

全球智慧醫療發展趨勢、關鍵議題與對策

郭年真

國立臺灣大學公共衛生學院健康政策與管理研究所副教授

摘要

智慧醫療正重新定義全球醫療服務模式。遠距醫療、人工智慧（AI）、穿戴式裝置與區塊鏈等技術快速進展，不僅改善病患治療效果，也提升醫療可近性。COVID-19 疫情催化遠距醫療普及，AI 則提升診斷精準度、個人化治療與行政效率，穿戴裝置則促進健康監測與預防醫學。世界衛生組織呼籲各國制定發展策略，聚焦治理、投資與基礎建設。但智慧醫療發展亦面臨五大挑戰：一是健保制度下缺乏財務誘因，需轉向價值導向照護；二是跨機構資料運用涉及隱私與法規議題；三是欠缺具實證力的成本效益資料；四是安全性與監管標準待建立；五是民眾與醫療人員對新科技的信任與接受度不足，須同步提升健康與數位素養。在臺灣高齡化與資源不均情勢下，智慧醫療是促進健保永續與健康公平的重要契機。應鼓勵科技創新與跨域合作，在保障民眾權益的前提下，打造高效率、創新且具國際競爭力的醫療服務體系。

關鍵詞：智慧醫療、人工智慧、穿戴式裝置、遠距健康

一、引言

世界衛生組織 (World Health Organization, WHO) 將「智慧醫療」(eHealth) 定義為「資訊通訊科技 (Information and Communication Technology, ICT) 在醫療與健康領域的應用，包括醫療照護、疾病管理、公共衛生監測、教育與研究」。亦有學者指出，智慧醫療乃結合醫學資訊學、公共衛生與商業領域，透過網際網路及相關技術，提供或增強健康服務與資訊。¹ 文獻中常見與智慧醫療相近之概念包括：智慧醫療照護 (smart healthcare)^{2,3}、智慧醫療科技 (smart health technology)⁴、智慧醫院 (smart hospital)^{5,6}、行動醫療 (mobile-health, m-Health)^{7,8,9,10,11,12} 等。發展智慧醫療可提升醫療可近性並降低成本，對開發中國家與弱勢族群影響尤鉅^{13,14}。

世界衛生大會 (World Health Assembly, WHA) 於 2005 年通過 eHealth 決議案，鼓勵各會員國制定智慧醫療發展策略，WHO 建議應包括「願景」、「行動計畫」與「監測架構」三大構面，並強調領導與治理、策略與投資、應用與基礎建設、立法政策與人力資源等構成要素。國家層級的智慧醫療策略制定，應重視與利害關係人互動，並透過趨勢掌握與策略草擬，形塑可行且具體的願景與行動方針。

¹ Eysenbach, G., What is e-health? *Journal of Medical Internet Research*, 2001. 3(2).

² Oh, S.-Y., et al., Recent trends in convergence based smart healthcare service. *International Journal of Technology and Health Care*, 2014. 22(3): p. 303-307.

³ Hsu, M.-H., Smart health care reform. *Canadian Medical Association Journal*, 2010. 182(7): p. 699-699-c.

⁴ Voros, S. and A. Moreau-Gaudry, Sensor, signal, and imaging informatics: big data and smart health technologies. *Yearbook of medical informatics*, 2014. 9(1): p. 150.

⁵ Wu, B., et al. eWellness: Building a smart hospital by leveraging RFID networks. in *Engineering in Medicine and Biology Society*, 2005. IEEE-EMBS 2005. 27th Annual International Conference of the. 2006. IEEE.

⁶ Noury, N., et al. Level of activity, night and day alternation, and well being measured in a smart hospital suite. 2008.

⁷ Bastawrous, A. and M.J. Armstrong, Mobile health use in low- and high-income countries: an overview of the peer-reviewed literature. *J R Soc Med*, 2013. 106(4): p. 130-42.

⁸ Corpman, D.W., Mobile health in China: a review of research and programs in medical care, health education, and public health. *J Health Commun*, 2013. 18(11): p. 1345-67.

