

# NHRI FORUM

## 人工智慧(AI)對於臨床 醫事人員訓練的挑戰與因應

國家衛生研究院論壇  
National Health Research Institutes Forum



---

# 人工智慧 (AI) 對於臨床 醫事人員訓練的挑戰與因應

Challenges and Responses to Artificial Intelligence (AI) in  
Training Clinical Healthcare Professionals

---

---

國家衛生研究院

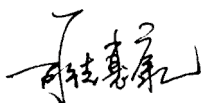
中華民國 115 年 4 月出版

---

## 序

# 以實證基礎建立跨界夥伴關係 促進全民參與以邁向全球健康治理

院長



公共政策從規劃到推行，各界的協力到全民的動員缺一不可。政策問題的界定分析，仰賴專家提供科學實證數據；政策的規劃需政府相關部門間進行橫向聯繫協調達成整合；而政策的推展落實，藉由正確的觀念與知識轉譯，可達到事半功倍之效；透過持續進行量化與質性之科學化的政策評估檢視成效，不斷循環改善，使足以建立專家、政府、人民三方之間良好信賴與夥伴關係。

國家衛生研究院（國衛院）自成立以來，最為獨特的重要任務是協助政府解決迫切且重要的醫藥衛生問題，提供衛生福利部重要衛生政策建言，亦即國衛院為任務導向的研發機構。論壇令我最為印象深刻的議題，非兒虐議題莫屬。以往一旦有兒虐急診事件發生，醫師在急診室忙完一天下班後，還要去警察局做筆錄。自從國衛院論壇 2016 年推動「兒童虐待之現今困境與解決之道」之系列議題，議題召集人黃璟隆副院長等兒科醫師及多人倡議之下，在各處奔走、溝通，於臺灣北中南東辦理共 13 場兒虐相關論壇，邀請兒虐相關專家、社工師、醫師、律師、法醫、教育界及警政界、社福界等參與討論，提出解決之建議。如今只要發生兒虐事件，一通專線即啟動團隊合作之一條龍工作模式，社工人員到醫院了解兒虐受傷情況、警察啟動調查並協同現場蒐證、最後由輔導人員或社福人員協助安置處理。善用媒體宣導引起社會關注，改變人們兒少

---

保護的觀念增進兒童相關人員的警覺性，以減少傷害發生。建立兒虐防治預警機制以及兒虐醫療照護體系，進一步擴大落實相關單位的通力合作，有效整合醫療、法務、社政、警政的聯防機制，正是專家、政府、人民三贏的實例與典範。

現今醫藥衛生的改善，有賴大數據的分享以得到科學化的實證基礎，期使民眾能對全民共有共享的大數據資料庫信賴，運用於公共醫藥衛生等發展。我國全民健康保險受國際肯定，然健保資源有限，已通過多項罕見疾病之給付，當越來越多的罕見疾病被找出，尤須考量的是以科學量化作各界利益相關團體代表之多元的價值評估（包含病人感受），才能兼顧病人權益與健保資源效能效益達到平衡而永續經營。此外新冠疫情後，非傳染性疾病（non-communicable diseases, NCDs）如癌症、糖尿病、心血管疾病、慢性呼吸道疾病的預防與控制，是對健康權之平等的重視，整合國內外實證研究或臨床指引，提升實證等級以達成目標。

在臺灣，精神醫學越來越受重視，每3人有1人使用安眠藥，憂鬱症及青少年自殺率亟需降低；減少精神疾病的污名化，建立橫向連結使網網相連，讓社區資源能及早有效介入是關鍵。隨著人口老化與少子化，長照方面老年失智與心理健康亟待關注，以復能觀點改善居家照護環境提升自我照護能力，促進活躍老化使民眾有感。協助衛生福利政策的落實，有賴媒體之健康資訊的宣導與民眾分級分眾教育，唯有人民具備正確之衛生保健知識，全民共同參與，方能健康納庶政，真正達到改善效果。

最後，期待藉由論壇的平台，邀請產官學研各界腦力激盪，促使各單位、各組織、各部會跨領域整合，一起達成公共衛生與福利政策的提升，使人民從出生到臨終，享有最好的健康福祉，達到身心靈社會的健康，以臺灣經驗邁向全球健康治理。

---

## 序

# 國家級衛生福利智庫

## ——國衛院「論壇」建構全民健康福祉

總召集人 吳成文

政策的制訂，攸關國計民生，尤其是公共議題，與民眾福祉息息相關，更需戒慎，故而先進國家每每仰仗具學養背景之學者組成研議型之智庫，針對議題充分辯證、討論，待形成共識，再進一步凝聚民意所趨，逐一媒合，以求去蕪存菁，爾後方陳達於公部門，訴諸立法機構制訂政策。專業性智庫乃成為改善政策系統與環境，推動、制訂政策不可或缺的中介機制。

國衛院論壇之設立，乃參考美國國家醫學研究院（National Academy of Medicine, NAM）知名之國際智庫，並以如上運作模式，邀集各領域專家就議題發表討論，再聚焦形成共識。論壇做為國家級醫藥衛生之智庫，理當扮演溝通橋樑之角色，以實證為基礎，提供經過辯證後適合國情的具體政策建言。惟前瞻性之政策建言必須引領民眾的認知與支持，因而，論壇之運作非僅止於專家學者的學術研議，而是跨出學界大門，主動透過各種方式，將其實證基礎的共識，訴諸社會大眾。無論所傳輸之媒介為研討會、傳媒會議、新聞稿披露、網路資訊傳播等，期藉此引起民眾關注，同時以正確之觀念教育民眾，以為政府政策之施行善盡教育佈達的功能。

準此，過去二十年，國衛院論壇已出版六十餘冊醫藥衛生議題報告書，更於 2013 年衛生福利部成立後，重啟國家級衛生福利論壇，除醫衛之外，進一步擴大加入福利議題，且舉行數場國際暨國內研討會，希望藉論壇為聲喉達拋磚引玉的效果，甚而引起更廣泛的跨界討論，幫助衛生福利體系經由制度法令的修訂，達成衛生福利資源的有效運用，真正發揮智庫之效能。

論壇重啟之後，每年執行約 6~8 個議題，期間出版「臺灣腦組織資源聯盟建置策略」、「臺灣護理人力發展之前瞻策略規劃」、「風險家庭安全

照護：領域建構與人才培育」、「心血管疾病及腦血管疾病之醫療成本分析及不健康平均餘命比較和預防對策」、「開發實驗室檢測管理架構及罕病與難症基因體檢測給付政策」、「臺灣醫療器材 CDMO 的未來、產業趨勢及重要性」等政策建言書，已為當前國內具急迫性、重要性及前瞻性之議題，提供政府相關部門參採。

NAM 於 2013 年出版的政策建議書，提出「Learning Health Systems, LHS」——持續學習，不斷改進醫療體系建言，其目的為使科學研究的實證資料，回饋到民眾有感的照護改善。國衛院論壇於 2015 年起，以學習型研討會之方式將研究成果導入 LHS 轉譯醫學的觀念，希望激勵更多、更廣泛的人員來領導推動相關衛生福利體系之改善，未來更期盼能夠針對促進政策改善之方案可提供獎勵措施，聚焦衛生福利體系，強化病患、廣泛醫護人員以及民眾福利的互動連結，輔以可量化的大數據資料，以改善醫療照護文化及社會福利制度，期建立讓民眾能獲得更好照護、相關資源可以更有效運用之衛生福利體系。政策之施行莫不希望民眾有感，是以政策之導引，必須獲得民眾的支持與關注。國衛院論壇以厚實的衛生福利智庫經驗，相關的專家網絡，結合國衛院及各大學的研究團隊，前瞻未來需求及國際視野，積極、主動挖掘醫衛體系暨民眾福利之重要議題。藉助論壇智庫型態之運作，幫助衛生福利體系經由制度法令的改善，提供友善環境的誘因，增進產業界積極投入衛生福利資源，以獲致民眾更多關注，進而改變民眾健康幸福的觀念和認知。如此，不唯民眾有感，論壇在衛生福利智庫角色上所展現之價值，更有助於提升全民健康權益，為民眾創造社會福祉，實質地為我國衛生福利體系與民眾健康幸福做出貢獻。

## 序

# 擘劃臺灣智慧醫療的未來—— 建構以人為本的 AI 治理與教育典範

議題召集人



我們正處於一個醫療典範鉅變的時代。人工智慧的浪潮，正以前所未見的速度重塑全球健康照護的樣貌。從精準診斷、個人化治療、新藥開發到公衛預防，人工智慧不再是未來的想像，而是正在發生的臨床現實。這場由數據驅動的革命，不僅是科技的躍進，更是對產業結構、教育體系、法律倫理乃至醫療核心價值的全面挑戰。

放眼國際，全球主要國家已將智慧醫療列為國家級戰略。人工智慧的導入不再僅是學術研究，而是牽動產業發展、法規變革與臨床實務的系統性工程。然而，這股強大的科技力量亦伴隨著深層的隱憂：演算法的黑箱效應、數據偏見所加劇的健康不平等、醫療責任歸屬的模糊地帶，以及最重要的，在追求效率的同時，如何保有醫療「以人為本」的關懷核心。如何在善用人工智慧帶來之科技紅利與防範衍生倫理風險之間取得平衡，已成為各國治理的關鍵課題，亦是實現聯合國永續發展目標中「全民健康福祉」的必經之路。

臺灣在此全球浪潮中，立於一個獨特且關鍵的十字路口。我們擁有世界頂尖的資通訊產業實力、高品質的臨床醫療，以及全民健保所積累的龐大數據資產。這些優勢使我們具備發展智慧醫療的絕佳潛力。然而，我們也必須認識到當前面臨的結構性困境：

首先，是治理失靈的風險。目前醫療人工智慧在臺灣的發展呈現百花齊放但尚待整合的局面，各醫院、各領域的創新缺乏資料驗證以及可信賴人工智慧的評估，導致法規框架、跨部會協調，以及資料治理的標準均顯得破碎與遲滯。



其次，是教育斷層的危機。人工智慧的快速迭代已超越醫事人員的養成教育革新的步調。現行教育體系仍偏重傳統知識傳授，未能即時培養新世代醫事人員應對人機協作所需的人工智慧素養與倫理思辨能力。這不僅阻礙了新技術的臨床落地，更潛藏著認知去技能化的深層風險。

再者，是制度瓶頸的阻礙。臨床應用最迫切需要的法律責任歸屬、健保給付模式、可信賴人工智慧的驗證機制，均尚未建立明確規範，使得第一線的醫療機構與人員縱有創新動能，亦常因法規的不確定性而窒礙難行。

正因如此，此《人工智慧對於臨床醫事人員訓練的挑戰與因應》政策建言書的出版，深具時代意義。本書匯聚了國立陽明交通大學及臺北醫學大學體系在臨床醫學、護理、醫學教育、法律與倫理、醫務管理等領域的頂尖專家，進行深入的跨領域討論與系統性剖析。我們不僅盤點了人工智慧在內外科、急重症、護理、影像診斷等各臨床場域的應用現況，更深入探討其背後的教育改革、法規調適與保險給付等關鍵制度議題。

本書的核心目的，是為臺灣的智慧醫療發展提供一份具前瞻性與可執行性的政策藍圖。我們深刻體認到，醫療人工智慧的成敗，關鍵已不在技術，而在治理與教育。

為此，我們向政府提出宏觀且具體的政策建言，期能作為行政與立法機關未來擘劃的參據。本書深入探討了臨床導入、安全監管、可信賴驗證機制，乃至健保給付創新等具體路徑；同時強調建立國家級醫療數據治理框架、推動資料主權的重要性；並為醫事人員的人工智慧素養培育與教育體系革新，提供了關鍵的改革方向。我們亦呼籲參酌國際趨勢，研擬數位醫療發展的相關法制基礎，為產業創新與臨床應用提供穩定的法律環境。

醫療的本質終究是人。人工智慧的價值，在於賦能醫事人員，使其從重複性勞動中釋放，回歸更複雜的專業判斷、更深度的醫病溝通與更溫暖的人性關懷。我們期盼，這本建言書能作為一個起點，促使臺灣社會共同思考、辯證並建構一個以人為本、法規健全、教育扎實、產業蓬勃的智慧醫療生態系，使臺灣不僅成為人工智慧的強國，更是倫理與人本醫療的全球典範。



## 序

# 人工智慧驅動的臨床革新：以教育奠基、以臨床驗證、以治理確保、以信任永續

議題召集人 陳瑞杰

人工智慧（Artificial Intelligence, AI）正以前所未有的速度重塑全球醫療的秩序。它不僅是一項技術革新，更是一場醫療專業、制度治理與社會信任的深層變革。AI 的導入從臨床決策輔助、醫療影像判讀到健保給付制度，正逐步改寫醫療的邏輯與倫理，也迫使我們重新思考——在科技主導的時代，醫學的核心應是什麼？

國家衛生研究院以宏觀遠見發起「人工智慧（AI）對於臨床醫事人員訓練的挑戰與因應」議題，展現了對臺灣醫療轉型關鍵議題的深刻關注。這不僅是一項前瞻性政策研究，更是一次跨領域的制度實驗，意在回應全球醫療 AI 化浪潮下的三大命題：人才如何轉型、臨床如何共融、制度如何監理。在此，謹代表全體參與者，誠摯感謝國衛院的遠見與支持，讓本建言書得以凝聚醫學、法律、資訊及政策等多重視角，形塑出臺灣 AI 醫療的國家藍圖。

AI 導入臨床的意義早已超越「效率提升」。它挑戰醫師的角色定位，重塑專業的邊界。當演算法協助判讀影像、生成報告，甚至預測疾病風險時，醫師不再只是知識的載體，而是 AI 決策的監督者與倫理的守門人。未來的醫事教育，必須讓醫師「懂 AI、能駕馭 AI、敢質疑 AI」，避免陷入「認知去技能化」的陷阱。唯有以 AI 素養為核心能力，臺灣才能在全球醫療競局中，兼顧創新與專業的平衡。

臨床應用的轉變亦深具啟示性。AI 於內科、外科與急重症中的應用，使早期預警、術中導航與決策支援成為現實；但同時也帶來責任歸屬與倫

理風險。未來，我們需建立「臨床 AI 沙盒」制度，讓創新得以驗證、錯誤得以學習，並在風險可控下推動制度性採用。

醫療影像 AI 是最成熟的應用領域之一，但也最能反映「制度與教育」的雙重挑戰。若要讓 AI 從輔助工具成為臨床夥伴，需建立跨院資料共享機制與第三方效能評估中心，同時培育能理解模型原理與辨識偏誤的臨床人才。AI 醫療的未來，不僅在於技術能做什麼，更在於人類能如何正確使用它。

制度創新是智慧醫療永續的基石。臺灣 AI 醫材雖持續通過核可，但納入健保給付的案例仍少。未來應參照德國 DiGA 與美國 CPT 暫行碼機制，推動「分類編碼 - 臨床沙盒 - 價值評估 - 正式納保」的四階段流程，並成立跨部會 AI 給付委員會，以制度化方式讓創新回饋臨床、創造全民福祉。

綜觀全局，本建言書以「教育革新、臨床實證、治理強化、制度給付」四大支柱為主軸，建構出臺灣智慧醫療的永續架構。教育奠基，確保人才接軌新時代；臨床驗證，確立 AI 的實證價值；治理確保，維持法規與倫理的穩定；信任永續，則是所有變革的最終目標。

未來，我們期盼本建言書的建議不僅停留於理念，更能在國家層級的決策與醫療現場落地實踐。國家衛生研究院所展現的前瞻格局，正是臺灣邁向可信賴 AI 醫療生態的關鍵推力。

在 AI 驅動的時代，智慧醫療的核心不在於「科技多強」，而在於「人心是否信任」。唯有科技透明、教育扎實、制度健全、倫理為本，方能實現「以人為本、科技為善」的醫療願景。這是我們的信念，也是臺灣邁向世界智慧醫療典範的起點。

## | 目錄 |

2	院長序	司徒惠康
4	總召集人序	吳成文
6	議題召集人序	林奇宏、陳瑞杰
16	「人工智慧（AI）對於臨床醫事人員訓練的挑戰與因應」委員名單	
17	中文摘要	
18	ABSTRACT	
20	前言／背景	
25	<b>第一章・人工智慧對於臨床醫療影響與資安／倫理議題探討</b>	
26	第一節 AI 在醫療應用的多元性與未來展望	
27	第二節 監管的灰色地帶：非屬醫材 AI 之安全與倫理挑戰	
28	第三節 各國品質保證機制的探索與建立	
29	第四節 我國的應對策略：打造負責任 AI 執行中心	
30	第五節 AI 對臨床工作流程的雙面影響	
31	第六節 智慧醫療的系統性風險與挑戰	
32	第七節 數據偏誤的根源與衝擊	
33	第八節 新興應用的隱私權困境	
34	第九節 AI 醫療的責任歸屬：法律的挑戰	
35	第十節 警示義務與專家中介原則	

---

---

36	第十一節	醫師訓練在責任風險中的關鍵角色
37	第十二節	結論
38		參考文獻
39	第二章・數位化模擬病人及虛擬實境之臨床訓練模式	
40	第一節	數位化模擬病人
44	第二節	虛擬實境、擴增實境與元宇宙的應用
47	第三節	如何整合新科技於臨床場域教學
49	第四節	政策建言與結論
51		參考文獻
53	第三章・人工智慧導入臨床醫事人員之教育訓練	
55	第一節	AI 醫學教育的轉型現況與發展契機
65	第二節	AI 在醫學教育的應用模式
70	第三節	AI 於臨床醫事人員訓練之應用與制度化導入
80	第四節	政策建議與未來展望
88		參考文獻
95	第四章・生成式 AI 導入一般臨床工作之因應與挑戰	
98	第一節	應用場景
102	第二節	挑戰與解決
107	第三節	治理框架與倫理考量
111	第四節	政策建言與結論
117		參考文獻

---

119 **第五章・內外科、急重症導入 AI 決策之因應與挑戰**

121 第一節 內科 AI 應用場域的多元化發展與整合導入挑戰

133 第二節 從輔助走向即時決策化：外科導入 AI 之規範與責任治理

144 第三節 AI 於急重症臨床決策輔助的實務價值與驗證難題

149 第四節 社區醫療 AI 應用：技術演進、研究趨勢與臨床驗證

157 參考文獻

167 **第六章・醫療影像運用 AI 模式進行判讀之因應與挑戰**

169 第一節 醫療影像 AI 發展現況與潛力

176 第二節 當前困難與制度性瓶頸

182 第三節 發展方向：制度與教育雙軌推動 AI 素養提升

189 第四節 結論

193 參考文獻

199 **第七章・護理照護導入人生智慧之影響與因應**

201 第一節 AI 及智慧醫療裝置等在臨床護理應用：從技術創新到人性關懷的整合發展

212 第二節 AI 對護理專業能力與教育的挑戰與契機

225 第三節 AI 護理應用的倫理挑戰與治理策略

232 第四節 政策建議——建構臺灣護理 AI 賦能的永續生態系

238 參考文獻

---

---

249	第八章・臨床導入 AI 後之保險給付模式研議與應用
251	第一節 國際醫療 AI 給付制度架構與流程
262	第二節 各國實際案例與優勢挑戰比較
273	第三節 臺灣 AI 臨床應用與保險給付之現況
278	第四節 制度推動過程中的困境與挑戰
282	第五節 結論與政策建議
286	參考文獻
295	總結與政策建言

---

## 表目錄

66	表 1	AI 在醫學教育中之功能分類與應用內容
71	表 2	PGY 課程中導入 AI 應用之示範模組設計
72	表 3	主要臨床職類之 AI 教育應用範疇與導入模式建議
75	表 4	AI 導入醫學教育後臨床教師之核心職能分類
76	表 5	臨床教學場域中教師與 AI 合作之應用情境範例
78	表 6	績效儀表板核心模組設計與功能說明
122	表 7	內科 AI 應用研究熱點版圖
170	表 8	美國 FDA 核准人工智慧醫療器材應用類別統計表 (2025.07.10 止)
261	表 9	國際醫療 AI 給付制度架構與流程一覽表

---



---

## 圖目錄

- 125 圖 1 Applications of Generative AI in clinical practice
  - 128 圖 2 Challenges of Generative AI in healthcare
  - 129 圖 3 An overview of the integration of AI-driven clinical decision support systems (AI CDSSs) across various healthcare settings.
  - 132 圖 4 Futuristic Landscape of Generative Artificial Intelligence in Healthcare, showcasing its evolution from foundational model development to advanced applications in personalized medicine, autonomous diagnostics, clinical decision support, and predictive healthcare analytics.
  - 151 圖 5 Tabular Summary of Generative AI Applications in Clinical Practice
-

## 國家衛生研究院論壇

### 人工智慧（AI）對於臨床醫事人員訓練的挑戰與因應

#### 議題召集人

林奇宏 校長

國立陽明交通大學

陳瑞杰 董事長

臺北醫學大學

#### 議題委員（依姓名筆畫序）

李友專 執行長

臺北醫學大學人工智慧醫療研究中心

李崇僊 院長

臺北醫學大學人文暨社會科學院

侯甚光 副院長

臺北醫學大學附設醫院

胡朝榮 院長

臺北醫學大學醫學院

凌憬峯 副院長

國立陽明交通大學醫學院

張原翊 副主任

國立陽明交通大學醫學系

張詩鑫 副院長

臺北醫學大學附設醫院

梁仁峯 主任

臺北榮民總醫院教學部實證醫學科

陳鈺雄 院長

國立陽明交通大學科技法律學院

陳震宇 特聘教授

臺北醫學大學醫學系放射線學科

楊智傑 主任

國立陽明交通大學醫學系

楊懷哲 副主任

國立陽明交通大學醫學系

鄭玫枝 教授所長

國立陽明交通大學急重症醫學研究所

簡莉盈 院長

國立陽明交通大學護理學院

羅友聲 主任

臺北醫學大學數位創發中心

---

## 中文摘要

### 一、背景

人工智慧（AI）正重塑全球醫療，對我國醫事人員養成、執業環境與法規框架构成系統性挑戰。為化挑戰為轉機，本建言書深入剖析核心困境，提出一套涵蓋五大策略的前瞻性國家級應對藍圖。

### 二、核心策略

1. 教育訓練轉型：為應對醫學知識爆炸，建議以 AI 輔助教學及數位模擬訓練，改革傳統教育模式，打造更具效率與品質的終身學習體系。
2. AI 臨床應用整合：為克服 AI 導入臨床的整合障礙，本報告盤點國際在內、外、急重症等領域的應用成效，主張發展人機協作指引以優化工作流程。
3. 跨領域人才培育：為彌補醫事人才普遍缺乏 AI 與數據素養的落差，應從根本改革課程，系統性培育能駕馭未來醫療模式的新世代人才。
4. 倫理法規治理：為應對數據隱私、演算法公平性等倫理與法律衝擊，應加速建立資安管理規範、倫理審查機制及完善的法規框架。
5. 永續發展的經濟誘因：為驅動創新，應將具臨床實證效益的 AI 醫療服務，審慎評估並逐步納入健保給付，以建立產業永續發展的正向循環。

### 三、結論

本建言書總結，唯有同步推動教育、技術、人才、法規及給付等五大面向的系統性改革，方能為臺灣的智慧醫療奠定穩固基石。

**關鍵字：**智慧醫療、人才培育、倫理法規、臨床整合、健康政策

---

## Abstract

### 1. Background

Artificial Intelligence (AI) is reshaping global healthcare, posing systemic challenges to Taiwan's education for healthcare professionals, clinical landscape, and regulatory framework. To turn these challenges into opportunities, this policy paper analyzes core difficulties and proposes a forward-looking, national-level blueprint encompassing five key strategies.

### 2. Core Strategies

- (1) **Transformation of Education and Training:** To cope with the explosion of medical knowledge, we recommend reforming traditional educational models through AI-assisted teaching and digital simulation training to create a more efficient and high-quality lifelong learning system.
  - (2) **Integration of AI in Clinical Applications:** To overcome barriers to implementing AI in clinical settings, this paper reviews the effectiveness of international applications in fields such as internal medicine, surgery, and emergency and critical care. We advocate for developing human-machine collaboration guidelines to optimize clinical workflows.
  - (3) **Cultivation of Interdisciplinary Talent:** To bridge the gap where healthcare professionals generally lack AI and data literacy, curricula must be fundamentally reformed to systematically cultivate a new generation of talent capable of mastering future healthcare models.
  - (4) **Governance of Ethics and Regulations:** To address the ethical and legal impacts of issues like data privacy and algorithmic fairness, the establishment of information security management standards, ethical review mechanisms, and a comprehensive regulatory framework must be accelerated.
-

- 
- (5) **Economic Incentives for Sustainable Development:** To drive innovation, AI-powered medical services with proven clinical efficacy should be prudently evaluated and gradually included in the National Health Insurance reimbursement system to create a positive cycle for sustainable industry development.

### 3. Conclusion

This policy paper concludes that only through the simultaneous and systemic reform of these five key areas—education, technology, talent, regulation, and reimbursement—can a solid foundation be laid for smart healthcare in Taiwan.

**Keywords :** Smart healthcare, talent cultivation, ethics and regulations, clinical integration, health policy

---

## 前言／背景

### （一）典範轉移：人工智慧（AI）驅動的醫療服務變革

人工智慧（AI）已從前瞻性的理論技術，迅速演變為驅動全球醫療體系轉型的核心引擎。這股浪潮不僅止於學術研究的象牙塔，更已在臨床診斷、治療決策、藥物開發、醫院管理等各個層面，帶來顛覆性的影響。從早期多針對單一任務（如影像判讀或心律不整分析）的判別式 AI（Discriminative AI），到近年以大型語言模型（LLM）為基礎、能夠理解上下文並生成複雜論述的生成式 AI（Generative AI），這項技術的發展已從「專才」走向「通才」，使其得以應對臨床工作流程中更為複雜、更需整合判斷的任務。

在臨床實務的最前線，AI 的應用正以前所未有的深度與廣度，重塑醫療服務的樣貌與流程。在診斷輔助層面，AI 演算法透過對巨量醫療影像的深度學習，能以超越人眼的精準度與速度，輔助醫師判讀放射科影像（如偵測肺部結節、乳房攝影鈣化點）、病理切片乃至心電圖，大幅提升早期癌症篩檢與心血管疾病診斷的效率與準確率。

在治療與決策支援上，AI 已成為臨床醫師不可或缺的「第二大腦」。在急重症場域，如約翰霍普金斯大學開發的 TREWS 敗血症預警系統，能持續分析電子病歷中的多維度數據，比人類提早數小時預測敗血症的發生，臨床實證已證明能顯著降低死亡率。在外科領域，AI 從術前規劃、術中即時導航到術後復健追蹤，已貫穿整個治療週期。達文西（Da Vinci）手術系統與 Mako 機械手臂等，便是結合 AI 進行 3D 影像建模與即時回饋的典範，不僅提高了手術的精準度，也縮短了病患的恢復期。

更為深刻的變革體現在對臨床工作流程的優化。生成式 AI 的崛起，正將醫護人員從長期以來被詬病的繁重行政文書工作中解放出來。過去，醫師需花費大量時間整理來自急診或門診的零散紀錄，手動撰寫入院病歷；如今，AI 系統能自動抓取相關資訊，在數分鐘內生成一份結構完整的病歷

草稿。同樣地，護理師的每日護理紀錄、三班交班報告，乃至放射科與病理科醫師的報告撰寫，都能在AI的輔助下大幅提升效率。這波「效率紅利」的核心價值，是讓醫事人員能將寶貴的時間與精力，重新聚焦於病人的直接照護、複雜的鑑別診斷，以及更具溫度的醫病溝通。

此一典範轉移深刻意味著，未來的醫療現場將是「人機協作」（Human-AI Collaboration）的新常態。AI的角色並非取代人類，而是作為增強人類智慧與能力的強大輔具。醫事人員的角色、技能需求與執業倫理，都將面臨深刻的再定義。醫師的價值將從知識的記憶者，轉變為AI工具的駕馭者、AI產出資訊的批判性思考者，以及複雜倫理情境的最終決策者。這場由AI引領的醫療革命，不僅僅是技術的革新，其所伴隨的數據偏誤、演算法「黑箱」、資訊安全、法律責任歸屬等系統性風險，更是對國家醫療基礎建設、法規治理與人才戰略的全面挑戰。

## （二）國家級挑戰：未來醫療人才的培育困境與契機

面對醫療現場的劇烈變革，我國現行的臨床醫事人員培育體系，正浮現結構性的落差。傳統養成教育側重於知識傳授與臨床經驗累積，卻普遍缺乏應對AI時代所需的數據素養、演算法識讀、人機協作及數位倫理等核心能力。

當前的培育困境，體現在幾個關鍵能力的缺口上。首先是數據素養（Data Literacy），未來的醫事人員必須理解醫療數據的生命週期，從數據的產生、標註、清理到應用，並能辨識數據中潛在的偏誤，否則便可能無意中採信了由偏差數據訓練出的AI模型，從而做出錯誤的決策。其次是演算法識讀（Algorithmic Literacy），即便不需成為程式設計專家，也應對AI模型的運作原理、適用範圍與內在限制有基礎的認知，理解其「黑箱」特性，並懂得如何解讀其輸出的機率與信賴區間。再者是人機協作能力，這不僅是軟體操作，更是知道何時應採信AI、何時應質疑AI，並在兩者判斷衝突時，能基於專業倫理做出最終裁決的智慧。最後，則是數位倫理（Digital Ethics），涵蓋了對數據隱私、演算法公平性、以及AI決



策責任歸屬的深刻反思。更深層的風險在於「認知去技能化」(Cognitive Deskilling)，當年輕一代的醫師過度依賴 AI 進行思考與決策，其自身的臨床推理與獨立判斷能力可能在不知不覺中萎縮，甚至面臨專業價值被 AI 取代的風險。

若不即刻啟動系統性的教育改革，未來培育出的醫事人才，恐將難以駕馭智慧醫療的複雜工具，無法發揮其最大效益。然而，危機亦是轉機。臺灣在全球智慧醫療的浪潮中，擁有得天獨厚的利基。我們不僅擁有世界級的醫療水準與服務體系，為 AI 的臨床驗證與落地提供了最佳的試驗場域；更具備頂尖的資通訊 (Information and Communications Technology, ICT) 與半導體產業，為發展本土化的「主權 AI」提供了堅實的技術後盾。此外，覆蓋全民的健康保險制度所累積的龐大數據資產，若能在嚴格的個資保護與倫理規範下妥善應用，將成為訓練高品質 AI 模型的珍貴資源。若能善用此一利基，將 AI 思維與工具深度融入醫事人員的養成教育 (大學課程) 與在職訓練 (繼續教育)，不僅能化解人才斷層的危機，更有機會創造臺灣下一世代的醫療競爭優勢，確保全民的永續健康福祉。

### (三) 擘劃藍圖：本建言書之目的與架構

為應對此一攸關民生福祉與國家發展的重大議題，一個宏觀、跨域且具前瞻性的國家級戰略刻不容緩。本建言書旨在從國策的高度，全面性地剖析 AI 導入醫療體系所衍生的挑戰與契機，並提出一套系統性的政策解方。我們不僅將深入探討 AI 在內科、外科、急重症、醫療影像乃至社區護理等多元臨床場域的應用前景與實踐困境，更將聚焦於建構一個得以永續發展的智慧醫療生態系。此生態系的穩固，奠基於四大核心支柱之上，缺一不可：

1. 法規基石：確立健全的法律框架是導入 AI 應用的前提。這不僅包括對被歸類為「軟體即醫療器材」(SaMD) 的 AI 系統進行科學化監管，更需正視大量非屬醫材 AI (如行政輔助、文獻分析系統) 所處的「監管灰色地帶」。一個完善的法規體系，必須釐清當 AI 輔助決策發生失

誤時，開發商、醫療機構與臨床人員之間的法律責任歸屬；同時，也需建立與時俱進的數據治理規範，在促進數據可用性與保障病患隱私之間取得平衡。這是保障病患權益與醫事人員執業安全、建立公眾信任的關鍵。

2. 人才培育：系統性地改革醫事人員的養成與在職教育，是應對 AI 挑戰的根本之道。此改革需貫穿大學醫學教育、畢業後一般醫學訓練（PGY）、專科醫師訓練乃至所有醫事人員的繼續教育。課程內容應超越傳統的知識傳授，納入數據素養、演算法識讀、人機協作與數位倫理等核心能力。同時，也應善用 AI 與數位科技（如虛擬病人、VR/AR 模擬訓練）來革新教學模式，以厚植能駕馭人機協作新模式的跨領域人才。
3. 倫理準則：科技的發展必須始終回歸人性的關懷。本建言書將深入思辨 AI 應用所帶來的倫理挑戰，包括演算法中潛藏的數據偏見可能加劇健康不平等、AI 的「黑箱」特性對醫病知情同意構成的挑戰，以及在護理等高度依賴人際互動的場域中，如何避免科技導致照護的「去人性化」。我們主張應建立清晰的倫理治理規範與審查機制，確保科技的應用符合公平、透明、可究責且有益於人類福祉的最高原則。
4. 給付制度：創新若無永續的商業模式，終將難以普及。將成熟、具備臨床實證效益的 AI 軟體與服務，審慎評估並逐步納入全民健康保險給付，是確保 AI 醫療應用得以普及、永續發展並持續創新的命脈。借鏡德國的 DiGA 制度、美國的 CPT 碼與臨時給付機制，臺灣應建立一套價值導向、具彈性且能鼓勵創新的給付模式。提供合理的經濟誘因，不僅能驅動產業投入研發，更能鼓勵醫療機構採納新技術，最終形成一個讓病患、產業與醫療體系三贏的正向循環。

期盼本建言書能針對上述四大支柱，提出具體、務實且環環相扣的政策建言，作為政府、醫療機構、學術界及產業界凝聚共識、協同行動的政策藍圖。



## 第一章

# 人工智慧對於臨床醫療影響與資安／ 倫理議題探討

**陳鈺雄** 國立陽明交通大學科技法律學院院長

### 摘要

隨著人工智慧（AI）技術的飛速發展，其在全球各產業的應用日益深化，醫療照護領域亦迎來前所未有的變革。從輔助診斷、藥物開發、行政流程簡化，到個人化的病人照護，AI 正逐步滲透醫療服務的各個層面，展現出提升效率與品質的巨大潛力。然而，這股科技浪潮在帶來機遇的同時，也對現行的臨床醫事人員訓練、醫療法規、倫理規範及責任歸屬帶來了嚴峻挑戰。本文旨在系統性地闡述 AI 在醫療領域的應用類型、潛在的風險與挑戰，以及為了確保病人安全與醫療品質，我們應如何從法規、治理、教育訓練等面向進行調整與應對，從而為智慧醫療的健康發展打下堅實基礎。

---

## 第一節 AI 在醫療應用的多元性與未來展望

人工智慧在醫療領域的應用已展現出多元化的樣貌，從傳統的分析型 AI 到近年備受矚目的生成式 AI（Generative AI），其應用範疇正不斷擴大。分析型 AI 主要透過機器學習、深度學習等技術，對龐大的醫療數據進行模式識別與預測，例如在醫療影像判讀上，AI 能輔助醫師更快速、精準地識別腫瘤、病變等異常，或在基因定序分析中找出潛在的致病基因。而生成式 AI，如大型語言模型，則具備了創造與生成內容的能力，可應用於自動撰寫病歷、與病人進行初步問診、整理最新醫學文獻以提供臨床決策參考，甚至在醫學教育中創建虛擬病人案例，供學生進行互動式學習。這些應用不僅有望分擔臨床人員繁重的行政工作，更能提供嶄新的視角，輔助處理複雜的醫療個案。甚至有某國家催生了「元宇宙醫院」（Metaverse Hospital）的概念，預示著一個將虛擬實境、遠距醫療與 AI 高度整合的全新醫療服務模式，讓醫療照護超越物理空間的限制。

---

## 第二節 監管的灰色地帶：非屬醫材 AI 之安全與倫理挑戰

儘管 AI 的醫療應用前景廣闊，但其監管機制卻存在顯著的缺口，許多 AI 應用程式的安全性與倫理遵循缺乏明確的標準與守門人。目前，各國的醫療器材主管機關，如美國食品藥物管理局（FDA）或我國的食藥署（TFDA），已針對被歸類為「軟體即醫療器材」（Software as a Medical Device, SaMD）的 AI 系統，頒布了核准標準與生命週期治理的準則。然而，大量的 AI 應用，特別是用於行政支援、後勤管理，甚至是部分臨床決策輔助系統，並未被歸類為醫療器材，因此不受其管轄。例如，像 IBM Watson Health 這類分析醫學文獻並提供資訊的生成式 AI 系統，可能被視為與醫學圖書館資料庫無異，而這類系統如同個人電腦一般，無需經過 FDA 的審核批准。此一現象導致醫院在引進這類 AI 應用時，可能缺乏常設的審查機制來評估其資訊安全、數據隱私與倫理合規性，多數智慧醫療中心的重心仍偏向應用發展，而非風險管控。更有甚者，某些 AI 應用是否應納入醫材管理本身就是一個爭議點，例如我國曾將數位分流軟體列為醫材管理，便引發了廣泛討論。為補充此一監管空缺，歐盟在其《人工智慧法》（AI Act）中試圖建立更廣泛的 AI 治理框架，但同時也做出協調，於 2024 年宣布，若 AI 醫材已符合 MDR Class IIa 或更高等級的認證，則無需再取得 AI Act 所要求的額外認證，顯示出在既有法規與新興 AI 法規間尋求平衡的努力。

### 第三節 各國品質保證機制的探索與建立

面對非醫材 AI 所帶來的監管挑戰，各國應積極考慮建立全面的醫療照護 AI 品質保證機制。一種直接的思路是與時俱進，重新審視並擴大醫療器材的定義範疇，特別是在軟體醫材領域，將更多具備臨床影響力的 AI 應用納入其中，使其接受更嚴格的上市前審查與上市後監管。美國 FDA 提出的「優良機器學習規範」（Good Machine Learning Practices）與「全產品生命週期」（TPLC）方針，便為 AI 醫材的持續監管提供了一個良好範本。此框架涵蓋了從模型開發階段的數據選擇、模型訓練與驗證，到部署後的模型監控與真實世界效能評估，確保 AI 模型在真實臨床環境中能持續維持其安全性與有效性。另一種互補的策略則是透過專門的 AI 法律，建立一個更廣泛的 AI 治理架構，為那些未被納入醫材管理的 AI 應用，提供必要的認證標準與行為準則。例如，英國國家醫療保健系統（NHS）在 COVID-19 大流行期間，建立了一個 NHS Apps Library，該機制雖非強制性的審查，卻透過一套公開的評估標準，審核業者自願送審之健康應用的網路安全性、效果及可靠性，藉此引導病人選擇值得信賴的數位健康工具，這種「準核准機制」（quasi-approval mechanism）為提高 AI 應用的整體品質，提供了一個務實且有效的參考模式。



## 第四節 我國的應對策略：打造負責任 AI 執行中心

為應對智慧醫療的發展趨勢，並解決產業落地、臨床取證與健保給付這三大核心問題，我國衛生福利部亦積極擘劃本土的醫療 AI 治理規範，提出了成立「負責任 AI 執行中心」的構想。這個由產官學研共同參與的中心計畫，旨在打通智慧醫療產業發展的「最後一哩路」，其核心使命是專注解決臨床 AI 應用中常見的偏見、隱私、不透明以及效能遞減等挑戰。該中心將透過制定符合資安與隱私保護的管理辦法，要求開發者公開 AI 模型的資料、演算法與效能等重要資訊，並提供可解釋性分析，以提升系統的透明度。同時，中心也將導入 AI 模型的生命週期管理概念，確保 AI 在臨床應用中能夠持續維持其可靠性與安全性。此一舉措不僅希望能有效促進 AI 醫療應用的安全落地，更有助於推動國內整體 AI 醫療產業的蓬勃發展，建立一個值得信賴的智慧醫療生態系。

---

## 第五節 AI 對臨床工作流程的雙面影響

人工智慧的導入，對臨床人員的日常工作帶來了顯著的優勢，卻也伴隨著不容忽視的隱憂。在診斷與臨床照護方面，AI 能高效整理過往病例，協助醫師處理複雜個案，並基於巨量的醫學文獻與數據提供創新的診斷視角。在行政工作上，AI 能自動生成病歷摘要、處理文書工作，大幅簡化行政流程，讓醫護人員能將更多時間專注於病人照護。對於病人指引，AI 的語言翻譯功能與虛擬健康助理角色，有助於改善醫病溝通。然而，這些優勢的背後潛藏著多重風險。AI 系統可能產生模糊、不完整甚至完全錯誤的回答。其決策品質高度依賴訓練資料的品質，若資料存在偏誤，AI 的回答便可能帶有系統性的歧視。過度依賴 AI 更可能導致臨床人員的核心技能退化，產生「自動化偏誤」。此外，病人的知情同意、數據隱私、演算法的偏好與無法問責性，以及缺乏專業人員有效監管等，都是亟待解決的倫理與實務挑戰。

---

## 第六節 智慧醫療的系統性風險與挑戰

除了對臨床工作流程的直接影響，AI 在醫療領域的廣泛應用還帶來了一系列更深層次的系統性風險。首先，「高估 AI 的優勢」是一項普遍存在的認知偏誤，人們可能對發展中的技術抱持過度樂觀的期待，從而忽視其現階段的技術限制、安全漏洞，甚至誤信廠商尚未實現的宣傳話術。其次，「取得方式」的差異可能加劇醫療不平等，若強大的 AI 技術由少數供應商壟斷，並採取昂貴的訂閱制或分級功能更新，將導致資源豐沛的機構與資源匱乏的機構之間出現數位落差，影響病人接受高品質醫療的機會。第三，「系統偏差」是 AI 最核心的風險之一，訓練數據中潛藏的社會偏見或抽樣偏差，會在使用過程中被 AI 模型不斷放大，進而產生歧視性的結果，對弱勢群體造成不公。第四，AI 的普及將衝擊「勞動力需求」，雖然能取代部分基礎的文書與勞力工作，但也可能導致相關人員的失業，而新興的 AI 相關工作崗位，則可能面臨薪資偏低或工作條件不佳的問題。第五，對 AI 系統的「過度依賴」可能使整個醫療體系的自主性變得脆弱，一旦 AI 系統出現故障、遭受攻擊或因商業因素停止服務，將對醫療運作造成重大衝擊，甚至動搖大眾對醫療體系的信心。最後，「資訊安全」始終是智慧醫療的基石，病人的敏感健康資訊若因資安漏洞而外洩，其後果不堪設想，因此資安防護技術的強度，直接決定了醫療 AI 的可信度與安全性。

## 第七節 數據偏誤的根源與衝擊

臨床人員在使用 AI 時，必須深刻認知到數據偏誤的普遍性及其可能帶來的嚴重後果。數據偏誤的來源是多方面的。首先，在資料標註階段，特別是處理非格式化的醫療紀錄或影像時，標註者的專業資歷、經驗背景，以及在處理有爭議個案時所採用的判斷標準，都會直接影響數據標註的品質與一致性。其次，數據偏誤會形成惡性循環（偏誤循環），當帶有偏見的數據被用來訓練 AI 模型後，模型會產出帶有同樣偏見的決策，而這些決策又可能被回饋到系統中，進一步強化原有的偏見，對少數或弱勢群體造成持續性的不利影響。一個經典的例子是，美國有研究發現，由於非裔美國人歷史上使用醫療資源的頻率較低，AI 演算法在分析數據後，竟得出白人比非裔美國人更需要醫療補助的結論，這顯然是將歷史上的不平等當作了合理的分配依據。此外，「選擇性偏差」也是一個常見問題，一篇研究比較了美國 HIPAA 法案實施前後的病人資料登錄情況，發現在要求更嚴格的書面同意後，願意提供資料的病人群體，在年齡、種族、婚姻狀況乃至健康狀況（死亡率較低）上，都與未同意者有顯著差異，這意味著基於自願原則建立的資料庫，其數據本身就存在潛在的偏差，無法完全代表真實世界的病人群體（David Armstrong et al., Potential Impact of the HIPAA Privacy Rule on Data Collection in a Registry of Patients with Acute Coronary Syndrome, 165 Archives Internal Med. 11,25 , 2005.）。這些從真實世界不平等到數據偏誤，再到 AI 設計與應用不公的循環，深刻地揭示了技術與社會公平之間複雜的互動關係。

## 第八節 新興應用的隱私權困境

隨著 AI 技術的演進，許多新興應用也帶來了複雜的隱私權問題，挑戰著現有的法律與倫理界線。以「自動生成病歷」為例，為了實現此功能，系統通常需要即時錄下醫病之間的對話。根據我國《醫療機構醫療隱私維護規範》，在診療過程中若要錄音或錄影，應先徵得對方同意。這便引發了一系列問題：醫院是否應在每次診療前都明確告知，並取得病人的同意？病人是否有權選擇退出（opt-out）此類紀錄？病人是否可以要求刪除儲存在聊天機器人或雲端上的對話資訊，以防止其被用於未來的模型訓練？我國憲法法庭 111 年憲判字第 13 號判決意旨強調，病人的退出權應以法律明確規範之。美國醫學會（American Medical Association）的倫理原則也主張，個人應有權選擇退出、更新或遺忘其數據在生成式 AI 工具中的使用，且此權利應涵蓋模型訓練數據（American Medical Association, Augmented Intelligence Development, Deployment, and Use in Health Care, November 2024, page 19, available at <https://www.ama-assn.org/system/files/ama-ai-principles.pdf>）。

除了病歷生成，應用於復健照護的機器人也帶來了兩難。這類機器人能持續監控病人的生理徵兆，例如透過翻身來避免褥瘡，或提供心理支持。然而，這種持續性的監控與病人的隱私權之間如何平衡，是一大挑戰。其外觀設計也需考量「恐怖谷理論」，避免因過於擬人而引發使用者反感。更深層的是，其心理支持系統究竟是增強病人的自我控制感與自信，還是可能構成一種不易察覺的「心智操弄」，其界線十分模糊。

另一項新興技術「擴增實境（AR）」在近距離照護上的應用，同樣伴隨著隱私疑慮。醫護人員透過 AR 眼鏡可以快速獲取病人的診斷資料、接收警示訊息，甚至獲得遠距專家的即時協助。但這也意味著診療過程可能被全程錄影並儲存於雲端。這些影像資料可能包含病人極度私密的身體部位，甚至可能錄到病房內其他不相關人員，從而侵犯多方隱私。就連醫事人員透過 AR 所見的內容本身，也可能涉及其個人隱私。這些問題都亟需建立完善的規範與技術保護措施。

## 第九節 AI 醫療的責任歸屬：法律的挑戰

當 AI 介入醫療決策，一旦發生不良事件，責任歸屬便成為一個極其複雜的問題。首先，AI 的出現可能改變現行法律對於「醫療水準」的認定。根據我國《醫療法》第 82 條，醫師的注意義務應以「當時當地」的醫療常規、水準等客觀情況為斷。然而，當一個經 FDA 核准、可自主檢測糖尿病視網膜病變的 AI 系統（如 IDx-DR）被家庭醫師使用時，這位家庭醫師的注意義務標準，是否應提升至眼科專科醫師的水平？反之，一位資淺的專科醫師，在使用有資深專家數據加持的 AI 輔助後，是否應被要求達到資深專科醫師的醫療水準？這些問題都將衝擊傳統上以醫師個人專業能力為核心的責任判斷標準。

當 AI 醫材直接做出決策，例如自動調整胰島素劑量的「人工胰臟」或自動採血的機器人時，若造成損害，其法律性質可能被視為「產品」或「服務」，從而適用我國《消費者保護法》的無過失責任。其責任原因可能來自於演算法本身的「設計瑕疵」、特定批次產品的「製造瑕疵」，或是未能充分告知風險的「欠缺警示」。與此同時，臨床人員的責任並未完全免除，他們仍有義務注意 AI 系統發出的警示內容是否有所改變，並有責任依據《醫療器材嚴重不良事件通報辦法》向主管機關通報不良事件，若未盡到這些義務，仍需承擔相應的法律責任。

## 第十節 警示義務與專家中介原則

在產品責任中，「警示義務」（Failure to Warn）是一個核心概念。約翰霍普金斯大學的研究曾指出，達文西手術機器人的併發症存在被低報的現象，這凸顯了透明、獨立的數據收集對於評估真實風險的重要性。我國法院實務上對於警示義務的判斷，多以「危險是否可預見」為標準，即企業經營者對於消費者不正常使用產品可能發生的、且非眾所周知的危害，若能預見，則負有警告義務。然而，醫療器材的特殊之處在於，其使用者通常並非直接的終端消費者（病人），而是透過「專業人員」（如醫師）作為中介。

為此，美國法上發展出了「專家中介原則」（the learned intermediary doctrine）。該原則認為，醫療器材製造商的警示義務，主要應針對醫師等專業人士，而非直接對病人。因為醫師憑藉其專業知識，是評估特定病人使用該器材的風險與效益的最佳人選，他們可以將製造商提供的專業警示資訊，轉化為病人能夠理解的語言，並在醫病關係中進行充分的告知與溝通。在此原則下，只要製造商已對醫師提供了充分且適當的警示，原則上即可免除其對最終使用者（病人）的直接警示責任。然而，此原則並非無限上綱，若醫師的錯誤使用方式是製造商可以合理預見的，則製造商仍不能免責。例如，若達文西機器人的操作手冊未能充分警告某種常見的錯誤操作方式可能導致的風險，製造商仍需承擔產品責任。這也凸顯了產品使用說明書在責任劃分中的極端重要性。我國司法實務雖未明確採用此原則，但大法官釋字 767 號解釋的意旨，強調藥害救濟中應確認病人能透過醫療專業人員的充分告知，預見藥物不良反應的風險，與此原則的精神有相通之處。



