

智慧醫療的新時代：從大數據到精準醫療

蔡明儒、王照元

高雄醫學大學附設中和紀念醫院 院長室、高雄醫學大學 醫學院

摘要

隨著全球人口老化和醫療需求增加，傳統醫療模式已無法應對現代需求，智慧醫療因而成為醫療發展的核心之一。智慧醫療整合大數據、人工智慧、物聯網等技術，提升診斷精準度、治療效率與健康管理能力。透過大數據分析，醫療人員可處理多樣化來源的資訊，如電子病歷、多體學資料、穿戴裝置資料及醫學影像，以支持精準醫療與預防保健。人工智慧技術則在疾病風險評估、影像識別及個案管理上展現卓越表現，並助力自動化病歷生成與臨床決策支持系統的發展。此外，穿戴式裝置與遠距監測技術讓日常健康資料收集與分析變得便捷，特別在慢性病管理與「在宅住院」模式中有很好的應用。然而，智慧醫療的發展面臨資料標準化、隱私安全及人工智慧模型透明度等挑戰。未來需加強資料整合技術與隱私保護措施，並促進人工智慧模型的可解釋性，才能充分發揮智慧醫療的潛力，實現高效、個人化的健康照護目標。（澄清醫護管理雜誌 2025；21（1）：4-10）

關鍵詞：智慧醫療、大數據、人工智慧、物聯網、精準醫療

前言

隨著人口老化的加速及醫療需求的快速增長，全球醫療系統面臨巨大的壓力。在傳統的醫療模式下，診斷和治療往往依賴於經驗和主觀判斷，而現代醫療模式中，我們需要更精準、高效的醫療模式。隨著科技的進展與現代醫療的需求日益增加，智慧醫療應運而生，成為現代醫療轉型的重要方向。智慧醫療指的是在醫療健康領域利用先進的數位科技，以改善診斷精確度、輔助治療並增強健康管理能力、提升醫療效率與成效。智慧醫療不僅可以改善病人照護、提升健康照護品質，也能減少醫療成本與醫護人員工作負擔，為醫療照護系統帶來顯著的效益。

智慧醫療的核心要素涵蓋了大數據分析、商業智能（BI）、人工智慧（AI）、物聯網（IoT）等技術。大數據技術可以處理來自電子病歷、基因定序、影像分析、穿戴式裝置等不同來源的資訊，使醫療人員能更全面地了解病人的健康狀況 [1]。商業智能技術能化繁為簡，將大量的資料整理分析，透過適當地視覺化呈現，提供判斷與決策參考。人工智慧技術則能夠從大量醫療資訊中挖掘有價值的資訊，提供輔助診斷、疾病預測、個人化治療建議等各方面的支持 [2,3]。物聯網技術則使各種智慧穿戴裝置、遠距健康監測系統得以連接，匯集病人日常健康數據，透過持續更新和動態監測，建立更細緻的病人健康數據資料庫，為精準照護奠基 [4]。這些技術的結合，使智慧醫療成為實現精準醫療、個人化健康管理的最佳途徑之一。

通訊作者：王照元

通訊地址：高雄市自由一路 100 號

E-mail：jayuwa@kmu.edu.tw

精準醫療強調根據每位病人的基因型、表現型、生活習慣等個體特徵，並考量環境及疾病表現等因素，制定最適切的診療計畫。大數據在這一過程中發揮著核心作用。藉由收集、分析個人的醫療相關大數據，臨床醫師能更精確地預測病人的疾病風險、辨識潛在的治療標的，從而制定更有效的智慧醫療策略。大數據的應用，不僅是讓精準醫療逐漸應用於臨床場域，透過個人健康大數據的分析應用，更從以「治療為主」的精準醫療擴展至以「預防為主」的精準健康照護，更全面的改善健康狀態、生活品質，並大幅提升整體健康照護的效益。