⁹ Kallander, K., et al., Mobile health (mHealth) approaches and lessons for increased performance and retention of community health workers in low- and middle-income countries: a review. *J Med Internet Res*, 2013. 15(1): p. e17.

¹⁰ Martinez-Perez, B., I. de la Torre-Diez, and M. Lopez-Coronado, Mobile health applications for the most prevalent conditions by the World Health Organization: review and analysis. *J Med Internet Res*, 2013. 15(6): p. e120.

¹¹ Beratarrechea, A., et al., The impact of mobile health interventions on chronic disease outcomes in developing countries: a systematic review. *Telemed J E Health*, 2014. 20(1): p. 75-82.

¹² Chib, A., M.H. van Velthoven, and J. Car, mHealth adoption in low-resource environments: a review of the use of mobile healthcare in developing countries. *J Health Commun*, 2015. 20(1): p. 4-34.

¹³ Kirigia, J.M., et al., E-health: Determinants, opportunities, challenges and the way forward for countries in the WHO African Region. *Bmc Public Health*, 2005. 5.

¹⁴ Blaya, J.A., H.S. Fraser, and B. Holt, E-health technologies show promise in developing countries. *Health Aff (Millwood)*, 2010. 29(2): p. 244-51.

二、智慧醫療新趨勢：遠距、AI 及穿戴式裝置

近年來，智慧醫療技術的快速發展正重新定義全球醫療服務型態，並重塑全球數位健康的趨勢。關鍵技術如穿戴式裝置、人工智慧（artificial intelligence, AI）、遠距醫療、區塊鏈、虛擬實境（virtual reality, VR）與大數據分析等，已顯著改善病患治療結果，並有效因應可近性、效率與可負擔性等挑戰。^{15,16}其中最引人注目的趨勢之一是遠距醫療技術的整合。遠距醫療作為數位健康的核心應用，已成為一項典範轉型的工具，能以遠端方式提供醫療服務。此技術依賴數位平臺來連結病患與醫療提供者，克服地理障礙，特別在醫療資源不足的地區顯著提升醫療可近性^{17,18}。COVID-19 疫情加速了遠距醫療的普及，突顯其在應對系統性衝擊時的韌性與可擴展性。這一趨勢在 COVID-19 疫情的推動下快速成長。使病患在無需親自就醫的情況下即可獲得一定程度的醫療服務。遠距醫療的快速普及不僅增加了醫療服務的可近性，還重新形塑了病患與醫療專業人員的互動方式，使醫療更加以病患為中心^{19,20}。這種轉變對於中低收入國家尤為重要，因為這些地區的醫療資源可及性依然是重大挑戰，而創新的數位解決方案有助於縮短這一差距。然而，仍存在如偏鄉網路連線不足、資料隱私疑慮與法規機制不健全等挑戰。²¹

另一個近期快速發展的領域是人工智慧在醫療中的應用。人工智慧正以提升診斷準確性、個人化治療與簡化行政流程的方式，徹底革新醫療照護。^{22,23}AI 在醫療的應用包括：「提升診斷準確性」，AI 提升醫學影像的辨識能力，促進例如癌症與心血管等疾病的早期發現。例如國內醫療 AI 新創公司神瑞人工智慧，利用低劑量電腦斷層掃描的影像，可同時進行肺癌、心臟血管鈣化、與骨質疏鬆的篩檢。另一個例子是資通訊大廠華碩開發的 AI 輔助大腸鏡檢系統，提升大腸鏡檢查時的瘰肉與線瘤偵測率。其次是「預測性分析」，AI 模型可預測病患預後、優化資源配置、識別高風險族群。例如高雄榮民總醫院研發的「病危早期警示系統」，整合病人血壓、心跳、體溫、呼吸、用氧量、血氧濃度及昏迷指數（Glasgow Coma Scale, GCS）分數等 7

¹⁵ Brewer, L.C., et al., Back to the future: achieving health equity through health informatics and digital health. *JMIR mHealth and uHealth*, 2020. 8(1): p. e14512.

¹⁶ Ahmed, M.M., et al. Integrating Digital Health Innovations to Achieve Universal Health Coverage: Promoting Health Outcomes and Quality Through Global Public Health Equity. in *Healthcare*. 2025. MDPI.

