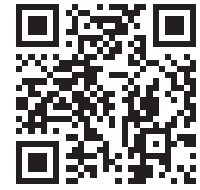


医院智能体与受监督自主医疗体系：从智慧医院到连续健康系统



邓丝雨¹, 葛海燕¹, 白春学^{2,3,4,5*}

1. 复旦大学附属华东医院呼吸与危重症医学科, 上海 200040
2. 复旦大学附属中山医院呼吸与危重症医学科, 上海 200032
3. 复旦大学附属中山医院 AI+肺癌防治中心, 上海 200032
4. 上海呼吸物联网医学工程技术研究中心, 上海 200032
5. 上海市呼吸病研究所, 上海 200032

[摘要] 医学人工智能正由单任务预测模型和生成式助手, 演进为能够感知环境、分解目标、调用工具、协调资源并追踪结果的智能体。然而能力的跃迁不等于临床授权的跃迁。现有证据主要来自回顾性数据和模拟病例等, 真实世界、多中心、以患者结局为终点的研究仍稀缺。若在缺乏边界、责任和运行监测的条件下追求自主, 智能体可能把单次模型错误放大为跨流程、跨机构的连续伤害。本文提出智能体医疗体系(agent health system, AHS)框架: 在明确预期用途、行动权限、责任主体和故障回退的前提下, 由智能体围绕患者目标执行“感知—排序—协同—行动—学习”闭环, 连接医院、家庭与公共卫生三个场域, 使医疗从分散服务转向连续协调。本文进一步提出四级行动权限、最小实施单元、四阶段转化路径、系统安全与系统获益两类锚点终点, 以及SCORE评价框架。AHS的成熟标准不是自动化任务数量, 而是能否在适宜时间、适宜场所、适宜监督下完成适宜照护, 同时改善安全、连续性、运营价值、韧性和公平。医院智能体的终点不应是“无人医院”, 而应是专业人员主导、患者参与、机器可审计、责任可追溯的受监督自主医疗体系。

[关键词] 医院智能体; 智能体医疗体系; 受监督自主; 智慧医院; 居家医院; 连续照护

[中图分类号] R 197.3 **[文献标志码]** A

Agentic health systems: from smart hospitals to continuously coordinated care

Deng Siyu¹, Ge Haiyan¹, Bai Chunxue^{2,3,4,5*}

1. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Huadong Hospital, Fudan University, Shanghai 200040, China
2. Department of Respiratory and Critical Care Medicine, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
3. AI+Lung Cancer Prevention and Treatment Center, Zhongshan Hospital, Fudan University, Shanghai 200032, China
4. Shanghai Respiratory Internet of Things Medical Engineering Technology Research Center, Shanghai 200032, China
5. Shanghai Institute of Respiratory Diseases, Shanghai 200032, China

[Abstract] Medical artificial intelligence is evolving from single-task prediction models and generative assistants into agents capable of perceiving the environment, decomposing goals, invoking tools, coordinating resources, and tracking outcomes. However, a leap in capability does not equate to a leap in clinical authorization. Existing evidence comes mainly from retrospective data and simulated cases, while real-world, multicenter studies with patient outcomes as endpoints remain scarce. If autonomy is pursued without boundaries, accountability, and operational monitoring, agents may amplify a single model error into continuous harm across processes and institutions. This paper proposes the agentic health system (AHS) framework: under the premises of a clearly defined intended use, action authority, accountable entities, and failure fallback, agents execute a “perceive – prioritize – coordinate – act – learn” loop around patient goals, connecting the three domains of hospital, home, and public health, and shifting healthcare from

[收稿日期] 2026-07-27

[接受日期] 2026-09-02

[基金项目] 四大慢病重大专项(2024ZD0529300), 国家自然科学基金(82570143、82170110), 上海市科学技术委员会项目基金(20DZ2254400、21DZ2200600、20DZ2261200), 上海市市级科技重大专项(ZD2021CY001)和上海市临床重点专科建设项目(shslczdk02201). Supported by the Noncommunicable Chronic Diseases–National Science and Technology Major Project (2024ZD0529300), the National Natural Science Foundation of China (82570143 and 82170110), the Science and Technology Commission of Shanghai Municipality (20DZ2254400, 21DZ2200600, and 20DZ2261200), the Shanghai Municipal Science and Technology Major Project (ZD2021CY001), and the Shanghai Municipal Key Clinical Specialty (shslczdk02201).

[作者简介] 邓丝雨, 硕士生; E-mail: dengsiyu021012@163.com

*通信作者(Corresponding author). 白春学, 博士, 主任医师、教授; E-mail: cxbai@fudan.edu.cn

fragmented services to continuous coordination. This paper further proposes four levels of action authority, a minimum implementation unit, a four-stage translation pathway, two anchor endpoints—system safety and system benefit—and the SCORE evaluation framework. The maturity criterion for AHS is not the number of automated tasks, but whether appropriate care can be delivered at the appropriate time, in the appropriate place, and under appropriate supervision, while improving safety, continuity, operational value, resilience, and equity. The endpoint of hospital agents should not be the “unmanned hospital,” but rather a supervised autonomous healthcare system that is professional-led, patient-engaged, machine-auditable, and accountability-traceable.

[Key Words] hospital agents; agentic health system; supervised autonomy; smart hospital; hospital at home; continuous care

电子病历、影像归档、互联网医院和医疗物联网推动医疗过程逐步实现数据化与可计算化,深度学习进一步把部分识别与预测任务转化为自动化服务。基础模型和大语言模型 (large language model, LLM) 的出现,则使同一系统能够处理文本、影像和结构化数据,并通过检索增强生成、外部工具调用、记忆和规划完成多步骤任务^[1-7]。因此,讨论的核心已从“模型能否回答医学问题”转向“系统能否在真实工作流中可靠地推动下一步行动”。近两年代表性研究^[8-10]显示,会话式诊断系统、肿瘤智能体和电子病历 (electronic health record, EHR) 沙箱智能体已能进行主动问诊、选择检查、调用专科工具并形成诊疗计划;但截至 2025 年 4 月完成检索的首个医疗智能体范围综述仅纳入 7 项符合条件的研究^[5],且仅 1 项研究纳入患者。能力展示与临床有效性之间仍存在显著证据鸿沟。