## 第十一節 醫師訓練在責任風險中的關鍵角色

專家中介原則的適用，使得「醫師訓練」成為了製造商規避責任風險的關鍵環節，同時也成為法律訴訟中攻防的焦點。許多針對手術機器人的訴訟，其批評重點都集中在「廠商將複雜的設備大量銷售給訓練不足的醫師」。廠商提供的訓練課程是否足夠，成為一個核心問題。通常廠商僅提供一至兩天的短期訓練，但這對於掌握一台精密的醫療機器人是否充分，備受質疑。范德比爾特大學的 Dr. Joseph Smith 醫師便表示，他個人在執行了 150 次手術後，其手術結果才達到傳統開放式手術的水平，直到完成 250 次手術後，他才感到能真正熟練自如地使用機器（Melody Petersen, UCI doctors downplayed risks of surgical robot, on The Orange County Register, January 6, 2015, available at <https://www.ocregister.com/2015/01/06/uci-doctors-downplayed-risks-of-surgical-robot/>）。

在著名的 Estate of Fred E. Taylor v. Intuitive Surgical, Inc. (2013) 一案中，此爭議被鮮明地呈現出來。（本案主要內容，可參見 Patricia Guthrie & Joel Rosenblatt, Intuitive Wins Trial, Beats Negligence Claims (Corrected), at Bloomberg Business, June 11, 2014, available at <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-05-23/intuitive-wins-trial-defeats-negligent-training-claims>。）原告方主張，直覺外科公司（達文西手術機器人的製造商）向主刀醫師提供了錯誤的建議，告知其僅需一天的訓練和兩次督導手術，即可獨立操作達文西機器人，而提供此建議的訓練經理並無醫學背景。原告認為，正是因為醫師在訓練不足的情況下進行手術，才導致了病人術後出現嚴重併發症並最終死亡。儘管最終陪審團認定直覺外科公司已提供足夠訓練，對病人死亡無過失，但此案的審理過程本身，已清楚地揭示了華盛頓州法律要求醫療器材製造商有義務訓練醫師安全使用其產品。法院認為，陪審團必須審酌製造商是否已盡到「提供適當警告」及「給予醫師充分訓練與指示」的雙重義務。此案無疑為所有 AI 醫材廠商敲響了警鐘：僅僅銷售產品是不夠的，提供紮實、充分、且能確保臨床醫師熟練掌握的訓練課程，才是降低法律風險、保障病人安全的根本之道。

## 第十二節 結論

人工智慧為醫療領域帶來了革命性的變革，但其挑戰亦如影隨形。欲將 AI 安全有效地融入臨床實踐，絕非單純的技術引進，而是一項涉及法規、治理、倫理與教育的系統工程。首先，對於臨床醫事人員而言，持續的 AI 相關繼續教育至關重要。這不僅是學習如何操作新工具，更是要深刻理解 AI 系統背後的原理、潛在的侷限性、數據偏誤的風險，以及可能發生的安全問題，培養一種批判性使用 AI 的能力。其次，建立完善的通報機制，甚至將「系統錯誤但未導致不良反應」的情形也納入通報範圍，對於 AI 模型的持續改進與風險預防具有不可替代的價值。最後，回歸醫療的核心——醫病關係，無論科技如何進步，坦誠、透明的醫病溝通始終是基石。臨床人員有責任向病人說明 AI 在診療中扮演的角色、其益處與風險，並在取得知情同意的基礎上使用。唯有透過教育的普及、制度的完善與溝通的深化，我們才能在享受 AI 帶來便利的同時，確保病人安全，減少醫療糾紛，共同邁向一個更值得信賴的智慧醫療未來。

---

## 參考文獻

1. David Armstrong et al., Potential Impact of the HIPAA Privacy Rule on Data Collection in a Registry of Patients with Acute Coronary Syndrome, 165 Archives Internal Med. 11,25 , 2005.
  2. American Medical Association, Augmented Intelligence Development, Deployment, and Use in Health Care, November 2024, page 19, available at <https://www.ama-assn.org/system/files/ama-ai-principles.pdf>.
  3. Melody Petersen, UCI doctors downplayed risks of surgical robot, on The Orange County Register, January 6, 2015, available at <https://www.ocregister.com/2015/01/06/uci-doctors-downplayed-risks-of-surgical-robot/>
  4. Patricia Guthrie & Joel Rosenblatt, Intuitive Wins Trial, Beats Negligence Claims (Corrected), at Bloomberg Business, June 11, 2014, available at <https://www.bloomberg.com/news/articles/2013-05-23/intuitive-wins-trial-defeats-negligent-training-claims>.
-

## 第二章

# 數位化模擬病人及虛擬實境之臨床訓練模式

**梁仁峯** 國立陽明交通大學醫學系助理系主任  
臺北榮民總醫院教學部實證醫學科主任

### 摘要

模擬訓練在醫學訓練中有非常重要的角色，利用高科技的模擬訓練，如虛擬實境及擴增實境及高階病患模擬器，提升了模擬訓練的效果，被視為提升醫療訓練效能的利器之一。然而，此類模擬訓練的在真實世界的實際使用仍遭遇一些問題，如建置費用昂貴，擴充性低，使用學生或教師對教具的不熟悉或是接受度低等等，使得此類訓練的實際應用受限。本章將就此類訓練的現況做一簡短回顧，並整理專家會議討論的共識，進而提出改善此類訓練的具體政策建議。

## 第一節 數位化模擬病人

### 一、背景與文獻探討

模擬訓練在醫學訓練中有非常重要的角色。其優點包括避免直接使用真實病人做第一次練習（溝通技巧、操作技能……），提供個人化學習及重複練習的機會，並突破學習機會的限制。用真病人來模擬成本高昂，且不一定能夠成功模擬。現有模擬訓練經常利用真人（標準化病人）訓練，耗費人力與資源，而高階模擬人等數位化技術的應用相對不普及，目前主要模擬訓練部分，大部分醫療院所都具備臨床技能中心等專責單位，提供高階模擬人（如 sim-man）或虛擬及擴增實境等模擬器來進行。數位化模擬病患依設計大略可分為兩種，包括傳統的人形高階模擬病人，此類設計主要用於技能操作的訓練或合併臨床決策及技能操作的訓練。而這幾年來流行的智慧型虛擬患者是一個基於電腦的程序以模擬臨床案例，允許學習者做出治療和診斷決策。這些病患模擬器被期待可以適應學習者的需求，模仿現實生活中的患者與臨床醫生的互動，並與改善學習成果相關。其系統可以模擬門診或急診問等臨床情境中，並以自然語言與使用者對話互動，呈現人體外觀徵候（例如：發紺、蒼白、黃疸、皮膚疹子等），或行為表現。也有全國性的競賽，如醫學生高擬真競賽、臨床診療技能競賽，鼓勵各校學生參加，以刺激臨床推理能力的訓練。目前各類病人模擬器應用的環境包括急救訓練（如 ACLS、婦兒科的新生兒訓練、呼吸重症訓練等等）、臨床醫學生的問診及鑑別診斷訓練等涵蓋畢業前和畢業後訓練。雖這類科技輔助教學的應用已成趨勢，也是這幾年醫療科技展的熱點之一。但主要的問題包括 1. 建置應用成本高（包括成本昂貴、管理不易），高階模擬人動輒數百萬起跳，擴充度及耐用性也是挑戰。2. 這些硬體的易用度（system usability）大部分仍有待加強，也就是學員是否覺得這些軟硬體方便使用，樂於使用，是否會造額外的學習負擔等等。以目前許多病患模擬器來說，其易用度並非令人滿意的，甚至擬真性也不盡人滿意。先

前研究指出數位化與虛擬實境訓練均可提升學員的臨床決策與溝通能力。人工智慧的概念雖然已出現很久，但過去應用上較侷限。早期的人工智慧主要的技術核心是機器學習（machine learning），而後推展到深度學習（deep learning），這些人工智慧協助專業人員發展診斷辨識的工具。而後自然語言處理（Nature Language Processing），則是致力降低讓機器和使用者的溝通障礙。而隨著近三年來，以大語言模型為基礎的人工智慧應用程式，如 ChatGPT 等等生成式 AI 爆炸性的發展，人工智慧的應用門檻大幅的下降，而應用的範圍則大幅的增加，在 LLM 合併 RAG（檢索增強生成）技術後，在醫學教育的應用也日廣。許多關於 AI 應用於醫學教育的案例也被分享。2024 年有幾篇經典的文獻整理了現今 AI 於醫學教育方面的應用。AI 無論在入學的篩選、教學和學員的學習評估上都可以做出貢獻。在 191 篇案例分享的回顧中，在目前已被報告的 AI 醫學教育研究中，主要來自北美（49.6%）和歐洲（18.4%）。東亞部分則占約 7.9%。AI 最被廣泛應用的面向是作業的修改（summative assessment completion）和表現的評估（performance analysis, n=19），接下來則是表現的預測與模擬訓練（如虛擬病人等）。臨床推理的評估與教學應用方面的 AI 研究主要皆是介紹模擬病人的系統，也有協助生成臨床推理案例的報告。新的方向在於利用自然語言技術使 AI 應用程式可以分析學生的回應和推理過程，並根據學生的表現給予結構式的回饋。但這類訓練的成效評量和使用經驗評估仍較缺乏。

總結以上分析，數位化模擬病人是重要的訓練趨勢，而生成式 AI 應用於醫學教育的面向的確逐漸增加，但在亞洲的發展仍然還在起步階段。如果能利用生成式 AI 在語言方面及擴充性上的優勢於數位化模擬病人系統，將可解決數位模擬病人目前使用上的劣勢——昂貴且擴充性不佳。此外，應用結合生成式 AI 的模擬訓練進行教學訓練，在一些小規模的研究中的確顯示能夠增加教學效率，提升教學品質，但普及性仍不足，接受度及大規模的使用上經驗也不是非常的足夠，這都是未來希望加強及應用推廣的重點。

## 二、本土情境所面臨之挑戰

臺灣雖然科技產業發達，然而引進任何新科技於教育領域的應用，最大的挑戰仍是需能夠瞭解將推廣應用的場域（如各醫院）的文化與情境脈絡，方能據此整合出符合本土需求的發展和推行的策略。一系列本土田野調查及專家資訊的結果，將當前本土應用的幾個主要挑戰條列如下。

### （一）師生對於新科技的接受度

醫學訓練的發展，經常是基於師徒相傳的訓練模式。好的引導教師是非常重要的推手。傳統臺灣的醫學教育訓練中，資訊相關的訓練相對較少，許多醫學院也並非綜合大學，與資訊背景相關的專家接觸機會較少。在本土的情境調查中，一些專家提出了一些看法，諸如：「科技接受度仍是巨大的挑戰，許多師生對新科技的熟悉度是推廣的障礙。」「學生初次使用需要時間學習操作，也增加了指導老師的負擔。」科技的介入經常變成學生新的學習負擔，影響原本的學習效果。如果系統不可親或是使用上限制較多，更會減少師生應用使類資源學習的機會。如何打破科技給人艱澀複雜的印象，創造直覺易上手的使用系統，是當前面臨的第一個挑戰。

### （二）軟、硬體成本高昂

再者，由於 AI 等教育科技的迅速發展，一時之間已成顯學，因此各大教學醫院及醫學院也投注大量心力及資源於此。然而資訊發展的速度飛快，軟硬體的整合，系統間的相容性等等的問題，都讓許多使用單位感到壓力沉重。

實際訪談臺灣醫學教育專家也提到了這樣的看法，包括：「教案開發耗時費力，製作新的數位教案需要大量人力投入。且設備更新成本高昂」；「軟硬體設備需持續更新，帶來龐大的財政負擔」；「醫療 AI 設備更新速度快，投資高」；「費用昂貴，但有效使用期限可能很短，建議需評估其在教育上的實際效益和持續性，而非盲目採購。」

因此，如何降低這些開發的負擔，讓應用科技的教育訓練真的能減輕，而非增加醫院的負擔也是目前的當務之急。



### （三）訓練內容

根據實際已經進行的訓練的經驗中，則提到了目前訓練還需要補強的部分。

「模擬訓練內容可能因資料來源的偏差，導致對某些少數族群的適用性不足。」訓練時須注意是否有類似問題（如模擬訓練中，只偏重特定情境、背景，無法模擬到某些特定族群）並安排實際臨床訓練彌補。此外，目前的模擬訓練與真實臨床情境仍存在一些差異，也需要思考因應之道，包括：

1. 是否可能有模擬參數、情境的誤差？（如模擬的病患資訊主要是根據於非本土情境的資料）。這些誤差可能導致臨床不適用，甚至造成實際醫療疏失。
2. 技能操作（如插管、CVP 置入）時，病人實際掙扎、家屬慌亂、現場緊迫等情境，難以完全透過模擬重現，導致心理層面與臨場感的不足。
3. 現行模擬無法完全取代實體經驗累積，醫師仍需實際接觸病人以避免操作時的陌生感或恐懼。

上述各種目前模擬訓練的限制，應思考是否列入未來的訓練指引並須供技術發展單位參考。

### （四）需突破的科技發展

此外，目前 AI 語音對話系統仍有技術瓶頸，語音轉文字、AI 推理與文字轉語音的過程仍不夠流暢，導致互動延遲。此外語音技術須包含感情的模擬成分，如能夠精準呈現病患的情緒更能增加模擬訓練的效能。中文化的系統也將提供更友善的使用體驗，增加使用者的使用動機。



## 第二節 虛擬實境、擴增實境與元宇宙的應用

### 一、背景與文獻探討

虛擬及擴增實境（virtual reality; VR and augmented reality; AR），也是一種模擬訓練的策略。利用這些科技，創造一個空間性的模擬。VR 能提供高沉浸感的模擬環境，而 AR 則強調虛擬物件與真實世界的結合。目前主要 VR/AR 的應用在解剖相關或是較不便於到達的場域之教學，如解剖學教學、手術室教學等。雖然大部分的應用教學場域則主要集中在臨床醫學生到初階訓練階段，但專科訓練部分有時也會利用擴增實境等技術來進行手術教學。大部分的虛擬實境訓練為達到沉浸性（因為是創造一個不存在的環境）的目的，需要使眼鏡或頭盔等設備，而目前醫用虛擬實境主要的軟硬體設備品牌包括微軟的 Hololens 系列及 HTC 的 VIVE 系列等。已有許多美歐知名醫學院或醫院，使用 VR 或 AR 技術輔助課程或是臨床訓練，有些甚至成立專責訓練單位來進行相關課程。而商用系統開發商，亦有舉辦相關的 AR/VR 訓練課程，培訓使用者熟悉這類系統的使用。臺灣也不乏許多教學醫院開發 AR/VR 為基礎的臨床技術訓練。近幾年來，整合數位模擬及 AR/VR 相關技術的元宇宙（Metaverse），也應用於醫療服務及部分教育訓練。元宇宙主要的特性是能夠打破使用者的人數限制、並且較為持久性。這類現實世界的延伸與疊加，模糊了虛擬與現實的界線。也提供了多人、跨單位跨領域共同學習的可能性。

### 二、本土經驗與挑戰

以虛擬及擴增實境進行的訓練，如同數位模擬病患訓練都是科技輔助的教學模式，面臨的挑戰有許多與前述的數位虛擬病人相似，本節僅就特指 VR/AR 及新增主題概念的部分加以論述。

#### （一）資源及成本考量

VR/AR 的軟硬體經費通常較為高昂，整合實際導入訓練的本土專家經驗整理出以下的挑戰：

### 1. 初期投入與人力需求：

雖然 VR/AR 是不可避免的趨勢，初期導入反而增加臨床人員負擔，需花費大量時間設計教案、場景拍攝與教學引導。

### 2. 設備維護與專人缺乏：

昂貴的 VR 設備（上百萬一組）需要專人維護與管理，但目前缺乏技術人員支持，導致負責醫師壓力過大，甚至難以為繼。

### 3. 空間限制：

VR 設備架設需要特定大小的空間。

### 4. 持續更新與成本：

醫學知識與技術日新月異，VR/AR 教案需不斷升級，帶來持續且龐大的經費投入。

## （二）需突破的科技發展部分

儘管 VR/AR 技術先進，但其主要為個人化使用，若要普及至大量臨床單位學員，如新進住院醫師或護理師，不僅採購與維護成本極高，且單人使用模式可能不如傳統示範教學有效率。且許多 VR 設備需配戴矯正鏡片，對於近視率高的學生是一大障礙，影響普及性。因此以下的技術可考慮來提升一般 VR/AR 的效果。

### 1. 裸眼 3D 技術：

例如光學模擬 3D 螢幕、浮空投影，作為 VR/AR 的替代方案，認為其更具多人共同學習的潛力。

### 2. 沉浸式多人學習環境：

建議開發沉浸式投影環境，透過多台投影機將立體畫面投射至周圍，或結合紗幕創造浮空效果，以解決多人共同體驗模擬情境的需求。或是開發可供共用的元宇宙系統或可達成多人同時學習的可能性。

### 3. 導入生成式 AI 於 VR/AR 裝置：

雖然目前有許多 VR/AR 的系統提供設計教案的軟體平台，使教學者可

以擴充 VR/AR 硬體系統的功能，但是大體來說，設計新教案仍是臨床應用的一大挑戰。教案創作者必須花費時間完成新的訓練內容。將生成式 AI 導入這類新的訓練工具將可以大幅漸少教案發展所需的時間及精力，提供更好的擴充性。

此外，不同數位醫療設備和課程常有品牌不相容的問題。目前市場缺乏將不同品牌數位課程內容轉換或共享的標準。導致各單位重複投資（例如醫學院校購入 A 品牌系統，但主要訓練醫院使用 B 品牌……），及影響教學與醫療院所的長期訓練。

更重要的是，如無固定標準可能導致跨平台資料轉換時可能出現失誤或失真，這在醫療應用上尤其嚴重，可能導致訓練錯誤或影響實際醫療判讀。

---

### 第三節 如何整合新科技於臨床場域教學

本節重點在於如何推動生成式 AI 結合目前的教育科技，以促進在職醫事人員的訓練。即使具備良好的科技知識及教材軟硬體，要達成有效的訓練成果，訓練提供或發展者還須具備教學相關的知識並了解相關的政策及限制。此外，若能降低應用的門檻，無論是減輕資源負擔、提供諮詢協助等，也將有助於科技在教學領域的落地生根。以下三個主題被認為將能促進新科技於臨床教學的使用。

#### 一、進修訓練設計

聚焦於現職醫師、護理人員等醫療專業人員的繼續教育，找出訓練的需求在哪裡；是否有已經做得很好的單位能夠將做法推廣，提供標竿學習將可減少重複開發的資源浪費。此外，可考慮訂定指引，內容包括：列舉具體實例，說明模擬訓練在特定科別（如眼科、外科機器人手術……）訓練中的必要性，因為這些領域傳統上實作學習機會較少。亦應包括 AI 及各種模擬訓練局限性的警示：清楚告知其侷限性及可能產生的錯誤，讓使用者了解應用 AI 之餘，不應偏廢哪些人類能力，這對正確引導 AI 應用至關重要。

#### 二、推動系統整合及科技開發

推動系統整合，避免不同品牌（如 HTC、Meta、Microsoft）的設備造成重複投資與資源浪費。彙整目前教育端的需求，提供給開發單位作為後續的參考。此外，AI 應用可能面臨駭客攻擊與資料變造的資安問題，例如駭客入侵急診影像資料庫，變造名人病歷資料進行攻擊。需要考慮如何預防此類問題。教學單位也應該培育具備使用科技進行教學的臨床教師，並應該有能夠與科技開發或是服務提供者對話的專責人員。

### 三、政策性支援的提供

- （一）成立或委託單位成立專責發展推行單位以推動全國性，跨單位整合。建立實際使用狀況的本土化資料，辦理競賽、分享會或研討會等活動收集標竿案例。
  - （二）制定具「政策宣示效果」的指引，類似學會倫理指引，指導 AI 在醫學教育中的應用。並考慮後續在各類評估中，加入此類指標，以增加臨床端使用此類科技的動機。
  - （三）提供實質補助，提供醫療院所或軟硬體開發單位實際的經費補助於成效研究及教學模組開發。
  - （四）促進跨領域的媒合，提供醫療業及科技業的對話機制與平台。
  - （五）建立資源共享機制，避免重複投資事倍功半。
-

## 第四節 政策建言與結論

### 一、結論

基於以上文獻回顧及歷次專家會議討論結果，在數位化模擬病人及虛擬實境之臨床訓練模式此議題仍有相當的挑戰，與其他各節相關的議題（個資資安、倫理等等）將於其他章節敘述。現今主要挑戰包括：（一）如何提升臨床教師及學生對此類訓練的熟悉度使之能夠內化為常規訓練，而非「新奇的」訓練的一部分。（二）如何整合資源，集中力量，避免各機構各自投入重複的資源，事倍功半。（三）是否能有國家級的指引或是政策來引導或催化此類教學的發展。

### 二、具體政策建議

#### （一）短期

#### 1. 指派（或成立）專責功能性小組負責利用模擬及人工智慧應用於醫事人員訓練的整合性計畫

此專責功能小組工作內容包括：（1）收集各專科及職類利用模擬及人工智慧訓練的現行做法與需求。（2）舉辦各項全國性訓練及作為聯繫及媒合的平台。（3）定期進行成效評估和計畫檢討。

#### 2. 鼓勵利用模擬及人工智慧訓練進行教育訓練的訓練計畫

以研究計畫鼓勵進行利用模擬及人工智慧進行在職教育訓練的成效研究，其研究成果評估必須包括但不限於 Kirkpatrick Level 之第三、第四面向（結果及產生影響）、系統易用度（或接受度）、實際使用的狀況。視研究結果鼓勵值得進一步開發及推廣的訓練計畫。

#### 3. 媒合醫學教育及產業界相關單位

舉辦成果發表會或座談會，邀集相關產學界及醫學教育相關單位參與，透過分享促成現行教育科技訓練的原型（prototype）或概念能夠得到具體實現的機會。如現行 VR/AR 或各種病人模擬器訓練多半擴充性較為

侷限，可考慮利用生成式 AI 提升此類訓練的擴充性。此類概念需要有熟悉的科技產業界協助開發。

## (二) 中期

### 1. 制定 AI 及數位科技在醫學教育中的應用指引及規範

政府投入資源，並在管理上制定具「政策宣示效果」的指引或規範，其用意包括（1）鼓勵此類科技應用於臨床教學，提供機構或臨床教師進行此類教學的動機。（2）指導此類科技在醫學教育中的進行原則，避免此類教學的不當使用或是反效果（如 deskilling……）。訂定指引或規範的辦法可再考量。如從軟性的應用指引開始，視情況推進到評鑑等條文。

## (三) 長期

### 1. 成立教學訓練資源共享機制

以國家隊概念建立數位化訓練模組分享機制。可行作法包括：（1）邀請各醫療機構就執行成熟，成效優良的訓練模式，以政策鼓勵引導其分享經驗及技術。（2）針對未被滿足的需求，可由特定機構認領特定主題，提供其資源進行發展，（如重症教學訓練、護理教學訓練等）。由整合中心定期收集訓練資訊，持續分享資訊給所有訓練單位，供其他機構參採其訓練模式。

---

## 參考文獻

1. 蔡淳娟 (2023). 智慧型虛擬病人帶來臨床推理訓練的新視野 . 醫療品質雜誌 , 17(5), 12-17.
  2. Gordon, M., Daniel, M., Ajiboye, A., Uraiby, H., Xu, N. Y., Bartlett, R., ... & Thammasitboon, S. (2024). A scoping review of artificial intelligence in medical education: BEME Guide No. 84. *Medical Teacher*, 46(4), 446-470.
  3. Issa, W. B., Shorbagi, A., Al-Sharman, A., Rababa, M., Al-Majeed, K., Radwan, H., ... & Fakhry, R. (2024). Shaping the future: perspectives on the Integration of Artificial Intelligence in health profession education: a multi-country survey. *BMC Medical Education*, 24(1), 1166.
  4. Thesen, T., Alilonu, N. A., & Stone, S. (2024). AI Patient Actor: An Open-Access Generative-AI App for Communication Training in Health Professions. *Medical Science Educator*, 1-3.
  5. Abdalnour, R. E. E., Gin, B., & Boscardin, C. K. (2025). Educational Strategies for Clinical Supervision of Artificial Intelligence Use. *New England Journal of Medicine*, 393(8), 786-797.
-





## 第三章

# 人工智慧導入臨床醫事人員之教育訓練

**胡朝榮** 臺北醫學大學醫學院院長

### 摘要

人工智慧（Artificial Intelligence, AI）正逐步成為醫學教育與臨床訓練的重要元素，其應用範圍已從基礎知識建構延伸至臨床推理、技能操作與跨職類協作之養成。本章節彙整 AI 導入醫學教育與臨床訓練的多重功能與策略，並提出政策與制度面之建議，以探討其制度化與永續發展之可能性。

首先，在教育端，AI 主要展現六大功能，包括知識整合、臨床技能訓練、決策推理支持、即時評量、教材生成及學習歷程監測，並透過虛擬病人模擬、臨床技能自動化評量、智慧診斷演練與學習分析平台等模式，強化學生之臨床思維與溝通能力。在臨床端，AI 的核心價值則集中於三方面：其一，提供病例與影像分析以支援診斷推理與臨床判斷；其二，應用於縫合、內視鏡及超音波等操作技能訓練，透過即時回饋提升學習曲線；其三，透過學習分析與績效儀表板整合學習數據，協助師生持續檢視進展並進行針對性補救。以 PGY（Postgraduate Year）課程為例，AI 可分階段

融入病歷書寫、臨床判斷、病人溝通與處方安全模組，在不增加學習時數下提升訓練成效。

此外，針對醫師、護理師、藥師及放射師等不同臨床職類，AI 亦展現差異化應用價值。醫師可透過決策支援系統及虛擬病人演練強化臨床判斷，護理師可利用智慧轉錄與模擬平台提升紀錄與急重症應變能力，藥師可藉由藥物知識圖譜與衛教模擬強化用藥安全，放射師則能透過影像辨識與安全模擬增進診斷與病人防護意識。師資角色亦隨之轉型，從傳統知識傳遞者拓展為課程設計者、人機協作引導者、倫理監督者與反思促進者，並需具備 AI 素養、教材設計、跨域溝通及教學反思等核心職能。

最後，本章強調制度化與政策支持之必要性：建立具 AI 支援的學習歷程與績效儀表板，能促進「學習—回饋—改進」的循環，提升教育透明度與精準度。同時，需透過國家級推動藍圖，涵蓋試點模組、跨校整合與國際接軌三階段策略，並建構核心能力框架、跨部門治理機制、資源共享平台及倫理規範，以確保 AI 應用兼顧專業價值與病人安全。

## 第一節 AI 醫學教育的轉型現況與發展契機

21 世紀的醫學教育正值劇烈的知識與技術變革時期，人工智慧（Artificial Intelligence, AI）作為數位醫療的核心驅動力量，已不僅是臨床診斷與治療的輔助工具，更逐步成為醫學教育中無可忽視的關鍵要素。AI 技術涵蓋影像判讀、自然語言處理、臨床決策支持系統（Clinical Decision Support Systems, CDSS）、智慧病歷生成與知識檢索等多種應用，其滲透範圍已從醫療場域擴展至醫學教育體系（Chan & Zary, 2019; Masters, 2019）。

傳統的醫學教育模式以師徒制與臨床情境學習為核心，但隨著醫學知識爆炸式增長與醫療場域數位化進展，這一模式已面臨前所未有的挑戰。Topol（2019）提出「深度醫療（deep medicine）」的觀點，認為 AI 並非去人性化，而是釋放醫師與學生免於繁瑣重複任務，使其有更多時間專注於病人關懷與臨床思維培養（Topol, 2019）。這顯示醫學教育必須重新思考教師角色定位、課程設計邏輯、學習歷程追蹤方法，以及如何將 AI 作為培養學生核心素養的平臺。

因此，本節旨在探討 AI 與醫學教育整合的背景脈絡，從教育結構性挑戰切入，進一步分析國際與亞洲案例，最後回到臺灣現況進行分析。

### 一、醫學教育的結構性挑戰

現行醫學教育制度在知識更新速度、臨床資源有限與師資差異化等面向，正逐漸顯現結構性困境：

#### （一）知識爆炸與時間壓力

根據 Densen（2011）的分析，醫學知識的總量已遠超過傳統教育模式所能承載，並且更新週期逐漸縮短，醫學生必須在有限的訓練時間內學習龐雜的內容，包括基礎醫學、臨床技能以及跨領域的新興知識（如基因醫學、人工智慧應用等）（Densen, 2011）。然而，傳統以課堂講授和臨床實習為主的模式，難以同時兼顧廣度與深度，導致學生容易面臨知識碎

片化、無法有效整合應用的困境。

在此背景下，新型數位工具與 AI 技術提供了解決方案。AI 能夠根據個別學習者的進度與需求，設計個別化學習（personalized learning）路徑，並自動篩選、整合龐雜知識，協助學生在有限時間內掌握核心重點（Davenport & Kalakota, 2019）。更進一步，AI 驅動的智慧輔助系統可透過臨床案例推理、即時回饋與模擬訓練，幫助學生不僅記住知識，還能提升臨床思維與應用效率（Zarei et al., 2024）。

## （二）學習歷程難以追蹤

在傳統教育模式中，教師通常難以即時觀察並了解醫學生的完整學習過程，學生在診斷推理或臨床決策時所經歷的思考步驟、認知偏誤與錯誤邏輯，往往不容易在課堂互動或臨床實習中被全面掌握。教師多半只能依靠階段性考試成績或臨床表現來進行評估，這種方式不僅延遲了問題發現的時機，也可能錯失針對性指導的契機（Ellaway & Masters, 2008）。

隨著人工智慧技術的應用，AI 驅動的學習平臺能即時蒐集並分析學習者的操作數據與解題路徑，進而描繪學生在知識掌握與臨床推理上的軌跡，這些數據可揭示學生常見的認知誤區，並提供個別化、精準化的學習回饋（Zarei et al., 2024）。例如，系統能針對學生在診斷過程中遺漏的重要線索或過度依賴單一檢驗的情況，給予即時提醒與矯正，讓學習不僅停留於結果的對錯，更能針對過程中的不足進行改善。

## （三）臨床學習資源競爭激烈

在醫學教育中，臨床現場被視為最重要的學習場域。然而，由於倫理與病人安全的考量，醫學生在真實醫療環境中能夠直接接觸與操作病人的機會往往受限。例如，許多高風險或病情嚴重的個案不適合作為學生練習對象，而常見疾病的表現又存在差異性，使得學生難以在有限的實習期間累積足夠具代表性的臨床經驗。此外，醫療現場中教師資源有限，醫學生、實習醫師與住院醫師之間的臨床學習資源存在競爭，進一步壓縮了每位學生可獲得的學習機會。

在此背景下，虛擬病人（virtual patients）與模擬系統逐漸成為重要的輔助工具。研究已顯示，這類工具能有效補足真實臨床案例的不足，讓學生在安全、可重複的環境中進行診斷推理與臨床決策演練（Zarei et al., 2024）。近期更有研究提出以大型語言模型（LLM）驅動的虛擬病人代理，能在互動過程中即時提供自動化回饋，展現 AI 在臨床技能訓練中的新興應用潛力（Plackett et al., 2022; Voigt et al., 2025）。

上述結構性挑戰揭示，單純依靠傳統課堂與臨床實習已難以因應醫學教育的需求。在此脈絡下，AI 不應僅被視為輔助學習的技術，而是驅動醫學教育流程再造的核心力量，能在課程設計、知識整合、臨床模擬與學習評估等層面，全面性地重構教育模式。

#### （四）跨域科技應用落差

儘管人工智慧於醫學教育的應用日益普及，但教師對 AI 工具的理解與實作能力仍有限，導致創新技術難以有效融入課程與評量流程。多數臨床教師缺乏資料科學與演算法基礎，對 AI 模型的運作邏輯、適用範圍與潛在偏誤理解不足，形成教學與技術落差（Chan & Zary, 2019; Masters, 2019）。近年研究指出，即便教師普遍認同 AI 教育的重要性，實際運用時仍面臨設計經驗不足與倫理顧慮，導致 AI 教學多停留於概念性介紹（Zarei et al., 2024）。此外，醫學與資訊領域之間的溝通差距，使技術開發與課程需求常出現錯位，影響 AI 工具的可用性與教育成效。因此，未來應強化臨床教師的 AI 素養與跨域協作能力，建立醫學教育與資訊科技間的共同語言與合作框架，並推動跨校教學社群與制度化師資培訓，以縮減科技理解與應用落差，確保 AI 教學能在臨床教育場域中真正落地。

## 二、國際醫學教育體系的 AI 推動趨勢

在上述結構性限制下，AI 不僅提供解決方案，更逐漸成為醫學教育改革中不可或缺的關鍵要素。目前多數先進國家已將 AI 納入醫學教育核心素養，並逐步建立跨領域課程與臨床應用模組，以下將分別從美國、英國、新加坡、日本與韓國的案例，探討其推動策略與實踐經驗。

## (一) 美國

### 1. 背景與政策脈絡

在美國醫學教育中，除基礎與臨床科學之外，美國醫學會（American Medical Association, AMA）提出「醫療系統科學」（Health Systems Science, HSS）作為醫學第三科學，強調醫學生理解醫療體系運作、品質改進、資訊與健康政策等議題（Skochelak, 2020）。美國醫學院學會（Association of American Medical Colleges, AAMC）近年積極關注人工智慧在醫學教育中的角色，並發布《Principles for the Responsible Use of Artificial Intelligence in and for Medical Education》，強調在導入 AI 教學時應重視倫理、透明性與師資培訓（AAMC, 2025）。

### 2. 具體實踐

在美國，多所醫學院正積極嘗試將 AI 應用納入教學設計，以下為具體實踐的案例：

#### (1) 虛擬病人模擬：Weill Cornell MedSimAI 平台

Weill Cornell 醫學院為例，其使用 MedSimAI 平台讓學生在虛擬病人互動中練習問診與溝通，同時 AI 系統即時提供回饋與評估，增強學生的臨床推理與人機互動能力（Waldron, 2025）。

#### (2) 跨領域 AI 導論：哈佛醫學院新生課程

哈佛醫學院（Harvard Med）在其醫學與科技跨領域學程中，為新生提供為期一個月的「AI in Health Care」導論課程，使學生在醫學課程初期就接觸 AI 在醫療中的應用與挑戰（Boyle, 2025）。

#### (3) 模組化課程資源：邁阿密大學 Miller 醫學院

邁阿密大學米勒醫學院在 MedEdPORTAL 上公開一個名為「Exploring Applications of Artificial Intelligence Tools in Clinical Care and Health Professions Education」的模組，讓學生透過案例探索 AI 在臨床與教育的應用（Boyle, 2025）。

- (4) 生成式 AI 培訓：紐約西奈山伊坎醫學院 ChatGPT Edu 導入  
紐約的西奈山伊坎醫學院宣布將為所有醫學生與研究生提供 ChatGPT Edu 帳號，並納入培訓，讓學生學習如何使用這類生成式 AI 工具於醫學學習與臨床應用 (Boyle, 2025)。
- (5) 選修制深度課程：喬治華盛頓大學 AI 選修課  
喬治華盛頓大學健康與人類學學院從 2025 年開始為三、四年級學生提供為期兩週的選修課「Artificial Intelligence Applications in Healthcare」，內容涵蓋 AI 在研究與病人照護的應用與案例分析 (Boyle, 2025)。

## (二) 英國

### 1. 背景與政策脈絡

英國醫師委員會 (General Medical Council, GMC) 於 2020 年更新《Outcomes for Graduates》，將數位健康、資料使用與 AI 相關能力納入畢業生必備核心能力框架 (General Medical Council, 2020)。同時，英格蘭健康教育署 (Health Education England, HEE) 委託 Eric Topol 博士主持《The Topol Review》，建議應系統性地將人工智慧與數位技能納入醫療人員教育與訓練，以確保未來臨床工作者能適應數位化醫療場域 (Topol, 2020)。

### 2. 具體實踐

在政策推動下，多所英國醫學院已開設針對 AI 的專門課程或模組，涵蓋臨床決策、倫理規範、資料分析與病人溝通等面向。

#### (1) 醫學教育中的 AI 工具與資源：倫敦帝國學院

倫敦帝國學院醫學院 (Imperial College London) 在其 Navigating Digital Health 教育工具包中設有「人工智慧 (AI)」專章，提供 AI 的基礎定義、臨床應用範例與相關教育資源，協助學生與教師理解 AI 在醫療體系中的功能與風險 (Imperial College London, 2025a)。此外，帝國學院也為 NHS 人員與研究者開設短期課程，



如 Introduction to Artificial Intelligence for Clinical Researchers，進一步推動醫療專業人才的 AI 教育（Imperial College London, 2025b）。

### （2）全國性 AI 教材共享：NHS 與 HEE 協作

HEE 在 2022 年發布的 Developing confidence in AI 報告指出，NHS 與教育機構正在合作，發展 AI 教育模組，以提升臨床專業人員在 AI 工具上的認知與信任度。報告建議透過跨校共享教材與標準化課程設計，確保醫學生與醫療人員能在一致的框架下學習 AI（Health Education England, 2022）。

## （三）新加坡（Singapore）

### 1. 背景與政策脈絡

新加坡教育部（MOE）透過 AI in Education（AIEd）計畫與 AI in Education Ethics Framework，推動 AI 工具在課堂與專業教育中的負責任使用，強調「數位素養」（digital literacy）與「資料素養」（data literacy）的核心地位（Singapore Ministry of Education, 2025）。同時，衛生部（MOH）與資訊健康基礎設施機構 Synapse 共同推出 AI in Healthcare Guidelines（AIHGLE），規範醫療機構與教育場域導入 AI 的資料使用、倫理與安全原則（Ministry of Health, n.d.）。

### 2. 具體實踐

#### （1）跨域整合課程設計：AI for Healthcare Professionals

新加坡國立大學醫學院（NUS Medicine）開設「AI for Healthcare」系列課程，培養學生在臨床推理、數據分析與倫理判斷三方面的跨域能力（National University of Singapore, 2025）。課程設計涵蓋大數據應用、臨床決策支持系統（CDSS）、生成式 AI 工具操作等單元，並以案例導向學習（case-based learning）結合模擬病人系統，補足醫學生在真實臨床見習中案例不足的挑戰。

## （2）臨床模擬應用

NUS 曾開發名為 Virtual Integrated Patient (VIP) 的虛擬病人模擬系統，具備自然語言處理功能，讓醫學生能在自由對話中進行問診模擬，此系統為 AI 輔助教學工具之一，著眼於提升學生的臨床推理與溝通能力 (Kong et al., 2021)。

## （四）日本 (Japan)

### 1. 背景與政策脈絡

日本文部科學省 (Ministry of Education, Culture, Sports, Science and Technology, MEXT) 制定的《醫學教育模擬核心課程》(Model Core Curriculum, MCC)，於 2022 年版正式將「資訊科學與科技 (Information Science and Technology, IST)」相關能力列為醫學生畢業應具備的素養之一；最新的研究型說明也將這些 IST 能力具體化為可操作的學習目標，涵蓋資料處理、演算法基礎認知與臨床資訊系統的活用 (Onoue et al., 2024; Ota et al., 2024)。此外，MEXT 亦推動「數理・資料科學・AI 教育強化據點聯盟 (數理・データサイエンス・AI 教育強化拠点コンソーシアム)」，並制定模型課程與認定制度，明確劃定各校應涵蓋的基本能力指標，確保醫、牙、藥等專業教育也能系統性融入 AI 素養 (MEXT, n.d.)。

### 2. 具體實踐

#### （1）跨校合作的臨床影像診斷教育系統

大阪大學、大阪市立大學與關西醫科大學共同合作建置「讀影指南」(Doc.navi, 影像診斷導覽系統)。該系統整合多所大學醫院提供的臨床病例影像，形成教育用資料庫，專門支援醫學生與住院醫師的影像診斷訓練。透過真實案例與系統化導覽，學習者能在模擬情境中強化臨床判讀與診斷能力 (Sunmedia Co., n.d.)。

## （2）跨校資料科學與 AI 教育平台

東京醫科齒科大學參與「數理・資料科學・AI 教育強化據點聯盟」，成為醫療領域的特定分野協力校。該平台由文部科學省支持，推動醫、牙、藥學教育中系統性導入數理、資料科學與 AI 素養（Tokyo Medical and Dental University, n.d.）。課程設計涵蓋醫療數據分析、臨床統計、資訊倫理與 AI 應用模組，並透過跨校資源共享與 Python／資料科學工作坊，培養學生的數據應用能力與臨床推理素養。

## （五）韓國

### 1. 背景與政策脈絡

韓國政府近年積極推動醫療 AI 的研發與人才培育。2025 年，南韓政府宣布將透過大學主導的計畫，在未來數年間培訓 1,000 名醫療 AI 專業人才，涵蓋診斷、預測、醫療器材開發及新藥研發等多個領域（SW Kwak, 2025）。

### 2. 具體實踐

#### （1）AI+X 醫療課程模組

延世大學醫學院透過「AI+X 跨域課程計畫」，將人工智慧導入醫學教育，該校開設「Introduction to Artificial Intelligence in Medicine（AI+X）」與「Medical Machine Learning」等課程，為醫學生與研究生提供 AI 與醫療結合的學習機會（tAIlab, 2025）。

根據上述各國的經驗發展，AI 醫學教育已形成五大特色：

#### A. 政策教育並行

各國政府多以政策藍圖與能力框架設定方向，由醫學院校具體落實課程。

#### B. 模組化課程設計

多以跨域模組方式融入既有醫學教育體系，而非孤立設課。

### C. 臨床導向模擬

藉由虛擬病人、影像資料庫與 AI 平台補足臨床見習的不足。

### D. 數據與倫理並重

在強化資料素養的同時，也要求學生具備 AI 應用的倫理判斷。

### E. 跨校跨域協作

透過大學、醫院、研究機構及政府的協力，推動系統化的 AI 教育發展。

## 三、臺灣醫學教育現況與 AI 落差

與國際相比，臺灣目前的推動仍屬起步階段，發展多呈現分散化與試點性質，尚未見到聚焦於醫學教育的全國性 AI 課程框架，整體現況可從學習需求、課程設計、師資及臨床應用四個面向來檢視：

### （一）學生需求與課程供給落差

目前國內針對醫學生對 AI 教育需求的量化研究仍相當有限，尚缺乏具代表性的全國性調查。然而，從各大醫學院近年陸續舉辦的教學研討會、選修課程與學生主導的工作坊觀察，可見 AI 教學已逐漸成為醫學教育的重要議題。

AI 相關課程的設置仍以個別學校試辦或短期選修為主，尚未形成統一的課程架構或核心能力指標。學生若有興趣深化 AI 應用，多需依賴自學或跨院系選課。此現象反映出臺灣醫學教育在 AI 融入上的制度性落差：教育端的課程規劃與臨床實務端的技術發展之間，尚缺乏充分的銜接與支援機制。

### （二）課程設計缺乏統一框架

在教育體系層面，目前多數醫學系僅於通識課程、資訊醫學選修或研究導向課程中零星導入 AI 內容，缺乏臨床導向與模組化設計，例如影像輔助判讀、病歷生成與診斷決策模型等核心應用，尚未被系統性納入主要課程架構。這導致學生雖能在部分課程中接觸 AI 概念，卻難以建立跨階段、

可持續累積的學習路徑。若要使 AI 教育落實於醫學訓練體系中，未來需建立統一課程框架與能力標準，作為各醫學院課程設計與評估之依據。

### （三）師資培育與跨域整合不足

在推動 AI 醫學教育的過程中，師資能量是關鍵瓶頸之一，教師普遍對 AI 工具與教學應用的熟悉度有限，使課程內容多停留於概念介紹或技術展示層面，缺乏跨領域整合與臨床應用指導的能力；另一方面，現有教師培訓與進修資源多著重於醫學專業本身，較少涵蓋數據科學、演算法倫理或臨床 AI 評估等新興議題。若無法建立跨域師資合作與培訓機制，AI 教學將難以從基礎認知走向臨床實作層級。

### （四）臨床教育應用不足

雖然部分教學醫院已嘗試導入病例模擬、語音病歷分析或診斷模型比對等 AI 工具，但多仍屬試驗性質，缺乏制度化的學習成效評估與與 PGY、專科訓練的正式銜接，臨床現場仍以傳統見習與實習為主，教師與學生對 AI 的使用多停留在輔助層面，尚未納入臨床能力培訓與評核架構。這種教育與臨床的斷層，使醫學生即使理解 AI 技術，也難以在實際診療流程中有效運用。

綜合前述，臺灣醫學教育雖已建立完善的培訓體系與多層次訓練架構，但 AI 導入醫學教育的發展仍屬初步階段。推動方式多以院校試辦或專案型課程為主，尚未形成跨校協作與統一標準，未來若能建立共享課程框架、強化師資培訓，並將 AI 工具嵌入臨床教學情境，將有助於縮短教育端與實務端的落差，推動臺灣醫學教育邁向智慧化與在地化的發展。

## 第二節 AI 在醫學教育的應用模式

人工智慧（AI）在醫學教育的應用已超出傳統工具輔助，逐步成為同時支撐知識建構、臨床判斷、溝通倫理與自我反思的系統性平台。近年生成式 AI 與大型語言模型（LLM）的發展，使學習者能透過虛擬病人模擬、決策支援訓練與自動化回饋機制，在更即時與互動的環境中培養臨床思維與溝通能力。

這些新技術正逐步改變醫學教育的運作方式：課程設計者可運用 AI 快速生成教材與案例，教師能即時掌握學生學習歷程，而學生也能獲得更個別化的指導與回饋，AI 因此不僅是教學輔助，更成為促進學習成效與課程創新的關鍵要素。

為了具體呈現 AI 如何重塑醫學教育的運作，本節將依功能層面歸納其主要應用，並透過研究與實務案例說明其在教學場域的應用模式與教育價值。

### 一、AI 教學應用之功能分類與說明

綜合現有研究與實務案例，AI 在醫學教育中可依功能劃分為六大類別（表 3-1），這些功能涵蓋知識建構、臨床技能、診斷推理、學習評量、教材生成與學習歷程監測，分別對應傳統醫學教育的不同需求：

#### （一）知識建構與統整功能

以生成式模型進行摘要與重點提取，支援課程整合與個別化學習路徑設計（Chan & Zary, 2019; Sriram et al., 2025）。

#### （二）臨床技能訓練

LLM 驅動的虛擬病人（Virtual Patients, VPs）可模擬病史詢問、臨床對話與多樣病人偏好，並提供個別化回饋；多項研究報告其可擴充性與教學可行性（Cook et al., 2025; Zarei et al., 2024）。

（三）決策與診斷推理

以模擬與決策支援任務訓練臨床邏輯與風險管理，含 GPT-4 等模型在臨床溝通／判斷情境中的應用（Holderried et al., 2024; Topol, 2019）。

（四）評量與回饋

以 AI 產生結構化、即時的學習回饋（含對 OSCE／模擬表現之分析），提升形成性評估的即時性與針對性。（Holderried et al., 2024）。

（五）教材與案例設計支援

運用 LLM 建構情境腳本與題庫、快速迭代臨床模擬場景，降低備課與開發成本（Masters, 2019; Weisman et al., 2025）。

（六）學習歷程分析與監測

以 LA 與學生端儀表板整合行為與表現數據，提供個別化建議並支援師生雙向教學決策（Bojic et al., 2023）。

表 1 AI 在醫學教育中之功能分類與應用內容

NO.	功能層面	應用內容
1	知識建構與統整	AI 自動生成摘要、知識圖譜整理、學習重點提示等
2	臨床技能訓練	虛擬病人模擬、操作流程練習、情境互動回饋等
3	決策與診斷推理訓練	病例決策模擬、AI 診斷建議分析、風險推估判讀等
4	評量與回饋	即時錯誤偵測、技能成效評估、自我學習診斷
5	教材與案例設計支援	自動出題、情境腳本生成、跨學科案例融合
6	學習歷程分析與監測	學習行為儀表板、學習困難點偵測、個別化建議產出



## 二、AI 應用教學模式與實務案例

前述六大功能類別在實際課程與教學場域中，往往轉化為更具體可操作的「應用模式」。以下將透過研究與實務案例，說明這些模式如何落地於醫學教育，並展現其教育價值：

### （一）虛擬病人模擬（AI-powered Virtual Patients）

說明：以大型語言模型（如 GPT-4）驅動的虛擬病人，能進行自然語言對話、情境動態調整與自動化回饋，應用於病史詢問、臨床推理與溝通訓練。實證研究顯示，LLM 虛擬病人可針對病史採集提供結構化且與人類評估相近的一致回饋；另有研究證明，AI 模擬問診訓練能有效提升學生在 OSCE 前的溝通與問診表現（Holderried et al., 2024; Yamamoto et al., 2024）。

實例：如以「胸悶三天」為主訴的互動個案，系統會依學生追問即時揭露線索（危險徵兆、家族史等），並在回合結束後給出結構化優缺點回饋；亦有平台是專門設計來模擬像「通知乳房攝影檢查出現異常」這樣敏感的溝通情境，提供口語對話練習，還能讓教師在事後給予回饋和評析（Weisman et al., 2025）。

### （二）自動化臨床技能評量與回饋

說明：OSCE 或模擬情境中，即時或準即時評估學生的溝通、病史採集及書面紀錄表現，並提供回饋。近年的比較研究亦已檢驗 AI 與人評在 OSCE 評量上的一致性（Tekin et al., 2025）。

實例：運用 ChatGPT 輔助 OSCE 教學設計（涵蓋案例撰寫、標準化病人清單與評分規準），能減輕教師備課負擔並提升整體流程效率；同時，電腦視覺與深度學習技術正處於可行性驗證與資料集建立階段，已應用於縫合與腹腔鏡操作影片的自動評分與動作分析，能提供客觀回饋以判斷學員是否達標。