¹⁷ OECD. Health at a Glance 2023. 2023; Available from: https://www.oecd.org/en/publications/health-at-a-glance-2023_7a7afb35-en.html.

¹⁸ Aldhumayri, M.S.M., et al., Critical Review of Innovations in Healthcare Delivery: Addressing Efficiency, Patient-Centered Care, And Global Health. *Journal of Ecohumanism*, 2024. 3(8): p. 6757-6764.

¹⁹ Ibid.

²⁰ López, D.M., et al., Challenges and solutions for transforming health ecosystems in low-and middle-income countries through artificial intelligence. *Frontiers in Medicine*, 2022. 9: p. 958097.

²¹ Ibid.

²² Sinha, R., The role and impact of new technologies on healthcare systems. *Discover Health Systems*, 2024. 3(1): p. 96.

²³ Kumar, P., S. Chauhan, and L.K. Awasthi, Artificial intelligence in healthcare: review, ethics, trust challenges & future research directions. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 2023. 120: p. 105894.

項數據，可早期偵測病人病情惡化趨勢並及早介入，降低全院住院病人的死亡率。另一應用場景是「精準醫療」，根據個人化數據擬定治療計畫，提升治療成效。儘管潛力巨大，AI 在醫療領域仍面臨如資料隱私、演算法偏誤與倫理疑慮等問題。確保系統的透明性、責任歸屬與公平性，是其成功整合之關鍵。²⁴

此外，穿戴式健康科技（如健身追蹤器、智慧手錶及醫療級裝置）讓民眾能主動監測並管理健康狀況。^{25,26} 這些裝置促進即時數據收集，有助於預防醫學與個人化照護的實施。應用領域包括健康監測（追蹤心率、血壓與血糖等生理指標，有助於疾病早期偵測）、「遠距病患監測」（持續監控慢性病患情況，降低再住院率並改善結果）、「行為介入」（例如透過促進運動、睡眠與飲食紀錄，引導健康行為）。區塊鏈技術的應用也在發展，特別是在加強電子健康紀錄的安全性方面。透過加密數位帳本，區塊鏈不僅大幅降低了隱私問題疑慮，還促進了醫療提供者之間無縫的資訊共享。

三、智慧醫療面臨諸多挑戰

然而，智慧醫療的落實面臨諸多挑戰。首先為財務支持與支付制度設計問題。在許多國家，智慧醫療相關服務仍缺乏健保給付或補助，導致醫療機構對導入新技術持保留態度。研究指出，缺乏財務誘因、投資成本高與資金回收困難，是限制智慧醫療擴散的主要因素之一。²⁷ 特別是在健保制度下，服務提供者缺乏以效率或預防為導向的動機，形成推展上的制度性障礙。²⁸ 其次為法規與倫理問題。智慧醫療常涉及病患資料的跨機構、跨境使用，若缺乏完善的法律保護與倫理審查，可能引發個資外洩、數據濫用等問題。雖然 WHO 指出多數國家已針對個資保護立法，但具體內容、執行力與跨國協調仍存在顯著落差。²⁹ 此外，技術快速演進與法規更新速度不對等，亦成為監理上的挑戰。再者，民眾與醫療人員對智慧醫療之信任度亦影響其應用成效。缺乏對新科技之理解，可能導致使用意願低落，或因資訊誤解產生過度依賴或錯誤使用的風險。因此，推動智慧醫療需同步進行健康素養提升與數位教育普及。³⁰

²⁴ Ashakin, M.R., et al., Transforming to Smart Healthcare: AI Innovations for Improving Affordability, Efficiency, and Accessibility. *Pathfinder of Research*, 2024. 2(2): p. 12-12.

²⁵ Thacharodi, A., et al., Revolutionizing healthcare and medicine: The impact of modern technologies for a healthier future—A comprehensive review. *Health Care Science*, 2024. 3(5): p. 329-349.

²⁶ Thapliyal, K., M. Thapliyal, and D. Thapliyal, Digital Health Technologies Enhancing Human Life, in *Digitalization and the Transformation of the Healthcare Sector*. 2025, IGI Global Scientific Publishing. p. 139-176.