大數據在醫療中的角色

醫療大數據有六大特性（整理為「六V」）：價值（Value）、規模（Volume）、速度（Velocity）、多樣性（Variety）、真實性（Veracity）和變化性（Variability）[5]。醫療大數據主要來自多種不同的來源，包括電子病歷（EMR）、多體學（Multi-omics）資料庫、穿戴式裝置所記錄的資料、醫學影像資料等[6]。電子病歷中包含病人的診斷紀錄、處方藥物、病歷摘要等，是追蹤病人健康狀況的基礎，也保存了關於病人的診斷與治療相關較完整的資訊。多體學資料庫包含基因體學（Genomics）、表觀基因體學（Epigenomics）、轉錄體學（Transcriptomics）、蛋白質體學（Proteomics）、代謝體學（Metabolomics）、相互作用體學（Interactomics）、藥物基因體學（Pharmacogenomics）、疾病體學（Diseasomics）等，可支持精準治療領域進一步的研究。穿戴式裝置如心電圖紀錄器、脈衝式血氧濃度計、血壓計、智能手錶等，能夠隨時隨地甚至不間斷地收集健康數據，提供病人日常健康的長期動態監測。此外，醫學影像如X光、電腦斷層造影（CT）、核磁共振造影（MRI）等提供視覺化的資訊，是疾病診斷的重要依據，也可作為預後評估工具。這些資料的多樣性和龐大規模為大數據分析奠定了基礎，透過適當整合分析，醫療人員及研究人員可以利用它們來洞察個體和群體的健康狀況。

近幾十年來，大數據分析在臨床診斷、疾病預測、公共衛生管理等方面扮演關鍵的角色[7]。

在臨床診斷中，透過分析龐大的病歷資料和影像資料，臨床醫師能從中獲取疾病診斷之重要資訊，甚至掌握特定疾病的早期跡象。然而面對巨量資訊，單靠醫師個人往往無法快速分析掌握精要，有賴人工智慧模型進一步的協助分析[8]。利用從歷史資料庫中訓練的機器學習模型，甚至可以協助疾病預測，從而預估個人的未來健康風險，幫助早期預防措施介入[9]。在公共衛生管理方面，通過分析大量病人資料，能夠監測疾病的傳播趨勢、評估健康政策的成效，並有效應對突發疫情，這在COVID-19等重大疫情中發揮了重要作用。因此，大數據分析正在成為推動醫療精準化、預測化的利器。

儘管大數據在醫療中的應用有巨大潛力，但也面臨諸多挑戰[10]。首先，資料的正確與否是根本問題。錯誤或不完整的資料可能導致錯誤的診斷或決策。其次，不同來源的資料格式和結構各異，資料的整合和標準化是大數據分析的一大挑戰。最後，技術瓶頸如資料儲存的容量限制、分析處理速度的需求、資料隱私與安全的問題等，都影響大數據在醫療領域的落地應用。克服這些挑戰，需要進一步提升資訊管理技術、採用標準化的資訊交換協議、加強隱私保護措施、強化資安觀念與基礎建設、進行跨域驗證，以促進大數據的有效應用。

人工智慧與機器學習在醫療中的應用

近年來，人工智慧在醫療診斷和預測方面非常有廣泛的應用，尤其是在影像辨識、疾病風險評估和個案管理等方面展現了豐碩的成果。人工智慧影像辨識技術能夠高效地分析大量的醫學影像（包括照片、X光、電腦斷層影像、核磁共振造影影像等），並輔助醫師檢測異常，例如：癌症病灶偵測或心血管疾病的預警指標，大幅提高了診斷精確度和效率；重症病人身上的管路位置偵測與確認，也大幅提高病人安全與醫療品質[11]。人工智慧還被廣泛應用於疾病風險評估模型中，根據病人的健康數據、生活習慣和遺傳風險進行精準的疾病風險預測，從而介入早期預防。此外，在個案管理方面，人工智慧可以協助醫護人員有效篩選、收案、追蹤和管理慢性病人的健康狀況，提供個人化的健康建議，從而促進病人健康。