### （三）智慧診斷與決策支援訓練

說明：將臨床決策輔助系統（CDSS）或大型語言模型（LLM）的建議納入病例決策演練，可要求學生比對、質疑並解釋 AI 的推論過程，以強化臨床邏輯與風險管理能力。隨機對照試驗顯示，與僅使用傳統資源相比，結合 GPT-4 的臨床推理在多站式情境中能提升診斷推理分數；另有研究則直接比較學生使用不同 CDSS 工具解題時的表現差異（Goh et al., 2024; Goh et al., 2025; Montagna et al., 2025）。

實例：在去識別化的臨床個案中，AI 可產出鑑別診斷與風險機率，學生需說明接受或拒絕 AI 建議的理由，並提出下一步處置。教師則可依據 AAMC（2025）所提出的責任原則，引導學習者進行「人-AI 共作」的反思與偏誤辨識（AAMC, 2025）。

### （四）AI 教材生成與學習分析支援

說明：大型語言模型（LLM）已廣泛應用於題庫、案例與評分規準的生成與快速迭代，並逐步導入 AI 產生的個別化回饋；同時，學習分析（Learning Analytics, LA）與學習儀表板整合行為與表現數據，提供師生雙向教學決策支持（Kiyak & Emekli, 2024; Misra & Suresh, 2024）。

實例：AI 輔助醫學教育系統可依學習目標生成題庫與案例，例如產出 USMLE 風格題目或 OSCE 腳本與清單，並能根據教師回饋快速修訂；在學生端則提供即時且結構化的書面或口語回饋（Paradis et al., 2025）。同時，學習分析（Learning Analytics, LA）與學習儀表板（Learning Analytics Dashboard, LAD）的應用亦逐漸成熟，近期的系統性回顧指出，醫學教育中的 LA 不僅能提供個別化學習建議，也能產生課程層級的洞見，而高等教育領域的 LAD 亦日益強調教學導向，而非僅止於數據分析（Toofaninejad et al., 2025）。

### （五）倫理與人機互動訓練模擬

說明：AI 可模擬患者與家屬的多樣情緒反應，並能針對溝通過程中的非語言社會訊號（如溫暖度、主導性、互動性）提供結構化回饋，特別適

用於安寧照護、壞消息告知與衝突解決等情境訓練（Bedmutha et al., 2024; Weisman et al., 2025）。

實例：在「是否撤除維生裝置」的安寧照護情境中，AI 系統會根據學生的對話內容動態調整家屬的情緒與回應，並於情境結束後提供針對溝通策略與同理表現的具體改進建議，以利教師後續引導反思。

### 三、小結：AI 在醫學教育端的核心價值

綜合上述應用模式，AI 在醫學教育中展現了三項核心價值：

#### （一）知識整合與個別化學習

藉由生成式模型與學習分析，能自動化處理龐雜知識並因應學生差異，提供更精準的學習路徑。

#### （二）臨床思維與技能演練

透過虛擬病人、決策模擬與操作評量，讓學生能在安全且可重複的環境中累積臨床經驗，並加速思維養成。

#### （三）課程創新與師生互動支持

AI 不僅協助教材生成與課程設計，也能回饋學習歷程，為教師提供更即時的教學決策依據。

整體而言，AI 已逐漸成為醫學教育流程再造的重要驅動力量，從知識建構到臨床模擬皆能發揮實質效益。下一節將進一步探討其在臨床醫事人員訓練中的具體應用與制度化策略，說明 AI 如何跨越課堂，進入更貼近臨床現場的教育場域。

### 第三節 AI 於臨床醫事人員訓練之應用與制度化導入

當前 AI 已在基礎與臨床前期課程中展現教與學的實質效益，但其價值並不止於校園或模擬場域，學生一旦進入臨床見習、PGY、住院醫師訓練與跨職類協作場景，面對的是更高變異度的病例、更即時的決策壓力與更嚴格的病人安全標準，亦正是 AI 可放大影響力的關鍵情境。

本節聚焦「臨床端」，說明 AI 如何在三個核心面向提升訓練品質；並以 PGY 為範例提出分階段導入策略，同時就醫師、護理師、藥師與放射師等不同職類提出具體應用模式。進一步地，我們討論師資角色轉型與支持機制，以及以績效儀表板為核心的評估與治理架構，確保 AI 介入能在臨床教育現場安全、可監測且可持續地落地，為後續的政策設計與制度化推動奠定基礎。

#### 一、臨床訓練中 AI 輔助的三大核心功能

AI 已逐步滲透臨床醫事人員的教育與訓練過程，綜合近年研究，可將其臨床教育功能歸納為三大核心面向：臨床推理與診斷建構支援、操作技能學習與即時回饋，以及學習歷程追蹤與自我調整。

##### （一）臨床決策與診斷輔助

AI 模型能透過病例、影像與生理參數的分析，提供鑑別診斷與風險評估，為醫學生與住院醫師的推理過程提供對照與反思依據。近期研究顯示，GPT-4 在臨床案例中能給出具參考價值的診斷建議，並在內科推理測驗中展現接近專科醫師的表現（Kung et al., 2023; Lee et al., 2023）。

##### （二）臨床操作技能學習與即時回饋

在超音波、內視鏡及縫合手術等技能訓練中，AI 已被應用於自動化評估與回饋。例如，電腦視覺模型可分析腹腔鏡操作影片，並以準確度接近專家評分的方式判斷技能表現（King et al., 2025）。這些應用讓操作訓練不再依賴單次師徒指導，而是能透過持續回饋加速學習曲線。

(三) 學習歷程追蹤與自我調整

由於臨床教育跨越不同階段與專科，傳統上難以持續追蹤學習進展。學習分析（Learning Analytics, LA）與儀表板（Dashboard）的引入，使臨床教師得以整合 OSCE 成績、病例書寫、技能操作與決策數據於單一平台。研究指出，這類數據可視化工具能幫助教師即時辨識盲點，並為學生提供針對性補救（Bojic et al., 2023）。同時，儀表板也能支援學員自我檢視，轉化錯誤模式為進步契機，並在未來發展中逐步結合 AI 演算法，以自動生成「風險預警」與個別化建議（Toofaninejad et al., 2025）。

二、分階段導入策略：以 PGY 為例

綜合以上可見，AI 在臨床教育中不僅能支援推理與診斷、操作技能訓練，也能透過數據追蹤強化學習歷程。然而，這些功能若要真正落地於醫院場域，仍需結合現有制度化的訓練架構。PGY 訓練制度（Postgraduate Year Training）正因其課程設計完整、涵蓋臨床倫理、病歷書寫、醫病溝通與臨床判斷等核心內容，成為最具代表性的導入場域。以下即以 PGY 為例，說明如何透過分階段策略，將 AI 模組有系統地嵌入現行課程中，以達成「不增加時數與負擔」卻能提升臨床學習成效的目標，範例設計如（表 2）所示。

表 2 PGY 課程中導入 AI 應用之示範模組設計

PGY 課程模組	可融入之 AI 應用	教學目標
病歷書寫訓練	自然語言生成（NLG）協助學生撰寫初稿，並進行錯誤提示與格式比對	提升病歷撰寫效率與格式正確性
臨床判斷訓練	使用診斷型 LLM 進行病例模擬，學生需分析 AI 結論並提出反饋	建立臨床推理與批判性思維
護病溝通技巧	利用 AI 模擬病人提供多元情境互動	增進溝通反應力與應對敏感議題之能力
處方與用藥安全	使用藥物交互作用 AI 工具模擬開立處方後風險評估	培養用藥風險辨識能力與決策謹慎性

三、多元臨床職類的 AI 教育應用範圍

AI 進入臨床教育場域，不同醫事職類（如醫師、護理師、藥師、放射師等）在實務操作中所面臨的工作任務與決策需求各不相同。因此，AI 教育模組的設計應依職能屬性進行差異化規劃，以確保訓練內容能精準對應專業核心能力，並兼顧臨床安全與倫理原則。表 3 整理出四大主要臨床職類之 AI 教育應用範疇與導入模式建議，可作為課程發展與政策推動之參考。

表 3 主要臨床職類之 AI 教育應用範疇與導入模式建議

職類	應用範疇	建議導入模式
醫師	診斷推理、影像判讀、病人溝通	導入虛擬病人模擬進行病史採集與溝通訓練；臨床決策支援系統（CDSS）演練以培養人機共作判斷力；Prompt-based 病例討論以強化批判性思維。
護理師	護理紀錄撰寫、緊急情境應對、用藥觀察	應用智慧語音轉錄與自動摘要工具，提升紀錄效率；透過虛擬病房或臨床模擬系統進行急重症案例演練；利用早期預警系統（EWS）模擬訓練增強臨床敏感度。
藥師	藥物配對、交互作用分析、用藥衛教	建置藥物知識圖譜輔助查詢與決策；發展問答式 AI 輔助衛教模擬，提升病人溝通能力；結合臨床決策平台進行處方風險評估。
放射師	影像辨識、設備參數設定、病人安全提示	使用 AI 影像輔助診斷模擬工具進行影像辨識與比對；導入錯誤偵測系統進行設備參數設定演練；發展臨床安全情境模擬以強化病人防護意識。

四、AI 教學融入與師資發展機制

隨著 AI 深度進入醫學教育與臨床訓練，其成效不僅取決於技術應用本身，更依賴於課程設計的合理性與臨床師資的專業引導。要使 AI 融入不流於單一工具的使用，而能真正提升學習品質與臨床價值，必須兼顧三大面向：課程端的模組化與可持續設計、教師端的角色轉型與職能培力，以及制度端的支持與獎勵機制。以下將以此三軸為基礎，提出具體原則與建議，確保 AI 教學得以長期且穩健地推展。

### （一）AI 教學融入的原則與實施建議

AI 融入醫學教育的實施應以「減輕課程負擔、推動模組化設計、建立雙向支持機制」為核心原則，以確保不僅提升效率，更能維持專業價值與持續發展。以下分三方面加以說明：

#### 1. 課程負擔最小化

建議優先選擇可與既有課程結構「無縫整合」的 AI 教學模組，避免形成額外教學壓力。此原則強調在不額外增加學分或授課時數的情況下，將 AI 元素嵌入現有課程（如病歷書寫、臨床判斷或技能訓練）。教師可透過案例置換、模擬場景更新或引入 AI 工具輔助原有作業，達到「教學方式優化」而非「課程負擔疊加」。如此可同時兼顧教育創新與臨床教師教學壓力的平衡。

#### 2. 模組化、可評量、可重複

AI 教學應以模組化設計為核心，每個單元都具備明確的學習目標與操作任務，能靈活嵌入既有課程並依情境重組，同時保留跨校共享與在地化調整的彈性。為確保學習成果具體呈現，模組需對應可觀察、可量化的評量指標，例如臨床決策的正確率、技能操作的錯誤率或 OSCE 標準分數，並將數據回饋納入課程改進。另一方面，模組也應設計為可反覆操作，讓學習者能在標準化案例、虛擬病人或可重置的模擬場景中多次練習，透過「練習一回饋一再練習」的循環逐步達到能力精熟。基於此設計，AI 教學可依學習階段循序推展：

##### （1）前期（基礎醫學階段）

著重於強化 AI 基礎概念、資料素養與臨床應用導論課程，奠定後續臨床整合的基礎。

##### （2）中期（臨床前期與見習階段）

導入虛擬病人模擬與基本診斷任務模組，提升學生的臨床推理與病人互動能力。

##### （3）後期（PGY 與住院醫師）



結合臨床決策平台、真實案例訓練與實作型評量工具，強化臨床決策與專業實作的即時回饋。

#### （4）跨階段整合

推動學習歷程儀表板，將不同階段的表現數據連結，提供教師進行橫向診斷與縱向追蹤，以確保學習進程的持續性與一致性。

### 3. 建構雙向教師培力與學習者回饋機制

為確保 AI 教學模組能有效落地，需同時兼顧教師端與學習者端的支持機制。在教師端，應提供操作指引、標準化教案資源與技術整合支援，讓臨床教師能安心運用 AI 工具並聚焦於教學引導；在學習者端，則需設計 AI 使用回饋表、學習歷程紀錄工具與自我反思模組，以促進學生主動檢視學習成效與臨床判斷偏差。當雙向機制形成「回饋—調整—再回饋」的循環時，才能建立真正的教學閉環，確保 AI 融入不僅提升教學效率，更能強化臨床教育的品質與持續改進。

#### （二）臨床師資的角色轉型與發展機制

AI 的導入不僅改變學習者的學習方式，也使臨床教師的角色與專業需求發生轉變。教師需在課程設計、臨床引導、倫理監督與專業發展等面向同步調整，才能確保 AI 教學的有效落地。以下將從角色定位、職能培育、應用情境與制度支持四方面加以說明。

##### 1. 教師角色的多重轉型

隨著 AI 深度融入醫學教育，臨床教師的角色已逐漸從單純的知識傳遞者，轉變為結合設計、引導、監督與反思的多面向專業者。具體而言，臨床教師需同時承擔下列功能：

##### （1）教學設計者（Instructional Designer）

負責規劃 AI 元素融入課程內容、設定教學目標與選擇合適的 AI 工具，例如設計包含模擬對話、診斷推理或數據判讀的學習模組。

##### （2）人機協作引導者（AI-Mediated Facilitator）

協助學生理解 AI 工具如何產生建議與結論，引導學生批判性地

分析模型輸出，避免盲從，強化臨床判斷的主體性。

(3) 倫理與安全監督者 (Ethics & Safety Gatekeeper)

鑑別 AI 工具於臨床教育中可能產生的偏誤、誤導或倫理爭議，並確保學生使用行為符合專業規範。

(4) 評量者與反思促進者 (Assessor & Reflective Coach)

運用 AI 提供的學習歷程數據、診斷錯誤模式等資訊，促進學生自我覺察與持續精進，並提供有建設性的個別化回饋。

## 2. 教師職能需求與培力建議

臨床教師的角色正由傳統知識傳授者轉變為「學習促進者」與「科技整合者」。教師不僅需理解 AI 工具的技術邏輯，也必須能將其轉化為具教育意義的教學活動，綜合現行研究與課程實踐經驗，AI 導入醫學教育後，教師的核心職能可歸納為下列四項（表 4）。

表 4 AI 導入醫學教育後臨床教師之核心職能分類

NO.	職能類別	說明
1	AI 素養與數位素養	理解 AI 工具基本運作原理與臨床應用邏輯，能識別模型限制與輸出風險。
2	教材設計能力	能設計含有 AI 元件的混合式教案，如案例模擬、數據判讀任務或診斷反思活動。
3	跨域溝通能力	能與資訊科學、教育科技專業人員協作，理解技術限制並轉化為教學策略。
4	教學反思能力	能依據 AI 教學數據回饋進行課程調整、教學創新與學生輔導。

為推動這些職能的培育與強化，建議透過「AI 教師專業發展模組」建構系統性訓練方案，涵蓋基礎 AI 素養培訓、教材設計工作坊、跨域合作實務及反思導向的教學評估等面向，並以持續職能強化的方式推動，確保臨床教師能在數位轉型的浪潮中持續發揮專業價值。



3. 教學場域中 AI 合作應用情境

人工智慧在醫學教育的導入，並非意圖取代臨床教師的角色，而是促進「人-AI 協作（Human-AI Collaboration）」的教學新典範。AI 系統可即時提供資料分析、模擬情境與回饋，而教師則負責臨床經驗的詮釋、倫理監督與反思引導，兩者形成互補的教育生態。此協作關係可使學習歷程更具互動性與即時性，同時兼顧精準教學與專業倫理。

以下整理出四種常見的應用情境與具體實作方式（表 5），說明臨床教師與 AI 系統的互動樣貌。

表 5 臨床教學場域中教師與 AI 合作之應用情境範例

NO.	應用情境	教師與 AI 合作實例
1	虛擬臨床診斷訓練	教師設計病人個案並由 AI 模擬對話，學生與虛擬病人互動後由教師進行診斷決策反思引導。
2	技能操作模擬回饋	結合 AI 模擬平台進行操作練習，由 AI 提供動作錯誤即時提醒，教師補充臨床細節與實務建議。
3	學習歷程監測	教師利用 AI 儀表板追蹤學生表現，針對弱點區塊進行個別化教學。
4	AI 輸出批判與偏誤辨識訓練	學生分析診斷 AI 建議與實際案例差異，教師引導進行偏誤辨識與倫理討論。

4. 教師支持制度之推動方向

為確保臨床教師能有效承擔 AI 教學的新角色，除了強化個別職能與培訓課程外，仍需建立制度化的支持架構，以提供長期且可持續的推動能量：

（1）AI 教學資源中心與支援系統

建議由學校或醫學中心設立專責單位，提供技術整合、教材建置與學習評估等支援，減輕教師在課程實施中的負擔。

（2）教師數位教學獎勵與升等認列

將 AI 教學設計與跨域教材研發納入教師評鑑及升等指標，以激勵教師積極投入創新教學。

### (3) 跨校教師社群 (Community of Practice)

建立跨校合作社群，推動臨床教師定期交流經驗與案例，共同促進持續學習與教學創新。

## 五、學習評估與效能追蹤 (績效儀表板)

AI 在醫學教育與臨床訓練的推展，不僅需要模組化課程設計與臨床師資的角色轉型，也仰賴制度性支持與跨校合作，方能確保其永續發展。然而，任何創新模式若要真正落實，必須具備可監測、可驗證且能持續優化的依據。因此，建立學習評估與績效追蹤機制，形成「學習—回饋—改進」的循環，便成為推動 AI 教育落地的關鍵。

績效儀表板 (Performance Dashboard) 是結合學習行為資料、教學回饋與表現指標的視覺化管理工具，能提供臨床教師與學習者即時的訓練進度掌握與成效追蹤。在醫學教育導入 AI 時，儀表板不僅是技術支援介面，更是促進精準教育與持續改進的核心系統。

### (一) 設計目的與功能定位

#### 1. 個人學習歷程視覺化

透過動態圖表呈現學生在知識理解、技能操作、臨床推理與反思頻率等多維度表現，協助學生與教師即時掌握進展。

#### 2. 風險預警與早期介入

利用 AI 模型偵測常見錯誤模式、臨床判斷偏誤或技能操作盲點，及早發出提醒並促進教師介入，以降低學習落差。

#### 3. 教學決策與課程調整支援

整合個體與群體數據，提供教師進行補救教學、課程優化與差異化教學的依據，支持形成性與總結性評估。

#### 4. 自我反思工具

讓學生能檢視自身學習曲線與群體表現差異，並結合 AI 評分與影片回饋，強化自我調整能力與元認知發展。

（二）儀表板核心模組建議

為確保績效儀表板能有效支援臨床教育，其設計應以多元資料整合與模組化架構為核心原則。藉由結合學習行為、技能表現與即時反饋等數據來源，儀表板可同時服務於兩個層面：一是提供教師掌握學生能力發展的依據；二是協助學生進行自我檢視與持續調整學習策略。

下列五個核心模組涵蓋臨床教育中最具代表性的五項面向——技能表現、診斷推理、學習參與、即時回饋與同儕比較，構成完整的教學支持與反饋循環架構（表 6）。

表 6 績效儀表板核心模組設計與功能說明

NO.	模組名稱	功能說明
1	技能評量追蹤	收錄 OSCE 模擬表現、技能操作錯誤率與流程完整性，並自動計算達標程度，提供能力熟練度的客觀依據。
2	問答與診斷分析	整合問卷系統或 AI 輔助診斷平台的結果，呈現正確率、邏輯鏈接與問診策略類型，協助教師檢視學生的臨床推理過程。
3	學習互動紀錄	記錄平台使用頻率、教材觀看時間、模擬練習次數與互動回饋點擊等 engagement 指標，反映學生的學習投入度與參與模式。
4	即時 AI 回饋摘要	彙整 AI 對學生書寫、決策或診斷的即時評語與改進建議，促進逐題修正，並讓教師即時掌握學習品質。
5	同儕比較分析	提供匿名群體數據比較，幫助學生了解自身在同儕中的相對位置，進一步建立個人化學習目標與進步動機。

（三）技術基礎與應用建議

要確保績效儀表板在醫學教育中的長期可行性，除了設計模組本身外，其背後的技術基礎與應用原則同樣關鍵，這些原則不僅決定系統能否穩定運作，也影響其在教學現場的接受度與教育成效。以下提出幾點建議：

### 1. 資料來源整合

需將 LMS、模擬教學系統、問卷平台與 AI 教學工具的數據集成，形成統一後台，避免資訊分散與重複輸入。

### 2. 可視化設計原則

界面設計應簡潔明瞭，並支援動態查詢、條件篩選與多層級圖表切換，使教師能快速掌握學生狀況，學生也能自我檢視學習進展。

### 3. 權限與隱私管理

依據使用者身分（教師／學生／管理者）設計不同查看層級，並落實個資保護與合規規範，確保數據使用的安全性與信任度。

### 4. AI 輔助建議機制

進階版本可結合 AI 模型，根據學習者表現自動推薦補救資源、練習題目或教師介入策略，逐步實現智慧化的教學管理與精準教育。

## 六、小結

綜合而言，AI 在臨床醫事人員訓練中的應用已展現多元價值，從臨床推理與診斷輔助、技能操作訓練到學習歷程追蹤，皆能有效提升教育成效與專業素養。透過分階段導入 PGY 課程，以及針對不同職類設計專屬應用模式，AI 不僅能強化臨床能力，也有助於促進跨職類的協作與專業互補。然而，這些應用若要持續深化，仍有賴制度化課程設計、師資角色轉型與跨校合作的支持，並需建立有效的評估與追蹤機制。

因此，下一步的重點將是如何在政策與制度層面，提供更完整的推動藍圖與保障措施，確保 AI 能在醫學教育與臨床訓練中長期發揮實質效益。

## 第四節 政策建議與未來展望

前文已探討 AI 在醫學教育中的功能分類、教學模式與實務案例，以及其在臨床醫事人員訓練中的多元應用與推展潛力。這些應用顯示 AI 能在知識建構、臨床推理、技能操作與跨職類協作等面向提供顯著助益，並已逐步展現教育價值。然而，目前的發展仍以零星導入與試點計畫為主，缺乏制度化設計與全國層級的規劃。若要確保 AI 在醫學教育與臨床訓練中長期落地並發揮效益，除了課程與師資的實務面之外，更需要國家政策藍圖、制度保障與治理機制的配合。因此，本節將提出分階段推動路徑、治理結構、倫理規範、資源平台與評估機制，並進一步說明其長期效益與未來展望。

### 一、政策建議

AI 導入醫學教育的推動不僅依賴單點創新，更需制度化的策略規劃與跨層級的協作推動機制為有效引導我國醫學教育體系邁向智慧化、系統化之方向，建議可從下列八大面向著手：

#### （一）制定國家級 AI 醫學教育政策與藍圖

建議由教育部、衛生福利部與科技部跨部會協作，提出「AI 醫學教育推動策略白皮書」，內容應涵蓋政策願景、推動目標、課程融入原則與成效評估指標，並設定五年以上的中長程目標與資源分配機制，確保推動過程具備可持續性與制度性。同時應建立具體的推動路徑圖（Roadmap），以三個階段逐步推展：

##### 1. 第一階段：課程試辦與模組開發（1－2 年內）

在初期階段，推動的核心在於「可行性驗證」與「示範案例建立」。這一階段需要以有限規模的課程與模組試辦為起點，逐步探索 AI 與現行醫學教育課程的契合度，並累積可供後續推廣的實證基礎。具體工作可涵蓋以下幾個面向：

##### （1）課程發展

優先針對臨床推理、問診訓練、病歷書寫與基本診斷決策等核心課程，導入小規模 AI 教學模組。這些模組可結合虛擬病人、AI 輔助診斷練習與即時回饋機制，讓學生在低風險環境中累積實作經驗。

#### (2) 教學資源

發展標準化的教材包與情境案例，並提供教師可直接使用的 Prompt 指南與評量規準，降低導入門檻。

#### (3) 回饋與優化

建立學生與教師的雙向回饋系統，蒐集使用經驗與學習數據，持續迭代教學設計。

#### (4) 預期成果

在兩年內形成具代表性的「範例模組」與教學流程，作為跨校推廣的基礎，並累積初步數據以佐證可行性。

### 2. 第二階段：跨校整合與制度納管（第 3 – 4 年）

在驗證初步成效之後，進入第二階段的重點在於「制度化」與「標準化」。此時需推動跨校合作與教學模組的一致化，並將 AI 教學逐步納入正式的教育制度與評鑑體系，確保其不只是零星創新，而能成為穩定的教育元素。具體工作可涵蓋以下幾個面向：

#### (1) 跨校整合

鼓勵各醫學院校及教學醫院共同採用標準化的 AI 教學模組，並推動跨校共享案例庫與題庫，以減少資源重複建置。

#### (2) 制度銜接

將 AI 教學納入教育部或專業學會的課綱建議與評鑑指標，例如 PGY 訓練與 OSCE 評量，確保 AI 教學能正式成為教育體系的一部分。

#### (3) 資源平台

建構全國性 AI 教學平台，整合數位教材、模擬病人系統、學習歷程追蹤工具與成效儀表板，提供師生一致且可持續的使用環境。

#### （4）師資發展

推動師資認證制度與跨校教學社群，確保臨床教師具備運用 AI 工具的專業能力，並持續進行案例與經驗交流。

#### （5）預期成果

形成具一致性的教學規格，讓不同學校與醫院的學生能在 AI 支援下獲得相對均質的學習體驗，同時提升課程評鑑與師資培力的制度性支持。

### 3. 第三階段：永續機制與國際接軌（第 5 年起）

在完成制度化與標準化後，第三階段的重點在於「永續化」與「國際化」。這一階段不僅要確保 AI 教育能長期運作，還應透過國際交流與產學合作，逐步將臺灣的模式輸出國際，形成教育外交與人才培育的新優勢。具體工作可涵蓋以下幾個面向：

#### （1）資源中心

成立常設的「AI 醫學教育資源中心」，負責平台維運、標準維護、教材審查、資料治理與師資認證，確保體系化推動。

#### （2）國際接軌

積極與 AMEE、WFME 等國際組織合作，建立共同指標與課程認證，並引進或輸出雙語化教材，讓臺灣模式能在國際醫學教育社群中產生影響力。

#### （3）教育研究

建置多中心教育研究資料庫，累積真實世界的學習成效數據，並推動國內外合作研究，形成具代表性的實證基礎。

#### （4）產學連結

鼓勵與新創公司、教育科技產業合作，共同研發可商轉的模擬工具與教學平台，帶動教育與產業的雙向發展。

#### （5）預期成果

建立具持續性的人才培育體系，讓臺灣醫學生與醫事人員具備 AI 素養與臨床应用能力，並逐步將成果輸出，提升我國在智慧



醫療教育的國際能見度。

## （二）建立 AI 醫學教育課程核心能力框架

建議依據美國畢業後醫學教育認證委員會（Accreditation Council for Graduate Medical Education, ACGME）所提出的「六大核心能力」框架，結合臺灣臨床教學實務，發展出適用於基礎醫學、臨床訓練與持續教育之「AI 醫學教育核心能力指標」，其主要內涵包括：

### 1. 資料素養與模型理解

此能力強調學習者應能理解醫療數據的特性、來源與限制，並熟悉數據清理、隱私保護及倫理使用原則。同時，必須具備對 AI 模型運作邏輯與演算法基本原理的理解能力，能夠解讀模型輸出的意涵，並辨識其中潛在的偏誤與風險。

### 2. AI 工具臨床應用能力

此能力要求學習者能正確操作 AI 輔助診斷、臨床決策支援與模擬系統，並理解其優勢與限制。在實際情境中，應能將 AI 工具的輸出整合進臨床推理、病歷書寫與技能操作等學習與訓練環節，並清楚認知這些工具僅為輔助，而非取代人類專業判斷。

### 3. 人機協作下的倫理判斷與溝通技能

此能力著重於學習者在使用 AI 工具時，必須同時維持專業倫理與病人安全意識，並具備判斷 AI 建議是否符合臨床倫理標準的能力。同時，也需要能夠清楚地向病人、同儕與跨專業團隊解釋 AI 工具的角色與限制，避免因過度依賴而造成醫病溝通的失衡或專業責任的模糊。

### 4. 批判性思考與風險意識

此能力要求學習者能對 AI 的建議保持懷疑與檢視態度，並透過臨床知識與邏輯推理進行比對與修正，以確保判斷的合理性。同時，必須能辨識 AI 模型可能導致的誤判或風險，並在決策過程中維持人類專業的審查角色，保留最後決策責任，以確保病人安全與醫療專業的完整性。



### （三）跨部門治理與師資培育推動機制

建議由中央主管機關設立跨部門「AI 醫學教育推動委員會」，邀集醫學系、PGY 系統、教學醫院、資訊專家、醫學會與學生團體共同參與，負責政策研擬、資源分配、教案審查與課程指導，以強化縱向政策引導與橫向整合機制。

在此基礎上，進一步推動「AI 教學種子教師培訓計畫」，由各醫學中心與醫學系遴選具潛力之師資參與深度培訓，內容涵蓋 AI 應用實務、教學設計與跨域協作能力。同時，鼓勵教師組成「教學實踐社群」，促進資源交流、經驗分享與案例累積，形成持續發展的專業支持網絡。

### （四）資源共享平台與混合式學習推動策略

為推動 AI 在醫學教育的有效落地，建議建構「全國 AI 醫學教育資源共享平台」，整合數位教材平台、模擬醫療教室與病例資料庫等資源，該平台除提供 AI 病例模擬工具（LLM-based simulators）、可重複應用的教案模板與 prompt 設計工具外，亦應建立標準化測驗與 AI 評分題庫，以利跨校共享與標準化教學。此舉不僅降低各校重複開發的負擔，也能促進經驗交流與資源共用。

在此資源基礎上，課程設計宜發展「混合式學習（Blended Learning）」，結合線上教材、臨床案例模擬、小組討論與專題式學習（Project-Based Learning, PBL），並配合教師指導與 AI 即時回饋，以形成完整的教學循環，增加學生的臨床推理與批判性思維。

### （五）分階段試點與區域性擴散機制

考量各校院在師資能量、資訊基礎建設與課程規劃上存在差異，推動 AI 醫學教育宜採取「先試後推」策略，以降低制度落差與資源不均所帶來的挑戰。初期建議先由具備資訊教學經驗或既有數位平台基礎的醫學系與教學醫院，進行模組化課程試點，例如 PGY 訓練模組、住院醫師核心課程或臨床推理導向課程。在試點過程中，應同步蒐集學生學習成效、教師教學回饋與技術適配度等資料，作為後續課程優化與制度調整的依據。

待初期試點累積可行模式與經驗後，建議透過「區域性擴散計畫」逐步推展至其他院校單位。此過程可採「一區一中心」模式，由試點學校或醫學中心擔任區域推動核心，負責提供教材、教案與技術支援，並協助周邊學校進行在地化調整。

#### （六）發展學習成效評估與儀表板制度

建議建立具 AI 支援的「學習歷程與教學成效儀表板（Learning Analytics Dashboard）」，以整合來自課堂、模擬訓練與數位平台的多元數據，提供系統化的學習追蹤與效能評估。

該儀表板可涵蓋多種數據來源，包括：學員使用 AI 工具的行為與互動紀錄、技能操作與模擬任務完成度、教師的回饋與介入紀錄，以及 AI 自動生成的學習診斷報告。

透過這些資料的整合，教師能即時掌握學員的學習歷程，進而調整教學策略，並針對個別需求提供差異化的輔導。

此外，為避免各校在數據蒐集與應用上標準不一，建議同步制定學習成效的標準化指標與分析模型，確保跨校與跨階段的數據具備可比性與可解讀性。此舉不僅能提供個別化學習與教學決策，也能推動整體醫學教育邁向「資料驅動」（data-driven）的管理模式，強化制度的透明度與永續發展。

#### （七）建立法規與倫理規範機制

AI 應用於醫學教育牽涉病人與學生資料安全、生成內容正確性、模型偏誤與責任歸屬等議題，若缺乏規範將影響教學公平性與信任基礎，因此建議制定「AI 教學倫理與資料治理準則」，內容涵蓋：AI 工具適用範圍與責任劃分、資料匿名化原則、學生生成內容的歸屬與評量標準，以及模型偏誤辨識與公平性維護。

此外，為確保落實，宜在校內設立 AI 教學審查小組，統籌課程審核與倫理監督；中央層級則可透過跨部門推動委員會制定指引與協調資源，形塑全國一致的規範體系，兼顧隱私保障與教育品質。

### （八）資源投入與永續支持策略

為確保 AI 醫學教育的長期推動，政策層面應預留專項經費，用於數位平台建構、教材研發、師資培訓與評估研究。同時，設立年度競爭型計畫，鼓勵跨校與跨領域合作，形成持續創新的推動動能。

在國內資源之外，亦需透過產學合作與國際連結，擴大教育能量。國內方面，可由醫院與新創企業共同開發臨床模擬與教學工具，促進技術落地；國際方面，則可引進知名教材與標準，如 Harvard HMX（哈佛醫學院線上課程）與 Stanford AIMI（史丹佛醫學與醫學影像人工智慧中心），並與國際專業組織合作，包括歐洲醫學教育學會、世界醫學教育聯合會與歐洲醫學資訊聯盟等，共同研擬訓練指標與評量方法。

透過資源支持與國際合作雙軌並進，將有助於我國醫學教育在 AI 時代中維持永續發展，並與國際接軌。

## 二、預期效益與未來展望

本報告回顧人工智慧在醫學教育中導入的國際趨勢，並結合臺灣臨床醫事人員的訓練需求，提出多項應用情境與課程設計可能性。整體而言，AI 教育展現高度潛力，但在課綱整合、師資培力與制度支援上仍有待加強。若能透過系統性推動，其長期效益可望體現在以下層面：

### （一）教學效能與個別化學習提升

AI 工具可用於診斷推理、知識整合與即時錯誤修正，強化知識建構與臨床判斷；同時，透過學習歷程資料的分析，提供個別化回饋與學習建議，提升學習效率與補救效果。教師則可依據學習分析與儀表板數據，動態調整課程策略，促進更具針對性的互動教學。

### （二）臨床訓練標準化與準確性提升

AI 模擬與虛擬病人系統可補足臨床訓練中難以遇見的情境，提升學習完整性。其客觀化的技能評量與重複演練機制，有助於降低人為差異，並增進外科、麻醉與急診等程序性技能的精準度。

### （三）促進資料導向決策與教學創新文化

AI 儀表板與學習數據能支援課程設計與制度檢討，逐步建立以資料為基礎的教學文化，推動教師朝「教學研究者」角色發展。教育行政亦可藉由數據透明化，強化資源配置效率。

### （四）國家人才競爭力與國際連結

透過 AI 素養與臨床判斷能力的培育，可提升我國智慧醫療與醫學教育在國際上的競爭地位。教育成果亦能轉化為國際合作計畫、研究出版與課程輸出，進一步推動教育外交與跨國標準接軌。

## 三、結論

人工智慧於醫學教育的導入，已展現優化教學流程、提升臨床判斷與促進國際交流的高度潛力。然而，若要使其真正落實於臺灣醫學教育體系，仍需在制度設計、課程實踐與文化接受度間取得平衡。

綜合前文八大建議，可歸納為三大推動方向：

#### （一）政策與制度整合

需由中央層級制定長程藍圖與倫理規範，確保跨部門協作、資源共享與永續支持。

#### （二）課程與師資發展

透過模組化課程設計與師資培育，讓 AI 工具不僅是教學輔助，更能成為臨床教育的核心元素。

#### （三）研究與國際接軌

建立長期追蹤與績效評估機制，並透過跨國合作強化標準對齊，提升臺灣在全球醫學教育領域的能見度。

總體而言，AI 不應被視為單一技術，而是推動醫學教育轉型的重要策略工具。未來的關鍵在於如何將創新實踐制度化，並在確保專業價值與倫理規範下，使臺灣能在智慧醫療與醫學教育的國際舞台上占有一席之地。

---

## 參考文獻

1. AAMC. (2025). *Principles for the Responsible Use of Artificial Intelligence in and for Medical Education*. Association of American Medical Colleges (AAMC). <https://www.aamc.org/about-us/mission-areas/medical-education/principles-AI-use>
  2. Bedmutha, M. S., Bascom, E., Sladek, K. R., Tobar, K., Casanova-Perez, R., Andreiu, A., Bhat, A., Mangal, S., Wood, B. R., & Sabin, J. (2024). Artificial intelligence-generated feedback on social signals in patient-provider communication: technical performance, feedback usability, and impact. *JAMIA open*, 7(4).
  3. Bojic, I., Mammadova, M., Ang, C.-S., Teo, W. L., Diordieva, C., Pienkowska, A., Gašević, D., & Car, J. (2023). Empowering health care education through learning analytics: in-depth scoping review. *Journal of medical internet research*, 25, e41671.
  4. Boyle, P. (2025). *Medical schools move from worrying about AI to teaching it*. AAMC News. <https://www.aamc.org/news/medical-schools-move-worrying-about-AI-teaching-it>
  5. Chan, K. S., & Zary, N. (2019). Applications and challenges of implementing artificial intelligence in medical education: integrative review. *JMIR medical education*, 5(1), e13930.
  6. Cook, D. A., Overgaard, J., Pankratz, V. S., Del Fiore, G., & Aakre, C. A. (2025). Virtual patients using large language models: Scalable, contextualized simulation of clinician-patient dialogue with feedback. *Journal of medical internet research*, 27, e68486.
  7. Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future healthcare journal*, 6(2), 94–98.
-

- 
8. Densen, P. (2011). Challenges and opportunities facing medical education. *Transactions of the American clinical and climatological association*, 122, 48.
  9. Ellaway, R., & Masters, K. (2008). AMEE Guide 32: e-Learning in medical education Part 1: Learning, teaching and assessment. *Medical teacher*, 30(5), 455–473.
  10. General Medical Council. (2020). *Outcomes for graduates 2020*. General Medical Council. [https://www.gmc-uk.org/-/media/documents/outcomes-for-graduates-2020\\_pdf-84622587.pdf](https://www.gmc-uk.org/-/media/documents/outcomes-for-graduates-2020_pdf-84622587.pdf)
  11. Goh, E., Gallo, R., Hom, J., Strong, E., Weng, Y., Kerman, H., Cool, J. A., Kanjee, Z., Parsons, A. S., & Ahuja, N. (2024). Large language model influence on diagnostic reasoning: a randomized clinical trial. *JAMA Network Open*, 7(10), e2440969–e2440969.
  12. Goh, E., Gallo, R. J., Strong, E., Weng, Y., Kerman, H., Freed, J. A., Cool, J. A., Kanjee, Z., Lane, K. P., & Parsons, A. S. (2025). GPT-4 assistance for improvement of physician performance on patient care tasks: a randomized controlled trial. *Nature medicine*, 31(4), 1233–1238.
  13. Health Education England. (2022). *Developing healthcare workers' confidence in AI*. H. E. England. <https://digital-transformation.hee.nhs.uk/binaries/content/assets/digital-transformation/dart-ed/developingconfidenceinAI-oct2022.pdf>
  14. Holderried, F., Stegemann-Philipps, C., Herrmann-Werner, A., Festl-Wietek, T., Holderried, M., Eickhoff, C., & Mahling, M. (2024). A language model–powered simulated patient with automated feedback for history taking: Prospective study. *JMIR medical education*, 10(1), e59213.
  15. Imperial College London. (2025a). *Artificial intelligence*. Imperial College London. <https://www.imperial.ac.uk/medicine/research-and-impact/groups/icare/toolkits-education-and-training/navigating-digital-health/artificial-intelligence/>
-

- 
16. Imperial College London. (2025b). *Digital health, programming, AI and machine learning*. Imperial College London. <https://www.imperial.ac.uk/courses-for-nhs-staff/digital-health-programming-AI-and-machine-learning/>
  17. King, A., Fowler, G. E., Macefield, R. C., Walker, H., Thomas, C., Markar, S., Higgins, E., Blazeby, J. M., & Blencowe, N. S. (2025). Use of artificial intelligence in the analysis of digital videos of invasive surgical procedures: scoping review. *BJS open*, 9(4), zraf073.
  18. Kiyak, Y. S., & Emekli, E. (2024). ChatGPT prompts for generating multiple-choice questions in medical education and evidence on their validity: a literature review. *Postgraduate Medical Journal*, 100(1189), 858–865.
  19. Kong, J. S., Teo, B. S., Lee, Y. J., Pabba, A. B., Lee, E. J., & Sng, J. C. (2021). Virtual integrated patient: An AI supplementary tool for second-year medical students. *The Asia Pacific Scholar*, 6(3), 87.
  20. Kung, T. H., Cheatham, M., Medenilla, A., Sillos, C., De Leon, L., Elepaño, C., Madriaga, M., Aggabao, R., Diaz-Candido, G., & Maningo, J. (2023). Performance of ChatGPT on USMLE: potential for AI-assisted medical education using large language models. *PLOS Digital Health*, 2(2), e0000198.
  21. Lee, P., Bubeck, S., & Petro, J. (2023). Benefits, limits, and risks of GPT-4 as an AI chatbot for medicine. *New England Journal of Medicine*, 388(13), 1233–1239.
  22. Masters, K. (2019). Artificial intelligence in medical education. *Medical teacher*, 41(9), 976–980.
  23. MEXT. (n.d.). 数理・データサイエンス・AI 教育プログラム認定制度. 文部科学省. [https://www.mext.go.jp/a\\_menu/koutou/suuri\\_datascience\\_AI/00001.htm](https://www.mext.go.jp/a_menu/koutou/suuri_datascience_AI/00001.htm)
  24. Ministry of Health, S. (n.d.). *Emerging regulatory policy issues*. Ministry of Health, Singapore. <https://www.moh.gov.sg/others/health-regulation/emerging-regulatory-policy-issues>
-



- 
25. Misra, S. M., & Suresh, S. (2024). Artificial intelligence and objective structured clinical examinations: Using ChatGPT to revolutionize clinical skills assessment in medical education. *Journal of Medical Education and Curricular Development*, 11, 23821205241263475.
  26. Montagna, M., Chiabrando, F., De Lorenzo, R., Rovere Querini, P., & Students, M. (2025). Impact of Clinical Decision Support Systems on Medical Students' Case-Solving Performance: Comparison Study with a Focus Group. *JMIR medical education*, 11, e55709.
  27. National University of Singapore. (2025). *AI for Healthcare*. National University of Singapore. <https://medicine.nus.edu.sg/continuing-education/course-catalogue/AI-for-healthcare/>
  28. Onoue, T., Asada, Y., Imafuku, R., Kou, S., Takami, H., Takahashi, Y., Nomura, O., & SAIki, T. (2024). Developing competencies relating to information science and technology in Japanese undergraduate medical education. *Medical teacher*, 46(sup1), S31–S37.
  29. Ota, Y., Asada, Y., Mieno, M., & Matsuyama, Y. (2024). Competencies required to make use of Information Science and Technology among Japanese medical students: a cross-sectional study. *BMC medical education*, 24(1), 840.
  30. Paradis, J., Zalman, C., Schissel, M., Talmon, G., & Nelson, K. L. (2025). Using ChatGPT-Generated Practice Exam Questions in Medical Education.
  31. Plackett, R., Kassianos, A. P., Mylan, S., Kambouri, M., RAIne, R., & Sheringham, J. (2022). The effectiveness of using virtual patient educational tools to improve medical students' clinical reasoning skills: a systematic review. *BMC medical education*, 22(1), 365.
  32. Singapore Ministry of Education. (2025). *AI in Education Ethics Framework*. Singapore Ministry of Education. <https://www.learning.moe.edu.sg/AI-in-sls/responsible-AI/AI-in-education-ethics-framework/>
-



- 
33. Skochelak, S. E. (2020). *Health Systems Science E-Book: Health Systems Science E-Book*. Elsevier Health Sciences.
  34. Sriram, A., Ramachandran, K., & Krishnamoorthy, S. (2025). Artificial Intelligence in Medical Education: Transforming Learning and Practice. *Cureus*, 17(3).
  35. Sunmedia Co., L. (n.d.). 読影指南／画像診断ナレッジサービス. Sunmedia Co., Ltd. <https://www.sunmedia.co.jp/dokuei-shinan/>
  36. SW Kwak. (2025). *Korea to train 1,000 medical AI experts through university-led program over 5 years*. Korea Biomed News. <https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=28535>
  37. tAIlab. (2025). Courses — *translationalAI Lab*. tAIlab, Yonsei University College of Medicine. <https://tAIlab.yonsei.ac.kr/courses/>
  38. Tekin, M., Yurdal, M. O., Toraman, Ç., Korkmaz, G., & Uysal, İ. (2025). Is AI the future of evaluation in medical education? AI vs. human evaluation in objective structured clinical examination. *BMC medical education*, 25(1), 641.
  39. Tokyo Medical and Dental University. (n.d.). 医学・歯学分野における数理・データサイエンス・AI 教育開発事業. <https://www.tmd.ac.jp/labs/education/ds/>
  40. Toofaninejad, E., Dawson, S., Sohrabi, S., & Kalantarion, M. (2025). Exploring the Transformative Potential of Learning Analytics in Medical Education: A Systematic Review. *Journal of Advances in Medical Education & Professionalism*, 13(1), 12.
  41. Topol, E. (2019). *Deep medicine: how artificial intelligence can make healthcare human again*. Hachette UK.
  42. Topol, E. (2020). The Topol review—preparing the healthcare workforce to deliver the digital future: an independent report on behalf of the Secretary of State for Health and Social Care. 2019. *HEE-Topol-Review-2019. pdf* (accessed 11 May 2021). [Google Scholar].
-

- 
43. Voigt, H., Sugamiya, Y., Lawonn, K., Zarriß, S., & Takanishi, A. (2025). LLM-powered virtual patient agents for interactive clinical skills trAining with automated feedback. *arXiv preprint arXiv:2508.13943*.
  44. Waldron, P. (2025). *Medical students use AI to practice communication skills*. Cornell Chronicle. <https://news.cornell.edu/stories/2025/03/medical-students-use-AI-practice-communication-skills>
  45. Weisman, D., Sugarman, A., Huang, Y. M., Gelberg, L., Ganz, P. A., & Comulada, W. S. (2025). Development of a GPT-4–Powered Virtual Simulated Patient and Communication TrAining Platform for Medical Students to Practice Discussing Abnormal Mammogram Results With Patients: Multiphase Study. *JMIR Formative Research*, 9, e65670.
  46. Yamamoto, A., Koda, M., Ogawa, H., Miyoshi, T., Maeda, Y., Otsuka, F., & Ino, H. (2024). Enhancing medical interview skills through AI-Simulated patient interactions: nonrandomized controlled trial. *JMIR medical education*, 10(1), e58753.
  47. Zarei, M., Mamaghani, H. E., Abbasi, A., & Hosseini, M.-S. (2024). Application of artificial intelligence in medical education: A review of benefits, challenges, and solutions. *Medicina Clínica Práctica*, 7(2), 100422.
-



## 第四章

# 生成式 AI 導入一般臨床工作之因應與挑戰

**楊智傑** 國立陽明交通大學醫學系系主任  
國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療推動中心主任  
臺北榮民總醫院醫療人工智慧發展中心副主任

### 摘要

人工智慧（AI）的浪潮正以前所未有的速度與廣度席捲全球，其中，生成式 AI（Generative AI）以其卓越的語言理解、內容生成與複雜推理潛力，成為推動各行各業變革的核心驅動力。在攸關人類福祉的醫療領域，這項技術不僅僅是數位化轉型的延伸，更預示著一場深刻的典範轉移。從臨床決策輔助、病歷自動化生成，到醫病關係的重塑，生成式 AI 正逐步滲透醫療服務的每一個環節，為長期以來困擾醫療體系的效率瓶頸、資源分配不均與知識管理等挑戰，帶來了前所未聞的解決方案與想像空間。

回顧 AI 在醫療的發展，早期模型多半針對單一、特定的任務，例如影像判讀中的肺結節偵測或心電圖中的心律不整分析。這些判別式 AI（Discriminative AI）在特定領域取得了顯著成功，卻也受限於其任務的單一性。然而，以大型語言模型（LLM）為基礎的生成式 AI，突破了此

一框架。它不再是僅能回答「是」或「否」的專家系統，而是一個能夠理解上下文、進行多模態資料轉換、生成連貫論述，甚至模擬臨床推理過程的「通才型」認知夥伴。這種從「專才」到「通才」的質變，使其得以應對臨床工作流程中更為複雜、更需整合判斷的任務，例如從零散的門診紀錄與檢查報告中，自動彙整出一份結構完整、重點清晰的入院病歷，或是根據病人的主訴，即時生成衛教資訊與個人化的照護建議。

這波技術浪潮所帶來的「效率紅利」極具吸引力。對於身處高壓工作環境的臨床醫事人員而言，生成式 AI 有望將他們從繁瑣、重複的行政文書工作中解放出來。護理師得以更快地完成護理紀錄，醫師能縮短撰寫病歷報告的時間，從而將寶貴的精力重新聚焦於病人的直接照護、複雜的鑑別診斷以及更具溫度的醫病溝通。在醫學教育領域，AI 亦能扮演個人化導師的角色，為學生量身打造學習路徑、自動生成評量試題與案例，大幅提升教學的個人化與效率。這些潛在效益，對於應對全球性的醫事人員短缺、提升醫療服務品質，無疑是一劑強心針。

然而，如同所有顛覆性技術，生成式 AI 在展現巨大潛力的同時，也伴隨著深刻的挑戰與潛在的風險。首先，模型的可靠性是一道繞不開的關卡。「幻覺」（Hallucination），即模型產生看似合理卻與事實不符的資訊，是其底層技術的內在缺陷。在醫療此一高風險領域，任何不精確的資訊都可能導致災難性的後果。此外，大型語言模型常被詬病為「黑箱」，其決策過程缺乏透明度與可解釋性，這與循證醫學所要求的嚴謹、可驗證原則形成緊張關係。當 AI 提供的建議出錯時，責任歸屬亦成為一個複雜的法律與倫理難題。