²⁷ Anderson, J.G. and E.A. Balas, Computerization of Primary Care in the United States. *International Journal of Healthcare Information Systems and Informatics (IJHISI)*, 2006. 1(3): p. 1-23.

²⁸ Garmann-Johnsen, N.F., What seems to be the problem?—A study of connections between national contexts and regional e-health strategies. *Health Policy and Technology*, 2015. 4(2): p. 144-155.

²⁹ World Health Organization, Atlas of eHealth country profiles 2015: The use of eHealth in support of universal health coverage. 2016, World Health Organization.

³⁰ Quaglio, G., et al., E-Health in Europe: Current situation and challenges ahead. *Health Policy and Technology*, 2016. 5(4): p. 314-317.

資訊安全始終是智慧醫療應用的主要障礙之一。研究發現，有 39% 的美國民眾擔心透過網路進行健康有關的應用，會使隱私權受到威脅，也有 18% 的民眾不確定自己的隱私權是否有受到保障。³¹ 多數國家在推動智慧醫療的發展時，也會同時強調病人隱私權、資訊安全保障，以及如何建立法規制度、資訊科技標準等，也會將相關資訊安全、法規、資訊標準的利害關係人代表納入智慧醫療推動的生態系統 (ecological system) 中。WHO 在 2015 年進行的調查也顯示，各國對於智慧醫療下與個人權益相關的立法或政策差異極大，多數國家在「個人可辨識資訊的隱私保障」(78%)、「管理個人身份登記 (civil registration) 及生命統計資料」(76%)、「管理國家身分認證系統」(national identification management systems) (65%) 的立法或政策制訂上較為普及。³² 就個別推動智慧醫療較為積極的國家來看，這些國家的經驗與策略，都值得我國未來持續推動智慧醫療發展時之借鏡與參考。

另一個挑戰是智慧醫療的「商業模式」(business model)，如何獲得財務報酬。以臺灣的全民健保為例，在目前健保以論量計酬為主要的支付制度情形下，醫療服務提供者有增加服務量的誘因，難以提供智慧醫療廣泛應用的環境。研究指出，「缺少財務支援」、「高額的投資成本」、「沒有給付或有限制」，^{33,34,35,36} 都是導致智慧醫療應用難以普及的原因。在論量計酬的保險制度下，欠缺導入智慧醫療應用的財務誘因，³⁷ 甚至，過去研究也經常忽略商業模式與健保給付政策對智慧醫療應用所造成的影響。³⁸ 因此，除非支付制度從論量計酬轉向更大的支付單位，例如「包裹給付」³⁹，或是以預防為導向的照護模式⁴⁰，或將從以論量計酬為主的支付制度，轉向以「價值為基礎的照護」(value-based care) 模式，才能為智慧醫療的普及提供更有利的環境。⁴¹

難以獲得醫療保險或其他來源的財源支持智慧醫療的應用，主要原因之一是許多智慧醫療的應用無法證明是有成本效益的。多數大規模的智慧醫療應用案例，欠缺有關智慧醫療應用的

³¹ Anderson, J.G., Consumers of e-health - Patterns of use and barriers. *Social Science Computer Review*, 2004. 22(2): p. 242-248.

³² Ibid.

³³ Ibid.

³⁴ Ibid.

³⁵ Weinstein, R.S., et al., Telemedicine, telehealth, and mobile health applications that work: opportunities and barriers. *Am J Med*, 2014. 127(3): p. 183-7.

³⁶ Vitacca, M., M. Mazzu, and S. Scalvini, Socio-technical and organizational challenges to wider e-Health implementation. *Chron Respir Dis*, 2009. 6(2): p. 91-7.

³⁷ Steinhubl, S.R., E.D. Muse, and E.J. Topol, The emerging field of mobile health. *Sci Transl Med*, 2015. 7(283): p. 283rv3.

³⁸ Ibid.

³⁹ Hill, C.F., et al., Mobile health clinics in the era of reform. *Am J Manag Care*, 2014. 20(3): p. 261-4.