人工智慧技術可以幫助醫療機構優化許多醫療流程，提升整體效率和準確性。自動化數據分析能加速醫療數據的處理，例如從多個電子病歷資料庫中提取病人的關鍵資訊，並彙整相關生命徵象、身體檢查結果、檢驗報告、檢查報告等資訊，依照臨床常規的病歷紀錄撰寫方式，自動生成病歷紀錄草稿，以減輕醫療人員的工作負擔。臨床決策支持系統（CDSS）則是智慧醫療的重要應用，這類系統傳統上以專家系統方式建置，由參考文獻資訊及專家意見建置的決策樹，可在臨床作業中提供決策輔助；而使用機器學習演算法分析，可以加強臨床決策支持系統的精確度，根據病人的病史和相關細部數據資料，透過精算，提供更精確的個人化治療建議，輔助決策的同時也提升了治療的準確性和安全性 [12]。在手術規劃方面，機器學習演算法能根據病人的個體差異及疾病特徵，為外科醫師制定最適宜的手術方案 [13]。在醫療機構運作管理方面，人工智慧的應用也能協助提升效能。舉例來說，手術室是個高資源密集單位，因此手術室的週轉流暢相當重要，藉由大數據分析與機器學習技術，可以更加精確估算每個技術所需時間，進一步精確估算每個個案需要使用手術室的時間，有利於最佳化手術排程，提升手術室的運作效能 [14]。

儘管人工智慧在醫療領域的應用前景廣闊，但其挑戰與限制不容忽視 [15]。首先，人工智慧模型的解釋性問題是醫療領域的重要挑戰。醫療決策往往需要具備可解釋性和透明度，但許多人工智慧模型（尤其是深度學習模型）常常屬於「黑箱」，醫護人員難以理解其診斷過程，這可能使醫護人員不信任人工智慧模型的分析結果 [12]。其次，資料偏差問題也會影響模型的準確性，特別是在訓練資料來自單一族群或特定區域時，可能無法廣泛適用於不同群體，除了臨床上會有過度估計或過保守估計的情況，還可能衍生相關倫理問題 [16]。因此開發出來的人工智慧模型若要取得軟體醫材的查驗登記時，常會需要跨院、跨區、跨群體驗證的程序，確保其表現的穩定性。最後，透明度和隱私問題也是人工智慧應用中的潛在風險，在臨床環境中，對資訊的使用和處理需符合嚴格的隱私保護法規，這會對人工智慧模型的可用性加上一層限制。因此，

未來人工智慧在醫療領域應用需更加注重模型的可解釋性、減少偏差，並符合隱私和道德規範，才能發揮其應有的潛力。

精準醫療：從個人基因到治療方案

精準醫療的核心之一是利用個人基因組資料來實現針對特定疾病的診斷和治療 [17]。基因組資料包含每位病人的遺傳資訊，能揭示疾病的易感基因和生物標記。精準醫療強調量身定制的治療方案，根據病人的基因、生活型態和環境因素制定個人化的診療計畫。這種方式有別於傳統的治療方法，而是根據病人的個體化差異來決定藥物選擇、劑量和療程。例如：心血管疾病的藥物選擇與治療劑量可以根據病人的基因對藥物代謝的能力進行調整，以期在確保療效的同時減少副作用發生風險。生活型態和環境因素也會影響治療策略，例如：吸煙史、運動習慣和飲食模式等都可能影響疾病發生、預後及治療成效。透過這種多層次考量，精準醫療能夠提供更有效、精準且貼近病人需求的治療計畫。