传统智慧医院叙事往往把技术价值等同于准确率、响应速度或自动化率,忽视输出是否被正确理解、能否转化为行动、行动是否完成以及后果由谁承担。传统单点模型的错误通常表现为错误提示,一个可调用处方、预约、转诊或设备接口的智能体,其错误可沿任务链扩散。医学智能体的部署因而不只是软件升级,更涉及临床权力、组织流程与责任结构的重构^[11-19]。本文综合 58 项国内外关键研究、权威指南和政策文件,并结合白春学教授团队在元宇宙医学、医学 GPT、肺结节智能体及医院-社区-家庭整合照护方面探索^[20-26],提出 AHS 体系框架及其可检验、可实施、可治理的转化路径。

1 从智慧医院到智能体医疗体系

1.1 范式跃迁:从信息可见到任务连续 数字医院解决“记录在哪里”,智慧医院解决“下一步可能发生什么”,AHS 则解决“由谁在什么边界内推动下一步并确认结果”。这并非自动化程度的简单提高,而是评价对象由模型转向社会技术系统。AHS 中的有效单元不再是算法,而是患者、专业人员、智能体、医疗体系四方关系:患者提供目标、偏好与同

意;专业人员承担诊断、治疗与价值判断;智能体维持任务连续性;医疗体系提供资源、制度和问责。

智能体应具备 5 类必要能力:持续获取患者与系统状态;依据临床紧迫性和资源约束排序;把复杂目标分解为可执行任务;通过受控接口调用知识、人员、设备和服务;根据执行结果修正计划。基础模型提供通用表征与推理,检索增强生成提供可更新知识,工具层把文本建议转化为结构化操作,编排层处理任务间的依赖关系与执行顺序,策略与审计层则决定能做什么、何时停下、何时交给谁。缺少最后一层的系统只是功能更强的自动化,而非可治理的医疗智能体。

现阶段证据支持“扩大能力边界”,尚不足以支持“扩大无监督临床权限”。例如,会话式诊断系统 AMIE 在 159 个模拟场景中与 20 名基层医生比较,在多数诊断与沟通评价维度上表现更优,但其交互采用同步文字对话方式,这并非临床人员熟悉的场景^[8];GPT-4 辅助 92 名医生完成模拟管理推理时,评分平均提高 6.5 个百分点,每例用时却增加约 119 秒^[27]。这表明更高模型性能未必同步降低工作负荷。肿瘤智能体在工具调用和检索增强支持下,将回答完整性从 30.3% 提高至 87.2%,但其 245 项可评价陈述中仍有 6.5% 不正确、2.4% 可能有害,且仅 75.5% 的引文与陈述准确对应^[9]。因此,AHS 必须把证据强度、任务风险和权限等级绑定,而不能仅凭平均准确率为依据授予其自主行动的临床权限。

1.2 AHS 运行结构:五步闭环与双层状态 AHS 的基本闭环为“感知、排序、协同、行动、学习”。感知层同时获取两类状态:患者状态包括症状、生命体征、检验、影像、治疗反应、功能和偏好;系统状态包括床位、人员、检查容量、药品设备、交通运力和区域医疗需求。只有将两类状态同时纳入决策基础,系统才可能把医学上正确转化为现实中可完成。例如,对疑似脓毒症患者的高风险提示若未同时触发采血、抗菌药、床位和转运协调,预测准确并不等于照护完成。

表 1 数字医院、智慧医院与智能体医疗体系的范式比较

维度	数字医院	智慧医院	智能体医疗体系(AHS)
核心问题	信息能否电子化、可检索	风险能否预测、局部流程能否优化	跨时间与跨场景任务能否连续完成
主要能力	记录、传输、展示	识别、预测、推荐、单点自动化	感知、规划、工具调用、协同、执行确认与学习
工作单元	文档或数据字段	模型或应用	患者目标驱动的照护任务链
典型边界	单系统、单科室	单任务、单场景	医院—基层—家庭—公共卫生
主要终点	数据完整性、可用性	准确率、效率、周转	临床结局、安全、连续性、价值、韧性与公平
主要风险	数据缺失、互操作不足	偏倚、误报、自动化偏倚	权限越界、错误级联、责任稀释、跨域安全事件
治理重点	数据标准与访问控制	模型验证与人机界面	任务级授权、运行时控制、全链审计与生命周期治理

排序层不应输出单一风险分值,而应综合疾病严重度、时间敏感性、可逆性、资源约束和不确定性。协同层把目标拆分为相互依赖的任务,并明确执行者、截止时间、前置条件和失败回退路径。行动层通过快速医疗保健互操作资源(fast healthcare interoperability resources, FHIR)等标准化接口与EHR、检验、影像、药房、排程和远程监测系统交互^[28]。学习层并非允许模型在临床现场任意自我更新,而是将任务完成情况、人工否决记录、近失事件、患者结局和亚组差异纳入受控改进流程;任何改变模型、知识库、工具或工作流的更新均应版本化并重新验证。

AHS与学习型卫生系统相互关联但并不等同。学习型卫生系统强调从每次照护中产生证据并改进实践^[29-31];AHS增加了可执行的协调层,使学习结果能够在下一次任务中被及时调用。数字孪生可用于模拟个体病程轨迹和资源调配情景,但现有临床数字孪生研究异质性大、真实结局证据有限^[32-33],其角色应定位为辅助决策的试验验证平台,而非未经验证的自动决策依据。

1.3 受监督自主:把能力翻译为权限 受监督自主(supervised autonomy)是AHS的核心制度,而非附加安全按钮。其基本命题是:智能体可在限定任务上自主,但不能自行扩张目标、数据范围或医疗权限。权限应按行动后果而非按模型类型配置;同一模型用于病历摘要与处方调整,其风险等级完全不同。建议采用A1~A4四级权限,并为每项任务同时记录允许工具、患者范围、时间窗口、最大调用次数、人工审核点和禁止操作。

高风险决策保留给具备资质的专业人员,并不意味着所有环节都需逐次点击。形式化确认会在高负荷下退化为橡皮图章,增加自动化偏倚^[15]。有效监督应具有认知摩擦:系统呈现关键依据、缺失信息、替代方案和不确定性;高风险建议要求主动复核而非默认同意;异常模式可直接触发暂停;监督者拥有足够时间、能力和组织支持。责任与权限必须对称:有权配置规则者应对规则质量负责,有权批准高风险行动者应能看到完整上下文,供应商则应对未披露的模型与接口缺陷承担相应责任。