更深層次的隱憂，在於對人類核心能力的潛在侵蝕，即「認知去技能化」（Cognitive Deskilling）。當臨床人員過度依賴 AI 進行思考與決策，其自身的臨床推理、批判性思維與獨立判斷能力是否會在不知不覺中萎縮？近期的研究，例如針對內視鏡醫師的觀察發現，長期使用 AI 輔助後，醫師在無 AI 協助下的病灶偵測率竟顯著下降。此一發現為我們敲響了警鐘：人機協作的綜效並非理所當然，「人+AI」的組合甚至可能劣於單獨

---

的 AI 或人類專家。我們必須警惕，追求效率的初衷，可能無意間導致專業能力的退化，最終反而損害醫療品質。

因此，將生成式 AI 安全、有效地導入臨床工作，絕非單純的技術採購與系統部署，而是一項涉及教育、法規、倫理與工作流程重塑的複雜社會工程。我們不能將其視為一個能自動解決所有問題的萬靈丹，而必須將其定位為一個需要被主動設計、嚴格監管、並與人類智慧深度協作的強大工具。本建言書旨在深入剖析生成式 AI 導入臨床工作的多元應用場景，系統性地梳理其所面臨的技術、倫 - 理與實務挑戰，並在此基礎上，提出具體的治理框架與政策建言。我們相信，唯有透過審慎的規劃、跨領域的對話與前瞻性的政策引導，才能確保這項革命性技術真正成為增進人類健康的助力，而非帶來新的風險，最終實現一個人機協作、智慧共融的醫療新未來。

---

## 第一節 應用場景

生成式 AI 的崛起，正為傳統的臨床工作模式注入新的活力與可能性。其核心能力在於處理、轉換與生成複雜的非結構性資料，這使其能夠在臨床工作流程的諸多環節中，扮演效率提升者、知識管理者與溝通輔助者的多重角色<sup>1</sup>。相較於過去專注於特定影像或訊號判讀的 AI 模型，生成式 AI 的應用範疇更為廣泛，深入到日常的文書處理、醫病互動乃至臨床決策的輔助<sup>2</sup>。以下將從臨床記錄與文件處理、臨床決策支援與知識獲取、以及醫病溝通與病人衛教三個面向，探討其主要應用場景。

### 一、臨床記錄與文件處理的自動化與優化

生成式 AI 的崛起，正為傳統的臨床工作模式注入新的活力與可能性。其核心能力在於處理、轉換與生成複雜的非結構性資料，這使其能夠在臨床工作流程的諸多環節中，扮演效率提升者、知識管理者與溝通輔助者的多重角色<sup>3</sup>。相較於過去專注於特定影像或訊號判讀的 AI 模型，生成式 AI 的應用範疇更為廣泛，深入到日常的文書處理、醫病互動乃至臨床決策的輔助。以下將從臨床記錄與文件處理、臨床決策支援與知識獲取、以及醫病溝通與病人衛教三個面向，探討其主要應用場景。

#### （一）臨床記錄與文件處理的自動化與優化

臨床工作中有相當大一部分時間被耗費在各類醫療文件的撰寫、彙整與管理上，這不僅是臨床人員的沉重負擔，也間接影響了他們投入病人照護的時間。生成式 AI 在此領域展現了最為成熟且立即可見的價值，主要體現在以下幾個方面：

##### 1. 自動化病歷生成與摘要

這是生成式 AI 目前最核心的應用之一。傳統上，住院醫師或 PGY（畢業後一般醫學訓練）醫師在接收新病人時，需要花費大量時間閱讀來自急診或門診的龐雜紀錄，並手動整理成一份結構化的入院病歷。透過導入生成式 AI 系統，醫院可以開發出自動化流程：當輸入病人病歷號後，系統

能自動抓取該病患近期在急診、門診的所有就診紀錄、主訴、護理評估、檢驗檢查數據等，並在短時間內生成一份包含主訴（Chief Complaint）、現病史（Present Illness）、過去病史（Past History）等標準格式的病歷草稿。例如，台北榮民總醫院已在開發並試行類似系統，將醫師從繁瑣的複製貼上與資料篩選中解放出來。AI 不僅能完成資料的彙整，還能依據預設的邏輯，初步判斷哪些資訊更為關鍵，儘管其判斷重點的能力仍有待提升。

## 2. 護理紀錄與交班報告的輔助撰寫

護理師的文書工作量同樣巨大，包括每日的護理紀錄、三班交班報告等。生成式 AI 可以根據護理師輸入的關鍵字詞或結構化數據（如生命徵象、輸出入量），快速生成符合護理專業術語與格式要求的紀錄內容。這不僅加快了撰寫速度，也有助於提升紀錄的標準化與一致性。在交班場景中，AI 可以自動摘要當班期間病人的重要變化、待辦事項與注意事項，生成清晰的口頭或書面交班稿，減少因人為疏漏造成的資訊斷層，從而提升病人安全。然而，臨床實踐中也發現，若 AI 摘要的重點與護理師的專業判斷不符，反而可能需要花費更多時間進行修改，這凸顯了模型仍需針對特定臨床情境進行微調。

## 3. 影像與病理報告的草稿生成

對於放射科與病理科醫師而言，撰寫報告是其核心工作之一。傳統 AI 已能標示出影像上的可疑病灶，而生成式 AI 則能更進一步，將這些偵測結果轉換為通順的自然語言描述<sup>4</sup>。例如，一個腦部 CT 的 AI 系統，在偵測到疑似腦出血的區域後，能自動生成一段描述出血位置、大小、周圍水腫情況的報告草稿。醫師僅需在此基礎上進行審核、修改與補充，即可完成最終報告。這不僅節省了打字時間，也透過提供標準化模板，減少了報告中的描述性錯誤。然而，目前的挑戰在於如何準確描述複雜或非典型的影像發現，以及如何處理「陰性」發現（即排除某些疾病的可能性），這對 AI 的推理與語言能力提出了更高要求。



#### 4. 醫療診斷編碼（Coding）與健保申報輔助

出院病歷的診斷編碼是影響醫院營運與健保給付的關鍵環節。編碼師需要根據醫師的診斷紀錄，對應到複雜的國際疾病分類碼（如 ICD-10）。生成式 AI 能夠閱讀整份病歷，理解其中的診斷邏輯與治療過程，並自動建議最適合的診斷碼與程序碼<sup>5</sup>。這不僅能大幅提升編碼的效率與準確性，還能輔助醫院進行更精準的 DRG（診斷關聯群）分組，優化健保給付效益。

#### （二）臨床決策支援與即時知識獲取

雖然生成式 AI 在需要高度邏輯推理的臨床決策上仍屬發展中領域，但其強大的資訊檢索與整合能力，已使其成為臨床醫師不可或缺的「第二大腦」。

##### 1. 鑑別診斷的輔助工具

當面對複雜或罕見的臨床案例時，醫師可以向生成式 AI 輸入病人的症狀、體徵與初步檢查結果，AI 能在短時間內，從龐大的醫學文獻資料庫中，搜尋並整理出一份可能的鑑別診斷清單，並附上各個診斷的支持與反對證據。這有助於拓寬醫師的思路，避免因「錨定效應」等認知偏誤而過早鎖定單一診斷<sup>6</sup>。

##### 2. 最新文獻與臨床指引的即時查詢

醫學知識日新月異，臨床醫師難以時刻追蹤所有最新研究進展。生成式 AI 可以扮演一個智慧型醫學助理的角色。醫師可以用自然語言提問，例如「對於二線治療失敗的非小細胞肺癌患者，目前最新的標靶藥物建議是什麼？」，AI 能快速檢索 PubMed、UpToDate 等權威資料庫，提供摘要性的答案，並附上文獻來源。這將過去需要數小時的文獻檢索工作，縮短至數分鐘之內。

##### 3. 個人化治療方案的建議

結合基因體學與個人健康紀錄，生成式 AI 有潛力為病人提供更個人化的治療建議<sup>7</sup>。例如，在癌症治療中，AI 可以整合病人的基因檢測報告、病理特徵與過去的治療反應，比對最新的臨床試驗數據，建議最適合的化

療方案或免疫療法組合。

### （三）醫病溝通與病人衛教

生成式 AI 在改善醫病互動與提升病人健康素養方面，同樣展現出獨特的應用價值。

#### 1. 醫病對話的即時轉錄與摘要

在門診中，醫師常常需要在問診、檢查的同時，分心記錄病歷。配備語音辨識功能的生成式 AI，可以將醫病對話即時轉錄為文字，並在看診結束後自動生成一份摘要，標示出病人的主要問題、醫師的診斷與醫囑。這讓醫師能更專注於與病人的互動，提升溝通品質<sup>8</sup>。

#### 2. 個人化衛教材料的生成

傳統的衛教單張內容固定，難以滿足個別病人的需求。生成式 AI 可以根據病人的具體情況（如年齡、教育程度、特定診斷）與提問，即時生成通俗易懂、個人化的衛教資訊。例如，一位剛被診斷為第二型糖尿病的長者，可以透過與 AI 聊天機器人互動，了解飲食控制的原則、藥物副作用的應對方式等。

#### 3. 數位心理陪伴與認知復健

對於慢性病患、獨居長者或有心理健康需求的個案，生成式 AI 驅動的聊天機器人（Chatbot）可以提供 24 小時不間斷的對話與陪伴。這些 AI 不僅能進行日常問候，還能依據認知行為治療（CBT）等理論，引導使用者進行情緒管理與正向思考練習。美國 FDA 已核准首個用於治療憂鬱症的數位處方應用程式，正顯示了此一趨勢。在認知復健領域，AI 亦可用於設計互動式遊戲，幫助失智症患者延緩認知功能退化<sup>9</sup>。

總結而言，生成式 AI 的臨床應用場景已從單純的後勤支援，逐步走向臨床核心業務的輔助。它正透過自動化文書工作，為醫事人員爭取更多時間；透過智慧化資訊整合，強化臨床決策的品質；並透過個人化的互動，深化醫病之間的連結。然而，這些美好的應用願景，仍需建立在克服諸多嚴峻挑戰的基礎之上。

## 第二節 挑戰與解決

生成式 AI 在臨床工作中的應用前景雖然廣闊，但從技術潛力走向安全、可靠且高效的日常實踐，仍面臨著一系列嚴峻的挑戰。這些挑戰橫跨技術、資料、流程、法規與人員等多個層面，任何一個環節的疏漏都可能使其效益大打折扣，甚至帶來潛在的醫療風險。因此，在積極導入的同時，醫療機構與政策制定者必須正視這些問題，並規劃周全的解決方案。

### 一、模型準確性與可靠性的挑戰

這是生成式 AI 在臨床應用中最根本的技術障礙。模型的內在缺陷直接關係到其產出內容的品質，進而影響病人安全與醫療決策的正確性。

#### （一）幻覺（Hallucination）與虛談（Confabulation）

大型語言模型的核心運作機制是基於機率預測下一個最可能的詞彙，而非真正理解事實。這導致其可能產生「幻覺」，即捏造出看似合理卻完全錯誤的資訊，例如引用不存在的醫學文獻，或在病歷摘要中杜撰病患未曾提及的症狀。這種現象在高風險的醫療場景中是不可接受的<sup>10</sup>。

#### 1. 解決方案

##### （1）檢索增強生成（Retrieval-Augmented Generation, RAG）

這是一種主流的技術解決方案。其核心思想是在 AI 生成答案前，先讓其從一個可信的、最新的知識庫（如醫院內部的臨床指引、UpToDate、PubMed）中檢索相關資訊，並強制模型基於這些檢索到的「證據」來生成回答。這能大幅降低模型憑空捏造的可能性，並使其答案具有可追溯性。

##### （2）建立嚴格的外部驗證與監測機制

任何導入臨床使用的 AI 模型，都應像新藥上市一樣，經過嚴格的臨床前與臨床驗證。需建立一套標準化的測試題庫與評估指標，定期監測模型的幻覺發生率、準確率等表現。當模型表現下降或出現重大錯誤時，應有明確的下架或更新機制。

## （二）邏輯推理能力的限制

儘管最新的模型在推理能力上有所提升，但其處理複雜因果關係與臨床邏輯的能力仍遜於人類專家。例如，在彙整一份複雜病歷時，AI 可能羅列出病患所有的問題，卻無法準確判斷出當前最主要、最需優先處理的問題是什麼。它可能知道 A 疾病和 B 症狀有關聯，卻不理解其背後的病生理機制，導致其摘要缺乏臨床醫師所看重的邏輯層次與重點。

### 1. 解決方案

#### （1）人機協同審核流程

在可預見的未來，AI 的產出內容（如病歷草稿、報告摘要）絕不能直接進入正式醫療紀錄，必須設計一個強制性的「人類在環」（Human-in-the-Loop）審核流程。醫師或護理師的角色是最終的把關者，他們需要利用自身的專業知識，對 AI 的產出進行批判性審核、修正與確認。

#### （2）聚焦於特定、低風險任務

在模型推理能力尚未完全成熟的階段，應優先將其應用於風險較低的輔助性任務，例如將語音轉為逐字稿、標準格式文件的初步生成、文獻資料的初步篩選等，而非直接用於診斷或治療建議等高風險決策。

## （三）中文語境的偏差與公平性問題

目前全球頂尖的大型語言模型，其訓練資料絕大多數來自英文世界。這導致模型在處理繁體中文時，不僅效能可能略遜於英文，更容易受到簡體中文內容、文化脈絡的影響，產生用詞或語氣上的偏差。此外，若訓練資料本身存在偏誤（例如對特定族群、性別的描述有刻板印象），AI 將會忠實地複製甚至放大這些偏誤，帶來醫療公平性的隱憂。

### 1. 解決方案

#### （1）發展「主權 AI」與本地化微調

從國家戰略層面，應投入資源發展以繁體中文為核心、蘊含臺灣

文化與價值觀的基礎模型，即「主權 AI」。在機構層面，則可利用開源模型（如 Llama 系列），在醫院內部的高品質、在地化中文病歷資料上進行微調（Fine-tuning），使模型更貼近本地的醫療用語與臨床情境。

## （2）偏誤檢測與演算法公平性審計

建立專門的機制，定期對模型的輸出進行公平性審計，檢測其是否存在針對不同性別、年齡、地區病患的系統性偏差，並持續優化演算法以減輕這些偏誤。

## 二、資料隱私與資訊安全的挑戰

醫療資料是個人最敏感的隱私之一，其處理與傳輸必須符合最嚴格的法規與資安標準。生成式 AI 的導入，特別是使用雲端服務時，對現有的資安框架構成了新的挑戰。

### （一）資料外洩與境外傳輸風險

若醫院直接使用如 OpenAI ChatGPT 等公有雲端服務，病人的敏感資料（即使經過初步處理）將會被傳輸至臺灣境外的伺服器。這不僅違反了臺灣對公立醫院資料不得出境的規定，也增加了資料在傳輸過程中被攔截或被服務提供商不當使用的風險。國際大型 AI 公司出於地緣政治風險考量，普遍不願在臺灣設立資料中心，使得此問題更為棘手。

### 1. 解決方案

#### （1）本地化部署（On-Premise Deployment）

這是最安全的解決方案。醫院需投入資源建置自己的 AI 運算基礎設施（如 GPU 伺服器），並在院內的防火牆環境下部署開源或自研的語言模型。所有資料的處理完全在院內完成，徹底杜絕了資料外洩的風險。

#### （2）採用符合法規的企業級雲端服務

若必須使用雲端服務，應選擇像微軟 Azure OpenAI 這類提供企業級服務的平台。這些平台通常會簽署更嚴格的資料保護協議

（DPA），承諾不會將客戶資料用於模型再訓練，並符合 HIPAA 等國際醫療隱私法規。然而，資料仍在境外的問題依然存在，需由主管機關進行政策上的權衡與裁示。

### （3）徹底的資料去識別化

在任何資料需要離開院內伺服器的情況下，都必須經過最徹底的去識別化與去連結化處理，移除所有可能追溯到個人的資訊<sup>11</sup>。

## 三、工作流程整合與使用者接受度的挑戰

技術的成功導入，不僅僅是技術本身的問題，更取決於它能否無縫地融入現有的工作流程，並被使用者所接受。

### （一）系統整合的複雜性

要讓生成式 AI 發揮最大效益，它不能是一個獨立運作的工具，而必須與醫院現有的資訊系統（HIS）、電子病歷系統（EMR）、影像儲存系統（PACS）等深度整合。這需要跨部門的協作與大量的工程開發工作，對醫院的資訊能力是一大考驗。

### （二）使用者接受度與信任問題

臨床人員普遍對新技術抱持謹慎態度。如果 AI 系統經常出錯、操作不便，或產出的內容不符合他們的專業需求，他們很快就會失去信任，寧願回歸傳統的工作方式。一次糟糕的使用體驗，就可能讓推廣工作遭遇極大阻力。

### （三）成本與基礎設施投入

無論是自建本地化 AI 基礎設施，還是購買高階的企業級雲端服務，都需要龐大的初期投資與持續的維運費用。對於許多預算有限的醫院而言，這是一筆沉重的負擔，可能導致醫療資源的排擠效應。

## 1. 解決方案

### （1）以使用者為中心的設計

在開發 AI 應用時，必須讓第一線的臨床人員（醫師、護理師）

深度參與設計過程，確保系統的功能與介面真正符合他們的需求與工作習慣。

(2) 分階段、漸進式導入

應從特定科室或特定任務開始試點，先在小範圍內驗證其效益與穩定性，並根據使用者回饋不斷優化。成功的試點案例將成為最好的推廣教材，有助於建立使用者信心。

(3) 持續的教育訓練

必須對所有醫事人員提供充分的 AI 素養教育與系統操作培訓，讓他們了解 AI 的能力與限制，學會如何批判性地使用 AI 工具，並將其視為合作夥伴，而非威脅或不可信賴的黑盒子。

(4) 國家級資源共享與政策支持

政府應考慮建立國家級的醫療 AI 運算中心與基礎模型，以公有資源的方式提供給各級醫院使用，降低個別機構的進入門檻。同時，可透過健保給付或專案補助，鼓勵醫院投資於提升醫療品質與效率的 AI 建設。

---



### 第三節 治理框架與倫理考量

將生成式 AI 安全且負責任地導入臨床工作，不僅需要克服技術與流程上的挑戰，更迫切需要建立一個全面性的治理框架與清晰的倫理準則。這個框架必須確保 AI 的發展與應用，始終以病人福祉、醫療專業自主性及社會公平為核心價值。若缺乏有效的治理，技術的濫用或無心之過都可能引發信任危機，甚至對醫病關係與整個醫療體系造成傷害。因此，從政策頂層設計到機構內部規範，再到使用者介面的倫理考量，都必須進行系統性的規劃。

#### 一、建立國家級人工智慧治理框架

面對生成式 AI 此一影響深遠的技術，政府主管機關（如衛生福利部、數位發展部）應扮演關鍵的引導與監管角色，為醫療 AI 的發展定下清晰的遊戲規則。

##### （一）模型來源與准入標準

應制定明確的政策，規範可在臺灣醫療體系中使用的 AI 模型。這包括對模型來源的審查，例如，基於國家安全與資料主權考量，可能限制使用特定國家或地區開發的模型。同時，應設立模型的「准入門檻」，要求所有預計導入臨床應用的模型，都必須提交其技術文件、訓練資料概述、以及在標準化測試集上的表現報告（包括準確率、幻覺率、偏誤指標等），通過審核後方可推薦給醫療機構使用。

##### （二）模型的生命週期管理

AI 模型並非一成不變，其效能會隨著時間與資料變化而波動。治理框架應包含模型的全生命週期管理機制。

#### 1. 上市後監測（Post-Market Surveillance）

如同藥品與醫材，AI 模型在實際部署後，應建立持續的監測與回報系統。醫療機構需定期回報模型的使用情況、錯誤事件以及對臨床流程的影響。



## 2. 版本更新與退場機制

當模型進行重大版本更新時，需重新進行驗證。同時，應設立明確的「退場標準」，當一個模型的表現持續不佳，或有更安全、更高效的新模型出現時，應有引導其平順退場的機制，避免醫療機構被過時的技術綁定。

### （三）建立獨立的外部驗證中心

為確保模型評估的客觀與公正，可借鏡衛福部現有的三大 AI 中心（驗證取證、負責任 AI、影響性 AI）的經驗，成立專門針對「生成式 AI」的驗證與評估中心。該中心負責開發與維護標準化的評測資料集，對市場上各類醫療 AI 模型進行獨立的第三方測試，並將結果公開，供各醫療機構作為採購與導入的參考依據。

## 二、機構層級的資料治理與責任歸屬

在國家框架的指導下，各醫療機構需建立自身的內部治理規範，將 AI 管理融入日常營運。

### （一）資料治理與隱私保護

機構必須制定嚴格的資料使用規範，明確定義哪些資料可用於 AI 模型的訓練與微調、資料的去識別化標準與流程、以及資料的存取權限管理。特別是當需要與外部廠商合作時，合約中必須詳盡載明資料所有權、使用範圍與資安責任，確保病人隱私受到最高規格的保護。

### （二）責任歸屬的釐清

當 AI 輔助的醫療決策導致不良後果時，責任歸屬是一個複雜的議題。現行法規下，最終責任仍由臨床醫事人員承擔。然而，隨著 AI 的角色日益吃重，機構應建立內部的事件審查機制。當發生與 AI 相關的醫療事件時，需全面檢討是模型本身的缺陷、是使用者操作不當，還是人機互動流程設計不良所致。長遠來看，政策層面需開始研議，如何在 AI 開發者、醫療機構與使用者之間，更合理地分配法律與倫理責任<sup>12</sup>。

### （三）標準化資料格式與互操作性

為促進不同醫院之間的 AI 應用與資料交換，主管機關應協調各醫療機構，共同推動醫療資料的標準化格式，例如採用國際通行的 FHIR（Fast Healthcare Interoperability Resources）標準<sup>13</sup>。這不僅有助於病人轉診時的資訊交換，也能讓不同機構開發的 AI 模型有機會在更多元的資料上進行驗證與應用，形成更健全的產業生態系。

## 三、介面設計的倫理與人因工程考量

AI 與使用者的互動介面，是倫理原則落地的最後一哩路。一個不負責任的介面設計，可能在無形中引導使用者做出錯誤判斷，或加劇對 AI 的過度依賴。

### （一）避免說服性設計與操縱

使用者介面（UI）並非中立的。設計者可以透過顏色、版面配置、預設選項等方式，「輕推」（Nudge）使用者朝特定方向決策。在醫療 AI 中，必須嚴格避免這類「說服性設計」。例如，AI 的建議不應以過於權威或不容置疑的視覺方式呈現，以免醫師在壓力下不假思索地接受。介面設計的目標應是「賦能」（Empower）專業判斷，而非「取代」或「操縱」它。

### （二）透明度與可解釋性

雖然大型語言模型的「黑箱」特性難以完全破解，但介面設計應盡最大努力提升其透明度。

#### 1. 標示不確定性

AI 的輸出不應只有單一的「答案」，而應附帶一個「信賴度分數」或機率區間，讓使用者了解這個建議的可靠程度。

#### 2. 提供證據鏈

當 AI 提供診斷建議或文獻摘要時，應清楚列出其判斷所依據的資料來源（例如是來自病歷的哪一段文字，或是參考了哪一篇具體文獻），並提供超連結供使用者快速查證。

### （三）最小化認知偏誤的設計

介面設計應融入認知科學的原理，主動幫助使用者對抗「自動化偏誤」。例如，可以設計「認知強制功能」（Cognitive Forcing Functions），在顯示 AI 建議前，強制要求使用者先輸入自己的判斷；或者在 AI 與使用者意見不一致時，以醒目的方式提出警示，促使其進行二次思考。

## 四、對臨床人員的培訓與賦能

最後，再完善的治理框架，都需仰賴具備足夠 AI 素養的臨床人員來執行。

### （一）普及 AI 素養教育

應將 AI 的基本原理、能力侷限（特別是幻覺與偏誤）、倫理規範與批判性使用方法，納入所有醫事人員的職前教育與在職繼續教育的必修課程。教育的目標不是將每個人都變成 AI 專家，而是讓他們成為智慧的 AI 使用者。

### （二）培養「人機協作」的能力

訓練的重點不應僅是軟體操作，更應著重於培養與 AI 協作的「軟技能」。這包括如何下達精準的指令（Prompt Engineering）、如何判讀 AI 輸出的可信度、如何在 AI 的輔助下仍保持獨立思考，以及何時應該「合理地不服從」AI 的建議。

總而言之，生成式 AI 的治理是一項動態且持續的過程，需要政府、醫療機構、技術開發者與臨床使用者共同參與。我們必須建立一個能夠鼓勵創新，同時又能有效管控風險的生態系統，確保 AI 科技的發展，始終走在安全、倫理且真正有益於人類健康的軌道上。

---

## 第四節 政策建言與結論

生成式人工智慧（Generative AI）的浪潮正以前所未有的態勢重塑醫療的面貌。它既是提升臨床效率、優化醫療品質的強大引擎，也潛藏著侵蝕專業技能、引發倫理與資安風險的雙面刃。面對此一深刻變革，採取被動觀望或零散應對的策略，已不足以應對挑戰。臺灣必須從國家戰略的高度，擘劃一套前瞻、完整且具可操作性的政策框架，以引導生成式 AI 在醫療領域的健康發展，確保技術紅利能夠最大化，同時將潛在風險降至最低。本節將基於前述的應用場景分析、挑戰梳理與治理框架探討，提出具體的政策建言，並做出總結。

### 一、具體政策建言

我們建議政府，特別是衛生福利部與數位發展部，應協同產業、學術界與醫療實務界，從以下五個面向著手，系統性地建構臺灣的醫療 AI 發展藍圖：

#### （一）建立「國家級醫療 AI 治理與驗證中心」

##### 1. 目標

建立一個權威、獨立且透明的監管與驗證機制，為醫療 AI 的品質與安全把關。

##### 2. 具體措施

###### （1）整合與升級現有架構

擴充現有衛福部三大 AI 中心的功能，或成立一個專責的「生成式醫療 AI 治理與驗證中心」。此中心的核心任務是制定臺灣醫療 AI 模型的准入標準、評測指南與倫理規範。

###### （2）開發本土化評測基準

建立一套符合臺灣臨床情境與繁體中文特性的標準化測試資料集（Benchmark），用於客觀評估所有欲進入臺灣市場的 AI 模型的

效能，包括其準確性、幻覺發生率及潛在偏誤。評測結果應公開透明，供各醫療機構參考。

### (3) 推動模型生命週期管理

建立 AI 模型的註冊、上市後監測 (PMS) 及退場機制。要求開發商與醫療機構定期回報模型表現與不良事件，確保 AI 系統的持續安全與有效。

## (二) 發展「主權醫療 AI 基礎設施與核心模型」

### 1. 目標

降低個別醫療機構導入 AI 的門檻，確保資料主權與安全，並發展最適合臺灣語言文化的核心技術。

### 2. 具體措施

#### (1) 投資建置國家級運算資源

由國科會與國衛院主導，投入資源擴建國家級的高效能運算 (HPC) 中心，並將部分算力規劃為「醫療 AI 專用資源」，以公有雲或租用模式，優惠提供給各級醫療院所與學術單位使用。

#### (2) 資助開發「臺灣大型語言模型」(Taiwan LLM)

推動國家級的專案計畫，匯集國內頂尖人才，訓練一個以繁體中文為基礎、融合臺灣特有醫療數據與文化脈絡的大型語言模型。此「福爾摩沙模型」可作為開源或半開源的基礎，讓各醫院在此之上進行符合自身需求的微調，避免完全依賴國外商業模型<sup>14</sup>。

#### (3) 建立聯邦式學習網絡

推動「資料不出院」的聯邦式學習 (Federated Learning) 機制。讓各醫院可以在保護病人隱私的前提下，共同參與一個大型模型的訓練，貢獻資料的同時，也共享模型進步的成果，打破資料孤島<sup>15</sup>。

## (三) 制定「醫療 AI 導入補助與健保給付策略」

## 1. 目標

提供經濟誘因，加速 AI 在臨床的普及應用，並將其效益與成本納入健保給付考量。

## 2. 具體措施

### (1) 設立專項補助計畫

衛福部應編列預算，設立「智慧醫院轉型」或「AI 導入」專項補助計畫，鼓勵醫院投資於 AI 基礎設施建設、系統開發與人員培訓。補助可與醫院的評鑑指標掛鉤，引導資源投入真正能提升醫療品質的項目。

### (2) 研議 AI 輔助服務的健保給付

對於經「影響性 AI 中心」驗證，確實能顯著提升診斷準確率、降低醫療成本或改善病人預後的 AI 應用（如輔助判讀影像、自動生成報告），應逐步研議將其納入健保給付。這能創造正向的市場循環，激勵更多廠商投入高品質醫療 AI 的研發。

### (3) 優先支持高價值應用

政策初期應聚焦於支持那些已證明具有高投資報酬率的應用，例如臨床記錄自動化、醫療診斷編碼輔助等，這些應用能立即緩解醫事人員的行政負擔，效益最為顯著。

## (四) 推動「全面性 AI 素養與人機協作能力培訓」

## 1. 目標

確保所有臨床醫事人員都具備與 AI 安全、有效協作的能力，防範認知去技能化的風險。

## 2. 具體措施

### (1) 將 AI 素養納入醫事人員養成教育

教育部與考選部應協調各醫學院校，將 AI 原理、倫理與批判性應用，列為醫、護、藥、技等所有醫事相關科系的必修課程與國考範圍。

## （2）強化在職人員的繼續教育

將 AI 相關課程納入各醫事人員的繼續教育學分要求。課程內容應著重實務操作與人機協作技巧，教導臨床人員如何辨識 AI 的錯誤、如何下達有效指令，以及如何保持專業自主判斷。

## （3）開發「反脆弱」教學模組

鼓勵醫學教育機構開發創新的教學方法，例如要求學生「先解釋後比較」AI 的診斷，或在模擬情境中練習處理 AI 失靈的狀況，以鍛鍊其在 AI 時代下更為強韌的臨床心智。

## （五）修訂「法規與倫理指引以應對 AI 挑戰」

### 1. 目標

建立與時俱進的法規環境，釐清 AI 應用中的權利、義務與責任，保障病人權益。

### 2. 具體措施

#### （1）研議 AI 醫療責任歸屬

邀集法律、醫療、科技倫理專家，成立專案小組，研究在現有《醫療法》框架下，如何界定 AI 開發者、醫療機構與使用者之間的責任。長期應考慮修法，以更細緻地應對 AI 帶來的挑戰。

#### （2）制定使用者介面倫理設計準則

制定使用者介面倫理設計準則：發布針對醫療 AI 軟體的「倫理設計指引」，要求介面設計必須確保透明度、標示不確定性，並避免任何可能操縱或誤導使用者決策的「說服性設計」。

#### （3）強化資料治理與跨境傳輸規範

與數位發展部合作，針對醫療資料的特殊性，制定更為嚴格的 AI 應用資料治理規範，特別是對於涉及跨境傳輸的雲端服務，需有明確的法律授權與監管機制。

## 二、結論：以人為本，智慧共融的未來



生成式 AI 為醫療帶來了革命性的潛力，但技術本身並非目的，其最終價值在於能否增進人類的健康與福祉。我們的核心結論是：面對 AI，最理性的策略並非盲目擁抱或恐懼排斥，而是採取一種「以人為本」的主動建構路徑。我們應當將 AI 定位為增強人類智慧的強大輔具，而非取代人類判斷的全能代理。

這意味著，我們的政策重心，不應僅僅是追求更強大的 AI 模型，更要致力於培養更智慧的 AI 使用者。我們必須投注資源於建立一個能讓臨床人員安全、自信地與 AI 協作的生態系統。這個系統包含著可靠的技術基礎設施、透明的治理框架、與時俱進的法規環境，以及最重要的——一個將 AI 素養與批判性思維深植於內的醫學教育體系。

如同歷史上每一次重大的技術變革，生成式 AI 的導入，挑戰的從來不僅是我們的工具，更是我們的思維模式與價值選擇。臺灣擁有世界一流的醫療體系與頂尖的科技產業，這兩大優勢的結合，使我們具備絕佳的條件，在這波 AI 浪潮中走出一條創新、安全且富含人文關懷的道路。現在，正是我們做出明智抉擇，為一個更健康、更有效率、也更具人性的智慧醫療未來，奠定堅實基礎的關鍵時刻。

結論：帕斯卡賭注下的醫療未來——在人機之間尋求智慧的平衡

在深入探討生成式人工智慧（AI）於臨床工作的多元面貌後，我們站在一個關鍵的十字路口。前方展現的是一個由 AI 驅動的、充滿效率與潛力的醫療新世界；然而，道路兩旁亦伴隨著認知去技能化、倫理困境與系統性風險的陰影。本次建言書的分析，從應用場景的無限可能，到挑戰與解決方案的務實權衡，再到治理框架的宏觀建構，最終匯聚成一個核心的哲學性抉擇，這恰似十七世紀哲學家布萊茲·帕斯卡所提出的著名賭注——我們該如何為一個不確定的未來下注？

帕斯卡的賭注，原是關於信仰的邏輯論證，但其核心思想——在結果不確定時，應選擇期望值最高的策略——為我們應對 AI 的未來提供了深刻的啟示。我們面臨兩種可能的未來：一個是 AI 發展成近乎完美的「超人 AI」，能夠完全自主且不出錯地處理複雜的醫療任務；另一個則是 AI



演化為「非常好，但非完美」的強大工具，它能力超群，卻仍有其內在的限制與犯錯的可能。

若我們將所有資源押注於第一種未來，過度依賴 AI，並因此放鬆了對人類核心能力的培養，一旦最終實現的只是第二種未來（一個「很好但非完美」的 AI），我們將面臨災難性的後果：一個在關鍵時刻無法獨立思考、缺乏批判性監督能力的醫療專業世代。反之，若我們基於第二種可能性來下注——即假設 AI 永遠需要人類的智慧來監督、引導與補足其短處——並據此持續強化醫事人員的臨床推理、倫理判斷與人機協作能力，那麼無論未來 AI 的發展達到何種高度，我們都將立於不敗之地。如果 AI 終究非完美，我們培養的人類專家將是系統最堅實的最後一道防線；而即便 AI 真的趨近完美，一個具備更高層次思維能力的專業群體，也更能將 AI 的潛力發揮至極致，專注於創新、研究與最複雜的醫療挑戰。

因此，最理性的「帕斯卡賭注」，是將教育與政策的重心，堅定地放在「強化人類」這一端。這並非否定 AI 的價值，恰恰相反，這是為了最大化 AI 價值的必要前提。一個真正強大的人機協作系統，其韌性不取決於最強的 AI，而取決於最清醒、最具批判能力的人類夥伴。

本建言書提出的各項政策建議——從建立國家級治理框架、發展主權 AI 基礎設施，到改革醫學教育與評量方式——其背後的精神主軸，皆是為了實現這一智慧的平衡。我們追求的，不是一個被動接受 AI 指令的醫療體系，而是一個能夠主動駕馭 AI、與之共舞的專業社群。在這個未來裡，AI 將醫事人員從重複性的勞動中解放，讓他們得以投入更多時間於那些最需要人性觸感的環節：同理心的溝通、複雜倫理的抉擇、以及面對生命無常時的關懷與支持。AI 負責處理數據，而人類負責賦予數據意義與溫度。

總結而言，生成式 AI 的到來，對醫療領域而言，既是一場深刻的技術革命，也是一次對我們教育理念與專業價值的全面反思。它迫使我們重新追問：在一個知識可以輕易獲取的時代，什麼才是臨床醫師不可替代的核心價值？答案或許不在於記憶更多的知識，而在於更深刻的思考能力、更敏銳的洞察力，以及在複雜與不確定性中做出明智決策的智慧。

---

## 參考文獻

1. Oniani D, Hilsman J, Peng Y, et al. Adopting and expanding ethical principles for generative artificial intelligence from military to healthcare. *Npj Digit Med*. 2023;6(1):225. doi:10.1038/s41746-023-00965-x
  2. Traylor DO, Kern KV, Anderson EE, Henderson R. Beyond the Screen: The Impact of Generative Artificial Intelligence (AI) on Patient Learning and the Patient-Physician Relationship. *Cureus*. Published online January 2, 2025. doi:10.7759/cureus.76825
  3. Karpinska M, Iyyer M. Large language models effectively leverage document-level context for literary translation, but critical errors persist. Published online 2023. doi:10.48550/ARXIV.2304.03245
  4. Li CY, Chang KJ, Yang CF, et al. Towards a holistic framework for multimodal LLM in 3D brain CT radiology report generation. *Nat Commun*. 2025;16(1):2258. doi:10.1038/s41467-025-57426-0
  5. Dai HJ, Wang CK, Chen CC, et al. Evaluating a Natural Language Processing–Driven, AI-Assisted International Classification of Diseases, 10th Revision, Clinical Modification, Coding System for Diagnosis Related Groups in a Real Hospital Environment: Algorithm Development and Validation Study. *J Med Internet Res*. 2024;26:e58278. doi:10.2196/58278
  6. McDuff D, Schaekermann M, Tu T, et al. Towards accurate differential diagnosis with large language models. *Nature*. 2025;642(8067):451-457. doi:10.1038/s41586-025-08869-4
  7. Fukushima T, Manabe M, Yada S, et al. Evaluating and Enhancing Japanese Large Language Models for Genetic Counseling Support: Comparative Study of Domain Adaptation and the Development of an Expert-Evaluated Dataset. *JMIR Med Inform*. 2025;13:e65047. doi:10.2196/65047
  8. Zick RG, Olsen J. Voice recognition software versus a traditional
-

- 
- transcription service for physician charting in the ED. *Am J Emerg Med*. 2001;19(4):295-298. doi:10.1053/ajem.2001.24487
9. Lee P, Bubeck S, Petro J. Benefits, Limits, and Risks of GPT-4 as an AI Chatbot for Medicine. Drazen JM, Kohane IS, Leong TY, eds. *N Engl J Med*. 2023;388(13):1233-1239. doi:10.1056/NEJMSr2214184
  10. Farquhar S, Kossen J, Kuhn L, Gal Y. Detecting hallucinations in large language models using semantic entropy. *Nature*. 2024;630(8017):625-630. doi:10.1038/s41586-024-07421-0
  11. Gostin LO, Nass S. Reforming the HIPAA Privacy Rule: Safeguarding Privacy and Promoting Research. *JAMA*. 2009;301(13):1373. doi:10.1001/jama.2009.424
  12. Verlingue L, Boyer C, Olgiati L, Brutti Mairesse C, Morel D, Blay JY. Artificial intelligence in oncology: ensuring safe and effective integration of language models in clinical practice. *Lancet Reg Health - Eur*. 2024;46:101064. doi:10.1016/j.lanepe.2024.101064
  13. Ayaz M, Pasha MF, Alzahrani MY, Budiarto R, Stiawan D. The Fast Health Interoperability Resources (FHIR) Standard: Systematic Literature Review of Implementations, Applications, Challenges and Opportunities. *JMIR Med Inform*. 2021;9(7):e21929. doi:10.2196/21929
  14. Lai YC, Zheng YJ, Hsu WH, et al. Construction of Large Language Models for Taigi and Hakka Using Transfer Learning. In: *2024 27th Conference of the Oriental COCOSDA International Committee for the Co-Ordination and Standardisation of Speech Databases and Assessment Techniques (O-COCOSDA)*. IEEE; 2024:1-6. doi:10.1109/O-COCOSDA64382.2024.10800470
  15. Antunes RS, André Da Costa C, Küderle A, Yari IA, Eskofier B. Federated Learning for Healthcare: Systematic Review and Architecture Proposal. *ACM Trans Intell Syst Technol*. 2022;13(4):1-23. doi:10.1145/3501813
-

## 第五章

# 內外科、急重症導入 AI 決策之因應與挑戰

**陳瑞杰** 臺北醫學大學董事長  
**劉如濟** 衛生福利部雙和醫院學術副院長  
**侯甚光** 臺北醫學大學附設醫院醫務副院長  
**張詩鑫** 臺北醫學大學附設醫院社區副院長

### 前言

在全球醫療體系面臨高齡化、慢性病負擔加劇與醫療人力不足的挑戰下，人工智慧（AI）已成為驅動臨床轉型的重要關鍵力量。近年來，AI 技術快速進展，從內科到外科，從急重症醫學到社區醫療，逐步展現其提升診斷精準度、優化治療流程、強化資源分配與促進健康公平的潛能。

在內科醫學，AI 已從影像判讀跨越至電子病歷與生成式 AI 文書處理，廣泛應用於心血管、腎臟、內分泌、呼吸及腫瘤等領域，展現於疾病預測、個人化診療與臨床決策支援實際效益。然而，資料異質性、模型可解釋性不足與流程整合困境，仍是其持續落地的重要挑戰。

在外科領域，AI 的應用正由術前規劃走向術中即時導航與術後復健追蹤，逐步成為外科臨床決策的核心元素。其在提高手術精準度、縮短恢復

期與降低併發症方面已有實證成果，但黑盒效應、資安風險與責任歸屬等問題，亟需制度性回應與法律規範。

在急重症醫學，AI 可協助進行早期預警、風險分層、影像診斷與資源調度，為敗血症、急性腎損傷與心肌梗塞等高風險疾病提供即時輔助，展現出降低死亡率與提升決策效率的潛力。然而，臨床驗證與成本效益證據不足，以及流程整合與責任界定不明，仍限制了其推廣與健保支付支持。

在社區醫療，AI 已逐步應用於慢性病風險管理、遠距健康監測、基層診所智慧決策與公共衛生預防，為基層照護體系帶來新的契機。然而，基層機構間的資源落差、資訊安全與民眾信任，仍是影響 AI 導入的重要因素。唯有結合政策引導、跨部會協作與在地文化脈絡，方能讓 AI 真正成為推動社區健康促進與縮小健康不平等的助力。

綜觀而言，AI 在不同臨床場域展現推動醫療革新的巨大潛力，但要使其真正落地並發揮長期效益，必須同時解決資料治理、法規監管、臨床流程整合與專業教育等跨領域課題。本篇建言書即以此為基礎，提出系統性分析與政策建議，期能協助決策者在兼顧醫療品質、安全與公平性的前提下，推動 AI 在醫療體系中的穩健發展，打造兼具精準、智慧與韌性的健康照護新格局。

---

## 第一節 內科 AI 應用場域的多元化發展與整合導入挑戰

人工智慧（AI）在醫療領域的滲透速度驚人，而內科因涵蓋心血管、腎臟、內分泌、呼吸、感染與腫瘤等廣泛病症，成為 AI 最活躍的應用臨床場景之一。針對內科 AI 應用的技術演進、研究趨勢與臨床驗證現況，試分別說明如下。其應用大致可分為幾個面向：

### 一、內科 AI 應用場域

#### （一）診斷輔助

AI 在影像判讀（如 X 光、CT、心臟超音波、腸胃內視影像等）與心電圖自動化分析上已取得臨床成果，能協助快速偵測心血管疾病、肺炎、心律不整等急性疾病（Deo, 2015; Jiang et al., 2017）。

#### （二）疾病風險與預後預測

透過大數據與機器學習模型，AI 可分析電子病歷（EHR）、基因組資料與實驗室數據，用於糖尿病併發症、慢性腎病進展或心衰竭等再入院風險的預測（Rajpurkar et al., 2022; Yu et al., 2018）。

#### （三）個人化醫療

AI 能結合臨床與分子資料，為癌症、免疫疾病或複雜代謝疾病等提供個人化診療策略（Rajpurkar et al., 2022）。

#### （四）臨床決策支援系統（CDSS）

如抗生素使用建議、危急值警示、藥物交互作用等檢測（Davenport & Kalakota, 2019）。

#### （五）遠距醫療與監測

藉由穿戴式裝置與 AI 演算法進行血糖監測、心律追蹤或慢性病的管理，提升居家照護與慢性病長期控制的效率（Yu et al., 2018）。

總體而言，AI 在內科領域的角色已從單純的研究工具逐步邁向臨床日常，雖未完全取代專科醫師判斷，但已成為可靠的輔助工具。

二、 內科臨床 AI 應用研究

從影像走向表格、時序與生成式 AI 近期十年來，內科臨床 AI 的應用研究由影像為主的診斷判讀（胸／腹部影像、心臟超音波等）進展到電子病歷（Electronic Health Record, EHR）之表格資料與連續生理訊號偵測與整合；近年更進一步發展出以大型語言／多模態模型（LLM／LMM）輔助臨床文書與人機協作決策的診療應用（詳如表 7）。以美國 FDA 的人工智慧／機器學習支援之醫療器材（Artificial Intelligence／Machine Learning-Enabled Medical Devices）清單與生命週期指引為核心，逐步建立透明度、機動管理模式與預定變更控制計畫（Predetermined Change Control Plan, PCCP）等治理原則（MedTech Dive, 2025; U.S. Food and Drug Administration, 2025a, 2025b），各臨床應用研究領域如下。

表 7 內科 AI 應用研究熱點版圖

Domain	Task	Data	Clinical endpoints	Key risks/notes
Acute/ID	Sepsis & deterioration	EHR/time-series	Some (process/clinical)	Alert fatigue; generalizability
Renal	AKI (48–72h)	EHR/labs	Mostly process	Data/concept drift
Endo/Met	Hypo-/hyperglycemia	EHR/glucose & meds	Growing (process)	Over-intervention risk
Resp	AECOPD exacerbation	EHR/wearables/inhaler	To be established	Heterogeneous data
Hepato-GI	Cirrhosis decomp/prognosis	EHR/imaging	To be established	Population differences
Cardiology	AI-ECG (ALVD/diastolic)	12-lead ECG	Risk stratification/process	Noise/rhythm effects
Cardiology	Echo auto-measures (EF/GLS)	Ultrasound	Process-focused	Oversight/accountability
Cardiology	CCTA AI plaque quant	CT	Outcome effect TBD	Downstream testing

### （一）以敗血症為例

急重症／感染臨床惡化與 ICU 風險提早預警。有外部驗證結果不一的發現，意指同一模型在不同院所的表現差異很大（如 Epic Sepsis Model 在兩個急診外部驗證中靈敏度／陽性預測值顯著波動），因此導入前應以原收醫院歷史資料做外部驗證與分布比對；導入後的「部署後監測」包括持續追蹤 PPV、警示量、工作量影響與臨床端點變化，並設定停用／回退的門檻與流程（Boussina et al., 2024; Ostermayer et al., 2024）。

### （二）腎臟的急性腎損傷以（AKI）為例

以連續實驗室與生理訊號預測短期 AKI。用連續的實驗室與病床生理資料（如肌酐、尿量、電解質、尿素氮、血壓、輸液／利尿劑等）預測 48–72 小時內 AKI 情況。價值：提早啟動腎臟功能保護（調整腎毒性藥、液體管理、腎臟科會診等），以減少腎功能惡化、縮短住院天數與改善預后（Tomašev et al., 2019）。

### （三）內分泌／代謝以（糖尿病）為例

用在住院病人即時低／高血糖風險的預測。先以隱形模式（shadow／無干擾）驗證穩定性與警示品質，再進入醫師在臨床迴路（clinician-in-the-loop）的提醒與回應紀錄，最後才把建議納入用藥／照護標準作業流程（SOP），並以處置延遲時間、低血糖發生率等流程／臨床端點評估診療成效（Mathioudakis et al., 2021; Zale & Mathioudakis, 2022）。

### （四）呼吸系統以（COPD）為例

用在 AECOPD 預測與個體化反應估計，異質資料與可遷移性為挑戰。所謂異質資料，指不同來源的資料型態與品質差異（門急診與住院的 EHR 欄位、穿戴裝置與數位吸入器的生理資料、紀錄頻率與缺漏模式），會造成模型在訓練院所外表現下降。可遷移性則是指模型能否在新院所／新族群維持表現，常需進行特徵對齊與在地校準，或以多中心學習／多中心資料來減少分布差異（Smith et al., 2023; Verstraete et al., 2023）。



### （五）肝膽胃腸以（肝硬化／肝纖維化）為例

去代償與預後風險預測之研究正逐步累積建立，真實世界證據（Real-World Evidence, RWE）目前尚待建立中。RWE 尚待建立意指多數證據仍以回溯性或單中心為主，缺乏前瞻性或多中心的真實世界登錄；未來需在不同病因（B 肝／C 肝／脂肪肝等）、不同照護路徑與檢驗習慣下，以一致的端末點（end points）（如死亡率、再入院等）與追蹤頻率建立跨院的 RWE（Zhai et al., 2024）。

### （六）心臟內科的 A.I. 模式

主要以 AI-ECG（Attia et al., 2019）、Echo 自動化的 A.I. 判讀（Hirata & Kusunose, 2025）、冠狀動脈電腦斷層 CCTA AI 斑塊定量等（Schulze et al., 2025; Xia et al., 2024）。

#### 1. AI-ECG：

用常規 12 持續導程 ECG 快速篩檢左心室功能異常，研究顯示辨識效能（AUC 約 0.93），進展中陽性先轉心超 Echo 確認；注意心律失常／雜訊干擾影響，一般化需院內及院際驗證。

#### 2. 心超 Echo AI 自動化：

自動量測 EF / GLS、加速報告並降低操作者差異；保留醫師覆核與品質控管，追蹤重測率與報告時間。

#### 3. 心臟冠狀動脈硬化電腦斷層血管攝影 CCTA AI：

自動斑塊分割與定量，輔助風險分層與治療強度調整；目前對 MACE / 死亡率的直接改善證據目前有限，避免不必要的追加檢查並採心臟團隊共同決策診療方式。

### （七）生成式 AI（LLM / LMM）在內科

包含文書、知識、決策的「人機協作」生成式 AI 已在臨床文書（入院／出院病歷摘要、會診回覆、衛教與溝通記錄等）已形成及高使用率場景；現階段實證顯示其在品質與臨床可接受性方面逐步確立成效，但「效率與工時改善」的證據仍有不一致數據存在，未來需發表及推廣。需在『人