精準醫療的應用已經在多個疾病治療中取得成果，特別是在癌症領域的應用有長足發展。某些基因變異可能預示著罹患某種癌症的風險較高，這些資訊可以幫助醫師在早期對高風險病人進行篩檢，從而增加早期診斷的機會。基因組資料還能提供標靶治療的依據，可以針對性地抑制癌細胞生長同時也減少對正常細胞的損害。例如：在非小細胞肺癌治療中，癌細胞有表皮生長因子受體（EGFR）突變的病人使用 EGFR 酪胺酸酶抑制劑（TKI）治療很容易取得良好的治療效果，實證上可顯著延長了病人的存活期 [18]；HER2 基因過度表現的乳腺癌病人適合使用 Anti-HER2 的標靶治療。而在發炎性疾病中，掌握其免疫機轉及可治療特質（Treatable Traits），選擇適當治療策略，也可以得到很好的治療成效 [19]。以氣喘病人為例，傳統療法可能無法有效控制一些嚴重氣喘，透過特定的生物製劑如抗 IL-5 單株抗體，可以針對嗜酸性球相關的發炎反應進行抑制，顯著改善嗜酸性球性氣喘病人的症狀控制，並可減少急性惡化風險。這些成功的應用展示了精準醫療在治療效率和安全性上的優勢。

穿戴式裝置與遠距健康監測

穿戴技術和物聯網 (IoT) 的結合讓即時健康數據的收集成為可能。現代的穿戴式裝置 (如：智能手環、手錶等) 內建了多種感測器，可以持續監測佩戴者的心律/心率、血氧飽和度、血壓、步數、睡眠品質等生理資訊，並透過物聯網技術將這些資料傳輸到雲端平台，進行即時分析和監控 [20]。例如：心率和血壓的變化可用於早期偵測心血管疾病風險，而睡眠資料則有助於評估睡眠障礙。這些穿戴式裝置的普及，使日常健康管理變得更為便捷，並讓醫師能夠即時獲得病人的健康狀況更新，進一步加強預防醫學的效果。

遠距健康監測在慢性病管理中發揮了重要作用，特別是對於糖尿病、高血壓等需長期監控的疾病 [21]。透過穿戴式裝置和遠距監測技術，病人可以在家中進行自我量測，持續記錄血糖或血壓變化，並自動將這些數據上傳到雲端，供醫療團隊即時分析 [22]。這樣的遠距管理方式可以減少病人的門診次數，並讓醫護人員即時掌握病人的健康變化，在情況惡化前進行介入，進一步調整治療方案。這些遠距監測應用在提升病人醫囑遵從性和生活品質方面也有很好的成效。

近年來政府逐漸推廣「在宅住院」(Hospital-at-Home, HAH) 模式處理急性疾病狀態，穿戴式裝置與遠距健康監測技術在其中發揮了關鍵作用。穿戴設備能即時監測病人的生命徵象，並透過物聯網技術將這些數據傳送至雲端，供醫療團隊進行遠端監測。對於肺炎、泌尿道感染或軟組織感染等疾病較輕症的病人，可以在家中照護，醫療團隊可以根據遠端監測數據即時調整治療方針或決定是否需要進一步的訪視處置，這不僅減少了病人住院、家屬照護人力等需求，也降低了醫療成本，同時為病人提供了更舒適的治療環境 [23]。

隨著越來越多的穿戴式裝置和遠距監測系統被採用，多來源資料的整合成為一大挑戰。這些資料來自不同設備和平台，資料格式、精確度和可靠性可能有所差異，因此如何進行準確的數據彙整和分析就是相當重要的課題。其中，資料的準確性是最重要的，若資料偏差過大或不穩定，可能會導致錯誤的診斷或干擾決策。此外，若設備之間缺乏統

一的資料標準和互操作性，會使得資料彙整的工作變得相當複雜。因此，需要有一套標準的資料交換格式，並進一步發展資料處理技術，確保設備與軟體之間的相容性，也要設計精準的資料校準流程，才能最大程度地發揮穿戴式裝置在健康管理中的潛力 [24]。

資料隱私與安全問題

隨著穿戴式裝置和遠距醫療技術的普及，越來越多的個人健康大數據被收集並儲存於雲端，病人的隱私保護遂成為一大重要議題 [25]。這些資料包括病歷、基因資訊、行為和生活習慣等，涉及到非常敏感的個人資訊，一旦數據洩露或遭到不當使用，不僅會損害個人的隱私權，還可能對其生活和工作帶來負面影響。因此，如何在大規模資料收集之間，採取有效的隱私保護措施，確保資料用於合法用途，成為智慧醫療發展中必須解決的問題。對於機構而言，資料去識別化和遵守資訊安全與個人資料保護相關法規都是相當重要的隱私保護策略。

