报告医生,以评估其是否需要入院治疗,并为其预约产检或就诊时间^[3]。对于患妊娠糖尿病的女性,护士每天监测上传到云端服务器的血糖数据^[1]。对于血糖水平异常的孕妇,为其制订或更改护理计划,并对有胰岛素给药需求的孕妇进行教育视频访视,或将教学视频链接通过远程医疗平台发送给她们。护士也会根据孕妇的需求通过远程云平台为她们提供实时的咨询服务,并联合医生对孕妇

进行远程电话或视频问诊^[1,24]。基于云平台的数据共享、远程咨询与问诊的医疗模式便捷高效,节省了孕妇往返医院的时间和精力^[11]。关于孕妇健康管理流程见图 1。

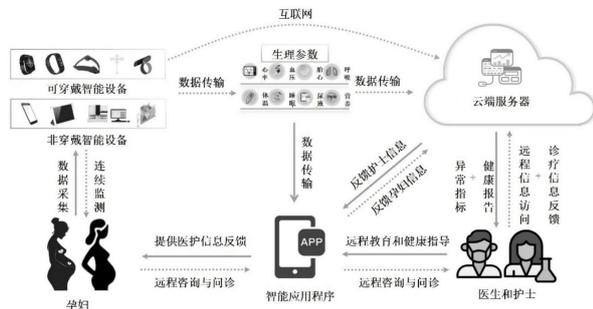


图 1 基于移动智能技术的孕妇智能健康管理流程图

2 移动智能技术在孕妇居家自我管理中的局限性

2.1 数据准确性和稳定性不足

穿戴式智能设备的传感器精度有限,在测量细微生理变化时容易出现偏差。在监测胎心率时,放置在母亲腹部的传感器在监测胎儿心率容易受到母体生理因素的影响,在区分信号来自母亲生理变化还是胎儿的心率时易出现混淆^[25],这也对数据提取和分析技术提出更高要求。传感器的佩戴位置和佩戴方式对数据准确性影响亦较大^[15]。有研究^[15]指出,比起佩戴在腕带的传感器,在臀部、脚踝和大腿位置放置传感器可以更好识别包括姿势、弯曲和行走时刻的活动;而涉及上半身的活动则需要将传感器放置在手臂、胸部、颈部或肘部。孕妇佩戴设备过松或过紧,都可能影响数据采集的准确性^[26]。孕妇和胎儿的生理变化也会影响传感器的稳定性而造成数据不准确,孕妇的体温升高、出汗、体重增加、身体水肿等情况,会导致传感器与皮肤的贴合度下降,信号的准确性降低^[27]。另外,胎儿胎龄的较低,会降低传感器的信号接收稳定性和强度。有研究^[26]表明,相较于胎龄 24~32 周,胎龄在 32 周后采用可穿戴胎动监测仪器监测的胎动信号的稳定性和强度均明显增高。此外,设备的稳定性能也会因电池电量不足、蓝牙或无线设备故障等问题而降低^[28]。这些因素导致的数据的准确性和稳定性降低,既影响孕妇自身的健康监测管理,也会误导医护人员做出错误的诊断和临床决策。未来,需进一步优化传感器的灵敏度、提高数据的准确性和稳定性。

2.2 信息真实性和安全性保障不足

健康管理智能化也存在健康数据不安全和隐私泄露的隐患。孕妇使用智能监测时,可能出现设备不当、仪器设备故障等,而数据则可能通过公共网络进行传播,导致隐

私泄露^[6,28]。未来需要孕妇、智能设备制造商和医护人员共同协作保障隐私安全。孕妇应根据产品说明以及在医护指导下正确使用智能检测系统;制造商革新技术,提高智能设备和监测系统的性能,以加强隐私安全管理;在软件或系统开发时,可设置安全密钥并通过安全登录保护数据,以确保其保密性;医护人员在调阅或使用孕妇相关数据时,应进行科学有效地管理和储存,以确保隐私信息不被泄露。健康信息内容的质量和准确性需重视,不准确信息可能会误导孕妇做出不利于其健康和安全的行为。基于网络教育系统应由卫生保健系统、医疗机构和专业专家进行评估和改进,以避免不准确信息对孕妇的影响,并促进基于网络的教育指导服务的普及和利用^[29]。

2.3 推广范围受限制

传感器监测数据种类较单一,测量和收集母体血氧、体温、母婴心率、血压血糖、尿液成分和睡眠等生理生化指标往往需要孕妇使用多个设备^[2,11,19],会降低孕妇的舒适度,并增加经济负担^[27]。此外,除智柔·柔性电子胎儿母体心率记录仪^[9](于 2019 年取得医疗器械注册证并获批上市)和 WATCH D^[30](2021 年发布的,是国内市场中唯一通过药监局二类医疗器械注册的血压测量智能手表^[30])之外,目前针对我国孕妇的智能健康监测设备和技术大多仍在临床试验或专利阶段^[2,7-8,12,18,21],加之,研究中选取的妊娠女性多为处于母婴生理信号较明显的孕晚期阶段,因此推广到妊娠全阶段的怀孕女性日常生活中仍有困难。而且,我国研究多为单中心研究且主要聚焦于医疗资源较好的研究场所^[7,13,21-22],因此不同移动智能设备的推广应用存在障碍因素,尤其是在资源匮乏的农村地区。