審與可追溯（來源／版本／否決理由）』的框架下審慎導入（Chua et al., 2024; Liu et al., 2024; World Health Organization, 2024）。

### 1. 模型可解釋性與信任問題：

內科疾病多涉及複雜的病理生理，若模型缺乏解釋性，醫師難以採信其建議，尤其在涉及用藥與預後判斷時更為敏感（Amann et al., 2020）。

### 2. 資料品質與標準化：

內科病人群體異質性高，不同醫院的 EHR 格式、檢驗標準與影像協定差異，導致模型難以跨機構泛化（Rajpurkar et al., 2022; Yu et al., 2018）。

### 3. 臨床流程嵌合：

AI 工具若無法無縫整合至臨床工作流程（如門診決策、急診 triage、住院病程追蹤），可能增加醫師工作負擔，甚至引起「警示疲勞」（Davenport & Kalakota, 2019; Shaw et al., 2019）。

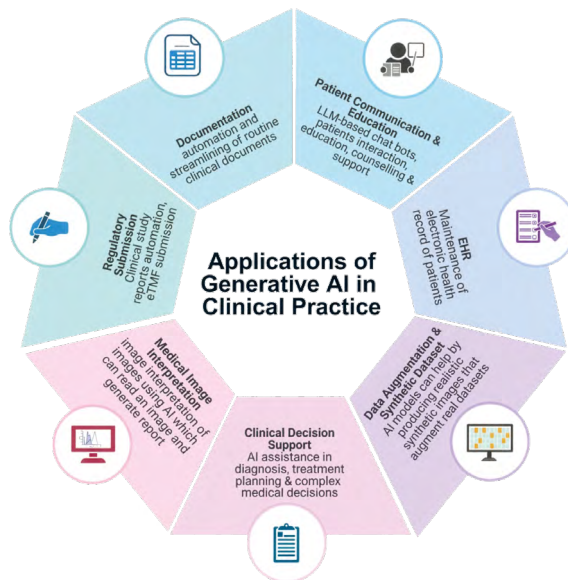


圖 1 Applications of Generative AI in clinical practice

*BioMedInformatics* 2025,5(3),37 5 of 40;<https://doi.org/10.3390/biomedinformatics5030037>

### 三、導入 AI 決策之挑戰與因應

醫療 AI 要成功落地臨床，必須同時打造可應用、可信任與可管理的推動環境。首先，資料標準化與共享平台是跨院應用的基礎；其次，引入具可解釋性的模型設計可提升臨床信任。導入上宜採小規模試點、逐步擴展模式，並由跨專業團隊進行治理，以兼顧醫療品質、倫理與法規。同時，醫護人員的 AI 素養需透過教育訓練強化，以降低疑慮與誤用風險。政府政策與財務支持可作為推進助力，而導入後的監測與持續優化機制，則確保模型長期穩定與安全應用。整體而言，AI 導入不僅是技術佈署，更是制度、文化與臨床實務的協同工程。

#### （一）AI 整合之挑戰（Challenges）

##### 1. 場景碎裂：

多任務／多系統並存，EHR 內外使用權限、審計與介面不一。

##### 2. 證據落差與一般化困難：

跨中心／跨族群表現差異，需要外部驗證與部署後監測工具（Ostermayer et al., 2024）。

##### 3. 工作流適配與責任鏈：

警示疲勞（Fatigue Alert）、過度檢查的可能性、文書可追溯與否決的管理機制與權限（Liu et al., 2024）。

##### 4. 核心臨床管動能力建置不均衡：

PGY／住院醫師／主治醫師與護理、醫事人員、影像、個管師 AI 素養著成上的差異。

##### 5. 監管與合規目標：

需要對接 FDA PCCP 與 WHO 治理原則為主。

##### 6. 法律與倫理挑戰：

若 AI 推薦導致醫療失誤，責任歸屬仍無明確規範。此外，病人隱私保護、資料偏差（bias）導致的公平性問題也受到關注（Longoni et al., 2019; Shaw et al., 2019）。

## 7. 維護與持續監測：

疾病流行趨勢與臨床實務會隨時間改變，AI 模型若未持續監控與更新，可能逐漸失去準確性與應用性（Shaw et al., 2019; Yu et al., 2018）。

## 8. 組織資源與人力落差：

大多數醫院缺乏足夠的資料科學與臨床跨域團隊，導致 AI 難以從試點走向多中心及全面實施（Ahuja, 2019）。

# (二) 導入 AI 決策之必要性因應

## 1. 強化資料治理與標準化

推動 HL7 FHIR（Fast Healthcare Interoperability Resources）、DICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）、SNOMED CT（Systematized Nomenclature of Medicine—Clinical Terms）等國際標準，並透過跨院所合作建立資料共享平台，以確保模型能跨場域應用（Rajpurkar et al., 2022; Yu et al., 2018）。

## 2. 以可解釋性為核心設計

引入可解釋 AI（XAI）技術，如特徵重要性排序、可視化決策依據，幫助醫師理解模型推論機制，提升臨床接受度（Amann et al., 2020）。

## 3. 小規模試點與逐步擴展

從單一科別（如心臟內科或腎臟內科）的小型試驗開始，透過量化成果（診斷準確率、再入院率下降等）累積實證，再逐步擴展至多科室（Davenport & Kalakota, 2019; Shaw et al., 2019）。

## 4. 跨學科治理架構

成立由臨床醫師、資料科學家、法務與倫理專家組成的治理小組，確保導入過程兼顧醫療品質、合規與病人安全（Ahuja, 2019; Shaw et al., 2019）。

## 5. 教育與文化建設

為醫護人員提供 AI 培訓，提升其數位素養與使用信心，避免「技術恐懼」或「過度依賴」的情況（Ahuja, 2019; Longoni et al., 2019）。

## 6. 政策與支付支持

政府可透過補助，降低醫院導入的財務門檻，並激勵及提供臨床應用的擴展（Davenport & Kalakota, 2019）。

## 7. 動態監測與持續優化

建立模型效能的監控機制，定期評估 AI 在不同族群與場景下的表現，必要時進行再訓練或調整改善（Shaw et al., 2019; Yu et al., 2018）。

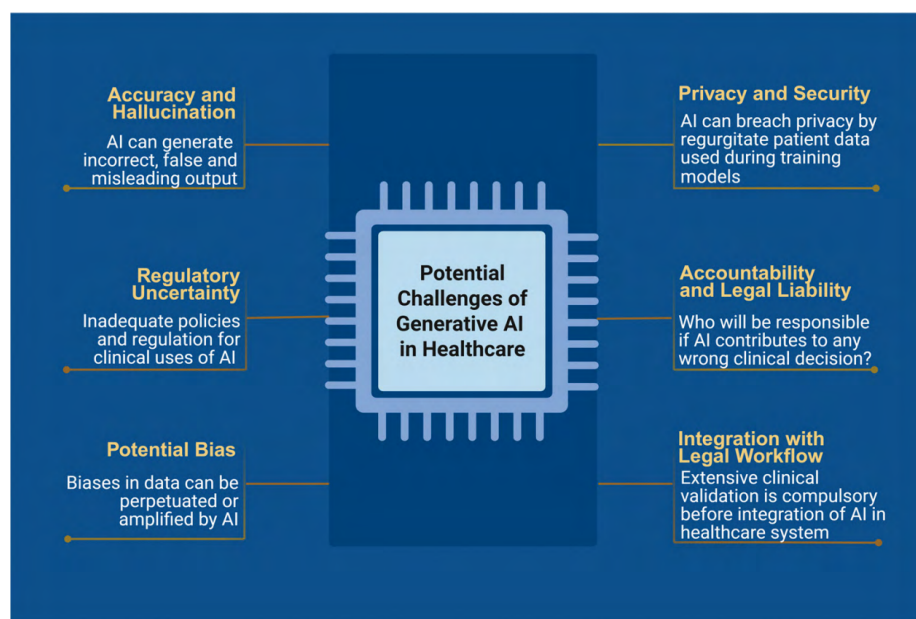


圖 2 Challenges of Generative AI in healthcare

*BioMedInformatics* 2025,5(3),37 27 of 40;<https://doi.org/10.3390/biomedinformatics5030037>

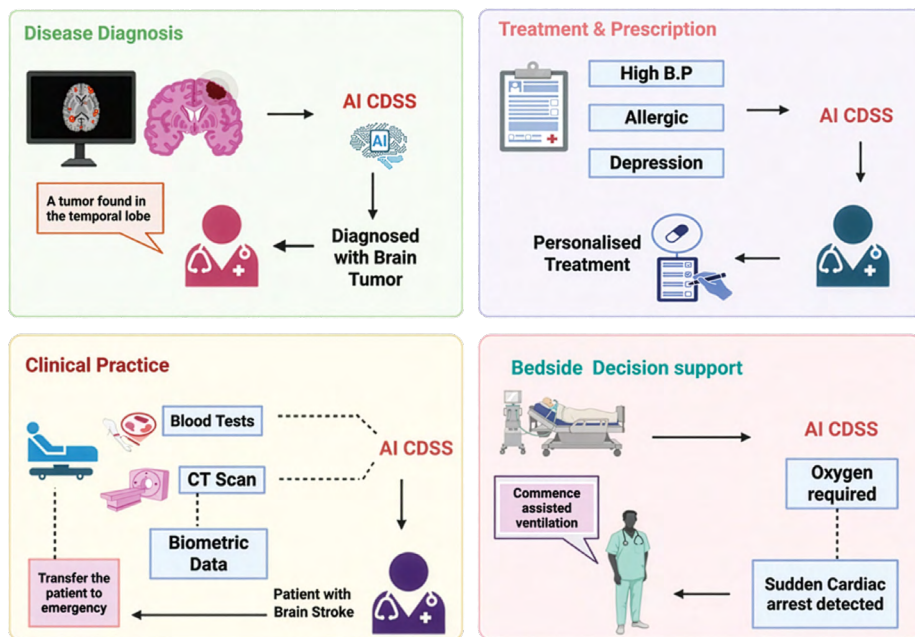


圖 3 An overview of the integration of AI-driven clinical decision support systems (AI CDSSs) across various healthcare settings.

*BioMedInformatics* 2025,5(3),37-13 of 40; <https://doi.org/10.3390/biomedinformatics5030037>

## 四、導入 AI 決策之治理策略

### (一) 平台化+模組化系統整合

以 EHR 中介層統一接入三類模組——(1) 診斷／風險分層 (Risk Stratification) (敗血症、AKI、低血糖、AECOPD、心血管風險)，(2) 影像與定量 (心超、心臟 Echo 自動量測、CCTA AI 斑塊定量等)，(3) 文書生成與摘要 (RAG／來源標註)。每模組需具標準、模型卡、審計日誌與制定權限策略等。

### (二) 三階段評估框架

導入前 (資料分布比對、外部驗證、敏感度／特異度 × 工作量權衡、倫理／公平性等) → 導入中 (A／B 或逐步擴散；臨床／流程端點設定；

人機協作設計等)→導入後(漂移監測、公平性監測、停用/回退閾值、RWE 登錄等)。

### (三) 人機協作標準作業程序 (SOP) 建立

通用路徑 = AI 陽性→醫師覆核→行動清單→決策回寫(接受/修改/否決+理由)→階段性回顧。心臟臨床領域模式 A: AI-ECG → Echo → 治療/追蹤 (Attia et al., 2019; Hirata et al., 2024)。心臟臨床領域模式 B: CCTA AI 高風險斑塊→侵入性治療評估或藥物的優化分流 (Schulze et al., 2025; Xia et al., 2024)。

### (四) 分層能力地圖與跨職類訓練

以職類 × 年資 (PGY、R1-R3 / 總醫師、主治醫師、護理、影像、個管師) 定義資料素養、模型解讀、倫理/病人告知、審計操作等能力建立; 對應評量與受訓學分並回饋、檢討改善等。

### (五) 訓練——臨床成效對接

把訓練 KPI (如 AI-ECG 陽性個案, AI 心超 Echo 完成報告率 (end Points)、低血糖預警回應時間、否決理由的完整率等) 對接臨床末端點 (再入院率等) 與流程末端點 (如文書時間, 工作流程節省) (Liu et al., 2024)。

### (六) RWE 登錄與擴展

建立全國性多中心部署成效登錄與儀錶板 (Dashboard), 形成套件化流程包含擴展到地區/社區醫院等。

## 五、結論與政策建議

AI 在內科領域的應用已展現高度潛力, 從診斷、預測到慢病管理皆有成功案例。內科 AI 已與 EHR 表格與連續時序訊號整合, 並由生成式 AI 在文書與知識檢索提供有效率的診療模式。內科領域 A.I. 臨床診療的熱點 (如敗血症/臨床惡化、AKI、低血糖、AECOPD、肝硬化等) 與心臟醫



療場景（AI-ECG、心超 Echo 自動化、心血管冠脈硬化 CCTA AI 斑塊定量等）共同顯示：一般化能力、工作流整合、人機協作與長期監測，是臨床落地與安全建立的關鍵。然而，內科場景的多元性也使 AI 整合充滿挑戰。唯有透過資料治理、可解釋性設計、跨學科協作與政策支持，才能真正將 AI 由研究成果轉化為臨床日常，實現提升醫療品質與病人安全的目標。建議短／中／長期政策如下：

（一）短期（1 年）：

- 公布優先內科診療疾病的模組（敗血症／惡化預警、AKI、低血糖、AECOPD 等；心臟醫學領域之 AI-ECG、AI-Echo 心超、AI-CCTA 心血管電腦斷層）建立與導入前要求外部驗證，導入中／後要求至少一項臨床端末點與流程端末點。
- 建立生成式 AI 文書最小合規——來源標註（RAG）、審計日誌／版本資訊、否決理由欄位與人機共決責任註記（World Health Organization, 2024）。

（二）中期（1 - 3 年）：

- EHR 中介層標準化（API、模型卡、版本控管、PCCP 對映），完成至少三項前瞻／準實驗部署評估並公開 RWE 指標。
- 建立全國性 RWE 登錄與儀錶板，形成套件化流程包擴展到地區／社區醫院；與品質專案與支付試辦對接。

（三）長期（3 - 5 年）：

- 針對經 RWE 證實可改善端末點（如再入院率、LOS）的內科 AI 服務，試辦差異化／加值支付；設立監管沙盒支援自適應學習模型與滾動審查（U.S. Food and Drug Administration, 2025a）。



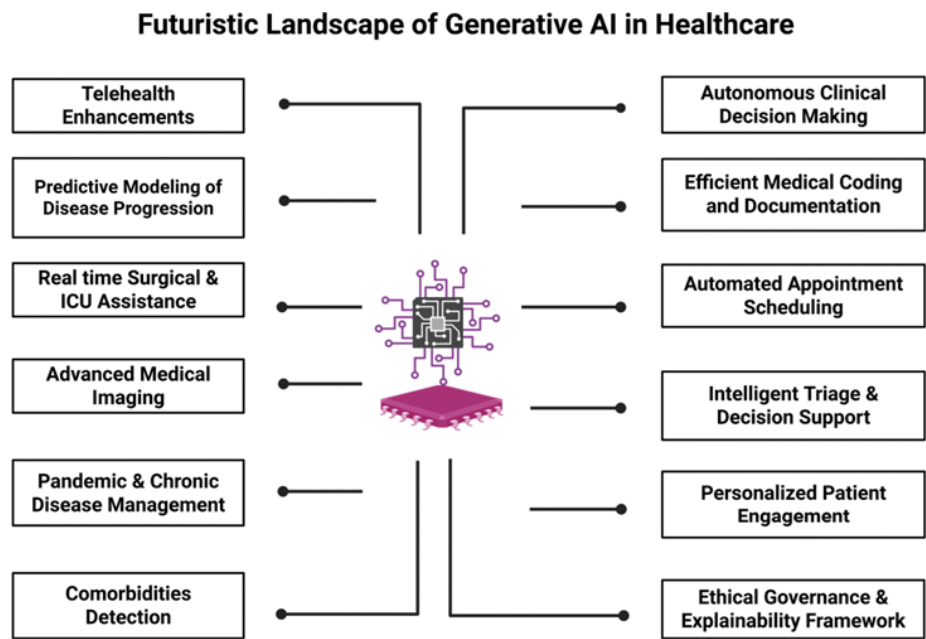


圖 4 Futuristic Landscape of Generative Artificial Intelligence in Healthcare, showcasing its evolution from foundational model development to advanced applications in personalized medicine, autonomous diagnostics, clinical decision support, and predictive healthcare analytics. *BioMedInformatics* 2025,5(3),37-34 of 40;<https://doi.org/10.3390/biomedinformatics5030037>

## 第二節 從輔助走向即時決策化：外科導入 AI 之規範與責任治理

人工智慧（AI）在外科醫療中的應用已由傳統的術前規劃，逐步延伸至術中即時導引與術後復健追蹤等關鍵階段。此類技術展現出提升手術精準度與流程效率的顯著效益，尤其在如人工膝關節置換術（Total Knee Arthroplasty, TKA）等高度標準化且精密度要求極高的骨科手術領域，已成為 AI 臨床應用的重要前沿（Tafat et al., 2024）。

隨著 AI 在手術流程中的參與程度加深，其角色正從「輔助工具」轉變為「即時決策提供者」。AI 不再僅為支援性技術，而正逐步嵌入手術標準作業流程（SOP）之中；未來在特定醫療情境下，若未適當使用 AI 輔助，甚至可能被視為偏離醫療常規，進一步引發潛在的醫療責任爭議。

然而，AI 由輔助走向決策雖能提升醫療品質與效率，卻同時帶來兩項核心挑戰：其一是技術導入的可靠性與可驗證性，包括如何降低黑盒效應、持續進行模型驗證並控制偏誤風險；其二則涉及醫療責任的法律歸屬問題——當 AI 提出建議後，醫師在採納或不採納的情境下，一旦發生不良結果或併發症，責任應如何合理劃分與界定。

本節將就外科於 AI 應用的流程架構與實證效益、技術導入的挑戰與治理需求、醫療責任的法律歸屬與制度因應三個面向進行闡述。

### 一、外科 AI 應用的流程架構與實證效益

AI 在外科手術中的應用是貫穿整個患者治療週期的系統性框架，其主要階段包括術前規劃與模擬訓練、術中導航與即時回饋，以及術後追蹤與復健管理。本篇輔以美國直覺手術公司（Intuitive Surgical Inc.）2025 年 9 月於加州 San Diego 研討會上分享達文西（Da Vinci）外科手術系統執行十年之豐富經驗與見解，做為 AI 技術輔助微創手術之實證效益說明

#### （一）術前規劃與模擬訓練

在術前規劃與模擬訓練中，AI 技術主要是應用於提升手術策略的精準化與個人化。透過對大型資料蒐集與過去手術結果的分析，AI 能夠進行影

像建模與病人分群，並生成針對單一病患的詳細專屬手術計畫，如此不僅能顯著提升手術的效率，也能減少手術中調整的需求。例如在人工膝關節置換術的術前規劃中，研究顯示 AI 輔助可平均降低 39.71% 的手動計畫修正需求，改善幅度最多甚至可達到 47.95%，充分展現其效益 (Lambrechts et al., 2022; Tafat et al., 2024)。

若將 AI 驅動的模擬器結合虛擬實境 (Virtual reality, VR) 技術，可為外科醫師提供無風險的訓練環境，幫助其反覆練習並精進手術技巧。相關研究指出，此類模擬系統能將訓練通過率由 4% 提升至 31%，對於醫學教育與臨床培訓的提升具有關鍵價值 (Radulovich, 2023; Tafat et al., 2024)。展望未來，AI 更可與 3D 列印技術結合，打造符合病人獨特解剖特徵的模型，進一步強化手術規劃的精確度與臨床應用潛力。

## (二) 術中導航與即時回饋

在手術進行過程中，AI 的介入主要展現在即時導引與審核功能。以機器人輔助系統為例，由 Stryker 開發的 Mako 機械手臂系統可透過術前電腦斷層 (CT) 掃描所建立的 3D 模型，於手術過程中提供實時回饋 (real-time feedback)，以確保手術得以嚴格依循術前計畫執行 (Perazzini et al., 2020; Tafat et al., 2024)。實證研究顯示，相較於傳統方法，Mako 機器人輔助系統在膝關節手術中的準確度提升了 32.14% (Nam et al., 2022; Tafat et al., 2024)。在另一項膝關節手術研究中，機器人輔助組於目標對線角度 (alignment) 的控制上更具優勢，其誤差  $\leq 3^\circ$  的比例達 100%，且誤差  $\leq 2^\circ$  的比例亦達 93%，結果顯著優於傳統手術組的 75% 與 60% (Tafat et al., 2024)。

AI 未來的發展方向之一是與擴增實境 (Augmented Reality, AR) 技術深度結合，在手術中收集的即時數據，可透過 AR 以直觀且可視化的方式呈現，使外科醫師能更清楚掌握病人解剖結構與手術器械的位置關係，進而提升空間感知能力與手術導航的精確度。即時視覺化不僅能降低操作誤差，更有助於縮短手術時間，提升手術效率與安全性，為術中導引帶來更

大的發展潛力（Dennler et al., 2021）。

### （三）術後追蹤與復健管理

在術後階段，AI 主要應用於客觀評估患者的康復進展與治療遵從性。在骨科手術的復健過程中，往往會面臨患者遵從性不足的挑戰，相關研究指出其不遵從率介於 30% 至 50% 之間（Argent et al., 2018）。AI 系統可結合穿戴感測器與電腦視覺（Computer Vision）技術，提供精確且客觀的復健活動數據，以協助醫師與患者即時掌握康復狀況。

AI 在醫療的應用不僅限於被動監測與資料分析，還能進一步設計具吸引力的互動式復健程式。AI 系統可透過回饋迴路（feedback loops）即時監測患者的動作表現，提供矯正與指導以確保動作的正確性，降低因錯誤訓練而導致二次傷害的風險，並進一步提升患者參與度與復健效果（Tafat et al., 2024; Vélez-Guerrero et al., 2021）。

### （四）臨床實證效益

美國直覺手術公司（Intuitive Surgical Inc.）透過完整的產品與技術生態系統推動微創手術，其中達文西（Da Vinci）外科手術系統不僅是機械操作平台，更是結合術前 AI 規劃、術中即時導航、術後數據監測的完整生態系統。其臨床實證效益包括：提高手術精度與安全性、縮短手術與恢復時間、降低併發症發生率、建立持續優化的學習循環。Da Vinci 手術系統促使 AI 技術成為推動微創手術標準化與精準化的重要支柱。分述如下：

#### 1. 術前規劃與模擬訓練

##### （1）3D 影像建模（Intuitive 3D Models）

由 CT 或 MRI 掃描建立 3D 分割模型，協助外科醫師進行精準的術前規劃；提供器官與病灶的個人化視覺化，提升手術方案設計的科學性。

##### （2）多模態學習與模擬訓練

Da Vinci 系統與 Ion 導管平台讓外科醫師能模擬複雜操作，增強臨床技能；結合 AI 數據分析，可快速累積案例經驗，縮短學習曲線。

**實證效益：**術前風險降低、術式選擇更精準，並提升醫師操作自信度與患者手術安全性。

## 2. 術中導航與即時回饋

### (1) 高性能視覺輔助

提供 3DHD 高解析與放大視野，使醫師能清楚辨識細微結構；EndoWrist 器械與 Motion Scaling 功能，將手部動作轉換為更細緻的微創操作。

### (2) 多功能器械與能量平台

吻合器 (SureForm、EndoWrist) 與能量器械 (Vessel Sealer Extend、SynchroSeal) 確保組織切割與血管封閉更高效、安全。

### (3) 數位輔助與 AI 支援

Intuitive Hub 整合手術室資訊，並提供即時數據回饋與遠距協作 (Telepresence)。

**實證效益：**提高手術精度、縮短操作時間、減少出血與併發症，全面提升術中安全與效率。

## 3. 術後追蹤與復健管理

### (1) My Intuitive 平台

提供醫師與機構手術數據追蹤與基準比較，能匿名比對國家級數據；協助醫師反思與精進，優化未來操作策略。

### (2) 長期數據監測

系統整合病人術後恢復數據與手術室績效分析，支援精準醫療與術後復健；知識傳遞與臨床教育；AI 輔助數據回饋可用於培訓，推動醫師之間的最佳實務分享。

**實證效益：**術後恢復期縮短，醫療品質持續提升，並建立閉環學習機制，形成醫療與 AI 的正向循環 (Intuitive 360, 2025)。

## 二、技術導入的挑戰與治理需求

儘管 AI 在外科應用中展現了巨大潛力，但在實際臨床導入過程中，

---

醫療系統必須應對一系列技術、制度與人力層面的挑戰。

### （一）核心技術與模型治理的挑戰

在 AI 導入臨床應用的過程中，核心技術與模型治理面臨多重挑戰。AI 系統普遍存在黑盒效應，其決策過程缺乏透明度與可解讀性，直接影響臨床醫師對於決策建議的信任程度。因此，推動可解釋人工智慧（Explainable AI），要求系統具備解釋其判斷邏輯的能力，是建立負責任的人工智慧（Trustworthy AI）關鍵。

AI 在臨床應用中並非一經訓練完成就能長期維持穩定的效能，而是需要持續性的驗證與監測，以確保其在持續更新與再訓練的過程中，仍能保持良好的準確性與效率。由於醫療數據與臨床情境具有高度動態性，隨著疾病型態、治療方式與人口結構的變化，若缺乏長期追蹤與再驗證機制，模型可能逐漸偏離原本的最佳狀態，導致效能下降，甚至出現錯誤判斷或偏差建議，進而引發嚴重的臨床後果。

資料集中的偏誤難以完全排除，因此可能造成模型對特定群體出現誤診或治療不當的情況，例如女性或特定種族常因醫學研究中的歷史偏差而有診斷不足的問題（Hamed et al., 2022）。而當同一模型應用於跨國或跨院場域時，其敏感度與特異性的效能可能會大幅下降，顯示泛化能力不足，因此需在不同場域持續精進與在地化驗證。

資安與隱私問題亦是不容忽視的挑戰，在臨床場域中導入 AI 系統時，往往需要整合並分析大量病患的個人與醫療資料，包括病歷、基因資訊、影像檔案與即時感測數據。龐大的資料流動與儲存過程勢必會增加網路攻擊、惡意入侵與資料外洩的風險，引發對病患隱私、機密性與影像資料安全合規性的擔憂（Finlayson et al., 2019; Morris et al., 2023; Zarei et al., 2024）。

### （二）制度與人力資源的挑戰

在制度與人力資源方面，AI 的導入同樣面臨多重挑戰。高昂的導入成本與資源分布不均，使得先進的機器人輔助技術（例如 Mako）往往僅能



在資金充裕、規模龐大的醫學中心或先進醫療機構中推行，而中小型醫院與位於偏遠或資源有限地區的醫療院所則難以負擔 (teamhri, 2023)。此一差距不僅可能導致醫療品質的落差，進一步加劇醫療資源在全球與國內的分配不均，形成「技術富人愈富、弱者愈弱」的局面 (Celi et al., 2022; Karim et al., 2023)。若缺乏制度性的補助機制或資源再分配政策，AI 技術的廣泛應用恐將淪為部分大型醫院的專利，而無法發展成真正惠及全民的醫療服務。

少子化與人口高齡化所帶來的醫療人力短缺問題愈發嚴峻，尤其護理人力的不足，更加凸顯了 AI 的導入是創造更有效率方法的必要途徑 (Murphy, 2023)。AI 在文書處理輔助上的應用，例如透過使用 AI 處理病歷作業，可以有效減輕醫事人員的工作負擔。透過優化 AI 輔助的流程，醫療機構能夠更有效地調配有限的人力資源，提高整體醫療服務的運作效率，進而應對人力不足的問題，並為未來更廣泛的 AI 應用奠定基礎。

要讓 AI 在臨床領域真正落地，首要前提是建立一套可供實務運作的 AI 手術標準作業流程 (SOP)，明確界定 AI 於術前規劃、術中導航及術後復健管理等各階段的角色與操作原則，方能使 AI 有效納入臨床工作鏈結之中。若缺乏妥善整合，醫事人員可能被迫在傳統流程與 AI 系統間來回切換，不僅加重工作負擔，亦可能造成流程中斷、降低手術效率，甚至影響病患安全。反之，當 AI 與臨床流程達成緊密協同，不僅可減少導入時的適應阻力，更能提升醫療效率、支援臨床決策、優化照護品質，進一步為醫療體系創造長期價值與結構性效益。

### （三）醫學教育與素養轉型

面對 AI 時代的挑戰，醫學教育亟需進行結構性轉型 (Cooper & Rodman, 2023)。傳統上，受人敬重的臨床醫師往往以知識廣博與記憶紮實為核心專業能力，但在資訊爆炸的網路時代，僅依賴記憶已無法充分回應臨床現場的即時需求。未來的醫學教育應強化三項核心能力：其一是「思辨能力」(Differentiation)，以分辨資訊的真偽、價值與可信度；其二為「綜

整與比較能力」(Synthesis & Comparison)，以整合多元資料來源並進行分析判讀；其三則是「警覺能力」(Vigilance)，能及早察覺異常訊息與潛在風險(Chang, 2023)。

在此基礎上，人機協作訓練已成為現代醫學教育不可或缺的核心元素。教育體系應以「輔助式 AI」(Augmented AI)為主軸，培養學員與臨床醫師有效運用 AI 工具的能力，不僅要理解 AI 的優勢與限制，亦須掌握如何設計高品質提示語(prompts)以提高臨床應用成效(Chang, 2023; Cooper & Rodman, 2023; Russell et al., 2023)。同時，訓練過程需強化對偏誤與侷限的警覺，使醫師在運用 AI 參與臨床判斷時，能維持批判性思維與獨立判斷，避免因 AI 偏差導致誤診或不當治療。長遠而言，此類訓練不僅可提升個人臨床能力，更有助於建立人機信任機制，促進 AI 在醫療現場的安全導入與長期落地。

為使 AI 真正融入臨床決策流程，醫療人員必須置身於生活化、沉浸式的 AI 學習環境，使其不僅熟悉技術本身，更能將 AI 的分析結果與建議自然整合進日常臨床判斷，而非僅作為傳統流程的附加工具。透過教育模式的轉型，醫師得以深化對 AI 能力與限制的理解，同時培養批判性思維與決策判斷力，進而在 AI 驅動的臨床場域作出更準確、可靠且以病人為核心的決策，最終提升診療品質與醫療安全。

### 三、醫療責任的法律歸屬與制度因應

外科 AI 的臨床應用，特別是當其角色由單純的輔助工具逐步推進為「即時決策提供者」時，已對現行醫療責任體系產生根本性的衝擊與挑戰。隨著外科 AI 技術在臨床操作中的滲透與常態化使用，如何及早建立明確的法律責任歸屬框架、健全監管制度並同步完善倫理規範，將成為確保醫療安全、維護病患權益與推動 AI 技術永續發展的關鍵前提。

#### (一) 醫療責任的法律標準與歸屬

在現行醫療法律架構中，判斷醫療責任的核心標準仍以「是否符合當地醫療水準」為依據。即使臨床醫師於診療或手術過程中採用 AI 系統，



最終法律責任仍由醫師承擔，使用 AI 並不構成免責理由。此一原則也提醒臨床人員，在依賴 AI 進行判斷與決策時，必須保持專業警覺，確保其行為符合醫療常規與注意義務，並建立完整的操作與決策記錄，以利責任的合理追溯。

為避免因 AI 建議導致責任歸屬產生灰色地帶，建構清晰的醫療責任共擔機制已成必要措施。例如，當 AI 系統提供手術切除範圍建議時，若缺乏明確的決策流程與醫師審核確認機制，責任界線易產生模糊。因此，透過制度化流程劃分各方責任，不僅有助於責任界定，也能提升 AI 應用的臨床安全與可執行性，使醫療團隊能在 AI 輔助下更具信心地進行判斷與處置。

依據《醫療法》，臺灣醫師享有一定範圍內的臨床專業裁量空間。為確保 AI 應用行為具備法律上的合理性與正當性，醫師應建立系統化的臨床決策循環流程，例如納入警示、判斷與處置等步驟，並保留完整紀錄，以作為日後證明自身符合注意義務之依據。此類流程不僅有助於醫師在責任爭議中獲得保障，也能將 AI 有效整合進日常臨床實務，提升診療精準度與效率，同時降低法律風險。

## （二）法規與治理架構的因應

為確保 AI 在醫療場域中得以安全且有效地運作，醫院與相關機構必須建構完整的法規與治理架構。首要措施是導入 AI 模型生命週期管理（AI Lifecycle Management），建立可信賴的驗證與治理制度，涵蓋從資料蒐集、標註與清理，到模型的持續優化與再訓練，以及導入後的成效追蹤與監測等全流程管控機制，並參照 NIST 與 ISO 42001 等國際標準，以確保 AI 系統在臨床使用過程中的安全性、實用性與可調適性，並能因應未來的醫療需求與技術變化。

針對具自我更新特性的自適應模型（adaptive model），臺灣 TFDA 已比照美國 FDA 制度發布預定變更控制計畫（Predetermined Change Control Plans, PCCP），允許模型在既定範圍內持續更新而不必重新送審，但仍要

求醫院與廠商持續監測其效能。需要注意的是，該機制主要著眼於產品認證流程，尚未直接涉及醫療責任之歸屬或界定。

為提升 AI 工具在醫療現場的可信度與安全性，未來可參照 TFDA 已核准之案例，並結合國際監管模式與標準，例如電腦輔助設計（Computer Aided Design, CAD）與美國上市前審查制度 510（k）等，建立可供臨床參考的「可信賴 AI 應用清單」，作為醫療人員在採用相關技術時的重要指引，鼓勵以安全、可驗證的方式使用 AI 工具。

此外，為平衡推廣效率與風險控管，AI 在醫療領域的導入策略宜採分級推動模式。具備 AI 研發能力與人力資源的大型醫院應擔任先導角色，負責技術開發、臨床驗證與流程優化；當標準模式逐漸成熟且具備可複製性後，再逐步推廣至中小型醫院，使其在資源有限的情況下亦能有效導入 AI 並降低潛在風險。透過由核心醫療機構向區域與基層醫療體系擴散的策略，可縮小不同層級醫療院所間的技術落差，最終實現醫療品質整體提升與區域均衡發展的政策目標。

#### 四、結論與未來展望

AI 在外科領域的應用，正從傳統的輔助工具快速推進至即時決策支援的角色。這項轉變不僅源自技術的成熟，更回應了臨床現場人力不足與醫療負荷升高的結構性問題，因此外科領域推動 AI 已是必要且無可迴避的趨勢。然而，成功導入的核心關鍵不僅是技術升級，更仰賴制度設計與臨床文化的同步轉型。

要讓 AI 真正落地於臨床場域，醫療界需透過臨床、法律、資訊與教育等跨領域合作，逐步將 AI 納入臨床文化之中，並建立符合當地醫療水準的標準作業流程（SOP），同時配套可信賴的 AI 系統。唯有如此，才能有效減少導入過程中的阻力，並在制度層面清楚界定醫療責任歸屬。

目前醫療法制仍維持「使用 AI 不構成免責」的原則，醫師需為最終決策負責。然而，若能建立完善的驗證機制與決策紀錄流程，將有助於醫師在合理範圍內行使臨床專業裁量權，並降低因導入新科技所產生的不確

定性與法律風險。

在確認 AI 應用於外科領域的必然性與挑戰後，下一階段的重點將在於如何深化臨床實踐與制度配套。以下將提出未來值得關注與推進的發展方向：

### （一）深化人機協作模式

未來外科 AI 的發展將聚焦於輔助式 AI（Augmented AI），強調 AI 與醫療專業人員之間的協作關係，而非單純取代。AI 的角色在於生成內容、提供建議或進行風險預測，但最終的臨床決策仍須由臨床人員加以審視與確認。此一模式不僅能提升醫療效率與準確性，更有助於在法律層面上明確劃分責任，確保技術應用既符合專業倫理，亦能維持合理的責任歸屬。

### （二）醫學教育與臨床思維的徹底轉型

醫學教育除了需強化對 AI 工具的理解與應用，更需著重於培養醫師的批判性思維與跨領域整合能力，以及對異常訊號的警覺與判斷力。推動 AI 沉浸式學習環境能讓醫師在訓練過程中與 AI 持續互動，逐步將 AI 視為臨床判斷與專業決策的輔助基礎。如此，AI 將不再只是作為輔助工具，而能真正成為醫師執業時不可或缺的一部分。

### （三）建立可信賴的治理與標準化機制

#### 1. 效能監測

為確保臨床應用的穩定性與可靠性，必須建立完整的 AI 模型生命週期管理機制，將監測效能納入常態作業。除了需設定明確的效能退化下架門檻，也應同步建置再訓練流程，以因應自適應模型在持續更新與演化過程中可能出現的性能下降問題，確保模型長期維持醫療決策所需的品質與安全標準。

#### 2. 可解釋性優先

AI 系統必須提升透明度與可解釋性，才能有效降低黑盒效應所帶來的不確定性與不信任感。不僅應讓臨床醫師理解其決策邏輯、輸入來源與判

斷依據，亦需提供可視化或結構化的解釋機制，協助醫師在採納或拒絕 AI 建議時具備合理論述基礎。唯有如此，才能提升臨床決策的合法性與正當性，並在醫療糾紛或責任追溯時，提供可檢驗的依據。此外，透明化的 AI 系統也有助於醫護人員辨識偏誤與潛在風險，進一步促進臨床採用意願與跨專業協作，為建立可信賴的 AI 醫療生態奠定基礎。

### 3. 跨域推廣

跨域推廣宜採分級與階段式策略，由具備研發量能與臨床試驗基礎的大型醫院擔任先導角色，負責 AI 工具的開發、驗證與流程優化；待臨床模式成熟並具可複製性後，再逐步擴散至中小型醫院與區域醫療體系。此種推動方式不僅能降低初期導入的風險與成本負擔，亦有助於解決醫療資源分布不均與技術落差問題，促進 AI 應用的系統性擴散與區域醫療品質的整體提升。

### 4. 整合機器人與延伸實境

未來，AI 智慧將與醫療機器人系統進一步結合，不僅能接管部分日常性工作，減輕醫療人力負擔，還能作為數據感測器，持續蒐集與回饋臨床資訊。同時，對於擴增實境等延伸實境技術的持續投資，亦將為外科手術帶來即時且直觀的視覺化支持，使醫療人員能在手術過程中獲得更精準的操作導引。此種整合不僅有助於提升手術的精度與安全性，也將推動外科醫療進入智慧化與沉浸式的全新階段。

綜觀以上，外科 AI 的發展已不僅是技術導入的議題，更是攸關醫療體系未來走向的關鍵轉捩點。唯有同時兼顧臨床需求、法律責任、教育培育與治理機制，AI 才能在外科領域真正落地並持續發展。未來的醫療現場將不再單是依賴科技或人力，而是建構在人機協作、責任共擔、制度健全等基石上的智慧醫療新典範。這不僅將決定 AI 能否在外科領域發揮最大效益，更將深刻影響醫療的公平性、安全性與永續性。今日我們對外科 AI 應用所作的每一項制度設計與文化轉型，將直接形塑未來醫療的樣貌。

### 第三節 AI 於急重症臨床決策輔助的實務價值與驗證難題

人工智慧（AI）系統，尤其是臨床決策輔助方面，對於急重症醫學的品質與效率的提升具有極高的發展潛力，近期研究顯示能協助進行早期預警、風險分層、影像診斷、治療建議與資源調度，並有效提升臨床決策的速度與精準度。例如在加護病房中對於敗血症、急性腎損傷與心肌梗塞等，AI 模型可提前數小時預測病情惡化，並在影像判讀與心電圖分析中達到甚至超越專科醫師水準。這些 AI 系統不僅可以改善診斷效率，也能優化整體資源分配及降低死亡率等風險。

然而，AI 系統的臨床應用仍面臨許多挑戰。包括一、外部驗證不足與流程整合困難，導致模型外擴性不佳；二、法規監管、責任歸屬與退場機制尚未明確，影響臨床接受度；三、資料異質性與偏差導致公平性疑慮；四、缺乏隨機對照試驗與成本效益證據，限制健保支付制度的支持。

未來發展方向應包括多中心資料共享、AI 沙盒與退場制度建立、人機協作取向，以及更多臨床試驗與成本效益研究。整體而言，AI 在急重症醫學中具有推動「精準、智慧、韌性」臨床應用的潛力，但仍需醫療、法規與科技三方共同努力。

急診及重症醫學在整個醫療體系中扮演極為重要的角色，因為具有病程變化快速、不確定性以及複雜度高的特徵，為顯著提高醫療品質與存活率，相關醫療團隊必須在短時間內整合多重資訊並作出關鍵決策。然而，醫療報告的時效性，人員的教育訓練以及傳統臨床決策支持系統（clinical decision support systems, CDSS）往往受限於法規限制，監督框架與傳統指引的限制，難以應對現實世界快速發展的臨床環境。

隨著人工智慧（artificial intelligence, AI）與機器學習（machine learning, ML）的快速發展，過往在醫學領域中，人工智慧在複雜醫療數據的處理，以及高階醫學影像（包含解剖病理學和心電圖）判讀方面展現出卓越的能力（Alowais et al., 2023; Kwong et al., 2024; Maddox et al., 2025）。但近期醫療界逐漸強化在臨床決策輔助的推展與應用，最顯著的

例子就是在急診重症醫學方面的應用。從早期預警（early warning）、風險分層（risk stratification）、影像診斷（imaging diagnosis）、治療建議（treatment recommendation）到資源調度（resource allocation）等等，AI 系統都能展現出有效率的臨床協助，並即時補足醫師在經驗與臨床指引不足的可能缺點（Biesheuvel et al., 2024; Chenais et al., 2023; Matias & Varon, 2025）。近期在敗血症（sepsis）（Desautels et al., 2016; Komorowski et al., 2018; Moor et al., 2021）、急性腎損傷（AKI）（Al-Absi et al., 2024; Bajaj & Koyner, 2022）、急性心肌梗塞（AMI）（Doudesis et al., 2023; Lee et al., 2025; Li et al., 2023）、心搏停止（cardiac arrest）（Ni et al., 2024）與 COVID-19 等急重症場景中，AI 輔助系統的臨床應用成果已逐步呈現。

如同 AI 在所有臨床應用上面臨的挑戰一樣，AI 在急重症領域的臨床落地仍存在需多挑戰，例如臨床流程整合困難、資料品質不佳、法規監管與倫理爭議，以及臨床效益驗證不足等（Ghassemi et al., 2020; Saqib et al., 2023）。因此本節主軸會著重在急診重症臨床決策的實務價值，並探討其在驗證與推廣過程中面臨的難題，以期為未來臨床應用提供參考。

## 一、AI 在急重症臨床決策上的應用價值

### （一）早期預警與風險分層

在急診重症領域當中，影響病人預後的最重要關鍵之一就是能否早期預測或是鑑別疾病的發生，進而能提早在病情惡化前做出因應（Alowais et al., 2023; Matias & Varon, 2025）。而 AI 系統的介入能協助臨床人員即時分析大量生命徵象與實驗數據，提高預測的準確性。

在急診領域，過往在急診檢傷扮演的角色是藉由病人主述及到院時的生命徵象量測來進行嚴重度的分級。近期在 AI 的輔助之下，藉由主述的關鍵字分析，生命徵象數值的變化以及過往病史的帶入，能針對病人就診時的嚴重度分級提供優於傳統檢傷制度的正確性。在評估急診病人是否適合離院及預測三日內重返急診就醫的風險時，AI 系統依樣提供極佳的臨床價值（Chenais et al., 2023; Da'Costa et al., 2025）。



另外在重症醫學方面，除疾病本身的治療之外，AI 系統對於病人是否有合併敗血症（sepsis）或是急性腎損傷（acute kidney injury）的發生預測亦提供優於傳統早期預警系統（Early Warning Score）更好的準確度（Al-Absi et al., 2024; Bajaj & Koyner, 2022; Desautels et al., 2016; Komorowski et al., 2018; Moor et al., 2021）。例如 Desautels 等人在 2016 年提出的機器學習模型能在臨床診斷前 6 小時預測敗血症發生（Desautels et al., 2016），或是 Google DeepMind 研究團隊於 2019 利用深度學習模型預測 ICU 病人是否將在 48 小時內發展急性腎損傷（Tomašev et al., 2019），這些模型的準確度顯著優於傳統指標。

## （二）診斷輔助

不論基本影像（例如 X-Ray）或是進階影像檢查（例如電腦斷層檢查或是磁振造影檢查），影像檢查結果是協助急重症醫療人員獲得正確及快速診斷的重要工具，近期 AI 在醫療影像領域的判讀能力已展現極高效能與信賴度。以胸部 X 光為例，Rajpurkar 等人在 2017 的發表的深度學習模型在肺炎診斷上的表現已達放射科醫師水準（Rajpurkar et al., 2018），而近期各項 AI 模型在運算架構及學習的進步之下更是在許多面向（例如陰性預測值等）達到優於臨床醫師的水準。

進一步以腦部電腦斷層檢查為例，現行 AI 輔助判讀系統對於急性腦出血或中風 CT 影像的判讀提供極為優異的報告品質與完整度，協助臨床醫師有效縮短診斷時間，提升臨床決策速度，進一步讓病人即時接受應有的治療（Soun et al., 2021）。

除放射影像檢查的進展之外，許多 AI 系統在 12 導程心電圖的判定方面也有優異的表現。尤其是在到院前緊急醫療環境中，AI 系統對於非醫療專科的緊急救護技術員在現場的判斷協助，進而縮短急性心肌梗塞的後送處置時間扮演重要的關鍵（Lee et al., 2025）。

## （三）治療決策與資源調度

如前述所提及，AI 不僅是輔助診斷，更能針對急重症病人的治療策略



提供建議，甚至對有限的院內資源進行最佳化配置。例如急診壅塞狀況發生時如何進行人員及床位調度，當病人病情惡化接受復甦急救時，如何針對近期所有的檢驗檢查數據及生命徵象數值的變化來輔助判斷 ECMO 啟動的必要性等（Li et al., 2023; Ni et al., 2024）。在加護病房的資源分配方面，AI 系統也能協助臨床醫師依據病人風險即時調度呼吸器與床位，提升醫療效能，或是協助評估治療風險與效益平衡，避免過度或不足的重症治療。

## 二、臨床驗證與推廣應用的挑戰

### （一）外部驗證不足且臨床流程整合不易

AI 模型在研發階段常在單一醫院或資料庫中開發，導致後續在不同族群或醫院應用時表現下降。近期國內外專家均建議若後續缺乏多中心驗證，則此 AI 模型可能僅適用於特定場域，進而限制臨床普及性（Youssef et al., 2023）。

急重症醫療單位的工作流程緊湊，若 AI 系統無法與現有醫院 EMR 進行深度整合，容易造成醫療人員的額外負擔。而且過多的警示訊號（alarm fatigue）會導致醫師降低信任度，甚至忽略重要提示（Fernandes et al., 2019）。而上述這二項問題往往嚴重影響 AI 模型在臨床應用中的發展。

### （二）法規與責任歸屬及退場機制

目前 FDA 與 TFDA 對 AI 醫材的監管多採取「軟體即醫療器材（SaMD）」框架，但尚缺乏針對責任歸屬與退場機制的明確規範（U.S. Food and Drug Administration, 2017, 2025）。若因 AI 錯誤建議導致不良結果，責任應歸於醫師或系統開發商，仍有爭議。而急重症醫療環境中常因病情的不確定性與快速變化的特性，等致臨床醫療人員對於 AI 系統的接受度更形低下。

參考國外相關政策，例如 FDA 或是 MDR，所謂退場流程大概圍繞在市場機制（淘汰）及生命週期管理，當然還有很多文章提及倫理，效能等因素，但效能數字很難被設定成硬性退場指標，因為在人機協作之下，幾

乎不存在弊大於利的狀況。近期針對退場機制傾向生命週期管理，也就是分成二部分：

1. AI 臨床應用的上架，需有完備的倫理跟有效性審查；
2. 上架後，需要有定期版本更新要求與監管計畫，未能配合就下架，後續就交給所謂的市場機制。

### （三）資料品質與偏差問題

加護病房的醫療相關資料常存在 missing values 的風險，且不同醫院常使用不同儀器與紀錄方式，這些容易導致 AI 模型建置中的資料異質性高。若模型訓練資料偏向特定族群，則會產生偏差預測，影響醫療公平性（Ranard et al., 2024）。

### （四）臨床效益與成本效益證據不足

大部分 AI 相關的臨床研究屬於 retrospective validation，缺乏隨機對照試驗（RCT）驗證。目前仍缺乏足夠證據顯示 AI 真正能改善病人存活率與降低醫療成本，限制其健保給付可能性。同樣的狀況，在急重症領域要能證實 AI 系統能有效增加醫療品質與效率仍存在許多疑義。

## 三、結論與未來展望

AI 在急重症臨床決策中具有極大的特點與發展性，能夠提前預警、協助診斷、優化治療與調度資源，並朝向個人化精準醫療邁進。除持續克服上述所提的各項挑戰之外，在未來發展方向包括：

1. 多中心資料共享與外部學習：避免單一醫院數據偏差，提升模型泛用性。
2. 臨床 AI 沙盒與退場機制：在可控範圍內試行，並設定安全退場條件。
3. 人機協作而非取代：AI 應成為醫師決策的輔助工具，而非替代者。
4. RCT 與成本效益分析：建立 AI 應用對臨床結局與醫院財務的實證基礎，爭取健保給付支持。

整體而言，AI 在急重症醫學的價值毋庸置疑，但要真正實現「精準、智慧、韌性」的臨床應用，仍需結合醫療、法規與科技三方面的努力。

## 第四節 社區醫療 AI 應用：技術演進、研究趨勢與臨床驗證

在全球人口老化、慢性疾病負擔日益沉重與醫療資源有限的情境下，社區醫療逐漸被視為強化基層照護、預防與管理慢性病，以及縮小健康不平等的重要策略。近年來，人工智慧（AI）技術快速進展，涵蓋影像判讀、智慧照護學習、語音辨識與輸入、資料分類等功能，並逐步應用於社區醫療、預防醫學、疾病判讀、健康檢查及高齡照護等領域，展現出提升社區醫療效能與照護品質的潛力。

### 一、技術演進

#### （一）初期階段（2010 年）

早期應用以電子化系統與傳統統計為核心，需仰賴大量人工標註臨床特徵（如血壓、血糖、生化檢驗值、長照紀錄等），進行慢性病風險評估。例如，常見於社區篩檢中的高血壓與糖尿病風險分類。

#### （二）深度學習階段（2015 年）

隨著數位運算能力提升與龐大資料量累積，深度學習模型開始導入社區醫療。應用案例包括分析穿戴裝置與手機 App 收集的日常健康數據，如心率、活動量與睡眠模式，用於預測健康風險或偵測異常狀況。

#### （三）生成式 AI 階段（近年）

技術逐漸朝向多元資料整合，涵蓋電子病歷、社區健康紀錄、篩檢數據與長期照護資料，並結合臨床醫師診療、護理人員家庭訪視紀錄及可用社區醫療資源，以提供更具個人化的健康促進與照護計畫。

#### （四）研究趨勢

##### 1. 遠距健康照護

AI 結合遠距監測設備與行動應用程式，可實現社區居民的即時健康追蹤與智能提醒。例如，自動提醒慢性病患者服藥、回診或生活習慣調整。

## 2. 基層診所智慧決策

AI 臨床決策支援系統逐步嵌入基層診所的電子病歷系統中，提供即時風險預測（如跌倒或心血管事件風險）、用藥提醒與臨床建議，協助醫師更有效率地管理高齡者與慢性病個案。

## 3. 基層診所智慧決策

AI 被廣泛應用於社區慢性病管理、健康促進活動、群聚感染的早期偵測以及社區資源分配。透過 AI 對居民健康狀況、行為模式及疫苗覆蓋率的分析，可提前為公共衛生決策提供依據。

### （五）臨床驗證

AI 在社區醫學的臨床應用必須重視隱私與個資保護、資安風險以及民眾信任等核心議題。由於不同基層醫療機構（如診所、長照機構）在基礎設施、系統整合與專業人力配置上的差異，AI 導入的成效與維運成果也存在顯著落差。

目前 AI 於社區醫療中的應用，多仍停留在模型開發、初步驗證與試點計畫。若要使 AI 真正發揮效益，需加速推動跨機構整合，並建立長期且具規範性的臨床驗證與監管機制，確保 AI 能在公平、安全且受監督的環境中落地實行。

## 二、社區醫療 AI 應用與導入策略

隨著高齡化社會來臨，慢性病盛行率攀升、長期照護需求日益複雜，社區醫療在整體健康體系中的角色愈加關鍵，然而醫療人力有限、健康落差擴大與病人行為改變，使傳統的社區照護模式面臨挑戰；因此政府積極推動「慢病 888 計畫」與「醫療與長照整合」，進而提升健康醫療資源使用效益。北醫大率先導入醫療與長照資訊整合，再進階利用生成式 AI 來減少照護文書處理負荷外，也導入風險預測模型的建置。此時透過 AI 技術的興起，將可為社區醫療提供促進新引擎，透過 AI 技術針對基層診所提升慢病個案管理、社區忠誠病人病情追蹤、癌症防治篩檢推廣、預防保健執行率；針對長期照護機構透過 AI 輔助照護技術，可以改善照護效率、

提升疾病預防精準度與提供醫療即時性及可近性。然而，要將 AI 實際導入社區場域，需有系統性的策略規劃與政策支持。

(一) 政策與治理層面：奠定 AI 導入的制度基礎

1. 制定明確政策目標與發展路徑

AI 導入因針對社區醫療的長期願景，如強化慢性病預防、降低高齡長者急診就醫、提升照護可近性等，並擬定階段性推動藍圖（如協尋合作據點、推廣成效、回饋民眾等階段）。

Table 1. Tabular Summary of Generative AI Applications in Clinical Practice.