各國為保護個人資料，制定了不同的法律規範。歐盟的 GDPR (General Data Protection Regulation) 規定了資料控制者 (對資料之蒐集、處理與利用具有控制權者) 與資料處理者 (代理資料控制者進行資料之蒐集、處理與利用者) 必須確保個人資料的收集、儲存和處理過程中符合隱私保護標準，並以安全的方式處理所有個人資料，違規將面臨高額行政裁罰。在美國，健康保險便利和責任法案 HIPAA (Health Insurance Portability and Accountability Act) 主要針對健康資訊的隱私與安全保障，要求醫療機構和保險公司採取相應措施保護病人的健康資訊。這些法規的存在為全球範圍內的數據保護樹立了基準。在台灣的個人資料保護法則明確規範除了有下列的情況外，針對有關病歷、醫療、基因、性生活、健康檢查及犯罪前科之個人資料，不得蒐集、處理或利用：(1) 法律明文規定；(2) 公務機關執行法定職務或非公務機關履行法定義務必要範圍內，且事前或事後有適當安全維護措施；(3) 當事人自行公開或其他已合法公開之個人資料；(4) 公務機關或學術研究機構基於醫療、衛生或犯罪預防之目的，為統計或學術

研究而有必要，且資料經過提供者處理後或經蒐集者依其揭露方式無從識別特定之當事人；（5）為協助公務機關執行法定職務或非公務機關履行法定義務必要範圍內，且事前或事後有適當安全維護措施；（6）經當事人書面同意（但逾越特定目的之必要範圍或其他法律另有限制不得僅依當事人書面同意蒐集、處理或利用，或其同意違反其意願者，不在此限）。這些資料保護的規定，無非是為了提升個人資料保護，以確保資訊安全與永續發展。

在智慧醫療系統中，確保資料的安全性相當重要，為了應對數據洩露和未授權存取的風險，常用的措施包括：加密技術、身份驗證和訪問控制。加密技術可以保護資料的傳輸和儲存安全，即便資訊被攔截或盜取也無法輕易解讀。多因子身份驗證可以增強用戶身份識別的準確性，透過結合密碼、生物識別和動態驗證碼等方式來提高登入的安全性。訪問控制則確保只有授權人員才能存取相關的敏感資訊，降低不當存取的風險。這些技術的應用為醫資訊據提供了多層保護，幫助機構建立一個更安全的智慧醫療環境。

智慧醫療的未來趨勢與挑戰

近年來，新興技術如量子計算、合成生物學等正在對醫療領域產生深遠影響。量子計算可以大幅提升藥物研發、疾病診斷等醫療流程的效率和準確性 [26,27]。合成生物學則可能實現針對個體的精準療法，以提高治療成效 [28]。這些新興技術在人工智慧的助力之下將有更深遠的發展，相信在智慧醫療方面會有更多的應用。人工智慧技術的進步與生成式人工智慧的發展將帶動智慧醫療的快速發展，隨著健康大數據的彙整，開發精準醫療及精準健康照護的人工智慧模型將更加容易，預期會有更廣泛的應用。穿戴式裝置與物聯網等技術在推動醫療服務智能化（特別是遠距醫療方面）也是近期的發展重點，預期將會持續發展且日益普及，隨著智能照護機器人等應用的導入，可提供智慧醫療更強而有力的支持。未來智慧醫療將向精準化、個體化、智能化的方向發展，潛力無窮 [3]。

然而，技術進步也帶來了諸多倫理困境。人工智慧在醫療決策中的應用，可能導致部分治療決策

缺少了人性關懷 [29]。自動化程度越高，醫病關係也可能趨于疏離；大數據、基因檢測等技術的應用，也可能引發個人隱私、心理衝擊和歧視問題 [16]。如何在追求技術進步的同時，維護醫療倫理、保護人權，乃是智慧醫療發展時需要同時解決的重要課題。