表 2 四级行动权限及人类监督要求

等级	允许能力	代表任务	必要控制	禁止或升级条件
A1 感知	读取、归纳、异常识别	病历摘要、待办识别、生命体征异常提示	数据最小化、来源标识、误报监测	不得改变医嘱、预约或患者状态
A2 建议	形成可解释建议与备选方案	分诊建议、检查优先级、出院准备清单	专业人员审阅;展示依据、确定性和禁忌	不得以默认选项诱导高风险决定
A3 协同	经确认后调用低风险流程工具	预约、转诊、随访、任务分派、物资配送	双向确认、超时报警、撤销与回滚	身份冲突、关键数据缺失或跨域失败即暂停
A4 受控执行	在规则封闭、风险可逆的情境自动执行	标准提醒、协议内复查、稳定患者低风险流程	预授权规则、实时日志、限速、自动停机、抽样复核	诊断、处方、生命支持、侵入治疗及不可逆行动必须升级

2 医院、家庭与公共卫生三域协同

2.1 智慧医院:从局部预测转向临床流—资源流耦

合 医院是高密度数据、专业能力和高风险行动的聚合场所,也是智能体错误最易级联的环境。AHS在院内的首要价值不是生成更多提示,而是减少等

待、延误、取消、重复和不适宜住院。患者流管理研究已覆盖需求预测、急诊入院、住院资源和出院时点,但模型跨机构迁移、动态决策和统一基准仍不足^[34]。因此,智能体应把分诊、检查、手术、床位、护理和出院视为同一约束网络:临床优先级决定资源排序,资源可用性反向影响计划可行性。

在急诊与重症场景,智能体可持续整合生命体征、检验趋势和病程文字,识别“正在恶化”而非单点异常;但预警只有与明确响应团队、目标时限和升级规则绑定才有意义。手术与检查排程可通过预测取消风险、前置条件缺失和术后床位需求减少空转,但不得以效率指标压低复杂患者、急症患者或数字弱势人群的优先级。药物与院感智能体适合执行药物相互作用筛查、抗菌药复评和隔离任务追踪;最终处方与感染控制策略仍由专业人员决定。环境智能可识别传统记录未覆盖的跌倒风险、手卫生依从性问题与操作流程盲区,但视频和传感器应遵循目的限定、边缘处理和最短留存^[35]。

院内指挥中心不应成为中央算法替代科室判断,而应成为共同态势图。其输出需区分事实性信息、预测结果、行动建议和已执行行动记录,并允许临床一线报告数据失真或流程不可行等问题。真正的系统增益来自临床智能体和运营智能体的协作:前者判断谁最需要什么,后者判断何时何地可以完成;二者冲突时由预设的人类指挥链裁决。

2.2 居家医院:把医院级能力安全延伸至家庭 居家医院(hospital at home, HaH)不是远程问诊,也不是把监护责任转移给家属,而是在患者住所提供本应住院完成的急性期诊疗。其最低组成包括适宜性筛选、明确的责任团队、可执行的治疗方案、持续监测、药品与设备供应、快速上门、紧急升级和安全返院。2024年Cochrane综述^[36]显示,在经筛选的老年患者中,与住院相比,入院替代型HaH对6个月死亡率可能几乎没有影响(RR 0.88, 95% CI 0.68 ~ 1.13),并可能降低转入长期照护机构的概率、减少卫生服务成本。美国一项纳入91例成人的随机试验^[37]显示,家庭住院的急性照护直接成本降低38%(95% CI 24% ~ 49%),30日再入院率为7%对23%;但该研究样本量小、潜在合格患者拒绝率高,结果不能外推至所有急症。CMS豁免项目的11 159例初步数据^[38]中,返院升级率为7.20%,非预期死亡为0.34%,该项目以严格筛选、每日临床人员访视、每日不少于2次上门服务以及30 min内应急响应等要求作为制度保障。

智能体可成为HaH的协调中枢:在入组前综合

评估患者的临床稳定性、家庭环境、照护者能力、网络设备和返院时间;治疗期间把多源监测数据转化为趋势判断和任务列表,而非制造告警洪水;在发现恶化时同步通知责任医生、移动护理团队、救护专业和医院床位;急性期结束后将药物、复诊、康复和慢病管理交接至基层。国际证据提示,HaH的价值建立在严格的患者筛选、专业团队和可靠升级机制之上,而非单一远程技术^[36-41]。白春学教授团队提出面向中国的医院—社区—家庭一体化呼吸系统居家住院路径,并强调临床安全、环境足迹、社会效益和经济价值的综合评价^[24],为AHS在中国落地提供了疾病专科与组织网络结合的实例。

HaH智能体必须识别家庭场景的独特风险:设备故障可能被误判为生理恶化,数字断联可能掩盖真正恶化,家属负担可能在医院成本下降时上升。因此,评价不能只计算住院床日和住院直接成本,还应纳入照护者时间、患者自付、救护转运、家庭空间改造和碳排放。家庭不是低成本病房,而是需要额外安全工程的临床场域。

2.3 公共卫生:连接个体信号与人群行动 公共卫生智能体可整合EHR、检验结果、药品使用数据、学校缺勤记录、环境和匿名化移动数据,辅助症候群监测、聚集性事件识别、重点人群分层、疫苗与筛查管理、需求预测和资源调配。其优势在于把弱信号转为可核查的调查任务,并把地区层面的风险反馈到医院容量评估和基层随访安排。但人群层面的自动化对个人权利会产生外溢影响:一个阈值的变化可改变隔离、检测、资源获取资格和风险沟通,错误不只影响单个患者。

因此,智能体可发现异常、生成情景分析和建议资源配置方案,但涉及强制措施、个人权利或公共资源分配的决定必须由法定机构和公共卫生专业人员作出。系统应优先使用聚合或去标识数据,在最小地理粒度上报告,设置少数群体再识别风险阈值,并公开资源分配目标。历史上用医疗费用替代健康需要作为预测指标的算法系统性低估了黑人患者的疾病负担^[16],说明“预测目标”本身可能将既有不平等编码入系统。公共卫生AHS应以直接优化健康需要和可避免伤害为目标,而不是用既往利用率替代对健康需要的直接评估。

2.4 三域协同:以照护事件而非机构为组织单位 跨域连续性的关键,是为每个患者建立可追踪的“照护事件图”:每一任务有责任人、地点、期限、前置条件、完成证据和升级路径。