Domain	Application	Outcomes
Clinical Documentation	Drafting clinical notes, discharge summaries, and patient letters	Improved clinician efficiency; reduced burnout
Patient Communication	Drafting responses to patient messages and health education	AI responses rated higher in empathy; improved satisfaction and understanding
Clinical Decision Support	Assisting in diagnosis and management suggestions	Comparable or improved accuracy in diagnostic reasoning compared to physicians
Medical Imaging Interpretation	AI that can “read” an image and generate a report	Generating reports from radiology images
Drug Discovery and Biomedical Research	Assisting in drug discovery and development	Generating novel molecules, optimizing drug candidates, and designing clinical trials
Patient Monitoring and Telehealth Integration	Transforming patient care, especially for chronic conditions	Remote patient monitoring systems, AI powered telehealth
Medical Education and Training	Enhancing medical education	AI as an adjunct for learning
Mental Health Support	Chatbots offering conversational support or behavioral coaching	Early evidence of utility as a supportive tool; still requires human oversight

圖 5 Tabular Summary of Generative AI Applications in Clinical Practice

2. 建立法規與倫理框架

制定社區場域專屬的 AI 資料治理規則，包括資料去識別化、用途限制、病人知情同意機制等，並建立 AI 系統風險評估與審查機制，確保資訊安全與民眾信任。

### 3. 跨部會協作與資源整合

AI 導入牽涉到公部門單位包括中央健保署、衛生福利部、科技部、地方政府等多方資源與規範，應設立跨部會平台，協調技術開發、資料共用、試點經費等事項，形成合力。

#### （二）技術與資料面：打造可實作的 AI 環境

##### 1. 強化資料基礎建設

AI 的效能高度依賴資料的品質與量能，建議可先由所屬機構（如醫院體系或社區醫療群診所）優先推動，將現有可利用資料進行數位化與結構化處理。其後，再逐步擴大整合基層醫療診所，針對電子病歷系統、產出數據以及健康照護計畫進行標準化與結構化。同時，將遠距照護裝置所蒐集的數據結果納入分析體系，並建立統一的資料格式與介接機制，以進一步提升 AI 的預測精準度。

##### 2. 挑選以需求為導向的 AI 應用環境

在導入初期應優先聚焦具有高度可行性與即時效益的應用，如：慢性病患者健康提醒、預防保健篩檢異常警示、高齡長者跌倒風險預測、用藥交互作用分析、長期照護機構照護病人等可透過既有結構化資料實現，技術可行性高。

##### 3. 採用可解釋的模型技術

社區醫療人員多非 AI 專業背景，因此模型選擇宜偏向可解釋性高者，如決策樹、邏輯回歸，或輔以深度學習解釋工具（如 SHAP、LIME）。可協助醫護人員理解系統輸出，降低黑箱疑慮，提升信任與採納意願。同時，若結合直觀的可視化介面與基礎教育訓練，更能促進 AI 在日常診療與慢性病管理中的實際應用。

#### （三）場域推動與人員培力：確保實地可行性

##### 1. 設計分階段試點計畫

AI 在社區醫療的推動應避免一次全面導入，而宜採取「試點—評估—調整—擴散」的漸進式策略。初期可選定若干社區基層診所作為測試場



域，透過實際運作驗證技術可行性與流程適配度，並依據不同地區的醫療需求、人口結構及資源條件進行在地化調整。隨後再將成功經驗逐步擴散至其他社區單位，確保 AI 導入能兼具穩定性、可持續性與廣泛適用性。

## 2. 建立人機協作模式

AI 系統的角色不在於取代醫療人員，而是用來強化其臨床決策效能。導入初期應特別強調「人機協作」的原則，例如由 AI 系統先行提出風險預警，再由護理師或醫師進一步確認與介入。此種運作模式不僅能降低醫護人員的排斥感，也能在確保病患安全的同時，逐步建立臨床團隊對 AI 工具的信任與接受度，為後續更廣泛的應用奠定基礎。

## 3. 全面推動 AI 素養與技能培訓

針對第一線醫療人員，應規劃系統性培訓課程，內容涵蓋 AI 的基本概念、操作方法、輸出結果判讀與實際案例演練，協助人員逐步建立信心與技能。同時，建議成立「AI 協同小組」，由熟悉技術的督導或專責人員進駐，協助臨床現場解決實務問題，確保 AI 能有效融入既有工作流程，並提升臨床應用的可行性與穩定度。

### （四）監測、評估與永續發展：建立回饋與調整機制

## 1. 設立導入評估指標系統

導入過程中應設立以下三大面向之評估架構，並定期蒐集數據，以做為政策優化依據：

- （1）過程指標：如導入速度、使用率、反應時間
- （2）成效指標：如異常偵測率、病人滿意度、再入院率
- （3）制度指標：如跨單位協作程度、法規合規度

## 2. 動態調整與版本升級

AI 系統並非一體成形。應定期分析模型表現（如精確度、偏差等）、收集使用者回饋，調整模型參數與功能，確保其適應場域變化（如流行病學變化、政策調整等）。



### 3. 確保永續經費來源

AI應用需有經費支持，可透過申請計畫或政府補助、企業合作等方式，支持系統維運與升級，並鼓勵業界技術提供者與醫療機構長期合作，提升社會責任與社區醫療服務。

### 三、小結

AI技術雖然強大，但真正決定其能否改善社區醫療健康照護的關鍵，在於能否與醫療機構、實務工作者、衛生政策、地方制度以及社區文化進行深度整合。社區醫療的核心在於「以人為中心」，並需貼合在地文化脈絡。因此，AI導入社區醫療時，應充分理解社區需求與民眾關切的問題，同時結合政策引導與臨床實證基礎，方能有效落地，推動智慧醫療的發展，並實現符合在地需求、可近性高的社區健康照護。

#### 具體政策建議

政府推動AI應用於社區醫療，必須從「基礎建設、制度規範、人才發展」三方面著手，並分階段實施，讓政策逐步落地、逐步驗證，最終實現「科技輔助人性化照護」的目標。透過短、中、長期規劃，我們可以不僅推動創新，更確保公共利益與社會信任，邁向一個永續、具韌性的社區健康系統。

#### （一）【短期策略（第1年）：奠定基礎、試點驗證】

目標：完成法規規劃、數據整備與小規模試點，建立政策與技術基礎。

##### 1. 設立導入評估指標系統

（1）設立跨單位部門「社區醫療AI推動小組」，統一規劃AI在社區醫療的推動藍圖。

（2）建置「社區醫療AI發展指導原則」，作為推動政策的依據。

##### 2. 資料基礎建設與共用機制

（1）推動基層診所電子病歷（EMR）系統標準化與結構化，確保資料格式統一、可供AI系統分析。

- (2) 建立匿名性、去個資化資料審核機制，使在合法授權範圍內，提供資料進行模擬測試或企業模型訓練。

### 3. 試點應用與場域選定

- (1) 選定 5–10 個具代表性的社區（例如高齡化指數高或醫療資源弱勢地區），導入具體 AI 應用試點。
- (2) 透過這些試點收集使用數據、病患滿意度、第一線人員反饋。

### 4. 法規與倫理架構草擬

- (1) 研擬 AI 健康應用資料使用規範、知情同意程序範本。
- (2) 設立倫理審查快速通道，確保 AI 應用具社會可接受性。

## (二) 【中期策略（第 2-3 年）：擴展應用、制度整合】

目標：擴大實施範圍，建立法制與支付配套，整合至主流社區照護流程中。

### 1. 推動全國性應用擴散計畫

- (1) 根據短期試點成果，擴展至 30–50 個社區單位，推動至少 3 類以上 AI 應用，並進行場域間橫向比較。
- (2) 建置「社區醫療 AI 發展指導原則」，作為推動政策的依據鼓勵各地方政府依地區特性制定「智慧社區醫療推動計畫」，中央提供經費與技術支援。

### 2. 導入健保誘因與給付改革試辦

- (1) 將 AI 輔助診斷、照護預警系統納入「健保支付示範計畫」，例如：若 AI 介入可證實減少病患急診使用率，則社區診所可獲額外點數給付。
- (2) 鼓勵保險公司或長照資源以 AI 風險模型導入差異化照護。

### 3. 強化人力培訓與數位素養提升

- (1) 舉辦醫師、護理師、公共衛生人員之「AI 醫療應用工作坊」，提升第一線人員操作能力與接受度。
- (2) 開設遠距教學平台，提供案例教學與模擬練習。

#### 4. 推動 AI 輔助公共衛生管理應用

(1) 將 AI 擴展至流行病偵測、疫苗涵蓋率預測、社區衛生教育效果評估等，用以提升公共衛生決策精準性。

##### (三) 【長期策略（第 4-5 年）：制度化與永續發展】

目標：使 AI 成為常態化基礎建設，並促成自我進化與國際接軌。

##### 1. 法規制度全面落實

- (1) 建立完整資料共享、隱私保護與技術責任機制。
- (2) 將 AI 使用規範納入基層醫療評鑑制度，作為醫療品質指標之一。

##### 2. 建置 AI 治理與風險調控平台

- (1) 建立 AI 監控平台，定期監測模型失準、安全事件與異常行為。
  - (2) 導入動態與模型更新機制，確保 AI 能隨時間與資料環境調整。
-

## 參考文獻

### 第一節

1. Ahuja, A. S. (2019). The impact of artificial intelligence in medicine on the future role of the physician. *PeerJ*, 7, e7702.
2. Amann, J., Blasimme, A., Vayena, E., Frey, D., Madai, V. I., & Consortium, P. Q. (2020). Explainability for artificial intelligence in healthcare: a multidisciplinary perspective. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 20(1), 310.
3. Attia, Z. I., Kapa, S., Lopez-Jimenez, F., McKie, P. M., Ladewig, D. J., Satam, G., Pellikka, P. A., Enriquez-Sarano, M., Noseworthy, P. A., & Munger, T. M. (2019). Screening for cardiac contractile dysfunction using an artificial intelligence-enabled electrocardiogram. *Nature medicine*, 25(1), 70–74.
4. Boussina, A., Shashikumar, S. P., Malhotra, A., Owens, R. L., El-Kareh, R., Longhurst, C. A., Quintero, K., Donahue, A., Chan, T. C., & Nemati, S. (2024). Impact of a deep learning sepsis prediction model on quality of care and survival. *npj Digital Medicine*, 7(1), 14.
5. Chua, C. E., Clara, N. L. Y., Furqan, M. S., Kit, J. L. W., Makmur, A., Tham, Y. C., Santosa, A., & Ngiam, K. Y. (2024). Integration of customised LLM for discharge summary generation in real-world clinical settings: a pilot study on RUSSELL GPT. *The Lancet Regional Health–Western Pacific*, 51.
6. Davenport, T., & Kalakota, R. (2019). The potential for artificial intelligence in healthcare. *Future healthcare journal*, 6(2), 94–98.
7. Deo, R. C. (2015). Machine learning in medicine. *Circulation*, 132(20), 1920–1930.
8. Hirata, Y., & Kusunose, K. (2025). AI in Echocardiography: State-of-the-art Automated Measurement Techniques and Clinical Applications. *JMA journal*, 8(1), 141–150.

- 
9. Jiang, F., Jiang, Y., Zhi, H., Dong, Y., Li, H., Ma, S., Wang, Y., Dong, Q., Shen, H., & Wang, Y. (2017). Artificial intelligence in healthcare: past, present and future. *Stroke and vascular neurology*, 2(4).
  10. Liu, T.-L., Hetherington, T. C., Dharod, A., Carroll, T., Bundy, R., Nguyen, H., Bundy, H. E., Isreal, M., McWilliams, A., & Cleveland, J. A. (2024). Does AI-powered clinical documentation enhance clinician efficiency? A longitudinal study. *Nejm Ai*, 1(12), AIoa2400659.
  11. Longoni, C., Bonezzi, A., & Morewedge, C. K. (2019). Resistance to medical artificial intelligence. *Journal of consumer research*, 46(4), 629–650.
  12. Mathioudakis, N. N., Abusamaan, M. S., Shakarchi, A. F., Sokolinsky, S., Fayzullin, S., McGready, J., Zilbermint, M., Saria, S., & Golden, S. H. (2021). Development and validation of a machine learning model to predict near-term risk of iatrogenic hypoglycemia in hospitalized patients. *JAMA Network Open*, 4(1), e2030913–e2030913.
  13. MedTech Dive. (2025). *AI in medtech is booming. Track new devices here.* MedTech Dive. <https://www.medtechdive.com/news/ai-medtech-track-new-devices-fda/748397/>
  14. Ostermayer, D. G., Braunheim, B., Mehta, A. M., Ward, J., Andrabi, S., & Sirajuddin, A. M. (2024). External validation of the Epic sepsis predictive model in 2 county emergency departments. *JAMIA open*, 7(4), ooae133.
  15. Rajpurkar, P., Chen, E., Banerjee, O., & Topol, E. J. (2022). AI in health and medicine. *Nature medicine*, 28(1), 31–38.
  16. Schulze, K., Stantien, A.-M., Williams, M. C., Vassiliou, V. S., Giannopoulos, A. A., Nieman, K., Maurovich-Horvat, P., Tarkin, J. M., Vliegenthart, R., & Weir-McCall, J. (2025). Coronary CT angiography evaluation with artificial intelligence for individualized medical treatment of atherosclerosis: a Consensus Statement from the QCI Study Group. *Nature Reviews Cardiology*, 1–16.
-

- 
17. Shaw, J., Rudzicz, F., Jamieson, T., & Goldfarb, A. (2019). Artificial intelligence and the implementation challenge. *Journal of medical internet research*, 21(7), e13659.
  18. Smith, L. A., Oakden-Rayner, L., Bird, A., Zeng, M., To, M.-S., Mukherjee, S., & Palmer, L. J. (2023). Machine learning and deep learning predictive models for long-term prognosis in patients with chronic obstructive pulmonary disease: a systematic review and meta-analysis. *The lancet digital health*, 5(12), e872–e881.
  19. Tomašev, N., Glorot, X., Rae, J. W., Zielinski, M., Askham, H., Saraiva, A., Mottram, A., Meyer, C., Ravuri, S., & Protsyuk, I. (2019). A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury. *Nature*, 572(7767), 116–119.
  20. U.S. Food and Drug Administration. (2025a). *Artificial Intelligence-Enabled Medical Devices*. Retrieved from <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-enabled-medical-devices>
  21. U.S. Food and Drug Administration. (2025b). *Artificial Intelligence in Software as a Medical Device*. U.S. Food and Drug Administration Retrieved from <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-and-machine-learning-software-medical-device>
  22. Verstraete, K., Gyselinck, I., Huts, H., Das, N., Topalovic, M., De Vos, M., & Janssens, W. (2023). Estimating individual treatment effects on COPD exacerbations by causal machine learning on randomised controlled trials. *thorax*, 78(10), 983–989.
  23. World Health Organization. (2024). *Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models*. W. H. Organization. <https://apps.who.int/iris/handle/10665/376558>
  24. Xia, J., Bachour, K., Suleiman, A.-R. M., Roberts, J. S., Sayed, S., & Cho, G. W. (2024). Enhancing coronary artery plaque analysis via artificial
-

intelligence-driven cardiovascular computed tomography. *Therapeutic Advances in Cardiovascular Disease*, 18, 17539447241303399.

25. Yu, K.-H., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2018). Artificial intelligence in healthcare. *Nature Biomedical Engineering*, 2(10), 719–731.
26. Zale, A., & Mathioudakis, N. (2022). Machine learning models for inpatient glucose prediction. *Current diabetes reports*, 22(8), 353–364.
27. Zhai, Y., Hai, D., Zeng, L., Lin, C., Tan, X., Mo, Z., Tao, Q., Li, W., Xu, X., & Zhao, Q. (2024). Artificial intelligence-based evaluation of prognosis in cirrhosis. *Journal of Translational Medicine*, 22(1), 933.

## 第二節

1. Argent, R., Daly, A., & Caulfield, B. (2018). Patient involvement with home-based exercise programs: can connected health interventions influence adherence? *JMIR mHealth and uHealth*, 6(3), e8518.
2. Celi, L. A., Cellini, J., Charpignon, M.-L., Dee, E. C., Dernoncourt, F., Eber, R., Mitchell, W. G., Moukheiber, L., Schirmer, J., & Situ, J. (2022). Sources of bias in artificial intelligence that perpetuate healthcare disparities—A global review. *PLOS digital health*, 1(3), e0000022.
3. Chang, B. S. (2023). Transformation of undergraduate medical education in 2023. *JAMA*, 330(16), 1521–1522.
4. Cooper, A., & Rodman, A. (2023). AI and medical education—a 21st-century Pandora's box. *N Engl J Med*, 389(5), 385–387.
5. Dennler, C., Bauer, D. E., Scheibler, A.-G., Spirig, J., Götschi, T., Färnstahl, P., & Farshad, M. (2021). Augmented reality in the operating room: a clinical feasibility study. *BMC musculoskeletal disorders*, 22(1), 451.
6. Finlayson, S. G., Bowers, J. D., Ito, J., Zittrain, J. L., Beam, A. L., & Kohane, I. S. (2019). Adversarial attacks on medical machine learning. *Science*, 363(6433), 1287–1289.



- 
7. Hamed, S., Bradby, H., Ahlberg, B. M., & Thapar-Björkert, S. (2022). Racism in healthcare: a scoping review. *BMC Public Health*, 22(1), 988.
  8. Karim, S. A., Tilford, J. M., Bogulski, C. A., Rabbani, M., Hayes, C. J., & Eswaran, H. (2023). Financial performance of rural hospitals persistently lacking or having telehealth technology. *Journal of Hospital Management and Health Policy*, 7.
  9. Lambrechts, A., Wirix-Speetjens, R., Maes, F., & Van Huffel, S. (2022). Artificial intelligence based patient-specific preoperative planning algorithm for total knee arthroplasty. *Frontiers in Robotics and AI*, 9, 840282.
  10. Morris, M. X., Song, E. Y., Rajesh, A., Asaad, M., & Phillips, B. T. (2023). Ethical, legal, and financial considerations of artificial intelligence in surgery. *The American Surgeon*, 89(1), 55–60.
  11. Murphy, B. C. C. E. M. L. M. L. M. (2023). *How health systems and educators can work to close the talent gap*. McKinsey & Company. <https://www.mckinsey.com/industries/healthcare/our-insights/how-health-systems-and-educators-can-work-to-close-the-talent-gap#/>
  12. Nam, C. H., Lee, S. C., Kim, J. H., Ahn, H. S., & Baek, J. H. (2022). Robot-assisted total knee arthroplasty improves mechanical alignment and accuracy of component positioning compared to the conventional technique. *Journal of Experimental Orthopaedics*, 9(1), 108.
  13. Perazzini, P., Trevisan, M., Sembenini, P., Alberton, F., Laterza, M., Magnan, B., & Marangon, A. (2020). The Mako™ robotic arm-assisted total hip arthroplasty using direct anterior approach: Surgical technique, skills and pitfalls. *Acta Bio Medica: Atenei Parmensis*, 91(4-S), 21.
  14. Radulovich, T. (2023). *Improving Outcomes with AI-Powered Virtual Surgical Simulations*. Florida A&M University-Florida State University College of Engineering. <https://eng.famu.fsu.edu/news/improving-outcomes-ai-powered-virtual-surgical-simulations>
-

15. Russell, R. G., Novak, L. L., Patel, M., Garvey, K. V., Craig, K. J. T., Jackson, G. P., Moore, D., & Miller, B. M. (2023). Competencies for the use of artificial intelligence-based tools by health care professionals. *Academic medicine*, 98(3), 348–356.
16. Tafat, W., Budka, M., David McDonald, M., & Wainwright, T. W. (2024). Artificial intelligence in orthopaedic surgery: a comprehensive review of current innovations and future directions. *Computational and Structural Biotechnology Reports*, 1, 100006.
17. teamhri. (2023). *How Much Does Minimally Invasive And Robotic Hip Replacement Surgery Cost?* Hip-Replacement.info. <https://hip-replacement.info/how-much-does-minimally-invasive-and-robotic-hip-replacement-surgery-cost/>
18. Vélez-Guerrero, M. A., Callejas-Cuervo, M., & Mazzoleni, S. (2021). Artificial intelligence-based wearable robotic exoskeletons for upper limb rehabilitation: A review. *Sensors*, 21(6), 2146.
19. Zarei, M., Mamaghani, H. E., Abbasi, A., & Hosseini, M.-S. (2024). Application of artificial intelligence in medical education: A review of benefits, challenges, and solutions. *Medicina Clínica Práctica*, 7(2), 100422.

### 第三節

1. Administration, U. S. F. a. D. (2017). *Software as a Medical Device (SAMD) Clinical Evaluation* U.S. Food and Drug Administration
2. Administration, U. S. F. a. D. (2025). *Marketing Submission Recommendations for a Predetermined Change Control Plan for Artificial Intelligence*. U.S. Food and Drug Administration
3. Al-Absi, D. T., Simsekler, M. C. E., Omar, M. A., & Anwar, S. (2024). Exploring the role of Artificial Intelligence in Acute Kidney Injury

- 
- management: a comprehensive review and future research agenda. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 24(1), 337.
4. Alowais, S. A., Alghamdi, S. S., Alsuhebany, N., Alqahtani, T., Alshaya, A. I., Almohareb, S. N., Aldairem, A., Alrashed, M., Bin Saleh, K., & Badreldin, H. A. (2023). Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC medical education*, 23(1), 689.
  5. Bajaj, T., & Koyner, J. L. (2022). Artificial intelligence in acute kidney injury prediction. *Advances in chronic kidney disease*, 29(5), 450–460.
  6. Biesheuvel, L. A., Dongelmans, D. A., & Elbers, P. W. (2024). Artificial intelligence to advance acute and intensive care medicine. *Current Opinion in Critical Care*, 30(3), 246–250.
  7. Chenais, G., Lagarde, E., & Gil-Jardiné, C. (2023). Artificial intelligence in emergency medicine: viewpoint of current applications and foreseeable opportunities and challenges. *Journal of medical internet research*, 25, e40031.
  8. Da'Costa, A., Teke, J., Origbo, J. E., Osonuga, A., Egbon, E., & Olawade, D. B. (2025). AI-driven triage in emergency departments: A review of benefits, challenges, and future directions. *International Journal of Medical Informatics*, 105838.
  9. Desautels, T., Calvert, J., Hoffman, J., Jay, M., Kerem, Y., Shieh, L., Shimabukuro, D., Chettipally, U., Feldman, M. D., & Barton, C. (2016). Prediction of sepsis in the intensive care unit with minimal electronic health record data: a machine learning approach. *JMIR medical informatics*, 4(3), e5909.
  10. Doudesis, D., Lee, K. K., Boeddinghaus, J., Bularga, A., Ferry, A. V., Tuck, C., Lowry, M. T., Lopez-Ayala, P., Nestelberger, T., & Koechlin, L. (2023). Machine learning for diagnosis of myocardial infarction using cardiac troponin concentrations. *Nature medicine*, 29(5), 1201–1210.
-

- 
11. Fernandes, C. O., Miles, S., Lucena, C. J. P. D., & Cowan, D. (2019). Artificial intelligence technologies for coping with alarm fatigue in hospital environments because of sensory overload: algorithm development and validation. *Journal of medical internet research*, 21(11), e15406.
  12. Ghassemi, M., Naumann, T., Schulam, P., Beam, A. L., Chen, I. Y., & Ranganath, R. (2020). A review of challenges and opportunities in machine learning for health. *AMIA Summits on Translational Science Proceedings*, 2020, 191.
  13. Komorowski, M., Celi, L. A., Badawi, O., Gordon, A. C., & Faisal, A. A. (2018). The artificial intelligence clinician learns optimal treatment strategies for sepsis in intensive care. *Nature medicine*, 24(11), 1716–1720.
  14. Kwong, J. C., Nickel, G. C., Wang, S. C., & Kvedar, J. C. (2024). Integrating artificial intelligence into healthcare systems: more than just the algorithm. *npj Digital Medicine*, 7(1), 52.
  15. Lee, M. S., Shin, T. G., Lee, Y., Kim, D. H., Choi, S. H., Cho, H., Lee, M. J., Jeong, K. Y., Kim, W. Y., & Min, Y. G. (2025). Artificial intelligence applied to electrocardiogram to rule out acute myocardial infarction: the ROMIAE multicentre study. *European heart journal*, 46(20), 1917–1929.
  16. Li, F., Wu, P., Ong, H. H., Peterson, J. F., Wei, W.-Q., & Zhao, J. (2023). Evaluating and mitigating bias in machine learning models for cardiovascular disease prediction. *Journal of biomedical informatics*, 138, 104294.
  17. Maddox, T. M., Embí, P., Gerhart, J., Goldsack, J., Parikh, R. B., & Sarich, T. C. (2025). Generative AI in Medicine—Evaluating Progress and Challenges. *New England Journal of Medicine*.
  18. Matias, E., & Varon, J. (2025). The use of artificial intelligence in critical care medicine in 2025: A global perspective. *Critical Care & Shock*, 28(1).
  19. Moor, M., Rieck, B., Horn, M., Jutzeler, C. R., & Borgwardt, K. (2021). Early prediction of sepsis in the ICU using machine learning: a systematic
-

- review. *Frontiers in Medicine*, 8, 607952.
20. Ni, P., Zhang, S., Hu, W., & Diao, M. (2024). Application of multi-feature-based machine learning models to predict neurological outcomes of cardiac arrest. *Resuscitation Plus*, 20, 100829.
  21. Rajpurkar, P., Irvin, J., Ball, R. L., Zhu, K., Yang, B., Mehta, H., Duan, T., Ding, D., Bagul, A., & Langlotz, C. P. (2018). Deep learning for chest radiograph diagnosis: A retrospective comparison of the CheXNeXt algorithm to practicing radiologists. *PLoS medicine*, 15(11), e1002686.
  22. Ranard, B. L., Park, S., Jia, Y., Zhang, Y., Alwan, F., Celi, L. A., & Luszczek, E. R. (2024). Minimizing bias when using artificial intelligence in critical care medicine. *Journal of Critical Care*, 82, 154796.
  23. Saqib, M., Iftikhar, M., Neha, F., Karishma, F., & Mumtaz, H. (2023). Artificial intelligence in critical illness and its impact on patient care: a comprehensive review. *Frontiers in Medicine*, 10, 1176192.
  24. Soun, J. e., Chow, D., Nagamine, M., Takhtawala, R., Filippi, C., Yu, W., & Chang, P. (2021). Artificial intelligence and acute stroke imaging. *American Journal of Neuroradiology*, 42(1), 2–11.
  25. Tomašev, N., Glorot, X., Rae, J. W., Zielinski, M., Askham, H., Saraiva, A., Mottram, A., Meyer, C., Ravuri, S., & Protsyuk, I. (2019). A clinically applicable approach to continuous prediction of future acute kidney injury. *Nature*, 572(7767), 116–119.
  26. Youssef, A., Pencina, M., Thakur, A., Zhu, T., Clifton, D., & Shah, N. H. (2023). External validation of AI models in health should be replaced with recurring local validation. *Nature medicine*, 29(11), 2686–2687.

#### 第四節

1. 資誠聯合會計師事務所 . (2021, December). AI 熱潮大爆發：人工智慧顛覆醫療產業 [資誠生醫透視 BIO Insights].

- <https://www.pwc.tw/zh/publications/bio-insights/pdf/bio-insights-2112.pdf>
2. 黃勢璋 . (2019). 醫療照顧服務業導入 AI 人工智慧之影響與因應 . 臺灣勞工季刊 , (59), 28–33.
  3. 衛生福利部資訊處 AI Center. (2025, April 14). 臺灣負責任 AI 中心推動智慧醫療：十家醫院試行成果亮眼 .  
<https://aicenter.mohw.gov.tw/AC/cp-7200-82165-208.html>
  4. 臺灣人工智慧網路有限公司 . (2025, July 4). AI 醫療 2025 趨勢大公開：臺灣與全球最新發展一次看懂 .  
<https://ai.com.tw/ai-healthcare-trends-2025-taiwan-global-overview/>
  5. 工研院產業學院 . (2022, July 11). AI 智慧醫療是什麼？一篇文帶你了解臺灣智慧醫療的現況 . ITRI College. <https://college.itri.org.tw/Info/InfoData/1d549534-07c6-4407-b1de-d5a04ddd665c>
  6. 戴淨妍 . (2025, May 19). AI 照顧時代的變革 3 大趨勢重構產業賽局 . Ankecare 創新照顧 .  
<https://www.ankecare.com/article/3660-2025-05-17-15-24-32>
  7. AI 熱潮大爆發：人工智慧顛覆醫療產業 < 資誠生醫透視 > 周筱姿，Dec, 1st, 2021
  8. 醫療照顧服務業 導入人工智慧之影響與因應 < 臺灣勞工季刊 NO.59 > 黃勢璋，Nov,3rd, 2021
  9. 臺灣負責任 AI 中心推動智慧醫療 < 衛生福利部資訊處 >，Apr, 14th, 2025
  10. AI 醫療 2025 趨勢大公開 <https://ai.com.tw/ai-healthcare-trends-2025-taiwan-global-overview/> < AI 專欄 >，Jul,4th,2025
  11. AI 智慧醫療是什麼 <https://college.itri.org.tw/Info/InfoData/1d549534-07c6-4407-b1de-d5a04ddd665c> < 工研院產業學院 >，Jul,11th,2022
  12. AI 照顧時代的變革 <https://www.ankecare.com/article/3660-2025-05-17-15-24-32> < 創新照顧 >，May,19th,2025
-

## 第六章

# 醫療影像運用 AI 模式進行判讀之因應與挑戰

**陳震宇** 臺北醫學大學醫學系放射線學科特聘教授

### 摘要

人工智慧（AI）在醫療影像領域的應用，已由技術驗證逐步走向臨床實務。國際間，美國 FDA 截至 2025 年 7 月 10 日止已核准通過 1,247 件 AI / ML 醫材，其中以醫學影像為主要應用，其運用於放射科之醫材約占通過總數 76.7%，涵蓋量測、優先檢閱、異常檢出與診斷等多面向。歐美及亞洲案例顯示，AI 可提升判讀效率與報告一致性，並具疾病風險分層、早期預警與公共衛生應用潛力。臺灣則已有如臺北醫學大學 DeepLung 平台及宏碁智醫的 VeriOsteo OP 系統骨質疏鬆檢測與健檢 AI 輔助等案例，顯示 AI 可提升診斷效率、報告一致性，亦具風險分層與公共衛生應用潛力。

AI 輔助診斷的核心價值在於提升診斷效率與準確性、提供第二意見與早期警示，以及推動人機協作模式，成為臨床決策支援的重要工具。然而，落地應用仍受限於高昂的資料標註成本、影像異質性、模型跨院泛化不足、黑盒效應、法律責任不清、隱私與倫理規範不足，以及教育體系未能提供



醫事人員必要的 AI 素養。

因應之道在於制度與教育的雙軌推動。制度面需強化資料治理、法規調適、責任歸屬界定、可信任 AI 驗證，以及推動沙盒試點與國際合作；教育面則需建立 AI 核心課程、跨域實作訓練、持續教育及師資培育，以培養能與 AI 協作的新世代醫療人才。唯有雙軌並行，方能使 AI 真正由研究走向臨床，提升醫療品質與病人安全，並推動臺灣醫療體系的智慧化轉型與國際接軌。

**關鍵字：**醫療影像（Medical Imaging）、深度學習（Deep Learning）、臨床決策支援系統（CDSS）、資料治理（Data Governance）、黑盒效應（Black Box Effect）

---

## 第一節 醫療影像 AI 發展現況與潛力

本章節重點在探討全球與臺灣醫療影像 AI 的發展趨勢，從國際經驗到在地案例，分析其臨床應用現況與挑戰。在國際上，AI 已展現於死亡率風險預測、疾病分期與治療反應等多元應用，並逐漸從單模態邁向多模態整合，結合影像、電子病歷與基因體資訊，提升泛化力與臨床可用性。同時，生成式 AI 技術也被廣泛應用於影像重建、跨模態轉換與臨床報告生成。然而，偏差、外部驗證不足與再現性問題，仍是其全面落地的挑戰。在臺灣，雖應用仍以研究試驗與院內導入為主，但已有具體成果：如臺北醫學大學新創的 Deep Lung 平台、臺中榮總與宏碁智醫合作的 VeriOsteo OP 系統，以及國健署推動的健檢 AI 輔助篩檢，均展現 AI 在早期診斷、疾病風險分層與公共衛生政策中的價值。

本章節將說明醫療影像 AI 如何在全球快速發展並逐步落地，並檢視臺灣的進展與挑戰，為後續討論 AI 的臨床價值、應用模式及制度需求奠定基礎。

### 一、全球與臺灣醫療影像 AI 發展趨勢

#### （一）國際發展趨勢與案例

##### 1. 醫療影像 AI 應用的成熟化

國際間對醫療影像 AI 的應用已逐步進入成熟階段，監管機制與臨床實證案例相繼出現。根據統計顯示，截至 2025 年 7 月 10 日，美國 FDA 已核准的人工智慧醫療器材總數為 1,246 件，其中以放射科（Radiology）為主，共 956 件，占比高達 76.7%，顯示醫療影像仍是 AI 技術應用的核心領域。其次為心血管科（Cardiovascular，116 件，9.3%）與神經科（Neurology，56 件，4.5%），同樣呈現顯著發展。其他專科如麻醉科、血液科、胃腸泌尿科及眼科的比重則相對有限（皆低於 2%）。

表 8 美國 FDA 核准人工智慧醫療器材應用類別統計表（2025.07.10 止）

NO.	類別	數量	百分比
1	Radiology	956	76.7%
2	Cardiovascular	116	9.3%
3	Neurology	56	4.5%
4	Anesthesiology	22	1.8%
5	Hematology	19	1.5%
6	Gastroenterology-Urology	16	1.3%
7	Ophthalmic	10	0.8%
8	Clinical Chemistry	9	0.7%
9	Dental	6	0.5%
10	Pathology	6	0.5%
11	Microbiology	6	0.5%
12	General & Plastic Surgery	6	0.5%
13	Orthopedic	5	0.4%
14	Clinical Toxicology	5	0.4%
15	General Hospital	4	0.3%
16	Obstetrics and Gynecology	2	0.2%
17	Immunology	1	0.1%
18	Obstetrics/Gynecology	1	0.1%
總計		1,246	

進一步分析顯示，這些醫材的主要功能多以量測／特徵定位（quantification / feature localization, 385 件）為主，其次包括優先檢閱（triage, 76 件）、影像增強（image enhancement, 84 件）、異常檢出（detection, 47 件）、診斷（diagnosis, 38 件）等，顯示 AI 已成為臨床判讀流程中的重要輔助工具（Singh et al., 2025）。另有研究指出，放射科相關裝置約占 76.6%，反映放射科在 AI 核准與應用中居於主導地位（Windecker et al., 2025）。

## 2. 以胸腔 X 光為基礎的風險模型研究

在臨床研究方面，有學者開發 CXR-risk 模型，利用 PLCO（Prostate, Lung, Colorectal, and Ovarian Cancer Screening Trial）與 NLST（National Lung Screening Trial）等大型胸腔 X 光影像資料庫進行訓練與驗證。該模型僅依據單張胸腔 X 光影像與少量臨床資訊，即能有效預測最長可達 12 年的全因死亡率（all-cause mortality）。結果顯示，模型可將受試者分為不同風險群組，其死亡率差異顯著，且預測效能明顯優於僅依賴年齡、性別、吸菸史等傳統風險因子模型（Lu et al., 2019）。

隨後，Weiss 等人於 2023 年提出 CXR-Lung-Risk 模型，利用胸腔 X 光影像來預測最長可達 10 年的肺部相關死亡率（lung disease-related mortality）。該研究納入 PLCO、NLST 及 Boston Lung Cancer Study 等資料集，分析結果顯示，該模型在長期隨訪中能準確區分不同風險群組，並在校正年齡、吸菸狀態與放射科醫師影像判讀所見後，仍顯示獨立且顯著的預測能力。這項成果凸顯 AI 技術在公共衛生領域、特別是早期風險分層（risk stratification）與疾病預測的應用潛力（Weiss et al., 2023）。

## 3. 亞洲應用案例

在亞洲，韓國 Soombit.ai 所開發的 AI Read-CXR 系統，研究結果顯示，AI 生成的初步報告能協助放射科醫師更快速完成解讀，平均縮短報告生成時間達 15–20%，同時提升臨床報告的一致性與完整性。顯示 AI 不僅能增進效率，也能在臨床品質管控上發揮價值（Hong et al., 2025）。

## 4. 真實世界應用與系統性回顧

針對真實世界應用，Wenderot 等人（2024）進行一項系統性文獻回顧與統合分析，共納入 48 篇臨床研究，涵蓋胸腔 X 光、乳房攝影、CT、MRI 等多種模態。結果顯示，有 67% 的研究報告 AI 可縮短醫療影像任務所需時間，特別是在胸腔 X 光與乳房攝影的輔助判讀場景中，AI 常被設計為「第二讀者（secondary reader）」或「前置篩檢（primary triage）」，以協助檢出可疑異常並提醒醫師優先處理。這些成果說明，AI 對於臨床工作

流程效率的改善已具初步實證，但研究間存在高度異質性，包含研究設計、工作流程與評估指標差異（Wenderott et al., 2024）。

## 5. 多模態 AI 的發展

進一步來看，國際趨勢已逐漸從單一模態 AI 發展至多模態整合（multimodal AI）。Nensa 等人（2025）指出，將醫學影像與電子病歷（HER）、實驗室檢驗數據及基因體資訊結合，可提升模型的泛化能力與臨床可用性。例如在腫瘤學領域，多模態 AI 可同時利用 CT 影像、病理切片與分子檢測數據，進行疾病分期與治療反應預測，展現超越單一影像模型的價值（Nensa, 2025）。

## 6. 生成式 AI 的應用

另一方面，生成式 AI（Generative AI）技術近年快速發展，廣泛應用於醫學影像領域。Zhou 等人指出，生成式模型（如 GANs 與 diffusion models）可用於影像重建與品質提升、跨模態轉換以及合成影像資料以強化 AI 模型訓練，部分研究甚至用於協助臨床報告生成。然而，該領域仍面臨臨床驗證不足與倫理規範尚未確立等挑戰（Zhou et al., 2025）。

## 7. 落地挑戰與限制

同時，國際文獻亦提醒，偏差、外部驗證不足以及研究報告品質不一致，仍是醫療影像 AI 廣泛落地的重要挑戰。相關研究顯示，多數模型缺乏外部資料驗證、透明度不足，且再現性（reproducibility）有待加強；同時，數據來源不均、族群差異與標註方式差異等，也可能導致模型偏差，進而限制其在不同臨床場域的普適性（Kim et al., 2023; Koçak et al., 2025）。這些限制顯示，除了技術成熟度之外，如何建立透明、可重複並符合法規的臨床研究與驗證框架，將是未來國際發展的關鍵方向。

### （二）臺灣的發展與案例

相較於國際間逐步邁向常規臨床的趨勢，臺灣的醫療影像 AI 應用仍以研究試驗與院內導入為主。然而，近年已有數個代表性的案例顯示其潛在價值，以下舉三項案例：

### 1. 肺癌篩檢：Deep Lung 專案

臺北醫學大學衍生新創 DeepRad.AI 開發之 Deep-Lung 平台，結合低劑量電腦斷層（Low-dose Computed Tomography, LDCT）與人工智慧演算法，可同時檢測肺結節與冠狀動脈鈣化，並提供骨質疏鬆風險的初步評估。該系統已取得食品藥物管理署核准，顯示其具備多疾病整合應用潛力（Taipei Medical University, 2025）。

### 2. 胸腔 X 光骨質疏鬆 AI：VeriOsteo OP

由臺中榮民總醫院與宏碁智醫合作開發之 VeriOsteo OP 系統，於 2023 年獲得食藥署核准，為一項利用胸腔 X 光推估骨質密度異常風險之 AI 軟體醫材。臨床驗證結果顯示，該模型於外部資料集中的曲線下面積（AUC）達 0.892，顯示其具備良好準確度與臨床實用性（Tseng et al., 2024）。此系統可協助醫師於未曾接受骨密度檢測的族群中，早期發現骨質疏鬆高風險個體，提升介入時機。

### 3. 健檢場域 AI 輔助應用

國民健康署委託臺灣大學團隊開發之 LDCT AI 程式，該系統於 2024 年 2 月獲得食藥署核准，取得第二等級醫療器材許可證，並邀集國立臺灣大學醫學院附設醫院、三軍總醫院及臺北市立萬芳醫院進行場域驗證。結果顯示，在平均兩個偽陽性肺結節發生時，其靈敏度與準確度在偵測小於 4 mm 結節時均達約九成，而在偵測大於 6 mm 結節時準確度超過九成（衛生福利部國民健康署, 2024）。此案例顯示臺灣政府已開始將 AI 納入公共衛生篩檢政策，並透過場域驗證建立實證基礎。

綜上所述，無論是國際經驗或臺灣案例，醫療影像 AI 的應用已逐步由技術驗證走向實際落地，上述案例皆顯現 AI 不僅具備診斷輔助功能，更已成為臨床工作流程中不可或缺的一環。

## 二、AI 輔助影像診斷的核心價值與應用模式

AI 在醫療影像領域的應用，不僅展現演算法與深度學習（Deep Learning）技術的進展，更逐步重塑臨床醫療的工作流程與決策模式。其

核心價值在於透過自動化與智慧化的分析能力，使醫師在面對龐大影像資料與有限判讀時間時，仍能維持高度的準確性與一致性。綜合現有研究與實務經驗，AI 在影像診斷的應用可歸納為以下三個面向。

### （一）提升診斷效率與準確性

大量實證顯示，AI 模型能顯著縮短影像判讀時間並提升診斷精準度。例如，Hong 等人透過臨床讀片研究指出，AI 生成的初步報告可將胸腔 X 光的平均閱讀時間由 34.2 秒縮短至 19.8 秒，並提升報告品質與一致性（Hong et al., 2025）。此外，深度學習模型能夠自動擷取多層次影像特徵（multi-level image features），不僅減少人工標註的需求，亦能發掘傳統方法難以捕捉的隱含訊號，進而在多項應用中展現優於傳統演算法的臨床成效（Esteva et al., 2019; McKinney et al., 2020）。

### （二）提供第二意見與早期警示

現有研究普遍將 AI 定位為臨床醫師的「第二意見」，透過自動化檢測與異常提示提供早期警示，藉此降低診斷遺漏的風險，並在高風險族群的篩檢中促進疾病的及早發現與介入（Wenderott et al., 2024）。同時，部分模型已透過長期隨訪資料展現出對死亡率或疾病風險的預測能力（Lu et al., 2019; Weiss et al., 2023），進一步說明 AI 不僅能在臨床診斷上提供輔助，更具潛力成為公共衛生策略中支持早期預防與風險分層的重要工具。

### （三）推動人機協作與雙重驗證模式

在臨床應用情境中，AI 的角色並非取代醫師，而是被視為「人機協作」模式中的關鍵角色；在此架構下，AI 系統可先行進行快速且客觀的初步篩檢與分析，而醫師則負責最終的專業審核與臨床決策，兩者相輔相成，形成雙重驗證的決策流程，不僅能兼顧效率與準確性，更能確保診斷的安全性與可靠性（Hong et al., 2025; Wenderott et al., 2024）。相關研究亦指出，AI 對經驗不足的臨床醫師或住院醫師特別有助益，能有效提升肺結節偵測與定位的準確度，進一步凸顯其在醫師培訓與醫療品質提升上的潛在價值



(Peters et al., 2024)。

綜上所述，AI 在醫療影像診斷的應用，已從單純的技術輔助，逐步轉向臨床決策的關鍵支援角色，無論是提升診斷效率與準確性、提供第二意見與早期警示，或是推動人機協作與雙重驗證模式，其價值均已獲得實務驗證。未來隨著臨床數據持續累積、標準化流程的建立，以及跨院所合作的深化，AI 將更全面地融入臨床實務，成為醫療決策支援系統（Clinical Decision Support System, CDSS）的重要角色，持續推動智慧醫療的進展。

然而，技術成熟並不代表臨床效益能自動落實。AI 能否在實務中發揮作用，仍取決於臨床使用者是否具備足夠的 AI 素養與應用能力，若醫師與醫事人員缺乏相關知識與訓練，即便工具本身具備高準確度，也可能因教育落差而受限於臨床使用，因此，除了制度設計與技術開發外，教育與人才培育已成為影響 AI 發展成效的關鍵環節。基於此，以下將進一步探討醫療影像 AI 發展與醫事人員教育之斷層。

## 第二節 當前困難與制度性瓶頸

本章節的重點在於揭示醫療影像 AI 落地的核心挑戰。首先，資料標註成本高、跨院資料整合困難，限制模型規模化訓練。其次，模型泛化不足，在不同院所、族群或設備下表現差異顯著。再者，黑盒效應降低醫師信任，法律與倫理規範亦存在責任歸屬與隱私保護缺口。除此之外，模型穩定性欠缺，難與標準診斷完全接軌；醫學教育不足則使醫事人員缺乏 AI 素養，無法有效應用工具。綜整而言，AI 落地的關鍵不僅是技術突破，而在於資料治理、制度調適與教育培育的同步補強，唯有如此，AI 方能安全可靠地進入臨床，並推動智慧醫療發展。

### 一、資料標註與模型訓練的瓶頸

雖然 AI 的效能高度依賴大量高品質資料的支持，但在醫療影像領域，資料取得與標註卻面臨嚴重限制，這些問題直接影響模型的規模化訓練與臨床應用價值，以下將分別從人力成本、資料異質性方面進行說明。