要實現智慧醫療的可持續發展，關鍵在推動技術進步的同時，確保技術應用的公平性、可及性和倫理性。一方面，要加強對新興技術的倫理監管，制定相對應的法律規範，保護個人隱私和人權；另一方面，同時要提高技術的普及率和可及性，確保所有人都能享有優質的智慧醫療服務。只有在技術、倫理、公平性等多方面實現平衡。智慧醫療才能真正持續發展，嘉惠全體民眾。

結語

毫無疑問，智慧醫療正在改變著整個醫療行業，從精準診斷到精準治療，並提升醫療效率。智慧醫療正在成為推動醫療服務優化的關鍵力量，為病人帶來前所未有的就醫體驗 [3]。展望未來，隨著物聯網等技術的不斷進步，醫療相關資訊的收集將更加流暢，逐漸完備大數據資料庫並增添其豐富度；隨著人工智慧技術的長足發展，資料分析能力將日益增強。這些都將進一步加速精準醫療的發展，使個人化的疾病預防和治療能更加精緻，同時兼顧病人安全的提升，也大幅提升醫療服務的品質和效率，並減少醫療成本與醫護人員工作負擔。此外，透過適當的應用，智慧醫療也可以增進醫病溝通，實現「以人為本」的醫療服務模式，改善病人的生活品質。

參考文獻

1. Raghupathi W, Raghupathi V: Big data analytics in healthcare: promise and potential. *Health Inf Sci Syst* 2014; 2: 3.
2. Obermeyer Z, Emanuel EJ: Predicting the future - big data, machine learning, and clinical medicine. *N Engl J Med* 2016; 375(13): 1216-1219.
3. Topol EJ: High-performance medicine: the convergence of human and artificial intelligence. *Nat Med* 2019; 25: 44-56.
4. Wang WH, Hsu WS: Integrating artificial intelligence and wearable IoT system in long-term care environments.