表 3 医院、家庭与公共卫生的任务边界和责任主体

场域	智能体增量价值	可授权任务	必须由人决定	场域特异安全门
医院	耦合临床流与资源流，减少延误和遗漏	摘要、预警、排程、任务追踪、经确认的流程调用	诊断、处方、手术、生命支持、重大资源冲突裁决	报警负荷、床旁接管、停机流程、医嘱回滚
家庭/HaH	跨时段监测并协调移动医疗、物资与返院	适宜性预筛、趋势识别、访视与配送协调、升级触发	入组、治疗变更、继续留家或返院	设备/网络冗余、照护者能力、到场时限、可用床位
公共卫生	从个体信号形成可核查的人群态势	异常检测、需求预测、调查任务生成、风险沟通草案	强制措施、资源规则、公开预警和群体标签	合法性、最小化、再识别风险、公平影响评估

入院前,家庭和基层识别风险,医院提前准备资源;住院中,临床任务与运营任务并行编排;出院时,药物、复诊、康复、设备和红旗症状一次性交接;出院后,家庭数据持续回流,异常触发基层处理、专科会诊或返院;人群层面只在合法条件下汇总信号,用于容量规划和风险防控。

系统要避免跨域即跨责。患者从医院转至家

庭,不应导致责任真空;智能体发送信息也不等于对方已接收和执行。每次交接至少包含发送、确认、接受责任和完成四个状态。跨机构共享应以最小必要数据集和统一语义为基础,患者身份匹配、时间同步和单位转换均需自动校验。任何关键状态未知时,系统应进入保守模式,而非以推断填补事实。

表 4 跨场景连续照护事件链及闭环证据

阶段	关键输入	智能体协调任务	闭环证据	失败升级
入院前	症状、监测、既往史、区域容量	风险排序、预检、转运与接诊准备	接诊团队确认、目标地点与时限	症状恶化或容量不足转人工调度
住院中	病程、医嘱、检查、床位和人员	依赖任务编排、异常提醒、跨学科会诊	检查/治疗完成及责任人签署	超时、结果冲突或高危异常即时升级
出院时	稳定性、药物、功能、家庭条件	复诊、康复、设备、教育和责任交接	患者理解确认、接收团队接受责任	无接收者、药物冲突或家庭不安全则暂缓
出院后	症状、生命体征、依从性、照护者反馈	风险趋势、随访、治疗依从与返院协调	目标任务完成及患者结局	断联、红旗症状或升级失败转应急通道
人群层面	合法汇总的事件与容量数据	聚集识别、需求预测、资源情景模拟	法定机构复核并发布行动	偏倚、再识别或错误告警触发暂停审计

3 从试点到体系转化

3.1 最小实施单元:先收敛风险,再扩大收益 医院不应从建设“全院自主系统”开始,而应选择高价值、边界清晰、错误可发现且可回退的最小实施单元(minimum deployable unit, MDU)。MDU 不是单一模型,而是一个完整的临床—技术—治理包:明确问题和目标人群;列出允许与禁止任务;指定临床、运营和技术责任人;设置人工审核点;建立数据、接口与版本清单;定义安全日志、停机预案和故障回退机制;预先设定临床、系统和公平终点。

适宜起点包括检查前准备核验、出院任务协调、稳定慢病复诊、低风险随访和 HaH 物资调度。不宜以高不确定性诊断、复杂处方、不可逆治疗或资源高度紧张时的生死排序作为首个项目。选择标准不是“模型表现最好”,而是临床问题负担重、

现有流程可量化评估、责任团队稳定、收益可归因、失败可恢复。MDU 一旦跨科室或跨机构,应重新评估风险,因为同一功能在新场景中可能产生不同的风险后果。

3.2 四阶段转化:静默验证到受监督闭环 建议采用“静默验证—决策支持—流程协同—受监督闭环”四阶段路径。静默期系统读取实时数据并生成结果,但不干预照护,该阶段用于发现数据延迟、标签偏差、接口失配和对患者的潜在伤害;决策支持期由专业人员决定是否采纳系统的输出建议,该阶段需重点观察真实工作流中的可用性、自动化偏倚和临床工作人员的额外负担;流程协同期允许经人工确认后执行预约、转诊和分派任务,评价执行成功率与交接完整性;受监督闭环期才允许系统持续追踪结果并在规则内执行低风险操作。

每一阶段均需预设 Go—Revise—Stop 门槛。Go

要求安全底线、有效性和可用性同时达标;Revise 用于可修复的局部问题,并需限定复测范围;Stop 适用于临床伤害、权限越界、不可解释的亚组差异、审计缺失或人工接管失败。每个阶段不能仅依据预设时间节点自动推进,也不能用高平均性能掩盖少数

严重事件。借鉴临床试验的“安全性—效能—效果—监测”实施框架、DECIDE-AI 早期真实使用指南以及 CONSORT-AI/SPIRIT-AI 试验规范均强调按证据成熟度递进^[18,42-44]。

表 5 AHS 四阶段实施路径与 Go—Revise—Stop 门槛

阶段	系统权限	主要问题	最低证据	不得进入下一阶段的信号
I 静默验证	A1,不影响真实流程	数据是否可靠;错误会发生在哪里	本地代表性数据、失败模式与亚组审计	关键数据缺失、严重漏报、无法追溯来源
II 决策支持	A1—A2,人工采纳	是否改善判断且不增加不可接受负担	前瞻性小规模研究、人因与近失事件分析	自动化偏倚、工作量上升、解释误导
III 流程协同	A1—A3,确认后执行	建议能否转化为按时完成任务	对照实施研究、回滚与接管演练	交接丢失、接口误操作、责任不清
IV 受监督闭环	规则内 A4	是否改善患者结局和系统价值	多中心/实用性研究、经济与公平评价	临床后果性伤害超阈值、漂移、韧性不足

3.3 医疗机构准入:模型合格不等于系统可用 部署前准入应覆盖预期用途、组织责任、本地性能、权限配置、人工接管、数据接口、患者告知、应急预案、不良事件报告和持续监测十个方面。模型卡和数据说明书只能回答“模型如何开发”,不能回答“医院如何使用”。医疗机构应建立系统档案,记录基础模型、提示模板、知识库版本、工具清单、接口权限、阈值、用户培训、禁忌场景和更新历史;供应商更新底层模型或安全策略时,应自动触发影响分析流程。

本地验证应由一次性外部验证转向重复性本地验证^[17]。原因是患者构成、检查设备、记录习惯、疾病流行和工作流持续变化;智能体还会受到知识库更新、工具返回格式和多个组件耦合的影响。医院可维护标准病例库、合成极端事件、历史近失事件和接口测试消息,在每次重大变更后回放。对于无法查看内部参数的商业模型,至少要求版本固定、变更通知、可重复测试、运行日志和退出机制。