#### （一）高昂的人力成本與效率不足

標註成本與效率方面，醫療影像的標記必須由具專業背景的放射科醫師或臨床醫師執行，以確保精準性。然而，CT 或 MRI 等影像往往需逐張描繪與多次確認，造成高昂的人力負擔與進度瓶頸。研究指出，即使是大型公開資料庫如 ChestX-ray14，其標註過程也受到醫師間判讀差異（inter-rater variability）的影響，導致準確性受限（Irvin et al., 2019）。在臨床現場，醫師的主要任務應以診斷與治療為重，若需額外投入於大規模標註，將使既有的人力短缺問題更加嚴峻。近年雖有學者嘗試透過半監督學習與少樣本學習降低對完整人工標註的依賴，例如在肺栓塞診斷中應用 semi-supervised learning 或 few-shot learning，已能達到接近全標註模型的效能（Hu et al., 2025; Ryabtsev et al., 2025），但在高風險臨床應用中，專科醫師的人工審核仍無可取代（Zheng et al., 2025）。

## （二）影像資料的異質性與整合困難

影像資料的異質性與整合困難也是阻礙 AI 模型發展的關鍵因素。不同醫院間在影像命名、格式、設備輸出標準上缺乏一致規範，例如同樣的 CT 掃描可能因廠牌、型號或掃描參數不同而呈現差異，進而影響 AI 模型的輸入品質（Willemink & Noël, 2019）。此外，病歷系統在影像儲存與標記方式上也未統一，導致跨院資料整合難度大幅提高，研究顯示，這種資料異質性會使模型在單一院所中表現良好，但在跨院應用時出現效能衰退，凸顯缺乏標準化的嚴重性（Reinke et al., 2021）。

## 二、跨院應用的模型泛化能力不足

即便模型在單一院所內能達到高效能，當應用於不同臨床場域時，卻常出現準確度顯著下降，這正是「泛化能力不足」的核心挑戰，造成此問題的因素多樣，涵蓋臨床資料來源的差異、病人族群的異質性，以及影像設備與重建協定的不一致，以下分別說明。

### （一）資料來源結構與臨床流程差異

大型醫學中心與地區醫院在病人組成、疾病嚴重度、檢查指標與報告模板等均不一致，造成模型面對的新案例分布與訓練階段不同，導致靈敏度與特異度不穩定。此外，報告生成與標註規則的院所差異，也會讓標籤本身帶入系統性偏差，進一步削弱跨院可遷移性（Cheng et al., 2021）。

### （二）病人族群異質性

近年的實證研究顯示，醫療 AI 可能「隱性」學到族群訊號（如年齡、性別、族裔），並在不同人口組成下產生顯著的表現落差，顯示模型會把非病理訊息當作預測線索，當外部族群構成改變時，性能便下滑（Yang et al., 2024）。因此，若訓練資料缺乏跨族群代表性，即便內部驗證優異，也難以在外部族群複製成效。

### （三）影像設備與重建協定差異

不同廠牌、型號的 CT / MRI 在掃描參數、劑量與重建演算法上存在差異，連帶影響影像對比、雜訊與紋理特徵；即便是同一院所的設備升級或重建技術更換，也會引發顯著的特徵漂移，導致模型表現不穩定（Meyer et al., 2019; Willeminck & Noël, 2019）。更近年的研究亦系統量化「掃描器域轉移（scanner domain shift）」對深度學習表現的影響，證實跨掃描器時準確度幾乎總是下滑（Guo et al., 2024）。

### 三、黑盒效應與可解釋性不足

雖然 AI 模型在醫療影像診斷中展現高效能，但「黑盒效應（black box effect）」始終是限制其臨床落地的主要挑戰。由於深度學習模型缺乏透明度，醫師難以理解其推論過程，進而降低信任度與臨床採納意願（Rajpurkar et al., 2022）。在高風險醫療場景中，若 AI 的判斷依據不明確，一旦出現誤診，臨床人員難以追溯與修正，將直接影響病人安全。

為提升可解釋性，有研究提出 SHAP（SHapley Additive exPlanations）與 LIME（Local Interpretable Model-agnostic Explanations）等方法，試圖透過特徵權重或熱點圖揭示模型的判斷依據。然而，實務應用中這些解釋常表現不一致，且屬於事後推估，未必能真實反映模型的決策邏輯，導致醫師對其可靠性產生懷疑（Ghassemi et al., 2021）。

此外，臨床採納不僅是技術問題，更涉及信任建構。研究發現，若醫師無法理解 AI 的解釋，即便其準確度極高，仍可能選擇拒絕使用（Tonekaboni et al., 2019）。因此，未來的方向應結合臨床知識，建立「可查核、可調整」的解釋層，讓醫師能在 AI 建議與臨床判斷之間形成雙重驗證（Holzinger et al., 2020），唯有提升透明度與臨床可解釋性，AI 才能真正獲得醫師長期信賴。

### 四、法律與倫理規範的空缺

AI 導入臨床應用，法律與倫理規範的限制與不確定性，是最為複雜且緊迫的制度性瓶頸之一。

### （一）責任歸屬模糊

責任歸屬的模糊長期困擾臨床端。一旦 AI 協助診斷出現錯誤，責任究竟應由軟體開發者、醫療院所，還是臨床醫師承擔，現行法制並未明確界定，增加醫師的風險顧慮（蕭佳敏，2024）。這種不確定性可能導致醫師傾向避免依賴 AI 結果，以減少潛在法律糾紛。

### （二）個資法與 IRB 流程的限制

臺灣《個人資料保護法》對於醫療資料的使用規範嚴格，加上人體研究倫理委員會（IRB）審查流程冗長，常使 AI 研究團隊難以及時取得足夠的影像資料（Wang et al., 2020）。此外，IRB 委員多數缺乏 AI 技術背景，往往難以精確評估相關研究的風險與必要性，造成審查延宕或過度嚴格的情況，若仍以傳統「受試者風險」思維套用於 AI 研究，將限制創新。

### （三）資料同意權限的不足

患者資料同意權限不足也限制大數據共享。目前大多數醫院仍採用一次性、專案式的知情同意書，缺乏更具彈性的「廣泛同意」或「動態同意」設計，導致跨院數據共享與大規模 AI 訓練受限。國際上已有歐盟動態同意（dynamic consent）的實踐案例，臺灣若能引入類似制度，將有助於兼顧隱私保護與研究便利性。

### （四）數據隱私與倫理挑戰

數據隱私與倫理規範亦構成重大挑戰。醫療數據的高敏感性，使得研究者在蒐集與使用影像資料時必須受到嚴格監管。世界衛生組織（WHO）已提出六大人工智慧倫理原則，包括自主權（autonomy）、安全性（safety）、透明度（transparency）、公平性（fairness）、促進問責（accountability）以及推動永續（sustainability），已成為國際共識（World Health Organization, 2021）。但在臺灣的醫院與研究實務中，尚未形成具體的操作規範。使跨院合作與臨床部署缺乏一致的倫理審查依據。

## 五、AI 模型穩定性與應用限制

除了資料與法律層面外，AI 模型本身的穩定性與臨床適配性，也是應用推廣的重要瓶頸。

### （一）影像診斷 AI 的穩定性挑戰

在臨床實務中，即使是同一類影像檢查，AI 模型的效能也可能因掃描協定、設備或族群差異而顯著波動。例如，肺結節檢測模型在單一醫院的 LDCT 資料中表現優異，但在不同廠牌掃描器上靈敏度顯著下降（Willeminck & Noël, 2019）。類似情況也出現在乳房攝影 AI，跨院與跨國驗證時 AUC 較開發階段明顯降低（McKinney et al., 2020）。這些研究顯示，診斷型醫療影像 AI 的臨床穩定性，往往取決於資料流程的一致性與跨場域的驗證。

### （二）與臨床標準診斷的一致性

AI 模型的輸出必須與現行標準診斷方法相互對照，才能確保臨床可信度。近年的研究已嘗試利用胸腔 X 光或胸部 CT 建立深度學習模型，以進行骨質疏鬆的機會篩檢，顯示其具備早期風險分層與輔助判斷的潛力（Huang et al., 2025; Jang et al., 2020）。然而，根據國際臨床指引，骨質疏鬆的確診仍需依靠雙能量 X 光吸收測定（Dual-energy X-ray Absorptiometry, DEXA）作為黃金標準（World Health Organization, 1994），若缺乏與此標準的一致性驗證，AI 結果可能被誤解為確診依據，進而誤導臨床判斷。因此普遍建議，AI 應定位於「機會篩檢（opportunity screening）」或「臨床決策支援」角色，而非直接取代傳統診斷流程。

## 六、現行醫學教育體系的不足

雖然 AI 在醫療影像領域的應用日益成熟，但若缺乏相應的教育基礎與素養培育，將難以確保醫事人員能夠有效理解並應用 AI 工具。當前醫學教育在課程設計上，仍以傳統知識傳授與標準化臨床技能為主，對於 AI 導入後所需的數據判讀、跨領域整合以及人機協作能力，著墨不足。

### （一）傳統訓練模式的限制

現行醫學生與醫事人員的訓練模式偏重於記憶、標準流程與知識再現，較少著重於跨領域知識整合與資訊判讀能力。這樣的訓練雖能奠定基礎臨床技能，但在面對 AI 所產生的大量數據與複雜訊號時，卻顯得不足。AI 輔助診斷常會輸出機率、標註或異常提示，醫師需要具備差異判識（differentiation）與摘要能力（summarization），才能將 AI 輸出整合進臨床決策。如果教育模式未能及時調整，未來醫師可能無法充分利用 AI 工具，導致臨床價值流失。

### （二）缺乏 AI 核心素養

目前多數醫事人員普遍缺乏 AI 的核心知識，包括演算法原理、模型評估方法、臨床應用限制及風險管理。這使得許多醫師僅能被動「使用」AI 工具，而無法對其輸出進行批判性思考。例如，當模型提示某一病灶具有高風險時，醫師往往難以理解其背後的特徵權重與資料來源，因而無法判斷其可信度，缺乏 AI 素養的情況下，容易導致「過度依賴」或「完全忽視」AI 的兩極化現象。

### （三）人機互動與信任建立的缺口

教育端尚未針對人機互動信任（trust in human-AI interaction）進行設計與訓練。例如，醫療影像 AI 在臨床導入時，常涉及「AI 輸出應被如何解讀」的信任問題。例如，當肺結節檢測系統提示疑似惡性病灶時，醫師究竟應立即採信、安排進一步檢查，還是持保留態度？類似的情境亦可能出現在乳房攝影或骨質疏鬆風險評估工具中。若缺乏相關模擬訓練，醫師面對 AI 輸出時往往會產生不確定感，甚至抗拒使用，進而影響實際效益（Kelly et al., 2019）。



### 第三節 發展方向：制度與教育雙軌推動 AI 素養提升

本章節的重點在於說明推動醫療影像 AI 發展時，制度設計與教育培育必須並行不悖，方能建構出可信任且具永續性的智慧醫療生態系。AI 在醫療中的價值不在於取代醫師，而在於協助臨床決策。因此制度面應透過人機協作定位、資料治理與法規調整、沙盒試點與在地調校、國際合作、可信任 AI 驗證等措施，逐步建立透明、安全與可持續的應用環境。此外，教育體系若仍停留於傳統框架，將難以培養能與 AI 協作的新一代人才。

因此，教育面需納入醫學院 AI 核心課程、持續教育、跨域合作、住院醫師與影像專科培訓、師資強化，以確保臨床人員具備 AI 素養與批判性思維。綜合而言，制度是保障 AI 落地的基礎，教育是推動 AI 發揮臨床價值的關鍵。唯有雙軌並行，臺灣才能縮減技術與應用間的落差，讓 AI 真正從研究走向臨床，並在國際舞台展現醫療創新的競爭力。以下將分別就制度面與教育面提出具體發展方向。

#### 一、制度面：打造可信任的 AI 醫療生態系

##### （一）確立「人機協作」導向的應用定位

AI 在醫療中的角色應有清楚界定，它的價值不在於取代醫師，而是協助醫師更有效率地完成診斷與治療決策，若社會大眾或政策制訂者過度強調 AI 的「替代性」，不僅會增加臨床端的法律恐懼，也會使醫師對於 AI 工具產生排斥，導致技術推廣受阻。因此，未來政策推動應明確設定 AI 的定位，即「臨床輔助工具」，這代表 AI 系統的設計必須與醫師的診斷流程相契合，而非脫離臨床現實，例如，影像 AI 可先行標記可疑病灶或提示異常區域，但最終診斷與治療決策仍由醫師完成，如此不僅可避免責任歸屬模糊，也能讓醫師在臨床中保有核心專業角色。

同時，醫院內部應配合建立標準化的作業流程，使 AI 自然嵌入臨床鏈，這樣的融入方式應避免額外增加醫師的操作負擔，而是透過「輔助」的模式，讓 AI 的提示與醫師判讀同步進行。透過制度與流程設計，AI 可

成為日常診療的一部分，醫師也能逐步建立信任與依賴，使人機協作的模式真正落實。

## （二）建立 AI 資料治理與法規整合制度

AI 模型的核心在於資料，但臺灣目前的法規框架對資料的取得與使用設有限制，且缺乏與 AI 特性相符的治理規範。因此，建立健全的資料治理制度是推動 AI 醫療不可或缺的一環。

首先，在法規面，人體研究倫理委員會（Institutional Review Board, IRB）與個人資料保護法應進行相應調整，現行 IRB 多以「受試者風險」為核心思維，導致針對 AI 研究的審查過程冗長且缺乏彈性，未來應設計「AI 專責審查機制」，以符合 AI 大規模資料分析的特性。同時，個人資料保護法可引入「動態同意」（dynamic consent），讓病人能針對不同研究需求給予分層授權，兼顧病患自主權與研究推進效率。

其次，臺灣應借鏡國際案例，美國食品藥物管理局（Food and Drug Administration, FDA）已建立針對軟體型醫療器材（Software as a Medical Device, SaMD）的專屬審查規範，強調持續監測與迭代；英國國民健康署（National Health Service, NHS）則以「數位健康技術證據標準框架（Evidence Standards Framework, ESF）」來規範 AI 的臨床實證，強調透明度、公平性與可追溯性。這些經驗顯示，AI 的資料治理必須建立在清晰、可信任且可持續的制度基礎上。

更進一步，臺灣應建立「國家級精準健康數據樞紐模式」，整合臨床病歷、醫學影像、基因組學等多樣化數據，並遵循 FAIR 原則（Findable, Accessible, Interoperable, Reusable），該數據樞紐不僅是資料存放的倉儲，更應是一個具備資料標準化、共享規範、權限管理與區塊鏈驗證的完整生態系統。如此，才能在確保隱私與安全的前提下，支持 AI 模型的大規模訓練與跨院應用。

最後，資料的互通與標準化亦不可忽視，應推動國際標準如 DICOM（Digital Imaging and Communications in Medicine）與 FHIR（Fast

Healthcare Interoperability Resources）的落實應用，以解決醫院間資料異質性的問題。

唯有在標準化的基礎上，AI 模型的泛化能力才能獲得保障，避免因資料格式差異導致效能下降。

### （三）推動「沙盒試點」與在地調校機制

AI 的發展尚處於不斷驗證與迭代的階段，若全面推廣應用，可能導致臨床風險與爭議。因此，建議採取「沙盒試點」的方式，讓 AI 工具先在特定醫院、特定科別或小規模場域中導入，進行實際應用測試。在此過程中，不僅能蒐集臨床成效與風險數據，還能逐步建立法規適應性與操作流程。當試點驗證可行後，再逐步擴展至更多院所與應用場景，此策略有助於確保 AI 工具安全可靠並獲得醫療人員接納，降低全面推廣風險。

同時，應建立「在地調校（local adaptation）」的政策架構。由於不同醫院的病人族群、影像設備與疾病分布存在顯著差異，外部開發的 AI 模型若直接移植，常因環境落差而失效。政策應要求外部模型在導入時必須結合本地數據進行再訓練與調校，並由主管機關制定「分層標準」，確保調校過程符合法規規範與臨床需求。如此，才能真正提升模型的穩定性與適用性。

### （四）促進國際接軌與聯盟合作

AI 醫療的發展不可能僅依靠單一國家的力量，跨國合作與數據共享是提升模型品質與可信度的重要基礎。臺灣在推動醫療 AI 的過程中，應積極參與國際平台與聯盟，以加速學習與國際接軌。

例如，長期被《Newsweek》列入 World's Best Hospitals 世界最佳醫院排名的 Sheba Medical Center，其所推動的 ARC（Accelerate, Redesign, Collaborate）平台，以及 Mayo Clinic 參與並擔任核心推動角色的 Coalition for Health AI（CHAI），均已成為國際 AI 醫療領域的重要合作平台，能讓不同國家的醫院與研究機構共享資料、經驗與標準。此外，OHDSI（Observational Health Data Sciences and Informatics）由哥倫比亞大學

(Columbia University) 等發起的開放式國際合作計畫，透過推動共通資料模型 (OMOP Common Data Model, OMOP CDM)，成功整合來自不同國家與醫療機構的龐大資料庫，進而支持跨國研究與 AI 模型的驗證。另一個代表性案例是歐盟 CHAIMELEON 專案，其以癌症管理為核心，建立跨國臨床影像資料共享平台，並提供標準化的處理與驗證環境，協助研究者針對 CT、MRI 與 PET 等多模態影像發展可泛化的 AI 模型。

臺灣若能積極加入這些合作，不僅可減少因資料偏差帶來的限制，也能提升在國際醫療 AI 生態中的影響力。透過國際合作，臺灣醫療 AI 不僅能引進最新的技術與治理模式，更能在全球市場中展現本土創新成果，形成良性的雙向交流。

#### (五) 設計臨床介入點與閉環回饋

AI 的臨床價值在於能夠轉化為可執行的行動，而不僅僅是提供抽象的風險數值。未來在設計 AI 模組時，應要求系統能夠輸出具體的臨床建議，例如在肺結節檢測中，不只是顯示「高風險 80%」，而是直接提示「建議安排六個月內追蹤 CT 檢查」。如此，才能真正協助醫師快速決策，縮短診斷流程。

此外，應建立「AI 輸出→臨床回應→結果回饋」的閉環流程，使 AI 的應用不再是一次性的單向提示，而是透過不斷的臨床回饋，持續修正與優化。這樣的閉環設計，能使 AI 成為智慧臨床工作流程的一部分，逐漸提升整體醫療系統的效率與品質。

#### (六) 建構「可信任 AI」驗證流程

「黑盒效應」一直是臨床醫師對 AI 工具最大的疑慮之一。若無法理解模型如何得出結果，醫師在使用時就會缺乏信任。因此，未來 AI 模組設計必須以「可信任 AI (Trust worthy AI)」為目標，而非僅追求準確率。

可信任 AI 的設計應包含三個要素：其一，解釋層 (explainable layer)，能清楚呈現模型判斷的依據與特徵權重；其二，模型內在信心指標 (confidence score)，提供模型輸出的可信度區間，幫助醫師判斷結果

可靠性；其三，反饋可視化模組，讓醫師能即時查核與修正，避免 AI 出錯時造成不可逆的臨床風險。

主管機關應制定驗證流程，要求所有導入臨床的 AI 模組必須符合「可理解、可查核、可調整」的原則，唯有如此，AI 工具才能獲得臨床人員的長期信任，並真正落地應用。

## 二、教育面：培養具備 AI 素養的未來醫事人員

### （一）建立醫學院 AI 核心課程與持續教育

醫學教育體系若要因應 AI 的快速發展，必須以系統化方式將相關課程納入核心訓練。Crotty 等人（2024）提出一個為期三年的課程藍圖，透過「由淺入深」的模組化設計，使醫學生能從基礎概念逐步過渡到臨床應用，並兼顧技術與專業責任的養成。其內容可歸納為以下三個層次：

#### 1. 第一年：基礎能力培養

課程重點在於建立 AI 與資料科學的基礎素養。學生需先建立資料科學的基礎認識，理解資料結構、DICOM 格式與前處理的重要性，並逐步學習人工智慧、機器學習與深度學習（AI, ML, DL）的核心概念。這一階段也涵蓋監督式與非監督式學習方法，以及卷積神經網路（CNN）等基礎模型的應用，讓學生對 AI 如何處理醫學影像有初步理解。

#### 2. 第二年：倫理與規範意識

進入第二年後，訓練則從技術面轉向制度與責任的培養。課程安排倫理與病人安全模組，強調 AI 工具在臨床應用時的潛在風險與安全考量，例如誤判對病患可能造成的影響。同時，也引入 AI 治理與法規相關內容，讓學生理解資料隱私、責任歸屬與透明度等問題，並熟悉各國或地區在醫療 AI 方面的監管框架。這一年的學習，旨在培養醫學生不僅能「使用工具」，還能從倫理與治理的角度審視 AI。

#### 3. 第三年：臨床應用與人機協作

學生將學習如何評估與驗證 AI 工具，熟悉效能指標（如 AUC、靈敏度、特異度）與外部驗證的重要性，理解模型在跨場域應用時可能面臨的

挑戰 (Crotty et al., 2024)。最後，課程將聚焦於醫學影像中的實際應用，讓學生透過案例與模擬操作，掌握如何將 AI 工具整合進臨床決策支持系統 (CDSS)，並學會在人機判斷不一致時做出臨床決策。此階段的設計，強調「人 + AI」協作優於單一模式，確保學生在進入臨床前已具備人機協作的思維。

此外，為避免知識斷層，應建立持續教育 (Continuing Medical Education, CME) 制度，要求現職醫師定期參與 AI 素養培訓，更新最新的工具操作、風險管理與應用實例。透過醫學院教育與持續教育雙管齊下，才能確保新進與在職人員皆具備必要的 AI 素養。

## (二) 推動跨域實作學習與合作

AI 醫療的推動需要跨領域專業合作，醫師單憑醫學背景難以全面理解 AI 工具的運作，而工程師與數據科學家若缺乏醫療知識，也無法設計符合臨床需求的工具。因此，跨域合作的教育模式至關重要。建議教育端應設計跨域的學習與實作機制：

- 跨域專題：鼓勵醫學、資訊、工程與法律背景的學生組隊，針對臨床問題提出 AI 解決方案，培養跨領域語言與協作能力。
- 實作競賽：透過 AI 黑客松 (hackathon) 或臨床挑戰賽，讓學生在限時內完成影像分析或決策支援任務，模擬實際臨床壓力。
- 模擬與實驗平台：建立影像標註平台與模擬實驗室，提供真實化的資料與工具操作環境，幫助學習者累積經驗。

透過跨域實作，醫師不僅能理解 AI 的運作邏輯，工程師也能掌握臨床需求，縮短技術與應用之間的落差。

## (三) 提升住院醫師與影像專科醫師的 AI 素養

住院醫師與影像科醫師是 AI 工具的第一線使用者，他們的素養將直接影響 AI 的應用成效。未來應透過醫院內部教育訓練，讓住院醫師在臨床訓練過程中即能接觸並使用 AI 工具。同時，應建立跨院共享的影像標註資料庫與 AI 模型測試平台，讓醫師能在不同場域進行實際操作與經驗



累積。

這樣的安排不僅能提升 AI 的臨床使用率，也能讓醫師在訓練過程中學會批判性地評估 AI 的輸出，避免盲目信賴或完全拒絕，真正落實人機協作的精神。

#### （四）加強師資培訓與資源整合

教育推動的成敗，關鍵在於師資。若缺乏懂 AI 的醫學教育專家，即使設計課程也難以有效落實。建議建立師資培訓計畫，培養兼具醫學與 AI 素養的教師，並建立跨校師資合作機制，共享課程設計與教學經驗。

此外，教育資源必須與臨床需求緊密結合，應整合醫院數據、軟硬體設備與產業支援，使教育課程能不斷更新，符合最新技術發展。唯有如此，才能確保醫學教育能持續與 AI 技術同步前進。

制度與教育是推動 AI 醫療發展的兩大支柱。制度面應透過法規調整、資料治理、沙盒試點、在地調校、國際合作與可信任 AI 機制，建立一個安全、透明且可持續的醫療 AI 生態系；教育面則需透過課程設計、跨域合作、住院醫師培訓、AI 思維導入與師資強化，培養能與 AI 協作的新世代醫療人才。唯有雙軌並行，臺灣才能真正縮減教育與制度的斷層，使 AI 醫療技術從研究走向臨床，並在國際舞台上展現競爭力。這不僅是科技發展的需要，更是保障病人安全、提升醫療品質與確保醫療永續的重要基礎。



## 第四節 結論

綜合以上論述，臺灣在推動醫療影像 AI 的過程中，應以「制度與教育雙軌並行」為核心策略，確保技術落地能真正轉化為臨床與社會價值。在制度面必須透過健全的資料治理、明確的法律規範、可信任 AI 驗證機制與沙盒試點模式，建立安全透明的應用環境，並積極參與國際合作，以縮短與全球趨勢的差距；在教育面則需及早將 AI 素養納入醫學教育與持續培訓，培養能理解、操作並批判性使用 AI 的專業人力，避免因教育落差而限制技術效益。

最終，AI 的發展應以「人機協作」為定位，使 AI 成為醫師決策的可靠助手，而非替代者。當制度保障、專業培力與臨床實務三者協同推動時，AI 方能在保障病人安全的前提下，提升診斷效率、優化醫療資源配置，並推動整體醫療體系的智慧化轉型。

### 一、AI 帶來醫療影像的結構性變革

人工智慧在醫療影像領域的發展，已成為全球醫療體系無可逆轉的趨勢，它不僅帶來診斷工具的革新，更正在重塑臨床決策的邏輯與醫療服務的運作方式。AI 透過深度學習演算法，能從大量影像資料中擷取過去難以察覺的細微特徵，提供更快速且精準的判讀，並在腫瘤診斷、骨質疏鬆檢測、心血管疾病預測等領域展現出廣泛應用價值，這一波技術浪潮的核心，不只是演算效能的突破，而是臨床流程與專業分工的再定義，AI 不再被視為「可有可無的輔助工具」，而是逐步成為醫療服務中不可或缺的一環。

### 二、技術落地的制度與教育挑戰

然而，AI 在醫療領域的應用並非單純的技術導入，而是一項牽涉制度、教育、倫理與文化的全面性挑戰。它要求醫療體系在維持病人安全與醫療專業的前提下，重建資料治理模式、調整法規規範、建立臨床信任機制，並同步培養具備 AI 素養（AI literacy）的新世代醫療人力。若教育與制度

無法跟上技術發展，AI 的潛力將難以真正轉化為臨床價值，最終只能停留在示範性或試驗性的階段。

### 三、治理與專業培力缺口

因此，AI 在醫療影像的推動，不應僅被理解為「科技創新」，更應被視為「治理能力」與「專業培力」的檢驗。制度設計的不足會導致責任歸屬不清、資料應用受限，教育訓練的落差則會造成醫師與醫事人員缺乏有效使用 AI 的能力。兩者相互交織，構成了 AI 從研究走向臨床的主要障礙。換言之，AI 在醫療影像的成功落地，關鍵不在於演算法能否再進一步突破，而在於制度與教育能否同步補強，讓專業人員能在可信任的框架中安心使用。

### 四、國際經驗與借鏡

在全球經驗中可以看到，AI 的推廣往往與制度化治理並行。例如，美國 FDA 採取動態監管模式，針對軟體型醫療器材設計持續審查與上市後監測機制；英國 NHS 則建立證據標準框架，要求 AI 工具必須具備透明性與臨床實證；以色列 Sheba Medical Center 與美國 Mayo Clinic 更透過國際合作平台推動跨院資料整合與臨床驗證。這些案例揭示，AI 的發展不僅需要技術突破，更需要制度的護航與國際的連結。臺灣若要跟上此趨勢，必須在教育與制度兩個維度同時發力，並積極參與國際合作，才能避免在全球競爭中落後。

### 五、AI 價值回歸病人與社會

AI 在醫療影像領域的價值，最終必須回到病人與社會，其意義不僅是幫助醫師更快地完成判讀或提升準確性，更在於強化公共衛生、優化醫療資源配置、降低社會成本，透過 AI 的輔助，高風險族群能更早獲得警示，病人能更快進入治療流程，醫院能更有效率地分配有限人力與設備。若這些效益能夠被制度化並全面落實，將不僅改變個別醫師的工作方式，更能推動整個醫療體系的智慧化轉型。

## 六、風險與反思

然而，若 AI 的導入缺乏制度規範，則可能帶來相反的風險。黑盒效應可能削弱醫師的專業信任，資料使用若未妥善治理則可能引發隱私爭議，責任歸屬不明更可能造成醫師與醫院對 AI 抱持疑慮而選擇排斥，教育若未能及時改革，醫事人員可能缺乏理解與操作 AI 的能力，最終使 AI 成為「擺設」而非「助手」。這些風險提醒我們，AI 的導入並非單純追求速度，而是需要在安全、專業與倫理的框架下，謹慎而穩健地推進。

結論：制度與教育雙軌並行

綜合而論，AI 在醫療影像領域的發展，已展現出巨大的臨床潛力與社會價值，但同時也暴露出教育、制度與治理上的結構性挑戰。臺灣若要實現 AI 醫療的全面落地，必須採取「制度與教育雙軌並行」的策略，既要透過法規改革、資料治理與信任機制建構，確保 AI 的應用安全可靠；也要透過醫學教育與持續培訓，培養能與 AI 協作的新世代專業人力。唯有在制度保障與人才準備同步到位的情況下，AI 才能真正從研究走向實務，並持續在臨床場域發揮價值。

更進一步，AI 醫療的推動應以「人機協作」為核心理念。AI 的強項在於高速運算與模式識別，而醫師的強項在於臨床經驗與專業判斷。當兩者結合時，不僅能提升診斷效能，也能透過雙重驗證機制降低錯誤率。這樣的「人 + AI」組合，不僅是技術發展的方向，更是制度設計與教育改革的終極目標。AI 醫療技術落地後須建立持續臨床表現監測與回饋機制，包括錯誤事件即時通報、性能退化偵測與模型再訓練流程，確保應用期間診斷準確性與安全性。此監測體系為 AI 持續優化與合規必備，並能協助醫師與管理者維持高品質患者照護標準。未來的醫療不會是 AI 單獨取代醫師，也不會是醫師獨立完成所有判斷，而是透過協作，達到專業與科技互補的最佳平衡。

## 政策建言結論

AI 醫療影像的發展是一場教育與制度的雙重考驗。臺灣若能在這兩個

面向同時推進，並與國際標準接軌，不僅能提升本土醫療的效能與品質，更能在全球智慧醫療浪潮中掌握主動權。反之，若教育與制度仍停留於傳統模式，則再先進的 AI 技術也難以發揮應有價值。AI 醫療的未來，取決於我們能否建立一個既可信任又能持續學習的生態系，而這正是政策推動與專業共識所必須共同承擔的使命。綜整建議分述如下：

### 一、制度面

1. 建立可信任 AI 治理架構，強化資料共享、隱私保護與法規調適。
2. 推動「沙盒試點」與「在地調校」機制，逐步降低導入風險。
3. 明確責任歸屬，避免臨床端疑慮，並積極參與國際合作與標準接軌。

### 二、教育面

1. 系統化導入 AI 核心課程，提升醫學生與醫事人員的 AI 素養。
2. 設計跨域實作平台，促進醫學、資訊、工程與法律領域的合作。
3. 建立持續教育與師資培訓機制，確保新進與在職醫師都能有效使用 AI。

### 三、理念

1. 以「人機協作」為終極目標，發揮 AI 的高速運算與醫師專業判斷的互補優勢。
  2. 將 AI 定位於臨床輔助與決策支援，而非取代醫師，確保病人安全與醫療信任。
-

## 參考文獻

1. Cheng, P. M., Montagnon, E., Yamashita, R., Pan, I., Cadrin-Chênevert, A., Perdigón Romero, F., Chartrand, G., Kadoury, S., & Tang, A. (2021). Deep learning: an update for radiologists. *Radiographics*, 41(5), 1427–1445.
2. Crotty, E., Singh, A., Neligan, N., Chamunyonga, C., & Edwards, C. (2024). Artificial intelligence in medical imaging education: Recommendations for undergraduate curriculum development. *Radiography*, 30, 67–73.
3. Esteva, A., Robicquet, A., Ramsundar, B., Kuleshov, V., DePristo, M., Chou, K., Cui, C., Corrado, G., Thrun, S., & Dean, J. (2019). A guide to deep learning in healthcare. *Nature medicine*, 25(1), 24–29.
4. Ghassemi, M., Oakden-Rayner, L., & Beam, A. L. (2021). The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. *The lancet digital health*, 3(11), e745–e750.
5. Guo, B., Lu, D., Szumel, G., Gui, R., Wang, T., Konz, N., & Mazurowski, M. A. (2024). The impact of scanner domain shift on deep learning performance in medical imaging: an experimental study. *arXiv preprint arXiv:2409.04368*.
6. Holzinger, A., Carrington, A., & Müller, H. (2020). Measuring the quality of explanations: the system causability scale (SCS) comparing human and machine explanations. *KI-Künstliche Intelligenz*, 34(2), 193–198.
7. Hong, E. K., Roh, B., Park, B., Jo, J.-B., Bae, W., Soung Park, J., & Sung, D.-W. (2025). Value of using a generative AI model in chest radiography reporting: a reader study. *Radiology*, 314(3), e241646.
8. Hu, Z., Lin, H. M., Mathur, S., Moreland, R., Witiw, C. D., Jimenez-Juan, L., Callejas, M. F., Deva, D. P., Sejdić, E., & Colak, E. (2025). High performance with fewer labels using semi-weakly supervised learning for pulmonary embolism diagnosis. *npj Digital Medicine*, 8(1), 254.

- 
9. Huang, C., Wu, D., Wang, B., Hong, C., Hu, J., Yan, Z., Chen, J., Jin, Y., & Zhang, Y. (2025). Application of deep learning model based on unenhanced chest CT for opportunistic screening of osteoporosis: a multicenter retrospective cohort study. *Insights into Imaging*, 16(1), 10.
  10. Irvin, J., Rajpurkar, P., Ko, M., Yu, Y., Ciurea-Illcus, S., Chute, C., Marklund, H., Haghighi, B., Ball, R., & Shpanskaya, K. (2019). Chexpert: A large chest radiograph dataset with uncertainty labels and expert comparison. Proceedings of the AAAI conference on artificial intelligence,
  11. Jang, M., Kim, M., Bae, S. J., Lee, S. H., Koh, J. M., & Kim, N. (2020). Opportunistic osteoporosis screening using chest radiographs with deep learning: development and external validation with a cohort dataset. *Journal of Bone and Mineral Research*, 37(2), 369–377.
  12. Kelly, C. J., Karthikesalingam, A., Suleyman, M., Corrado, G., & King, D. (2019). Key challenges for delivering clinical impact with artificial intelligence. *BMC medicine*, 17(1), 195.
  13. Kim, D. Y., Oh, H. W., & Suh, C. H. (2023). Reporting quality of research studies on AI applications in medical images according to the CLAIM guidelines in a radiology journal with a strong prominence in Asia. *Korean Journal of Radiology*, 24(12), 1179.
  14. Koçak, B., Ponsiglione, A., Stanzione, A., Bluethgen, C., Santinha, J., Ugga, L., Huisman, M., Klontzas, M. E., Cannella, R., & Cuocolo, R. (2025). Bias in artificial intelligence for medical imaging: fundamentals, detection, avoidance, mitigation, challenges, ethics, and prospects. *Diagnostic and interventional radiology*, 31(2), 75.
  15. Lu, M. T., Ivanov, A., Mayrhofer, T., Hosny, A., Aerts, H. J., & Hoffmann, U. (2019). Deep learning to assess long-term mortality from chest radiographs. *JAMA Network Open*, 2(7), e197416–e197416.
  16. McKinney, S. M., Sieniek, M., Godbole, V., Godwin, J., Antropova, N.,
-

- 
- Ashraffian, H., Back, T., Chesus, M., Corrado, G. S., & Darzi, A. (2020). International evaluation of an AI system for breast cancer screening. *Nature*, 577(7788), 89–94.
17. Meyer, M., Ronald, J., Vernuccio, F., Nelson, R. C., Ramirez-Giraldo, J. C., Solomon, J., Patel, B. N., Samei, E., & Marin, D. (2019). Reproducibility of CT radiomic features within the same patient: influence of radiation dose and CT reconstruction settings. *Radiology*, 293(3), 583–591.
  18. Nensa, F. (2025). The future of radiology: The path towards multimodal AI and superdiagnostics. *European Journal of Radiology Artificial Intelligence*, 100014.
  19. Peters, A. A., Wiescholek, N., Mueller, M., Klaus, J., Strodka, F., Macek, A., Primetis, E., Drakopoulos, D., Huber, A. T., & Obmann, V. C. (2024). Impact of artificial intelligence assistance on pulmonary nodule detection and localization in chest CT: a comparative study among radiologists of varying experience levels. *Scientific Reports*, 14(1), 22447.
  20. Rajpurkar, P., Chen, E., Banerjee, O., & Topol, E. J. (2022). AI in health and medicine. *Nature medicine*, 28(1), 31–38.
  21. Reinke, A., Tizabi, M. D., Sudre, C. H., Eisenmann, M., Rädtsch, T., Baumgartner, M., Acion, L., Antonelli, M., Arbel, T., & Bakas, S. (2021). Common limitations of image processing metrics: A picture story. *arXiv preprint arXiv:2104.05642*.
  22. Ryabtsev, A., Lederman, R., Sosna, J., & Joskowicz, L. (2025). Streamlining the annotation process by radiologists of volumetric medical images with few-shot learning. *International Journal of Computer Assisted Radiology and Surgery*, 1–11.
  23. Singh, R., Bapna, M., Diab, A. R., Ruiz, E. S., & Lotter, W. (2025). How AI is used in FDA-authorized medical devices: a taxonomy across 1,016 authorizations. *npj Digital Medicine*, 8(1), 388.
-



- 
24. Taipei Medical University. (2025). *TMU's spin-off DeepRad AI: the first AI-driven pulmonary-coronary screening platform certified by TFDA*. Office of Global Engagement, Taipei Medical University. <https://oge.tmu.edu.tw/tmus-spin-off-deeprad-ai-the-first-ai-driven-pulmonary-coronary-screening-platform-certified-by-tfda/>
  25. Tonekaboni, S., Joshi, S., McCradden, M. D., & Goldenberg, A. (2019). What clinicians want: contextualizing explainable machine learning for clinical end use. Machine learning for healthcare conference,
  26. Tseng, S.-C., Lien, C.-E., Lee, C.-H., Tu, K.-C., Lin, C.-H., Hsiao, A. Y., Teng, S., Chiang, H.-H., Ke, L.-Y., & Han, C.-L. (2024). Clinical validation of a deep learning-based software for lumbar bone mineral density and t-score prediction from chest x-ray images. *Diagnostics*, 14(12), 1208.
  27. Wang, S.-L., Chien, D.-K., & Chang, W.-H. (2020). Legal problems faced by hospitals seeking to implement artificial-intelligence-based medical treatments in Taiwan. *Health Technology*, 4.
  28. Weiss, J., Raghu, V. K., Bontempi, D., Christiani, D. C., Mak, R. H., Lu, M. T., & Aerts, H. J. (2023). Deep learning to estimate lung disease mortality from chest radiographs. *Nature Communications*, 14(1), 2797.
  29. Wenderott, K., Krups, J., Zaruchas, F., & Weigl, M. (2024). Effects of artificial intelligence implementation on efficiency in medical imaging—a systematic literature review and meta-analysis. *npj Digital Medicine*, 7(1), 265.
  30. Willemlink, M. J., & Noël, P. B. (2019). The evolution of image reconstruction for CT—from filtered back projection to artificial intelligence. *European radiology*, 29(5), 2185–2195.
  31. Windecker, D., Baj, G., Shiri, I., Kazaj, P. M., Kaesmacher, J., Gräni, C., & Siontis, G. C. (2025). Generalizability of FDA-approved AI-enabled medical devices for clinical use. *JAMA Network Open*, 8(4), e258052–e258052.
-

- 
32. World Health Organization. (1994). *Assessment of fracture risk and its application to screening for postmenopausal osteoporosis* (WHO Technical Report Series, Issue. W. H. Organization. [https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/39142/WHO\\_TRS\\_843\\_eng.pdf](https://iris.who.int/bitstream/handle/10665/39142/WHO_TRS_843_eng.pdf)
  33. World Health Organization. (2021). *WHO issues first global report on artificial intelligence (AI) in health and six guiding principles for its design and use*. <https://www.who.int/news/item/28-06-2021-who-issues-first-global-report-on-ai-in-health-and-six-guiding-principles-for-its-design-and-use>
  34. Yang, Y., Zhang, H., Gichoya, J. W., Katabi, D., & Ghassemi, M. (2024). The limits of fair medical imaging AI in real-world generalization. *Nature medicine*, 30(10), 2838–2848.
  35. Zheng, F., XingMing, L., JuYing, X., MengYing, T., BaoJian, Y., Yan, S., KeWei, Y., ZhiKai, L., Cheng, H., & KeLan, Q. (2025). Significant reduction in manual annotation costs in ultrasound medical image database construction through step by step artificial intelligence pre-annotation. *PLOS Digital Health*, 4(6), e0000738.
  36. Zhou, X., Li, C., Wang, S., Li, Y., Tan, T., Zheng, H., & Wang, S. (2025). Generative Artificial Intelligence in Medical Imaging: Foundations, Progress, and Clinical Translation. *arXiv preprint arXiv:2508.09177*.
  37. 衛生福利部國民健康署. (2024). 肺癌篩檢 AI 判讀神助攻. 衛生福利部. <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-79700-1.html>
  38. 蕭佳敏. (2024). 運用人工智慧技術於醫療的法律風險與隱憂 - 利弊互現. *靜宜法學* (3), 61–99.
-



## 第七章

### 護理照護導入人生智慧之影響與因應

**張原翊** 國立陽明交通大學醫學系副系主任

**簡莉盈** 國立陽明交通大學護理學院院長

#### 摘要

臺灣護理人力議題涉及多重系統性因素，包括年齡結構、性別結構、職涯流動、工作型態、照護模式轉型及區域人力配置等面向。目前全國約三十一萬名領證護理人員中，實際執業率約為六成三，政府近年已積極推動多項政策措施，包括：護理人員薪資改善、三班護病比達標獎勵、夜班護理人員直接獎勵、優化執業環境、強化職場支持系統等，以提升護理人員留任意願並吸引人力回流。在此基礎上，人工智慧技術的導入，若能妥善規劃，可望進一步將護理人員從重複性工作中釋放，使其能更專注於病人照護與專業判斷，回歸全人照護的專業核心。然而，AI 賦能護理專業涉及法規標準、教育培訓、倫理治理等多層面挑戰，亟需系統性的政策引導，以確保技術發展真正服務於護理專業價值與病患福祉。本建言透過系統性文獻回顧與國際經驗分析，檢視美國、歐盟、英國、日本等先進國家在護理 AI 應用的法規框架、臨床實證、教育策略與倫理治理模式，並深

入剖析臺灣醫療機構的創新實踐及護理教育的轉型現況。基於此研析，本章提出六大核心政策建言：建立跨部會「護理 AI 賦能推動辦公室」統籌整合；完善法規標準與認證體系，確保護理專業實質參與；建構從基礎到繼續教育的分層 AI 教育體系；推動示範中心計畫建立本土實證；確立以護理倫理為核心的治理機制；以及建立永續投資與國際合作機制。期能在未來將臺灣從「分散探索」推進至「系統賦能」，建構護理人員樂於執業、病患安心接受的智慧護理生態系統。

---

## 第一節 AI 及智慧醫療裝置等在臨床護理應用：從技術創新到人性關懷的整合發展

### 前言：回歸照護核心——AI 作為護理專業的戰略賦能者

臺灣護理人力議題涉及多重系統性因素，須綜合考量年齡結構、性別結構、職涯流動、工作型態、照護模式轉型、區域量能配置及科技輔助等制度面向。根據衛生福利部統計，全國約有三十一萬名領有證照的護理人員，實際執業率約為百分之六十三。護理人力的充足與穩定，攸關醫療照護品質與民眾就醫權益，政府近年已積極推動多項政策措施，包括：護理人員薪資改善、三班護病比達標獎勵、夜班護理人員直接獎勵、優化執業環境、強化職場支持系統等，以提升護理人員留任意願並吸引人力回流。在既有政策持續推動的基礎上，如何進一步運用科技輔助，減輕護理人員行政庶務負擔，使其能更專注於病人的直接照護、複雜的臨床判斷，以及專業中不可或缺的人性化情感支持，已成為重要的政策課題。

臺灣擁有全球頂尖的半導體與資通訊產業鏈、覆蓋全民的健康保險制度所累積的龐大數據資產，以及高品質的醫療服務體系，這些得天獨厚的條件，為運用人工智慧（artificial intelligence, AI）技術賦能護理專業提供了絕佳的土壤。AI 的導入，其終極目標並非取代護理專業，而應定位為強大的戰略賦能工具（strategic enabler）。核心理念是將護理人員從重複性高、耗費大量心力的工作中釋放出來，讓他們得以回歸護理的初衷與核心價值：提供更深入的評估、更細緻的溝通，以及無法被任何演算法複製的、充滿溫度的全人照護。本章旨在借鏡國際前瞻趨勢，並深度結合臺灣本土的醫療實踐經驗，為 AI 輔助護理系統擘劃一條從減輕負荷到提升價值的發展路徑，期能在政府既有護理人力政策的基礎上，進一步優化護理執業環境，並確保醫療照護品質的永續發展。

## 一、國際發展趨勢與政策借鏡

全球先進國家在應對相似的醫療挑戰時，均將 AI 視為核心策略，其發展經驗可為臺灣提供寶貴的參考。近年來，國際趨勢已清晰地從「技術可行性驗證」轉向「減輕醫護人員實際工作負擔」的務實應用。一篇 2025 年針對大型語言模型在醫療領域應用的系統性回顧分析（systematic review）指出，AI 應用的最主要趨勢是將其用於疾病診斷或臨床決策輔助。其中，約 82.4% 的研究著重於 AI 的一般性用途，而高達 41.2% 的研究則深入探討其在放射科、神經外科、腸胃科、眼科等特定專科領域的應用潛力。然而，從導入的廣度與深度而言，解決醫護人員最感痛點的文書作業，仍是目前最具體、效益最顯著的切入點（Iqbal et al., 2025）。以下將就法規建構、臨床實證與前瞻探索等面向，剖析各國值得借鏡之處。

### （一）國際法規與國家戰略奠定 AI 醫療創新基石

一個健全且具前瞻性的法規框架，是引導 AI 在醫療領域健康發展的基石。在這方面，美國與歐盟提供了兩種不同但同樣值得參考的路徑。

#### 1. 美國：市場創新引領的科學化監管框架

美國在 AI 醫療的發展上，呈現由市場創新引領，再由聯邦機構制定科學化監管框架的特色。美國食品藥物管理局（U.S. Food and Drug Administration, FDA）早在 2018 年便為 AI／機器學習（machine learning, ML）醫療器材軟體（software as a medical device, SaMD）建立了監管的初步框架（U.S. Food and Drug Administration, 2018）。其後續於 2021 年發布的《AI／ML 軟體作為醫療器材行動計畫》，更確立了以「全產品生命週期」（total product lifecycle, TPLC）為核心的監管思維（U.S. Food and Drug Administration, 2021），承認 AI 演算法具備持續學習與優化的特性。

此框架的關鍵創新，是在 2024 年 12 月正式發布的「預定變更控制計畫」（predetermined change control plan, PCCP）最終指引（U.S. Food and Drug Administration, 2024）。PCCP 允許開發者在首次提交產品審查時，即可預先規劃未來演算法的修改範圍、驗證方法與影響評估，只要在核准的



計畫內進行更新，便無需為每次修改都重新申請上市許可。此舉在確保安全的前提下，大幅提升了 AI 醫材的創新效率與迭代速度，為自適應演算法的發展提供了明確且靈活的監管路徑。

## 2. 歐盟：以人為本的整合性 AI 治理策略

歐盟則採取了更為宏觀且由上而下的整合性策略，其核心精神在於建立一個以人為本、值得信賴的 AI 生態系。此一策略由兩大支柱構成：奠定監管基礎的《人工智慧法案》，以及促進數據流動的「歐洲健康數據空間」。

### （1）《人工智慧法案》：建立高風險醫療 AI 的全球監管標竿

歐盟的《人工智慧法案》（Regulation (EU) 2024 / 1689, 簡稱 AI Act）是全球首部針對 AI 技術的橫向、全面性法規，於 2024 年經歐洲議會批准後正式頒布（European Commission, 2024）。此法案的核心是採取「基於風險」（risk-based）的管理方法，將 AI 應用依其潛在風險劃分為四個等級：不可接受風險（應予以禁止）、高風險、有限風險及低風險。

在醫療照護領域，許多應用因其可能對個人健康與基本權利造成重大影響，而被歸類為「高風險」系統。除了被歐盟《醫療器材法規》（Medical Device Regulation, MDR）等現行法規所涵蓋的 AI 醫療器材外，《人工智慧法案》更在其附件三（Annex III）中，明確將數項與護理實務密切相關的系統列為高風險，其中包括：「用於調度或建立緊急第一反應服務（包含醫療援助）優先順序的 AI 系統」，以及「用於急診醫療的病患分流系統」。這項規定對未來 AI 在急重症護理與檢傷分類的應用，將產生深遠的影響，確立了其開發與導入必須遵循極為嚴格的標準。