⁴⁰ Stroetmann, K.A., Achieving the integrated and smart health and wellbeing paradigm: A call for policy research and action on governance and business models. *International journal of medical informatics*, 2013. 82(4): p. e29-e37.

⁴¹ Office of the National Coordinator for Health Information Technology (ONC), Federal Health IT Strategic Plan 2015 – 2020. 2015, United States Department of Health and Human Services: Washington, DC.

效益與成本效益的科學性、嚴謹的實證資料。⁴² 歐洲執行委員會（European Commission）的報告指出，2010 年時有 21 個歐盟會員國針對智慧醫療應用的效益、或成本效益進行評估，但評估的範圍與方式差異極大，也難以針對評估的方法學、評估工具、評估流程等進行跨國、系統性的評估。⁴³

第三個挑戰是智慧醫療應用的安全性。雖然智慧醫療可以讓臨床照護更安全也更有效率。但也有學者針對民眾端的智慧醫療應用提出安全上的警告。Coiera 等人就指出，澳洲推動的「個人掌控的數位化健康紀錄」（Personally Controlled Electronic Health Record, PCEHR）有可能造成病患傷害的潛在風險，但缺少國家性的機構針對智慧醫療應用的安全性建立參考準則。⁴⁴ 美國醫學研究院（Institute of Medicine, IOM）也在 2012 年出版了一本探討醫療資訊科技與病患安全的報告：《Health IT and Patient Safety: Building Safer Systems for Better Care》，該報告指出，醫療資訊科技所造成的病人傷害儘管有被提出報告，但仍然欠缺足夠的研究證據量化這些傷害的程度。該報告也建議美國衛生部應該成立一個健康資訊科技安全委員會（Health IT Safety Council）來評估用於監測「資訊科技安全性」以及「使用資訊科技來增進安全性」的準則，並且建議美國食品藥物管理局（U.S. Food and Drug Administration, FDA）應該具體規範醫療資訊科技的應用。⁴⁵ 現有的隱私保障相關法律，無法充分涵蓋智慧醫療相關應用，也是促使專家學者建議政府應該加強監督的重要理由。⁴⁶ 然而，儘管透過政府的介入可以降低智慧醫療應用對民眾造成傷害的可能性，卻也可能限制了技術的創新與發展。⁴⁷ 借鏡金融領域推動財務科技（Fintech）的經驗，或許「監理沙盒」（regulatory sandbox）可以在兼顧民眾權益的保障下，提供業者發展創新科技與應用的環境。所謂的「監理沙盒」是指在限定的範圍內，企業可以在較為寬鬆的法律環境下去試驗創新的解決方案，並且在特定的期限內測試與驗證其商業模式是否可行。⁴⁸

四、小結

臺灣正處於高齡化與醫療資源分布不均的雙重壓力下，智慧醫療發展應視為健保永續與健

⁴² Blaya, J.A., H.S.F. Fraser, and B. Holt, E-Health Technologies Show Promise In Developing Countries. *Health Affairs*, 2010. 29(2): p. 244-251.

⁴³ Stroetmann, K.A., et al., European countries on their journey towards national eHealth infrastructures. Luxembourg: Office for Official Publications of the European Communities, 2011.

⁴⁴ Coiera, E.W., M.R. Kidd, and M.C. Haikerwal, A call for national e-health clinical safety governance. *Medical Journal of Australia*, 2012. 196(7): p. 430-431.

⁴⁵ Warden, G. and J. Bagian, Health IT and patient safety: builder safer systems for better care. 2011, Washington, DC: Institute of Medicine, National Academies Press.

⁴⁶ Yang, Y.T. and R.D. Silverman, Mobile health applications: the patchwork of legal and liability issues suggests strategies to improve oversight. *Health Aff (Millwood)*, 2014. 33(2): p. 222-7.

⁴⁷ Barton, A.J., The regulation of mobile health applications. *BMC Med*, 2012. 10: p. 46.

⁴⁸ GALEN GROWTH ASIA, The case for a HealthTech regulatory sandbox in Singapore. 2017.