患者告知应与风险相称。纯后台排程可通过机构级透明说明;参与沟通、分诊或照护建议的智能体应明确其非人类身份、能力边界、数据使用和人工求助通道;涉及研究、二次训练或高敏感数据时,应另行取得相应患者授权。患者拒绝智能体不应导致不合理的服务降级。

3.4 双锚点终点与 SCORE 评价框架 AHS 研究需要同时回答“是否完成正确照护”和“是否造成可归因伤害”。本文提出 2 个需进一步验证的系统级锚点。其一为跨场景适宜照护完成率(appropriate

cross-setting care completion rate, ACCR):在规定时间内,符合指南和患者目标的分诊、诊疗、转诊、出院与随访关键任务全部完成的患者比例。其二为智能体归因的临床后果性不安全行动率(agent-attributable clinically consequential unsafe action rate, ACUSAR):每千次智能体参与的行动中,导致或有合理可能导致患者伤害、重大延误、错误资源剥夺或紧急人工补救的行动数。前者防止以局部效率替代全程价值,后者防止以平均准确率稀释严重尾部风险。

在双锚点之外,本文提出 SCORE 框架:安全(safety)、连续性(continuity)、运营价值(operational value)、韧性(resilience)与公平(equity)。SCORE 不是简单加总分,而是多维最低标准;任何一维严重失败均可否决扩展。安全包括患者伤害、近失、权限越界、人工接管和网络事件;连续性测量跨科室、跨机构和出院后的任务闭环;运营价值包括等待时间、容量利用、重复劳动、成本效果与人员工作负担;韧性观察高峰负荷、系统停机、供应中断和公共卫生事件冲击;公平则按年龄、性别、地区、语言、残障、社会经济状况与数字可及性分层。

现有 AI 随机试验中,86 项研究有 70 项报告阳性主要终点,但单中心研究占优势、人口学报告不足,终点多为诊断产出指标,而非长期患者结局^[45]。因此,AHS 应优先采用集群随机、阶梯楔形、实用性随机和中断时间序列设计,避免同一科室中人员学习造成污染;同时结合过程追踪,区分模型建议错误、人工理解错误、接口执行错误和资源不可用。

报告应按研究阶段采用 TRIPOD+AI、STARD-AI、DECIDE-AI、CONSORT-AI 或 TRIPOD-LLM^[46-49]。

表 6 SCORE 评价维度、核心指标与推荐研究设计

维度	核心指标示例	关键分层	推荐设计
安全 S	ACUSAR、可避免伤害、近失、越权、接管成功率	风险等级、科室、模型/工具版本	静默队列、前瞻性安全研究、集群随机试验
连续性 C	ACCR、交接确认率、超时任务、30/90 日失访	场景转换、疾病、照护复杂度	阶梯楔形、过程挖掘、实施研究
运营价值 O	等待、取消、床日、人员净用时、成本/QALY、预算影响	高峰/平峰、岗位、机构层级	实用性随机、中断时间序列、经济评价
韧性 R	停机降级时间、积压恢复、供应中断完成率、应急扩容	网络、设备、需求冲击程度	故障演练、情景模拟、自然实验
公平 E	各亚组 ACCR/ACUSAR 差异、可及性、拒绝率、数字排斥	年龄、性别、语言、地区、残障、社会经济	多中心分层分析、定性共创、公平影响评估

3.5 价值与规模化:从节省工时到净健康收益 经济评价需以卫生系统视角和社会视角并行。智能体的成本不仅包括许可费,还包括数据治理、接口、计算、网络安全、人工复核、培训、停机冗余和更新验证;收益则包括避免伤害、缩短等待、释放容量、减少重复服务和节省患者时间。若系统只是把文书时间转移为复核时间,或把医院成本转移给家庭照护者,就不构成净价值。报告应同时提供成本效果、预算影响、分配效应与环境足迹。

规模化不是复制模型,而是复制“受控运行能力”。在新的疾病、科室或机构中,应重新定义预期用途和任务边界,开展本地静默验证并校准阈值。共享的应是测试用例、指标定义、事件分类和治理模板,而不是假设一个模型在所有场景通用。大型医院可承担早期验证和红队测试,县域及基层机构应参与共同设计,确保基础设施要求和人工接管负担可承受。

4 可信治理与医疗体系改革

4.1 人类指挥体系:责任不可由算法吸收 医疗机构必须明确谁设定目标、谁配置权限、谁批准高风险任务、谁监测运行、谁处置事件、谁批准更新以及谁承担最终临床责任。智能体不是法律或伦理责任主体;“系统建议”不能成为责任稀释的借口。建议建立临床负责人、系统运行负责人、数据/安全负责人和供应商四方责任矩阵,并由独立治理委员会批准高风险用例。

人类指挥体系应分为战略、战术和床旁三层。战略层决定可接受风险、资源投入和停止标准;战术层监测跨科室运行、版本变更和事件;床旁层对

具体患者进行最终判断与接管。越接近不可逆临床行动,监督者越需要专业资质和实时上下文。对于跨域照护,转出方在接收方明确接受责任前仍保留责任,不能以智能体“已发送”作为交接完成。

WHO 关于卫生健康领域 AI 及大规模多模态模型的治理指南强调明确任务、利益相关者参与、独立审计和人权影响^[50-51];FUTURE-AI 以公平、普适、可追溯、可用、稳健和可解释为核心原则^[48]。这些原则在 AHS 中应被翻译为可执行控制:目标和权限登记、最小化访问、证据与行动日志、异常停机、患者申诉和版本回滚。

4.2 生命周期治理:监测系统行为而非只监测模型分数 智能体风险来自模型、知识、工具、数据、人员和组织的交互。即使模型参数不变,指南更新、药品目录变化、接口字段修改或人员形成新的依赖习惯,系统风险也会改变。生命周期监测应覆盖任务完成情况、不安全行动、人工否决与接管、数据漂移、性能退化、工具失败、网络安全、人群差异、人员行为和患者长期结局。严重事件应保存完整行动轨迹,包括输入来源、执行计划、工具调用记录、返回值、权限判断和人工干预记录。

重大更新包括更换基础模型、改变提示模板或知识库、增加工具、扩大目标人群、提高权限、修改关键阈值和改变工作流。每类更新应有预定的变更控制计划,明确预期修改内容、验证方法和影响评估。良好机器学习实践(GMLP)原则及 FDA 关于 AI 器械软件功能的预定变更控制计划,提供了可借鉴的监管逻辑^[52-53]。