3 小结

孕期智能健康管理的重要性随着移动智能技术、大数据、人工智能等技术的不断发展而日益凸显。与传统孕妇保健模式相比,基于移动智能技术健康管理模式在孕妇健康监测、健康教育和远程自我护理方面呈现出较大的优势,可不受时间和空间的限制,为孕妇提供全面和连续的生命体征监测和医疗保障;同时,为临床诊断和决策提供数据支持,极大降低医疗基础设施监测带来的不便。然而,在实际应用中,还需要探索和研究以优化移动设备监测性能、提高数据准确性和安全性、扩大应用范围等,以确保其能更好地为孕妇服务。

【关键词】 孕妇;移动智能技术;自我管理

doi: 10.3969/j.issn.2097-1826.2025.10.004

【中图分类号】 R47;R473.71 【文献标识码】 A

【文章编号】 2097-1826(2025)10-0015-04

【参考文献】

- [1] ZORK N M. Telehealth for the management of diabetes in pregnancy [J]. *Curr Diab Rep*, 2022, 22(8): 365-369.
- [2] SANDBORG J, SÖDERSTRÖM E, HENRIKSSON P, et al. Effectiveness of a smartphone App to promote healthy weight gain, diet, and physical activity during pregnancy (HealthyMoms): randomized controlled trial [J/OL]. [2025-01-02]. <https://mhealth.jmir.org/2021/3/e26091/>. DOI:10.2196/26091.
- [3] BEKKER M N, KOSTER M P H, KEUSTERS W R, et al. Home telemonitoring versus hospital care in complicated pregnancies in the Netherlands: a randomised, controlled non-inferiority trial (HoTeL) [J]. *Lancet Digit Health*, 2023, 5(3): e116-e124.
- [4] ZIZZO A R, HVIDMAN L, SALVIG J D, et al. Home management by remote self-monitoring in intermediate- and high-risk pregnancies: a retrospective study of 400 consecutive women [J]. *Acta Obstet Gynecol Scand*, 2022, 101(1): 135-144.
- [5] 刘湘晖, 徐剑, 王志慧. 基于物联网的远程监护在 472 例社区孕妇妇女中的临床应用 [J]. *中国医药科学*, 2020, 10(24): 113-115, 147.
- [6] LI X Q, LU Y, FU X H, et al. Building the internet of things platform for smart maternal healthcare services with wearable devices and cloud computing [J]. *Future Gener Comp Sy*, 2021, 118: 282-296.
- [7] 李红, 张莘莘, 姚晓萌, 等. 妊娠晚期差异化母胎心电图监护模式临床应用效果 [J]. *齐鲁护理杂志*, 2023, 29(12): 34-37.
- [8] 岳永飞, 张晓倩, 周丽屏, 等. 穿戴式胎儿心电图监护仪在非产时的应用价值 [J]. *中国医药科学*, 2022, 12(7): 113-115, 149.
- [9] 浙江省药品监督管理局. “胎儿/母体心率记录仪”通过我省第二类创新医疗器械特别审批申请审查 [EB/OL]. [2024-12-16]. https://mpa.zj.gov.cn/art/2019/12/16/art_1228989351_41325652.html.
- [10] RYU D, KIM D H, PRICE J T, et al. Comprehensive pregnancy monitoring with a network of wireless, soft, and flexible sensors in high- and low-resource health settings [J/OL]. [2025-01-02]. <https://www.pnas.org/doi/full/10.1073/pnas.2100466118>. DOI:10.1073/pnas.2100466118.
- [11] NIELA-VILÉN H, AUXIER J, EKHOLOM E, et al. Pregnant women's daily patterns of well-being before and during the COVID-19 pandemic in Finland: Longitudinal monitoring through smartwatch technology [J/OL]. [2025-01-02]. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0246494>. DOI: 10.1371/journal.pone.0246494.
- [12] HUBERTY J L, BUMAN M P, LEIFERMAN J A, et al. Trajectories of objectively-measured physical activity and sedentary time over the course of pregnancy in women self-identified as inactive [J]. *Prev Med Rep*, 2016, 3: 353-360.
- [13] 董鸯鸯, 胡慧敏, 李英. 利用可穿戴设备监测妊娠晚期孕妇睡眠质量并分析其与产前抑郁关系 [J]. *中国计划生育学杂志*, 2023, 31(7): 1618-1621, 1626.
- [14] 黄贞, 黄敏敏, 黄静玫, 等. 一种新型医用自动记录胎心音、胎动体感压力手表装置: CN215128932U [P/OL]. [2024-03-05]. <https://d.wanfangdata.com.cn/patent/CN215128932U>.
- [15] ULLAH F, IQBAL A, IQBAL S, et al. A framework for maternal physical activities and health monitoring using wearable sensors [J/OL]. [2025-01-02]. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34372186/>. DOI:10.3390/s21154949.