康公平之重要契機。人口結構的快速老化對社會的衝擊與影響是全面的，最直接而龐大的壓力就在於國家財政負擔的加重，尤其在健康照護方面。龐大老年人口除對長期照顧需求遽增，另有將當高比例之老年人患有非傳染病，包括心血管疾病、糖尿病、慢性阻塞性肺病及癌症等，均大幅加重全民健康保險及醫療照護體系之負擔。^{49,50} 多重慢性病罹病率上升、不連續的醫療也造成醫療資源集中被少數「高利用者」(high users) 耗用的情形。^{51,52} 如何因應多重慢性病患增加所帶來的醫療照護需求，特別是在面臨人口老化的國家，對醫療照護體系而言將是一大挑戰。⁵³ 除了人口老化對臺灣醫療體系所帶來的衝擊，近年由於醫護人力不足、部分科別醫師人力的下降加上醫師人力多往都市地區集中，使得許多偏鄉地區醫師人力缺乏。但是偏鄉地區卻是出現最多公共衛生問題的地方，⁵⁴ 醫療資源與醫師人力的分佈不均不僅使當地民眾就醫可近性降低，醫療照護品質也同時受到影響。⁵⁵

面對智慧醫療發展的多重挑戰，可務實研擬下列對策。首先，為智慧醫療提供財務支持方案與環境，例如推動健保支付制度改革，從現行論量計酬模式逐步轉向「價值導向照護」(value-based care) 或「包裹給付」制度，為醫療機構導入智慧醫療技術提供財務誘因，並建議客觀評估機制、在兼顧健保財務衝擊下，將具實證效益的智慧醫療服務納入健保給付範圍。其次，在法規與安全監管方面，建議仿照「監理沙盒」機制，允許業者在限定範圍內測試創新解決方案，在兼顧民眾權益保障下促進技術發展。同時應加速建立智慧醫療專法，完善個資保護、跨境資料使用、演算法透明度等相關規範，並成立專責的健康資訊科技安全委員會，建立統一的安全監管準則。第三，在實證研究方面，政府應主導建立標準化的智慧醫療效益評估框架，要求大規模應用案例提供嚴謹的經濟評估分析，建立實證資料庫供政策制定參考。透過產學合作推動長期追蹤研究，量化智慧醫療對醫療品質、病患安全與成本控制的具體效益。

21 世紀的科技發展是跨領域應用、科技與研發的時代，醫藥服務跟資訊科技整合，為傳統的醫療服務帶來革命性的改變，透過以智慧應用與即時分析的資訊科技技術，醫師能從快速累積的資料中輔助醫療決策、減少錯誤、並妥善配合醫療資源，開創「智慧醫療」新契機，進而激盪出具國際化、創新化、高效率化的醫療服務模式。⁵⁶

⁴⁹ 余家杰 and 徐業良，國內外遠距居家照護發展之現況與挑戰。2009, 2009.

⁵⁰ 中央健保署。以病人為中心門診整合照護，提供多重慢性病人更適切服務。2012; Available from: <http://www.nhi.gov.tw/epaper/ItemDetail.aspx?DataID=2831&IsWebData=0&ItemTypeID=7&PapersID=241&PicID=>.

⁵¹ 于家偉，全民健康保險門診高利用者型態之研究，in 健康管理研究所。2009, 亞洲大學。p. 1-111.

⁵² 蔡宜芳，全民健保門診高診次民眾之特徵及其住院醫療利用行為分析，in 醫務管理學系碩士班。2010, 中國醫藥大學。p. 1-125.

⁵³ 宋文娟，洪錦墩，and 陳文意，臺灣老年人口醫療利用與多重慢性疾病之分析研究。臺灣老人保健學刊，2008. 4(2): p. 75-87.

⁵⁴ Zurn, P., et al., Imbalance in the health workforce. Human resources for health, 2004. 2(1): p. 13.

⁵⁵ Farmer, J., et al., Rural/urban differences in accounts of patients' initial decisions to consult primary care. Health & place, 2006. 12(2): p. 210-221.

⁵⁶ 楊漢淙 and 劉立，醫療與雲端之八一迎接雲端行動智慧醫療蓬勃發展年。醫院雙月刊，2013. 46(6): p. 1-9.