NIST AI 风险管理框架的治理—映射—测量—管理循环,可作为机构级风险操作骨架^[54-55]。

表 7 AHS 人类指挥链与生命周期控制

治理层	决策责任	必备证据	关键控制
战略层(院级/区域级)	批准用途、风险容忍度、资源与停止标准	临床需要、伦理/公平影响、预算与法规分析	用例登记、独立审查、公开透明、年度再授权
战术层(运行与治理团队)	配置权限、监测版本、处理事件与更新	本地验证、运行日志、亚组与漂移报告	权限最小化、双人审批、事件分级、回滚
床旁层(责任专业人员)	复核高风险建议、结合患者偏好作决定	关键依据、缺失信息、不确定性、替代方案	主动确认、随时接管、患者沟通、拒绝记录
供应商/技术方	保证组件质量并披露重大变更	模型与数据说明、接口规范、安全测试、变更记录	版本固定、变更通知、漏洞响应、可迁移退出

欧盟《人工智能法》对高风险医疗 AI 的数据、风险管理、透明度与人类监督要求则体现了风险分级监管方向^[56]。但医疗机构仍需把通用框架细化为适用于具体临床任务和患者结局的操作要求。

红队测试应包括错误患者匹配、矛盾数据输入、提示注入、恶意工具返回、超时、重复执行、知识过期、设备断联和资源不可用。系统必须具备幂等性与回滚,避免网络重试导致重复预约、重复给药或重复转运。停机演练要验证人员能否在没有智能体时恢复关键流程;否则所谓“人工接管”只是纸面安排。

4.3 组织与人员重构:从岗位替代转向任务再设计
AHS 的主要组织效应不是消灭某个职业,而是重新分配、持续监测、信息整合、流程协调和重复操作。专业人员应把释放出的认知资源用于复杂判断、患者沟通、伦理决策和异常处置。若绩效仍以科室产量和点击完成量衡量,智能体只会强化局部最优,甚至制造更多低价值任务。绩效应转向患者全程价值和团队共同终点。

人员培训应覆盖能力边界、自动化偏倚、数据质量、异常识别、患者解释和不良事件报告,而不只是操作界面。机构需保护“有意义的不同意”:临床人员否决系统时无需承担额外惩罚性文书,且否决理由可用于反馈改进。长期依赖可能导致技能退化,故高风险岗位应保留独立判断训练、盲态抽查和定期无 AI 演练。白春学教授关于医学 GPT 研发挑战、BAIMGPT 及肺结节智能体的系列工作强调专病知识、工具链、专家校验和持续迭代的结合^[22-23,25-26],其启示是将智能体嵌入专科质量体系,而非以通用聊天能力替代临床能力。

4.4 公平、可及与可持续性:把最弱连接纳入设计
AHS 必须在三级医院与基层、城市与农村、不同语言文化、老年人与残障人群、不同网络与设备条件等场景下验证。公平不是要求各亚组性能完全相

同,而是保证风险与获益差异可测、可解释、可补偿。数据代表性不足时,系统应降低权限或启动人工优先路径;患者无法使用应用程序或可穿戴设备时,应提供电话、社区上门和共享设备替代方案。数字能力不应成为获得优质照护的新资格门槛。

资源算法的目标函数需公开审议。以成本、利用率或历史依从性作为代理变量,可能将结构性障碍误读为低需要或低收益^[16]。公平审计应同时考察进入系统的机会、被升级的概率、等待时间、任务完成度、错误与最终结局;仅比较模型准确率不足以发现服务分配偏差。对于公共卫生和区域调度,还需评估某地区获益是否以另一地区资源剥夺为代价。

可持续性包括财务、人员和环境三方面。计算密集型模型应优先采用任务匹配的小模型、缓存、边缘计算和按需调用;HaH 评价需同时记录患者交通、医护移动、设备配送和家庭能源。环境收益不能由“减少床日”直接推断,而应进行完整生命周期核算。

4.5 中国实施路径:依托整合型网络形成渐进闭环
中国拥有医联体、县域医共体、互联网医院、区域医疗中心、家庭医生、医疗物联网和公共卫生直报网络,为三域协同提供了组织基础;然而其挑战在于数据语义标准不统一、机构激励分割、基层承接能力差异和责任规则尚不清晰。实施应遵循“单流程 MDU—院内闭环—医院—家庭协同—区域网络”四级路径,不宜一次建设覆盖全院、全区域的高自主系统。这一路径与 WHO 强调以人为本、公平、可持续的数字健康和负责任 AI 战略方向一致^[57-58]。

第一阶段选择肺结节随访、呼吸慢病复诊、检查排程或出院管理等边界清晰场景,在单院完成静默验证和 A1—A2 权限;第二阶段联通院内临床、药房、检查和运营系统,允许 A3 协同;第三阶段以 HaH 和云门诊为抓手,连接社区、家庭医生、移动护理与

急救,建立明确返院通道;第四阶段再将合法汇总的信号用于区域容量和公共卫生。白春学教授团队从元宇宙医学总体框架到医学 GPT、BAIMGPT、肺结节智能体和呼吸 HaH 的连续技术路线^[20-26],可视为“平台概念—专病能力—工具调用—连续照护”逐级转化的中国实践样本,但仍需按本文框架接受多中心、患者结局和健康经济学检验。

政策层面可建立国家或区域 AHS 测试床,统一

事件分类、最小审计数据集、权限词汇和 SCORE 指标;高水平医院承担高风险用例验证,基层参与可用性和公平评价;监管、伦理、医保和网信部门共同审议跨域用例。支付方式应从单次服务付费转向按照照护事件包和照护结果付费,避免智能体因增加服务量而获益。公共采购应要求互操作、可迁移、版本透明和退出机制,防止关键照护链被单一封闭平台锁定。

表 8 中国 AHS 渐进式实施路线与成熟度门槛

层级	典型场景	主要权限	必备基础	扩展门槛
1 单流程 MDU	肺结节随访、检查准备、出院清单	A1—A2	本地数据、责任团队、静默验证	安全达标且净工作负担不增加
2 院内闭环	急诊—检查—床位—出院协同	A1—A3	统一身份、接口、指挥链、回滚	ACCR 改善且无不可接受 ACUSAR
3 医院—社区—家庭	HaH、慢病、康复、云门诊	A1—A3,局部 A4	家庭医生、移动护理、设备与返院	跨机构责任清晰,照护者负担可接受
4 区域连续健康网络	容量规划、筛查、公共卫生预警	分层授权	区域语义标准、法定治理、公平审计	多中心有效、韧性合格、可持续支付