- [16] ERICKSON E N, GOTLIEB N, PEREIRA L M, et al. Predicting labor onset relative to the estimated date of delivery using smart ring physiological data [J/OL]. [2025-01-02]. <https://www.nature.com/articles/s41746-023-00902-y>. DOI:10.1038/s41746-023-00902-y.
- [17] DE SOUZA H D, DIÓRIO G R M, PERES S V, et al. Bacterial profile and prevalence of urinary tract infections in pregnant women in Latin America: a systematic review and Meta-analysis [J/OL]. [2025-01-02]. <https://bmcpregnancychildbirth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12884-023-06060-z>. DOI:10.1186/s12884-023-06060-z.
- [18] 陈红奎, 朱飞, 董淼蕾, 等. 智能马桶健康监测技术专利分析 [J]. *河南科技*, 2016(14): 89-91.
- [19] MONDAL I, MANSOUR E, ZHENG Y, et al. Self-sustaining triboelectric nanosensors for real-time urine analysis in smart toilets [J/OL]. [2025-01-02]. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/sml.202403385>. DOI:10.1002/sml.202403385.
- [20] KYTÖ M, MARKUSSEN L T, MARTTINEN P, et al. Comprehensive self-tracking of blood glucose and lifestyle with a mobile application in the management of gestational diabetes: a study protocol for a randomised controlled trial (eMOM GDM study) [J/OL]. [2025-01-02]. <https://bmjopen.bmj.com/content/12/11/e066292>. DOI:10.1136/bmjopen-2022-066292.
- [21] FENG Y, SHI C, ZHANG C, et al. Effect of the smartphone application on caesarean section in women with overweight and obesity: a randomized controlled trial in China [J/OL]. [2025-01-02]. <https://bmcpregnancychildbirth.biomedcentral.com/articles/10.1186/s12884-023-06004-7>. DOI:10.1186/s12884-023-06004-7.
- [22] HAO J, YANG L, WANG Y, et al. Mobile prenatal education and its impact on reducing adverse pregnancy outcomes: retrospective real-world study [J/OL]. [2025-01-02]. <https://mhealth.jmir.org/2023/1/e46910>. DOI:10.2196/46910.
- [23] ZHANG P, DONG L, CHEN H, et al. The rise and need for mobile Apps for maternal and child health care in China: survey based on App markets [J/OL]. [2025-01-02]. <https://mhealth.jmir.org/2018/6/e140/>. DOI:10.2196/mhealth.9302.
- [24] BAGWARI A, GAIROLA K. An Aid for Health monitoring during pregnancy [J/OL]. [2025-01-02]. <https://ieeexplore.ieee.org/xpl/conhome/9509576/proceeding>. DOI:10.1109/CSNT51715.2021.
- [25] ZHANG Y, GU A, XIAO Z, et al. Wearable fetal ECG monitoring system from abdominal electrocardiography recording [J/OL]. [2025-01-02]. <https://www.mdpi.com/2079-6374/12/7/475>. DOI:10.3390/bios12070475.
- [26] GHOSH A K, CATELLI D S, WILSON S, et al. Multi-modal detection of fetal movements using a wearable monitor [J/OL]. [2025-01-02]. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1566253523004402?via%3Dihub>. DOI:10.1016/j.inffus.2023.102124.
- [27] KYTÖ M, KOIVUSALO S, TUOMONEN H, et al. Supporting the management of gestational diabetes mellitus with comprehensive self-tracking: mixed methods study of wearable sensors [J/OL]. [2025-01-02]. <https://diabetes.jmir.org/2023/1/e43979>. DOI:10.2196/43979.
- [28] 朱元方, 王文军, 马亦良, 等. 孕妇可穿戴设备的应用与管理 [J]. *协和医学杂志*, 2018, 9(1): 25-30.
- [29] 王小叶, 安俊红, 刘倩, 等. 移动智能技术在糖尿病足患者自我管理中的应用进展 [J]. *军事护理*, 2024, 41(11): 17-20.
- [30] 韩维正. 中国智能手表创造更多惊喜 [N/OL]. *人民日报海外版*, 2022-04-01 [2024-05-20]. <https://link.cnki.net/doi/10.28656/n.cnki.nrmrh.2022.000964>.