- Sensors (Basel) 2023; 23(13): 5913.
5. Ristevski B, Chen M: Big data analytics in medicine and healthcare. *J Integr Bioinform* 2018; 15(3): 20170030.
 6. Dash S, Shakyawar SK, Sharma M, et al.: Big data in healthcare: management, analysis and future prospects. *Journal of Big Data* 2019; 6(1): 1-25.
 7. Beam AL, Kohane IS: Big data and machine learning in health care. *JAMA* 2018; 319(13): 1317-1318.
 8. Obermeyer Z, Lee TH: Lost in thought - the limits of the human mind and the future of medicine. *N Engl J Med* 2017; 377(13): 1209-1211.
 9. Chawla NV, Davis DA: Bringing big data to personalized healthcare: a patient-centered framework. *J Gen Intern Med* 2013; 28(Suppl 3): S660-S665.
 10. Rumsfeld JS, Joynt KE, Maddox TM: Big data analytics to improve cardiovascular care: promise and challenges. *Nat Rev Cardiol* 2016; 13(6): 350-359.
 11. Esteva A, Kuprel B, Novoa RA, et al.: Dermatologist-level classification of skin cancer with deep neural networks. *Nature* 2017; 542: 115-118.
 12. Krittanawong C, Johnson KW, Rosenson RS, et al.: Deep learning for cardiovascular medicine: a practical primer. *Eur Heart J* 2019; 40(25): 2058-2073.
 13. Hashimoto DA, Rosman G, Rus D, et al.: Artificial intelligence in surgery: promises and perils. *Ann Surg* 2018; 268(1): 70-76.
 14. Kendale S, Bishara A, Burns M, et al.: Machine learning for the prediction of procedural case durations developed using a large multicenter database: algorithm development and validation study. *JMIR AI* 2023; 2: e44909.
 15. Cabitza F, Rasoini R, Gensini GF: Unintended consequences of machine learning in medicine. *JAMA* 2017; 318(6): 517-518.
 16. Char DS, Shah NH, Magnus D: Implementing machine learning in health care - addressing ethical challenges. *N Engl J Med* 2018; 378(11): 981-983.
 17. Jameson JL, Longo DL: Precision medicine--personalized, problematic, and promising. *N Engl J Med* 2015; 372(23): 2229-2234.
 18. Paez JG, Janne PA, Lee JC, et al.: EGFR mutations in lung cancer: correlation with clinical response to gefitinib therapy. *Science* 2004; 304(5676): 1497-1500.
 19. Agusti A, Bel E, Thomas M, et al.: Treatable traits: toward precision medicine of chronic airway diseases. *Eur Respir J* 2016; 47(2): 410-419.
 20. Baig MM, Gholamhosseini H, Connolly MJ: A comprehensive survey of wearable and wireless ECG monitoring systems for older adults. *Med Biol Eng Comput* 2013; 51(5): 485-495.
 21. Avoke D, Elshafeey A, Weinstein R, et al.: Digital health in diabetes and cardiovascular disease. *Endocr Res* 2024; 49(3): 124-136.
 22. Katz ME, Mszar R, Grimshaw AA, et al.: Digital health interventions for hypertension management in US populations experiencing health disparities: a systematic review and meta-analysis. *JAMA Netw Open* 2024; 7(2): e2356070.
 23. Levine DM, Ouchi K, Blanchfield B, et al.: Hospital-level care at home for acutely ill adults: a randomized controlled trial. *Ann Intern Med* 2020; 172(2): 77-85.
 24. Cresswell K, McKinstry B, Wolters M, et al.: Five key strategic priorities of integrating patient generated health data into United Kingdom electronic health records. *J Innov Health Inform* 2019; 25(4): 254-259.
 25. Taitsman JK, Grimm CM, Agrawal S: Protecting patient privacy and data security. *N Engl J Med* 2013; 368(11): 977-979.
 26. Shirani H, Hashemianzadeh SM: Machine learning to predict potential energy surface of resveratrol drug: a quantum-level calculation. *ACS Med Chem Lett* 2024; 15(11): 1979-1986.
 27. Pyrkov A, Aliper A, Bezrukov D, et al.: Quantum computing for near-term applications in generative chemistry and drug discovery. *Drug Discov Today* 2023; 28(8): 103675.
 28. Jain KK: Synthetic biology and personalized medicine. *Med Princ Pract* 2013; 22(3): 209-219.
 29. Morley J, Machado CCV, Burr C, et al.: The ethics of AI in health care: a mapping review. *Soc Sci Med* 2020; 260: 113172.

A new era of Smart Medicine: From big data to Precision Medicine

Ming-Ju Tsai, Jaw-Yuan Wang

Department of Superintendent, Kaohsiung Medical University Hospital;
College of Medicine, Kaohsiung Medical University

Abstract

With the aging global population and increasing healthcare demands, traditional medical models are insufficient to meet modern needs. As a result, smart healthcare has become a core focus in healthcare development. Smart medicine integrates technologies such as big data, artificial intelligence (AI), and the Internet of Things (IoT) to enhance diagnostic accuracy, treatment efficiency, and health management capabilities. Through big data analytics, healthcare professionals can process diverse sources of information, including electronic health records (EHRs), multi-omic data, wearable device data, and medical imaging, to support precision medicine and preventive care. AI has demonstrated exceptional performance in disease risk assessment, image recognition, and case management, while also contributing to advancements in automated medical record generation and clinical decision support systems (CDSS). Furthermore, wearable devices and remote monitoring technologies facilitate the seamless collection and analysis of daily health data, proving particularly useful in chronic disease management and the “hospital-at-home” care model. However, the development of smart healthcare faces challenges such as data standardization, privacy security, and the transparency of AI models. To fully realize the potential of smart healthcare and achieve the goals of efficient and personalized health care, future efforts must focus on enhancing data integration technologies, strengthening privacy protection measures, and promoting the interpretability of AI models. (Cheng Ching Medical Journal 2025; 21(1): 4-10)

Keywords : Smart Medicine, Big Data, Artificial Intelligence, Internet of Things, Precision Medicine