5 总结与展望

医院智能体代表医疗人工智能从“给出一个答案”转向“维持一条照护链”。其先进性不在于拥有最大的模型或最多的工具,而在于能否把需求及时识别、风险合理排序、资源有效协调、任务按时完成和结果持续追踪整合为可审计闭环。当前前沿系统已证明主动问诊、工具选择和 EHR 操作在受控环境中具有可行性,但真实世界证据、长期安全、成本效果与公平性仍不足。任何将模拟或回顾性性能直接转换为独立诊疗权限的做法,均超出了证据边界。

本文提出的 AHS 框架以受监督自主为原则,以医院—家庭—公共卫生三域为场景,以 MDU 和四阶段实施为转化路径,以 ACCR 与 ACUSAR 为双锚点,以 SCORE 为系统评价框架。其目标并非限制创新,而是使权限随证据递进、风险在运行时受控、责任在跨域协作中保持清晰。未来研究应比较传统工作流、常规自动化、单智能体和跨场景 AHS,优先采用多中心实用性设计,报告患者结局、严重尾部风险、人员净负担、预算影响和亚组公平,并建立共享的近失事件与停机测试基准。

医疗体系真正需要的不是无人医院,而是“适宜照护、适宜场所、适宜时间、适宜监督”。在这一目标下,智能体是连续协调者,专业人员是临床与

伦理指挥者,患者是目标和偏好的共同决定者,医疗机构与公共部门则是责任、资源和信任的承载者。只有当这四者形成可治理的闭环,智慧医院才可能演进为连续健康系统。

伦理声明 无。
利益冲突 所有作者声明不存在利益冲突。
作者贡献 邓丝雨:素材整理、文章撰写;葛海燕:素材提供、稿件审核;白春学:设计研究框架、文章审核。

参考文献

[1] Topol E J. High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence[J]. Nat Med, 2019, 25(1): 44–56.

[2] Moor M, Banerjee O, Abad Z S H, et al. Foundation models for generalist medical artificial intelligence[J]. Nature, 2023, 616(7956): 259–265.

[3] Thirunavukarasu A J, Ting D S J, Elangovan K, et al. Large language models in medicine[J]. Nat Med, 2023, 29: 1930–1940.

[4] Teo Z L, Thirunavukarasu A J, Elangovan K, et al. Generative artificial intelligence in medicine[J]. Nat Med, 2025, 31(10): 3270–3282.

[5] Collaco B G, Haider S A, Prabha S, et al. The role of agentic artificial intelligence in healthcare: a scoping review[J]. NPJ Digit Med, 2026, 9(1): 345.

[6] Zhao L N, Liu S R, Xin T, et al. AI agent in healthcare: applications, evaluations, and future directions[J]. npj Artif Intell, 2026, 2: 31.

- [7] Singhal K, Tu T, Gottweis J, et al. Toward expert-level medical question answering with large language models[J]. *Nat Med*, 2025, 31(3): 943–950.
- [8] Tu T, Schaekermann M, Palepu A, et al. Towards conversational diagnostic artificial intelligence [J]. *Nature*, 2025, 642: 442–450.
- [9] Ferber D, El Nahhas O S M, Wölflein G, et al. Development and validation of an autonomous artificial intelligence agent for clinical decision-making in oncology[J]. *Nat Cancer*, 2025, 6(8): 1337–1349.
- [10] Ferber D, Hilgers L, Höper C, et al. Towards autonomous medical artificial intelligence agents [J]. *Nature*, 2026, 655(8125): 1282–1291.
- [11] Freyer O, Jayabalan S, Kather J N, et al. Overcoming regulatory barriers to the implementation of AI agents in healthcare[J]. *Nat Med*, 2025, 31: 3239–3243.
- [12] Rajkomar A, Dean J, Kohane I. Machine learning in medicine [J]. *N Engl J Med*, 2019, 380(14): 1347–1358.
- [13] Kelly C J, Karthikesalingam A, Suleyman M, et al. Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence[J]. *BMC Med*, 2019, 17(1): 195.
- [14] Cabitza F, Rasoini R, Gensini G F. Unintended consequences of machine learning in medicine [J]. *Jama*, 2017, 318(6): 517.
- [15] Khara R, Simon M A, Ross J S. Automation bias and assistive AI: risk of harm from AI-driven clinical decision support [J]. *JAMA*, 2023, 330(23): 2255–2257.
- [16] Obermeyer Z, Powers B, Vogeli C, et al. Dissecting racial bias in an algorithm used to manage the health of populations [J]. *Science*, 2019, 366(6464): 447–453.
- [17] Youssef A, Pencina M, Thakur A, et al. External validation of AI models in health should be replaced with recurring local validation[J]. *Nat Med*, 2023, 29(11): 2686–2687.
- [18] You J G, Hernandez-Boussard T, Pfeffer M A, et al. Clinical trials informed framework for real world clinical implementation and deployment of artificial intelligence applications [J]. *npj Digit Med*, 2025, 8: 107.
- [19] Show us the evidence for the value of medical AI[J]. *Nat Med*, 2026, 32: 1163.
- [20] 白春学. 元宇宙医学之我见[J]. *中国医药导刊*, 2023, 25(1): 1–5.
- [21] 梁琼, 白春学. AI赋能基层医生病例分析报导的潜力与展望[J]. *元宇宙医学*, 2026, 2(2): 96–102.
- [22] 白春学. 医学GPT研发应用之吾见[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(1): 6–14.
- [23] 白春学. 肺结节专家3——BAIMGPT白皮书[J]. *元宇宙医学*, 2025, 2(2): 55–64.
- [24] Bai C X, Song Y L, Yang D W. Hospital at home: from international evidence to a China-oriented pathway—building an integrated hospital-community-home model for respiratory home hospitalization coordinated with cloud outpatient care, with evaluation of clinical safety, environment footprint, social benefit, and economic value[J]. *Metaverse Med*, 2026, 3(1): 1–10.
- [25] 白春学. 医学GPT研发的挑战与解决方案[J]. *元宇宙医学*, 2026, 3(1): 11–15.
- [26] 白春学. AI智能体赋能肺结节诊治研发进展及展望[J]. *元宇宙医学*, 2026, 3(2): 83–90.
- [27] Goh E, Gallo R J, Strong E, et al. GPT-4 assistance for improvement of physician performance on patient care tasks: a randomized controlled trial [J]. *Nat Med*, 2025, 31: 1233–1238.
- [28] Health Level Seven International. FHIR Release 5 (v5.0.0): Fast Healthcare Interoperability Resources Specification [EB/OL]. (2023–03–28)[2026–10–07]. <https://hl7.org/fhir/R5/>.
- [29] Friedman C P, Flynn A J. Computable knowledge: an imperative for learning health systems [J]. *Learn Health Syst*, 2019, 3(4): e10203.
- [30] Friedman C P, Wong A K, Blumenthal D. Achieving a nationwide learning health system [J]. *Sci Transl Med*, 2010, 2(57): e3001456.
- [31] Friedman C P, Rubin J C, Sullivan K J. Toward an information infrastructure for global health improvement [J]. *Yearb Med Inform*, 2017, 26(1): 16–23.
- [32] Shen M D, Chen S B, Ding X D. The effectiveness of digital twins in promoting precision health across the entire population: a systematic review[J]. *NPJ Digit Med*, 2024, 7(1): 145.
- [33] Zhang K, Zhou H Y, Baptista-Hon D T, et al. Concepts and applications of digital twins in healthcare and medicine [J]. *Patterns*, 2024, 5(8): 101028.
- [34] El-Bouri R, Taylor T, Youssef A, et al. Machine learning in patient flow: a review [J]. *Prog Biomed Eng*, 2021, 3(2): 022002.
- [35] Haque A, Milstein A, Li F F. Illuminating the dark spaces of healthcare with ambient intelligence [J]. *Nature*, 2020, 585(7824): 193–202.
- [36] Edgar K, Iliffe S, Doll H A, et al. Admission avoidance hospital at home [J]. *Cochrane Database Syst Rev*, 2024, 2024(3): CD007491.
- [37] Levine D M, Ouchi K, Blanchfield B, et al. Hospital-level care at home for acutely ill adults: a pilot randomized controlled trial [J]. *J Gen Intern Med*, 2018, 33(5): 729–736.
- [38] Adams D, Wolfe A J, Warren J, et al. Initial findings from an acute hospital care at home waiver initiative [J]. *JAMA Health Forum*, 2023, 4(11): e233667.
- [39] Pandit J A, Pawelek J B, Leff B, et al. The hospital at home in the USA: current status and future prospects [J]. *NPJ Digit Med*, 2024, 7(1): 48.
- [40] Federman A D, Soones T, DeCherrie L V, et al. Association of a bundled hospital-at-home and 30-day postacute transitional care program with clinical outcomes and patient experiences [J]. *JAMA Intern Med*, 2018, 178(8): 1033–1040.
- [41] Caplan G A, Sulaiman N S, Mangin D A, et al. A meta-analysis of “hospital in the home” [J]. *Med J Aust*, 2012, 197(9): 512–519.
- [42] Liu X X, Cruz Rivera S, Moher D, et al. Reporting guidelines

- for clinical trial reports for interventions involving artificial intelligence: the CONSORT-AI extension[J]. *Nat Med*, 2020, 26: 1364-1374.
- [43] Cruz Rivera S, Liu X X, Chan A W, et al. Guidelines for clinical trial protocols for interventions involving artificial intelligence: the SPIRIT-AI extension[J]. *Nat Med*, 2020, 26(9): 1351-1363.
- [44] Vasey B, Nagendran M, Campbell B, et al. Reporting guideline for the early stage clinical evaluation of decision support systems driven by artificial intelligence: DECIDE-AI[J]. *BMJ*, 2022, 377: e070904.
- [45] Han R, Acosta J N, Shakeri Z, et al. Randomised controlled trials evaluating artificial intelligence in clinical practice: a scoping review[J]. *Lancet Digit Health*, 2024, 6(5): e367-e373.
- [46] Collins G S, Moons K G M, Dhiman P, et al. TRIPOD+AI statement: updated guidance for reporting clinical prediction models that use regression or machine learning methods[J]. *BMJ*, 2024, 385: e078378.
- [47] Sounderajah V, Guni A, Liu X X, et al. The STARD-AI reporting guideline for diagnostic accuracy studies using artificial intelligence[J]. *Nat Med*, 2025, 31: 3283-3289.
- [48] Lekadir K, Frangi A F, Porras A R, et al. FUTURE-AI: international consensus guideline for trustworthy and deployable artificial intelligence in healthcare[J]. *BMJ*, 2025, 388: e081554.
- [49] Gallifant J, Afshar M, Ameen S, et al. The TRIPOD-LLM reporting guideline for studies using large language models[J]. *Nat Med*, 2025, 31: 60-69.
- [50] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ethics and governance of artificial intelligence for health: WHO guidance[R]. Geneva: World Health Organization, 2021.
- [51] WORLD HEALTH ORGANIZATION. Ethics and governance of artificial intelligence for health: guidance on large multi-modal models[R]. Geneva: World Health Organization, 2024.
- [52] US Food and Drug Administration, Health Canada, Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency. Good machine learning practice for medical device development: guiding principles[R]. 2021.
- [53] US Food and Drug Administration. Marketing submission recommendations for a predetermined change control plan for artificial intelligence-enabled device software functions: guidance for industry and FDA staff[R]. Silver Spring: US Food and Drug Administration, 2025.
- [54] National Institute of Standards and Technology. Artificial intelligence risk management framework (AI RMF 1.0): NIST AI 100-1[R]. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2023.
- [55] National Institute of Standards and Technology. Artificial intelligence risk management framework: generative artificial intelligence profile: NIST AI 600-1[R]. Gaithersburg: National Institute of Standards and Technology, 2024.
- [56] European Parliament and Council of The European Union. Regulation (EU) 2024/1689 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act)[Z]. Official Journal of the European Union, 2024.
- [57] World Health Organization. Global strategy on digital health 2020-2027[R]. Geneva: World Health Organization, 2025.
- [58] World Health Organization. Artificial intelligence for health: supporting countries to deploy responsible AI technologies to accelerate equitable health for all[R]. Geneva: World Health Organization, 2024.

引用本文

邓丝雨,葛海燕,白春学. 医院智能体与受监督自主医疗体系:从智慧医院到连续健康系统[J]. 元宇宙医学,2026,3(3): 222-232.

Deng S Y, Ge H Y, Bai C X. Agentic health systems: from smart hospitals to continuously coordinated care[J]. *Metaverse Med*, 2026, 3(3): 222-232.