對於這些高風險 AI 系統，歐盟人工智慧法案提出了貫穿其整個生命週期的嚴格合規要求，包括：

#### A. 嚴格的數據治理：

用於訓練模型的數據必須高品質、具代表性且致力於監測與消弭偏見。

**B. 詳盡的技術文件與紀錄保存：**

需備有完整的技術文件，並能自動記錄系統運行過程以供事後追溯。

**C. 高度的透明度與資訊提供：**

必須向使用者（如護理人員）清楚說明 AI 系統的能力、限制及預期效能，使其能做出正確的判讀。

**D. 有效的人類監督：**

系統設計必須確保人類能隨時進行有效的監督、介入甚至中止系統運作，決策權最終仍回歸專業人員。

**E. 高標準的準確性、穩健性與安全性：**

必須確保系統在各種可預見的環境下，都能維持高水平的表現與網路安全。

此法案的實施採分階段進行，禁止性條款將最早生效，而針對高風險系統的規範，則設有較長的過渡期，以利產業界遵循。

**(2) 歐洲健康數據空間 (European Health Data Space, EHDS)：**  
**賦能醫療創新的數據基礎設施**

「歐洲健康數據空間」扮演著「賦能」的角色，法規旨在建立一個覆蓋全歐盟的健康數據治理與基礎設施框架，使相關數據能合法再利用，以驅動醫療創新 (European Commission, 2025)，並與《人工智慧法案》的「監管」角色互補。歐洲健康數據空間核心目標有二：

**A. 數據之主要用途 (primary use)：**

賦予歐盟公民對其個人健康數據（如電子病歷、檢驗報告、影像等）更大的存取權與控制權，並確保這些數據能在跨國就醫時，安全、無礙地流通，以保障照護的連續性。

**B. 數據之二次用途 (secondary use)：**

在最嚴格的個資保護與去識別化前提下，建立一個統一、可信賴的機制，允許研究人員、創新者與公共衛生機構，能合法地

申請使用這些匯集的健康數據，以進行科學研究、開發新療法、制定衛生政策等公益目的之行為。

歐洲健康數據空間的建立，對於 AI 在護理領域的發展具有根本性的重要意義。它將為 AI 模型的訓練、測試與驗證，提供過去難以取得的大規模、高品質、且具多樣性的真實世界數據基礎。這不僅能大幅提升 AI 模型的準確性與可靠性，更能確保模型能反映歐洲不同族群的健康特徵，從而降低演算法偏見的風險。此法規已於 2025 年初正式發布（European Commission, 2025），並將逐步推動各成員國設立對應的「健康數據取用機構」（health data access bodies），以監督數據的二次使用。

總體而言，歐盟透過《人工智慧法案》與「歐洲健康數據空間」的雙軌並行策略，為全球樹立了一個如何在鼓勵數據驅動的醫療創新、與確保 AI 應用安全、合乎倫理之間，尋求精妙平衡的政策典範。

### 3. 其他先進國家的特色策略

除了美、歐兩大經濟體的框架性政策，其他先進國家亦依據其國情，發展出各具特色的 AI 醫療戰略。

英國國民保健署（National Health Service, NHS）成立了國家級的 AI 實驗室（NHS AI Lab），善用其統一的公醫體系作為全國性的試驗平台，投入資金支持具潛力的 AI 技術在真實世界的臨床環境中進行驗證與部署，此舉有效加速了創新技術從實驗室走向臨床應用的進程（NHS England, 2024, 2025; GOV.UK, 2022）。

日本政府則在其「社會 5.0」（Society 5.0）（Cabinet Office, Government of Japan, 2025）的國家願景下，將 AI 與照護機器人技術視為應對國內超高齡社會與勞動力短缺的國家級關鍵解方，由經濟產業省（Ministry of Economy, Trade and Industry, METI）與厚生勞動省（Ministry of Health, Labour and Welfare, MHLW）跨部會協同支持「AI 醫院」及照護機器人的研發與導入（Japan Agency for Medical Research and Development, 2024; Ministry of Health, Labour and Welfare, 2024），展現了其務實且具針對性的應用導向。

與此同時，學術界與醫療機構也正進行前瞻性的人機協作模式探索。值得注意的是，新加坡的醫療體系已前瞻性地探索人機協作的護理新模式，透過大規模部署自主移動機器人（autonomous mobile robots, AMR）執行藥品與檢體運送等任務，以分擔護理後勤工作，期盼未來減少護理師的庶務性工作負荷（Changi General Hospital, 2023; Singapore General Hospital, 2025）。此類探索不僅是技術的創新，更是對未來如何結合 AI 與機器人以應對護理人力短缺、並重新思考傳統護病比配置的深刻反思，值得臺灣密切關注與研究。

此外，加拿大與澳洲的經驗亦提供不同視角：加拿大透過「泛加拿大 AI 戰略」（Pan-Canadian AI Strategy）推動全國性的 AI 研究與人才培養，強調聯邦與各省政府在數位健康策略上的協調合作（Canadian Institute for Advanced Research, 2022; Government of Canada, 2022; Health Canada, 2025; Innovation, Science and Economic Development Canada, 2025）；澳洲則在其 AI 發展路線圖中，特別強調透過公民陪審團等民主機制，確保 AI 在健康照護的發展能符合社會價值與倫理期待，體現了公眾參與及建立社會信任的重要性（Carter et al., 2024）。

## （二）從實證看趨勢：智能診間記錄助手系統的臨床衝擊與挑戰

隨著企業的創新加上各國管理機制逐漸完備，讓人工智慧在美國及各國醫療照護應用蓬勃發展。在醫療護理照護應用的實務應用層面，2024 至 2025 年間最矚目的進展，是智能診間記錄助手（ambient AI scribe）在美國及世界各國的大規模部署與實證研究。此技術透過語音辨識與生成式 AI，將醫護人員與病患的對話即時轉換為結構化臨床記錄，其旨在於緩解臨床記錄負擔——這個已被證實為導致醫護人員職業倦怠的主要因素。

### 1. 系統性文獻回顧：AI 對電子病歷相關職業倦怠的影響

一篇於 2025 年發表的系統性文獻回顧，對 AI 於電子病歷相關職業倦怠的影響進行了深入分析。該研究自 PubMed、Scopus 及 Web of Science 等三大資料庫中篩選出 2019 至 2025 年間的八篇相關研究，發現 AI 介入措施

主要可分為四大類：智能診間記錄助手系統（ambient artificial intelligence scribes）、臨床決策支持系統（clinical decision support systems, CDSS）、大型語言模型（large language models, LLMs）及自然語言處理工具（natural language processing tools, NLP）。

這些研究多數聚焦於解決「臨床記錄負擔」與「電子訊息管理負擔」兩大問題，研究顯示臨床醫療人員普遍給予這些 AI 介入措施正面評價，包括減少記錄時間、提升工作流程及效率，降低醫護人員的倦怠感症狀。然而，該文獻回顧也指出，目前研究普遍存在方法學上的限制，如缺乏對照組、樣本數小、追蹤期短等，這使得研究結果的普遍性受到限制（Sarraf & Ghasempour, 2025）。

## 2. 史丹佛大學質性研究：醫師使用經驗的深度探索

為更深入理解使用者經驗，史丹佛大學於 2025 年在《JAMA Network Open》發表了一項針對智能診間記錄助手的質性研究，與 22 位參與試用計畫的醫師進行了半結構式訪談（semistructured interviews）。研究發現，此技術對醫師帶來多重正面效益：（1）認知需求：醫師普遍認為 AI 能「拯救焦慮感」，有效減輕心理壓力。（2）時間需求：多數醫師回報了顯著的時間節省，一位醫師指出在 30 分鐘的門診中約可節省 5 分鐘的記錄時間。

（3）工作與生活整合：AI 的輔助讓醫師能更早結束工作返家，改善了生活品質。（4）醫病互動：高達 68% 的正面回饋表示，由於不再需要緊盯螢幕打字，醫師能與病人進行更多面對面的交流與眼神接觸，從而建立更佳的醫病關係。

然而，該研究也揭示了導入初期的諸多挑戰與障礙，例如醫師對於 AI 生成記錄的準確性、結構與風格普遍持負面看法，尤其抱怨內容過於冗長，需要花費額外時間進行大量編輯。此外，技術的可及性也構成障礙，例如在需要翻譯人員介入的非英語系病人門診中，此工具的功能便受到限制。儘管存在這些缺點，醫師們仍對智能診間記錄助手系統的長期潛力抱持樂觀態度（Shah et al., 2025）。

### 3. 腫瘤專科試點研究：複雜領域的適用性挑戰

另一項於紐約市一所大型癌症中心進行的前瞻性試點研究，則探討了智能診間記錄助手在腫瘤專科此一高度複雜領域的適用性。在為期四個月的研究中，31 位腫瘤科醫師參與試用，結果顯示整體採用率約為 13.9%。研究發現，此技術在處理初診病人時的採用率（21.1%）顯著高於複診病人（12.2%），這可能意味著 AI 在處理單次、資訊相對獨立的問診時表現較佳，但在捕捉需要前後比對、病情複雜多變的長期追蹤病歷時，仍面臨挑戰。儘管如此，所有受訪醫師均主張應持續投資此類技術，顯示其在減輕專科醫師負擔方面的巨大潛力（Baldwin-Medsker et al., 2025）。

綜合而言，國際間的實證研究為我們提供了寶貴的洞見：智能診間記錄助手系統雖在減輕文書負擔、改善醫病關係上展現巨大潛力，但其準確性、風格、對複雜病情的掌握能力，以及在不同語言文化下的適用性，仍是亟待克服的挑戰。特別是護理工作具有跨科部、跨專業的複雜作業流程，而目前的護理工作流程優化多半僅是小部分試做，缺乏全面整體的流程優化，也因此在工作上整體節省的時間很少，雖有統計上顯著意義。這些經驗強烈地啟示我們，成功的 AI 導入策略，不僅是技術的引進，更是一項涉及工作流程再造、使用者深度參與，以及持續迭代優化的系統工程。唯有從醫療人員最核心的痛點出發，並讓護理師等第一線使用者成為系統設計與驗證的核心，確保技術能與現有電子病歷系統無縫整合，才能真正實現「賦能」而非「增加負擔」的最終目標。

#### （三）TREWS 敗血症預警系統：AI 協助臨床決策之典範

在 AI 輔助臨床決策支持的領域中，由美國約翰霍普金斯大學所開發的「目標性即時早期預警系統」（Targeted Real-time Early Warning System, TREWS），為如何透過科技提升急重症照護品質，提供了最具說服力的實證典範。

##### 1. 系統創新之處：機器學習驅動的多維度分析

此系統的卓越之處在於，它並非依賴傳統基於少量生理參數的固定



規則評分（如 modified early warning score, MEWS），而是透過先進的機器學習模型，持續性地、自動化地分析電子病歷中數十種高維度的動態數據。其分析範疇涵蓋了病人的生命徵象、即時的實驗室檢驗結果、用藥紀錄，乃至於醫師與護理師在病程紀錄中所描述的臨床觀察文字，從而能辨識出人類難以即時察覺的敗血症早期細微模式與複雜關聯性（Henry et al., 2015）。

## 2. 大規模前瞻性研究：顯著降低死亡率的實證

TREWS 系統的臨床價值與實際成效，已獲得大規模前瞻性研究的嚴謹驗證。一篇於 2022 年發表在頂尖期刊《自然醫學》（Nature Medicine）的研究，對 TREWS 在兩所學術醫學中心及三所社區醫院的導入成效進行了深入分析。在為期超過兩年的研究期間，系統共監測 590,736 名成人住院病患。研究團隊聚焦於 6,877 名在接受抗生素治療前就觸發 TREWS 警示的敗血症患者，並依據臨床團隊（包含醫師與護理師）對警示的反應時間，將其分為「三小時內確認警示」的即時反應組（4,220 人）與「未在三小時內確認」的對照組（2,657 人）。

在校正了病人的基本特徵、疾病嚴重程度與共病症等干擾因素後，研究結果顯示，即時反應組的病人之院內死亡率，相較於對照組呈現了顯著的下降，其調整後絕對風險降低了 3.3%，相當於相對風險降低了 18.7%。此外，即時反應組在器官衰竭的改善程度（以 sequential organ failure assessment (SOFA) 分數進展衡量）以及存活出院者的住院天數上，也均有顯著的改善（Adams et al., 2022）。

## 3. 高採用率與臨床行為改變：系統成功的關鍵

此研究不僅強而有力地證實了 AI 預警系統能有效改善病人預後、搶救寶貴生命，更重要的是，其伴隨發表的另一篇研究指出，TREWS 系統在臨床上獲得了高達 89% 的醫護人員採用率（意即 89% 的警示均有被醫師或高階護理師點閱評估），且其警示能有效促使抗生素的給予時間平均提前 1.85 小時（Henry et al., 2022）。如此高的採納率與對臨床行為的實質影響，證明了 TREWS 的成功不僅在於演算法的精準，更在於其能無縫整



合於繁忙的護理工作流程中，將醫療照護從被動的應對，成功轉變為主動的預防。

綜合以上，導入人工智慧之護理照顧，有其前瞻性及必要性，可以提升護理及醫療照顧品質，但若要是能減少護理人力需求，對流程的優化需要更有整體性及全面性的規劃。

## 二、臺灣在地實踐與國際經驗的對話

綜觀國際趨勢，AI 在護理領域的應用正朝向更智慧、更整合、更人性化的方向邁進。令人振奮的是，臺灣在此浪潮中並未缺席，許多醫療院所已展現出由臨床需求驅動的強大創新動能。這些在地實踐，不僅與國際趨勢遙相呼應，更為我國制定未來政策提供了最堅實的實證基礎。

### （一）優化護理紀錄與行政流程：從文書負擔中解放

在優化護理紀錄與行政流程方面，臺灣醫院已廣泛應用生成式 AI 與語音辨識技術，展現出顯著成效。亞東紀念醫院開發的「AI-Voice 智慧語音紀錄系統」，能將病歷撰寫時間由 30 分鐘大幅縮短至 3 分鐘（周繡玲，2025）；奇美醫院的「A+Nurse」系統（Chen et al., 2024；簡莉盈，2025）、長庚醫院的產房語音紀錄（簡莉盈，2025），以及光田醫院的 ChatGPT 輔助紀錄功能（于素珍 & 林政杰，2024），皆是將護理師的口述直接轉化為結構化文本的成功案例。

在減輕庶務負擔上，臺中榮民總醫院導入的電子紙床頭卡（劉淑芳，2025），以及台北慈濟醫院運用 Power BI 建構的即時管理平台（廖如文，2024），亦是物聯網（Internet of Things, IoT）與數據視覺化技術的絕佳應用，有效提升了護理行政效率。

### （二）提升病人安全與監測品質：AI 驅動的主動預警

在提升病人安全與監測品質的核心任務上，臺灣的 AI 應用亦有亮眼成果，與約翰霍普金斯大學的 TREWS 系統精神一致。臺中榮民總醫院不僅利用 AI 即時判讀靜脈輸液的藥物相容性，使藥物不良事件發生率從 34%

降至 0%，更開發建立了加護病房病人的譫妄預測模型與早期警示系統（林佩儀等，2024；劉淑芳，2025；簡莉盈，2025）。

在長期照護場域，榮民之家更創新地將智慧床墊應用於安寧療護，透過偵測住民的細微動態，輔助護理師精準掌握介入關懷的最佳時機（簡莉盈，2025），為科技賦予了深刻的人文意涵。

### （三）延伸護理專業價值：賦能病人自我健康管理

AI 不僅優化院內照護流程，更成為延伸護理專業價值的觸角。長庚醫院創建的「新生兒智能衛教互動平台」（李銘櫻等，2025；簡莉盈，2025），以及台中榮民總醫院的「智慧症狀照護 APP」（劉淑芳，2025），皆是透過 AI 賦能病人進行更有效的自我健康管理，體現了護理照護從院內延伸至社區的創新思維。

### （四）臺灣的機遇與挑戰

綜觀上述，臺灣在 AI 護理的臨床應用上，已累積了豐富且多元的成功案例。這些實踐不僅證實了 AI 科技的可行性與效益，更重要的是，它們皆源自於解決第一線護理人員的真實痛點。然而，這些成就目前多呈現「點狀」或「院內」的突破，尚未形成跨機構、標準化的「面狀」普及。

如何借鏡國際上系統性的法規框架與國家級的戰略部署，將這些寶貴的在地經驗，轉化為全國性的數據標準、技術規範與服務模式，並建立一個支持創新的永續生態系，將是本政策建言書後續章節的核心關切，也是引領臺灣護理邁向下一世代的關鍵所在。

## 第二節 AI 對護理專業能力與教育的挑戰與契機

當代護理教育正面臨前所未有的轉型挑戰。隨著人工智慧技術在醫療領域的快速發展，護理專業必須重新定義教育目標與課程內容，以培育能夠在 AI 輔助環境中工作的新一代護理人員。當 AI 輔助系統能處理日益複雜的數據監測、藥物管理與初步的決策建議時，護理專業的價值與角色定位也必須隨之演進。傳統上強調標準作業程序（standard operating procedures, SOP）執行、臨床技能熟練度的護理教育模式，已不足以應對人機協作的新型態照護場景。國際研究顯示，AI 將在未來十年內全面轉變護理實務的各個領域，包括行政管理、臨床照護、教育政策與研究。未來的護理人員，不僅需要具備紮實的臨床專業知識，更必須發展出一套全新的核心素養，以駕馭 AI、善用 AI，並在 AI 無法觸及之處，彰顯護理專業不可替代的人性價值。

這場教育轉型的核心挑戰在於，如何將護理人員從單純的「科技使用者」提升為「智慧協作者」與「數位賦能者」。這意味著護理教育必須從根本上回答幾個關鍵問題：護理師需要理解 AI 到什麼程度？他們需要具備哪些數據識讀（data literacy）與判讀能力，以評估 AI 產出的建議是否可靠？當 AI 的建議與臨床判斷相左時，他們應如何進行倫理思辨與專業決策？又該如何與病患溝通一個由演算法輔助制定的照護計畫？這些問題的答案，將直接形塑下一代護理專業的面貌。

此一轉型既是挑戰，更是巨大的契機。首先，AI 的導入目標並非取代護理人員，而是賦能護理專業，將其從重複性、高負荷的行政工作中釋放，使其能投入更多時間於複雜個案的評估、跨專業的溝通協調、以及對病患及其家屬的深度同理與心理支持，進而提升護理專業價值，並應結合相關配套措施，致力於改善護理人員的整體工作條件與執業環境，這正回歸了護理專業「全人照護」的初衷。其次，AI 賦予護理人員更強大的數據洞察力，使其能基於更宏觀、更精準的數據證據，進行更高層次的臨床判斷與照護創新。最後，掌握 AI 素養的護理人員，將能更主動地參與 AI 系統的

設計、驗證與優化過程，確保科技的發展能真正貼合臨床需求，而非造成「數位落差」或「科技隔閡」。同時，護理教育必須持續強調人際溝通技能與同理心的重要性，確保 AI 技術的導入不會削弱護理專業核心的人文關懷特質。因此，為護理專業建構一個全面、分層、且與時俱進的 AI 教育與賦能體系，已不僅是錦上添花的選項，而是確保臺灣能在全球智慧醫療浪潮中保持領先，並維繫高品質護理照護體系的必要之舉。

### 一、國際視野：各國 AI 護理教育框架與人才培育策略

面對 AI 帶來的衝擊與機遇，世界各國的護理教育界與專業組織已積極展開行動，從國家戰略、專業能力指標、課程設計到在職培訓，逐步建構 AI 時代的護理人才培育藍圖。

#### （一）美國：專業學會引領，教育標準先行

美國護理教育的轉型，主要由最具影響力的專業組織——美國護理學院協會（American Association of Colleges of Nursing, AACN）所引領。AACN 於 2021 年發布了最新版的護理教育核心能力指南《The Essentials: Core Competencies for Professional Nursing Education》，此文件為全美護理學系的課程發展提供了權威性指導。在新版指南中，領域八：資訊學與健康照護科技（Domain 8: Informatics and Healthcare Technologies）被提升到前所未有的重要地位，明確要求護理畢業生必須具備使用資訊系統與科技以支持病人照護決策、評估健康數據、以及倡導符合倫理的科技應用的能力。這雖未直接大量使用「AI」一詞，但其內涵已完全涵蓋了數據科學、數位健康、人機互動與科技倫理等 AI 時代護理人員所需的核素素養（American Association of Colleges of Nursing, 2021）。此外，美國護理師協會（American Nurses Association, ANA）亦在其 2022 年出版的第三版《護理資訊學：範疇與實踐標準》中，不斷更新護理資訊師的角色與能力要求，並強調其在評估、導入與優化 AI 等智慧科技中的關鍵作用（American Nurses Association, 2022）。

在此框架指導下，許多頂尖大學的護理學院已開設相關課程。例如，

杜克大學護理學院 (Duke University School of Nursing) 的護理資訊學碩士課程，便包含了健康數據分析、臨床資訊系統、以及新興科技應用等內容 (Duke University School of Nursing, 2025)。最具開創性的發展是哥倫比亞大學護理學院於 2024 年 7 月正式成立護理學院層級的「人工智慧辦公室」(Office of AI)，專責推動 AI 在護理教育中的整合應用。該辦公室的任務涵蓋三大支柱：在教育中整合 AI 工具、支持教師進行 AI 相關研究、以及推動 AI 在臨床實踐中的應用 (Columbia University School of Nursing, 2025)。

## (二) 英國：國家體系推動，數位素養普及

英國國民保健署 (National Health Service, NHS) 作為國家級的醫療服務提供者，從上而下地推動醫護人員的數位能力建構。其專責數位轉型的部門過去由「健康教育英格蘭」(Health Education England, HEE，現已整併入 NHS England) 主導，發布了針對健康與照護人力的《健康與照護數位能力框架》(A Health and Care Digital Capabilities Framework)，將數位素養定義為從基礎操作到專業應用、再到領導創新的多個層次，並為護理人員等不同角色提供能力發展指引 (Health Education England, 2025)。

英國的護理與助產學會 (Nursing and Midwifery Council, NMC) 作為護理人員的註冊與監管機構，在其 2018 年發布的《未來護師：註冊護師熟練標準》(Future nurse: Standards of proficiency for registered nurses) 中，明確要求護理師必須能夠「安全且有效地使用科技與資訊學」，並「評估及應用數據以改善照護品質」(Nursing and Midwifery Council, 2018)。該標準於 2024 年 3 月進行了格式更新，以提升可讀性與可及性 (Nursing and Midwifery Council, 2024)。

## (三) 加拿大：強調數位健康能力與跨專業合作

加拿大的護理教育與實踐，同樣將數位健康能力視為核心。2020 年，加拿大護士協會 (Canadian Nurses Association, CNA) 在其《2020 年加拿大護理師全國調查：執業中數位健康技術之使用》(2020 National Survey

of Canadian Nurses: Use of Digital Health Technology in Practice) 調查報告中，強調護理人員在數位時代應具備使用電子病歷／臨床資訊系統、提供虛擬護理服務、使用具備人工智慧之移動設備及資訊學能力 (Canadian Nurses Association, 2020)。加拿大護理資訊學協會 (Canadian Nursing Informatics Association, CNIA) 則進一步定義了護理資訊學的能力，並倡導護理師在健康資訊系統的選擇、導入和評估中發揮領導作用 (Canadian Nursing Informatics Association, 2025)。

#### (四) 歐盟 (德國與法國)：國家數位化戰略下的醫護人力轉型

歐盟層級的《歐洲技能議程》(European Skills Agenda) 強調提升全民數位技能的重要性，健康照護領域亦是其中一環 (European Commission, 2025)。德國的「醫療照護數位化法案」(Digitale-Versorgung-Gesetz, DVG) 不僅推動了數位健康應用 (DiGA) 的普及，也間接要求醫護人員必須提升相應的數位能力 (German Federal Ministry of Health, 2019)。德國的護理專業組織，如德國護理科學學會 (Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaft, DGP)，在其學術研討與出版物中，持續探討數位化與 AI 對護理專業的影響，並呼籲教育體系應做出相應調整 (Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaft, 2025)。法國的國家 AI 戰略亦強調 AI 人才的培育，健康領域是重點之一。其護理教育改革也逐步納入更多關於數位健康、遠距醫療和健康數據管理的內容，以應對未來的照護需求。

#### (五) 日本：因應「照護科技」發展的實踐導向教育

日本的護理教育與培訓，緊密圍繞其應對超高齡社會的國家戰略，特別是「照護科技」(CareTech) 的發展。其教育重點不僅在於軟體和數據分析，更包含了與硬體——即照護機器人——的互動與協作。護理教育課程中，開始融入如何安全、有效地操作移位輔助機器人、監測機器人、陪伴型機器人等的實務訓練。日本看護協會 (Japanese Nursing Association) 在其政策建議中，強調需培養護理人員評估、選擇和應用這些新興科技的能力，並確保科技的使用能真正提升照護品質而非僅是取代人力 (Japanese



---

Nursing Association, 2025)。

#### (六) 澳洲：國家認證標準與跨專業教育

澳洲護理與助產學認證委員會 (Australian Nursing and Midwifery Accreditation Council, ANMAC) 在其註冊護師的認證標準中，已包含對畢業生運用科技與健康資訊學能力的期望 (Australian Nursing and Midwifery Accreditation Council, 2019)。澳洲數位健康局 (Australian Digital Health Agency) 也推動全國性的數位健康能力發展，並提供線上資源與工具包供醫護人員學習 (Australian Digital Health Agency, 2025)。

#### (七) 臺灣：在地討論與初步探索

國際經驗顯示，成功的 AI 護理人才培育策略，必須是多層次、跨領域且持續演進的。它需要專業組織制定明確的能力指標、教育機構將其融入課程、醫療院所提供在職培訓與實踐場域，並由政府的政策與資源投入作為堅實後盾。在臺灣，隨著智慧醫療的發展，護理 AI 教育的議題也逐漸受到重視。臺灣護理學會 (Taiwan Nurses Association, TWNA) 在其年會、學術期刊《護理雜誌》及研討會中，已有多篇關於護理資訊、AI 應用、數位健康的討論與研究發表，顯示學術界對此議題的高度關注 (Taiwan Nurses Association, 2025)。部分大學的護理學系也已開始開設相關選修課程，或在既有課程中融入智慧科技的內容。然而，目前仍缺乏一個由上而下、全國統一的 AI 護理能力框架與課程指引，各校發展步伐不一，師資與教材資源亦有待整合。

### 二、臺灣護理教育因應 AI 之現況、挑戰與契機

相較於歐美國家由專業組織主導、自上而下建構 AI 護理能力框架的路徑，臺灣的 AI 護理教育發展呈現出「多點開花、尚待整合」的特色。在政府政策推動、臨床先行實踐、以及學術界積極討論的三方驅動下，臺灣正逐步摸索出因應 AI 時代的護理人才培育之道。然而，與國際標竿相比，臺灣目前仍缺乏全國性的能力框架、系統化的課程設計、以及整合性

---



的師資培育機制，這既是挑戰，也是可以借鏡國際經驗、快速追趕的契機。

### （一）政策與體制層面的初步布局

#### 1. 衛生福利部的前瞻行動

衛生福利部於 2024 年正式成立「負責任 AI 執行中心」、「臨床 AI 取證驗證中心」以及「AI 影響性研究中心」，共計 16 家國內醫院通過決選（包含臺大、中榮、北榮、成大、中醫大、三總、林口長庚等指標醫院），旨在解決 AI 應用於臨床場域所面臨的「落地」、「取證」及「給付」三大關鍵議題（衛生福利部，2024）。這些中心的成立，雖主要聚焦於 AI 技術的臨床應用與監管，但也間接為護理人員的 AI 教育需求提供了實踐場域與政策框架。

此外，衛福部於 2025 年舉辦「全國醫護同仁 AI 動畫繪圖工作坊暨競賽」（衛生福利部，2025），鼓勵醫護人員運用生成式 AI 工具創作，將 AI 應用於臨床溝通、健康教育與病人關懷等場域。這類活動雖以通識性質為主，但反映出政府開始重視醫護人員的 AI 素養培育。

然而，目前衛福部的政策仍以醫療 AI 技術的研發與驗證為主軸，尚未針對護理人力的 AI 能力建構提出專門的教育政策或人才培育藍圖，與英國 NHS 或美國聯邦層級的系統性規劃仍有差距。

#### 2. 教育部的跨校整合嘗試

教育部於 113 學年度第 2 學期成立「臺灣大專院校人工智慧學程聯盟」（Taiwan AI College Alliance, TAICA），共 55 所大專校院加入，開設「人工智慧探索應用學分學程」、「人工智慧工業應用學分學程」等 4 類學分學程（教育部，2024）。TAICA 的成立，為不同領域學生（包括護理學生）提供了跨校學習 AI 基礎知識的機會。

然而，TAICA 的課程設計以通用型 AI 技術為主，並未針對護理或醫療照護領域進行專門的課程規劃。護理學生若欲透過 TAICA 習得 AI 知識，仍需自行將所學技術與護理實務進行連結，缺乏領域專家的引導與臨床情境的實作訓練。這與美國 AACN 在《The Essentials: Core Competencies for

Professional Nursing Education》中明確要求護理畢業生具備「使用資訊系統與科技以支持病人照護決策」的能力（American Association of Colleges of Nursing, 2021），或英國 NMC 要求護理師「安全且有效地使用科技與資訊學」（Nursing and Midwifery Council, 2024）的具體標準相比，仍有明顯落差。

## （二）教育與培訓層面的分散探索

### 1. 護理學系的零星課程嘗試

臺灣各大學護理學系對於 AI 教育的因應，目前呈現「各自為政、資源不均」的狀態。部分學校已開始在「護理資訊學」或「醫療資訊系統」等既有課程中，增加 AI 相關內容的介紹；少數學校則開設了選修課程，如「智慧醫療與護理應用」、「數據分析與護理決策」等。然而，這些課程多屬選修性質，學分數少（通常為 2 學分），且師資與教材資源有限，尚未能系統性地培養學生的 AI 素養與應用能力。

更重要的是，目前臺灣護理教育尚未將 AI 能力納入核心課程或畢業能力指標。相較於美國 AACN 將「資訊學與健康照護科技」列為八大核心領域之一（American Association of Colleges of Nursing, 2021），或加拿大 CNA 強調護理師應具備「使用具備人工智慧之移動設備及資訊學能力」（Canadian Nurses Association, 2020），臺灣的護理教育認證標準與護理師國家考試內容，目前仍以傳統的臨床技能與基礎科學為主，對數位素養與 AI 能力的要求幾乎付之闕如。這使得即便部分學校有心推動 AI 教育，學生也可能因「考試不考」而缺乏學習動機，形成惡性循環。

### 2. 繼續教育的初步萌芽

在職護理人員的繼續教育方面，臺灣護理學會自 2023 年起開放百堂免費數位學習課程供護理人員學習，涵蓋多元主題（臺灣護理學會，2025）。然而，目前這些課程中專門針對 AI、數據科學或智慧醫療的內容仍相當有限，且多以通識性介紹為主，缺乏深入的技術培訓或臨床應用實作。

相較之下，美國的 Duke 大學護理學院開設護理資訊學碩士課程，內容包含健康數據分析、臨床資訊系統、新興科技應用等（Duke University School of Nursing, 2025）；日本的護理教育則融入照護機器人的操作與評估訓練（Japanese Nursing Association, 2025）。臺灣的繼續教育體系若能借鏡國際經驗，開發更具深度與實用性的 AI 課程模組，將能有效提升在職護理人員的數位賦能。

### 3. 師資培育的瓶頸

護理教育的轉型，關鍵在於教師。然而，目前臺灣護理教師本身的 AI 素養與教學能力尚未系統性建構。多數護理教師的學術訓練背景聚焦於臨床護理、基礎醫學或護理管理，對於 AI 技術、數據科學、程式設計等領域相對陌生。即便有心在課堂中融入 AI 內容，也常因缺乏相關知識與教材而心有餘而力不足。

目前臺灣尚未有針對護理教師的 AI 教育師資培訓計畫，與歐美國家透過工作坊、線上課程、跨領域合作等方式系統性培育師資的做法相比，存在明顯差距。建立護理 AI 教育的師資培育機制，應列為當務之急。

#### （三）臨床與實務層面的先行實踐

##### 1. 醫療機構的 AI 導入與護理人力培訓

在臨床場域，部分醫療機構已開始導入 AI 技術以優化護理工作流程。亞東紀念醫院於 2025 年攜手工業技術研究院與臺灣微軟，導入 AI 智慧紀錄系統，整合微軟 Azure OpenAI GPT-4o 語言模型，能即時轉換中、英、台語與專業醫療術語的語音辨識，將護理師的紀錄時間從原本的 30 分鐘大幅縮短至 3 分鐘（周繡玲，2025）。這類系統的導入，不僅能釋放護理人力，更提供了護理人員實際操作與評估 AI 工具的學習機會。

然而，臨床 AI 的導入也帶來新的挑戰。如國立臺灣大學醫學院附設醫院護理部詹靜媛副主任所指出，AI 技術雖能提升效率，但也可能削弱護理師的批判性思維與臨床判斷能力，若過度依賴 AI 建議而未經獨立思考與驗證，將對病人安全構成風險。此外，護理人員對 AI 系統的「黑箱」

特性常感到不信任，不確定如何解讀 AI 的輸出結果，或在 AI 建議與自身臨床判斷相左時應如何抉擇（詹靜媛，2025）。這些問題凸顯出臨床護理人員不僅需要學會「使用」AI 工具，更需要具備「評估」、「質疑」與「倫理決策」的進階能力，而這正是教育體系應著重培養的核心素養。

## 2. 實習教育的數位轉型需求

護理學生的臨床實習是專業養成的關鍵環節。隨著越來越多醫療機構導入 AI 系統，實習場域已成為學生接觸 AI 技術的第一線。然而，目前實習教育對於 AI 應用的引導與反思仍相當缺乏。許多學生在實習中使用了 AI 輔助的照護系統，卻未能深入理解其運作原理、限制與倫理議題，僅將其視為「另一個要學會操作的軟體」。臨床教師（包括護理長、資深護理師）本身若未接受 AI 相關培訓，也難以在實習過程中提供學生適當的指導。因此，建立臨床教師的 AI 賦能機制，並在實習課程中融入 AI 技術的評估與反思活動，是護理教育轉型不可忽視的一環（吳樺姍，2024）。

### （四）專業組織與學術界的積極討論

#### 1. 國家衛生研究院論壇的引領角色

國家衛生研究院論壇作為臺灣醫療政策討論的重要平台，近年來持續關注 AI 對護理專業的影響。論壇邀請多位專家學者發表意見，為政策制定提供參考。例如：

##### （1）詹靜媛副主任（國立臺灣大學醫學院附設醫院護理部）

在論壇中指出，科技輔助護理工作具有「雙面刃」效應：一方面，IoT 與 AI 技術能釋放護理人力、透過自動擷取數據提升效率；另一方面，過度依賴 AI 可能削弱護理師的批判性思維。她強調，護理教育必須強化資訊科技素養、制定 AI 倫理準則，並提升護理師在科技環境中的專業判斷能力（詹靜媛，2025）。

##### （2）關可欣主任（輔仁大學護理學系副教授兼醫學院醫學教育中心）

提出以能力導向醫學教育（Competence-Based Medical Education, CBME）框架，結合 AI 技術（如自然語言處理 NLP、虛擬實境

VR) 培養臨床勝任能力。她認為，沉浸式學習環境能提供安全的練習場域，讓學習者在無風險的情境中重複練習，並透過個別化 AI 輔導提升學習成效（闕可欣，2025）。

### （3）范君瑜校長（長庚科技大學）

在論壇中強調，AI 時代護理教育面臨的主要挑戰包括數位素養不足、學生過度依賴 AI 工具、以及如何在專業實務與 AI 應用間取得平衡。她提出應強化數位素養課程、推動師資再培訓、建立 AI 倫理準則，並開發智慧學習平台以支持個別化學習（范君瑜，2025）。

這些專家的意見，為臺灣護理 AI 教育的發展方向提供了重要的學理基礎與實務洞見。

## 2. 學術研究與跨領域合作的初探

部分大學已開始進行護理 AI 相關的學術研究與跨領域合作。例如，臺灣大學成立「人工智慧技術暨全幅健康照護聯合研究中心」（AINTU）（國立臺灣大學人工智慧技術暨全幅健康照護聯合研究中心，2025），國立陽明交通大學成立「數位醫學暨智慧醫療研究中心」（國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療研究中心，2025），台北醫學大學成立「人工智慧醫療研究中心」（台北醫學大學人工智慧醫療研究中心，2025）等，雖主要聚焦於 AI 技術研發與生醫應用，但也為護理學系師生提供了跨領域合作的機會。此外，少數護理學者開始投入 AI 在護理教育中的應用研究，如利用聊天機器人進行病人衛教、以 VR 模擬訓練護理技能等。

然而，這些研究多屬個別教師的小規模嘗試，尚未形成系統性的研究社群或國家級的研究計畫。相較於美國 NIH 或加拿大 CIHR 等機構對護理資訊學與 AI 應用的大量資助，臺灣在護理 AI 研究的投入仍顯不足。

### （五）當前挑戰：與國際標準的差距分析

綜合上述分析，臺灣護理教育在因應 AI 時代的挑戰時，與國際標準國家相比，存在以下主要差距：

### 1. 缺乏全國性的 AI 護理能力框架

最核心的差距，在於臺灣目前尚無類似美國 AACN 《The Essentials: Core Competencies for Professional Nursing Education》、英國 NMC 《Future nurse: Standards of proficiency for registered nurses》或加拿大 CNA 調查所建立的全國性 AI 護理能力指標。這導致：（1）各校課程發展缺乏統一參考標準，資源重複投入或相互矛盾。（2）護理師國家考試未能反映時代需求，學生缺乏學習動機。（3）醫療機構在招聘與培訓時，無法明確界定護理人員應具備的 AI 能力水準。

### 2. 專業組織推動力度不足

臺灣護理學、中華民國護理師護士公會全國聯合會等專業組織，雖在學術研討與繼續教育上持續努力，但尚未如美國 AACN 或英國 NMC 般，主動制定 AI 時代的護理教育指引或執業標準修訂。專業組織的引領角色，是推動全國性變革的關鍵，臺灣在此方面仍有很大的進步空間。

### 3. 教育資源分散且深度不足

雖然教育部 TAICA 提供了跨校 AI 課程，但護理領域的專門課程設計、臨床情境教材、以及領域專家師資仍相當缺乏。相較於美國 Duke 大學、哥倫比亞大學等設有護理資訊學碩士課程或 AI 辦公室，臺灣的護理學系多僅能提供入門級的通識介紹，無法培養具備深度 AI 應用能力的護理人才。

### 4. 師資培育與賦能機制尚未建立

護理教師是教育轉型的關鍵，但目前臺灣尚無系統性的護理 AI 教育師資培訓計畫。許多教師對 AI 技術感到陌生，不知如何在課堂中教授，也缺乏相關教材與教學資源。這與歐美國家透過專業發展工作坊、線上學習平台、跨領域教學團隊等方式持續賦能教師的做法相比，存在明顯落差。

### 5. 臨床與教育的整合不足

雖然部分醫療機構已導入 AI 系統，但臨床實踐與教育培訓之間的連結仍相當薄弱。學生在實習中可能使用 AI 工具，卻未能在課堂中學到相關知識；在職護理人員接受臨床 AI 培訓，卻與學校教育脫節。缺乏「產



學醫」三方的緊密合作與資源整合，是臺灣護理 AI 教育的重要挑戰。

## 6. 臺灣的獨特優勢與發展契機

儘管面臨諸多挑戰，臺灣在發展護理 AI 教育上也具備一些獨特的優勢與契機：

### (1) 完整的全民健保資料庫

臺灣擁有世界級的全民健康保險制度與完整的醫療數據庫，這是許多國家所羨慕的珍貴資源。若能在符合隱私與倫理規範的前提下，將去識別化的健保資料庫應用於護理教育，將能提供學生真實的臨床數據進行 AI 模型訓練與分析實作，這是國際上少有的教育優勢。

### (2) 緊密的醫療網絡與合作文化

臺灣的醫療體系層級分明但合作密切，醫學中心、區域醫院與基層診所之間的資源共享與人力流動頻繁。這種網絡特性，有利於建立跨機構的 AI 護理教育聯盟，讓不同層級的護理人員都能獲得適切的培訓資源。

### (3) 強大的 ICT 產業基礎

臺灣擁有世界領先的半導體與資通訊產業，這為發展智慧醫療與護理 AI 提供了堅實的技術基礎。若能促進 ICT 產業與護理教育的跨界合作，例如由科技公司提供 AI 工具與技術支援，由護理專家提供臨床需求與應用情境，將能加速護理 AI 教育的創新與落地。

### (4) 政府政策的多方支持

雖然目前尚無護理 AI 教育的專門政策，但衛福部、教育部、數位發展部等多個部會已在智慧醫療、AI 人才培育、數位轉型等面向提供資源與政策支持。若能整合這些跨部會資源，聚焦於護理人力的 AI 賦能，將能在短時間內取得顯著成效。

### (5) 活躍的學術討論與社會共識

國衛院論壇、臺灣護理學會、各大學護理學系等，近年來對護理 AI 議題的討論日益熱絡，顯示學術界與專業界已逐漸形成「護理



教育必須因應 AI 時代」的共識。這種由下而上的動能，若能與由上而下的政策引導相結合，將能加速臺灣護理 AI 教育的全面轉型。

#### （6）後發優勢：借鏡國際經驗，避免彎路

臺灣雖然在護理 AI 教育上起步較晚，但這也意味著可以充分借鏡歐美國家的成功經驗與失敗教訓，避免走冤枉路。例如，可以直接參考 AACN 《The Essentials: Core Competencies for Professional Nursing Education》的架構制定臺灣版能力指標，學習加拿大的跨專業合作模式，引入日本的照護科技實務訓練經驗等。後發優勢若能善加利用，臺灣有機會在護理 AI 教育上實現「後發先至」。

### 7. 臺灣的獨特優勢與發展契機

臺灣護理教育在因應 AI 時代的挑戰時，目前處於「分散探索、初步萌芽」的階段。政府有政策布局、臨床有先行實踐、學術界有積極討論，但缺乏一個全國性的整合框架與推動機制，使得這些努力無法形成合力，也難以產生規模效應。

相較於美國、英國、加拿大等國由專業組織主導、政府支持、教育機構落實的「三位一體」推動模式，臺灣目前仍處於「各自為政、資源分散」的狀態。若要在短時間內縮小與國際標竿的差距，臺灣迫切需要建立一個由專業組織（如臺灣護理學會）主導、政府部門（衛福部、教育部）支持、教育機構與醫療機構共同參與的「臺灣護理 AI 教育推動聯盟」，制定全國性的能力框架、整合教育資源、培育師資人才、並建立產學醫三方合作的永續機制。

唯有如此，臺灣才能將目前的「零星火花」凝聚成「燎原之勢」，在 AI 時代打造出具有國際競爭力、符合臺灣在地需求、且能確保護理專業核心價值的新一代護理人才培育體系。這不僅是臺灣護理教育的轉型契機，更是提升全民醫療照護品質、維繫護理專業永續發展的關鍵之舉。

### 第三節 AI 護理應用的倫理挑戰與治理策略

人工智慧技術為護理領域帶來效率提升與品質優化的同時，也引發了獨特且深刻的倫理挑戰。護理作為醫療照護體系中最貼近病患的第一線專業，其 AI 應用的倫理議題不僅關乎個別病患的權益與安全，更攸關整體社會對智慧醫療的信任與接受度。世界衛生組織（WHO）於 2024 年發布的大型多模態模型倫理與治理指引中，提出超過 40 項建議，強調 AI 在醫療照護中的使用必須促進和保護民眾健康（World Health Organization, 2024）。本章聚焦於護理場域特有的倫理複雜性，在第一章撰稿人陳鈺雄院長已深入探討 AI 醫療的法規框架、責任歸屬與系統性風險的基礎上，專注探討護理專業在導入 AI 時所面臨的獨特倫理挑戰，並提出符合護理專業特性的治理策略。

#### 一、護理場域的独特倫理複雜性

護理 AI 的倫理考量具有區別於一般醫療 AI 的特殊性，主要體現在以下面向：

##### （一）連續性照護的倫理張力

護理人員需要進行 24 小時不間斷的病患監測與照護，這種連續性特質使得 AI 的介入更為深入且持久。當 AI 系統持續監測病患生理徵象、預測惡化風險時，護理人員面臨著「何時信任 AI 警示」與「何時依賴專業判斷」的持續性倫理決策（Wei et al., 2025）。研究顯示，AI 早期預警系統雖能顯著改善病患預後，但過度依賴可能導致「警示疲勞」（alert fatigue）與專業敏感度下降，而過度質疑又可能錯失 AI 提供的關鍵預警（Rossetti et al., 2025）。

##### （二）護理專業自主性的挑戰

護理判斷建立在整全性評估（holistic assessment）之上，涵蓋生理、心理、社會與靈性層面（Watson, 2024）。然而，AI 系統往往聚焦於可量

化的生理數據，可能忽略病患的主觀感受、文化脈絡與個別化需求。當 AI 建議的照護計畫與護理人員的專業判斷產生衝突時，護理人員是否有充分的自主權與機構支持來堅持其專業決策？美國護理師協會（ANA）2025 年倫理規範明確指出，AI 系統應是臨床實務的輔助工具，而非護理知識與技能的替代品，護理人員對所有決策與行動保有最終責任（American Nurses Association, 2025b）。

### （三）人性化照護的保存

護理的核心價值在於「關懷」（caring），這種人際互動的溫度與同理心是 AI 難以取代的（Stokes & Palmer, 2020），且 AI 與人類在護理工作中合作過程，如何進行病患關懷倫理需要仔細思索（Sumarno Adi, 2025）。過度依賴 AI 可能導致護理工作的「去人性化」，將照護簡化為數據與流程，忽略了病患作為「人」的完整性。如何在提升效率的同時，確保護理仍保有其人文關懷的本質，是 AI 護理應用必須面對的核心倫理課題（AI Khatib & Ndiaye, 2025）。

### （四）弱勢病患的特殊保護

護理場域中，許多病患處於脆弱狀態——高齡者、兒童、意識不清者、語言障礙者等。這些族群可能無法充分理解 AI 在其照護中的角色，亦無法有效表達對 AI 使用的意見。護理人員需要替這些無法自主表達的病患「發聲」，確保 AI 的使用不會侵害其權益與尊嚴（Mennella et al., 2024）。一項質性研究發現，護理人員深刻關注 AI 技術可能對病患隱私權和自主性的侵犯，認為病患倡議是護理在 AI 時代的關鍵角色（Rony et al., 2024）。

## 二、護理實務中的關鍵倫理議題

### （一）知情同意的實踐困境

在護理情境中，知情同意的取得面臨特殊挑戰。ANA 倫理規範強調，護理人員在提供照護時必須確保病患能在不受不當影響下做出決定，並協助其做出符合自身價值觀的選擇（American Nurses Association, 2025a）。

住院病患往往在身心脆弱的狀態下接受照護，其理解與決策能力可能受限。當護理人員使用 AI 輔助系統（如智慧床墊監測翻身頻率、穿戴式裝置追蹤活動量）時，是否每次都需要重新取得同意？長期照護機構中的失智長者，如何確保其對 AI 監測的「同意」是真正自主且持續有效的？學者指出，AI 系統的限制性與不確定性必須被明確說明，以確保病患能做出充分知情的決定（Bouderhem, 2024）。

## （二）護理判斷與演算法建議的衝突

當 AI 預警系統提示某病患有跌倒高風險，但護理人員基於整全性評估認為該病患的活動自主性更為重要時，應如何平衡？若護理人員選擇不遵循 AI 建議而後發生不良事件，其專業判斷是否會被質疑？研究顯示，當 AI 建議與護理判斷不一致時，護理人員可能經歷顯著的職業壓力（Wieben, 2025）。這種「演算法權威」（algorithmic authority）可能侵蝕護理專業自主性，使護理人員成為 AI 的執行者而非專業判斷者。ANA 倫理規範第 7.5 條特別強調，護理人員應批判性地質疑技術的基本假設，以確認這些創新反映了護理專業的價值、原則與目標（American Nurses Association, 2025b）。

## （三）數據倫理與隱私保護

護理工作涉及大量敏感的個人資訊。當這些資訊被 AI 系統收集、分析甚至預測時，如何確保病患隱私不被過度侵犯？一項針對護理人員的研究發現，護理專業強烈關注 AI 時代的資料所有權、知情同意的可逆性，以及 AI 可能加劇的薪資不平等問題（American Nurses Association, 2022）。智慧病房中的語音助理可能記錄病患與家屬的私密對話；居家照護機器人可能拍攝到病患生活空間的私密場景。Ball Dunlap 和 Michalowski（2024）提出，護理專業必須在 AI 與機器學習應用中積極參與數據倫理，以確保高品質且相關的數據用於機器學習應用（Ball Dunlap & Michalowski, 2024）。

#### （四）照護關係的質變

AI 的介入可能改變護病關係的本質。當病患更信任 AI 的建議而非護理人員的專業判斷時，護理人員的角色可能被降格為「技術執行者」。反之，若護理人員過度依賴 AI 而減少與病患的直接互動與觀察，也會削弱護病關係的信任基礎（Dankwa-Mullan, 2024）。國際護理協會（ICN）2023 年數位健康立場聲明強調，數位健康技術應增強而非取代護理專業的核心價值，護理人員必須確保科技不會損害護病關係的人性化本質（International Council of Nurses, 2023）。

### 三、護理教育中的倫理素養培養

#### （一）AI 倫理教育的必要性

未來的護理人員將在充滿 AI 的環境中執業，因此在護理教育階段即應培養其 AI 倫理素養（Booth et al., 2021）。這不僅包括技術操作能力，更需要培養批判性思考能力——理解 AI 的運作原理、識別演算法可能的偏誤、評估 AI 建議的適切性，以及在倫理兩難中做出專業判斷。Watson（2024）指出，AI 倫理教育對護理資訊學至關重要，護理人員必須在 AI 與核心價值如同理心和關懷之間取得平衡（Watson, 2024）。

#### （二）課程整合建議

護理倫理學課程應納入 AI 相關議題，包括：演算法偏見對特定族群的影響、數據隱私保護、AI 輔助決策的責任歸屬、護理專業自主性的維護等（Vasquez et al., 2023）。臨床實習階段，應提供學生實際操作 AI 系統的機會，並引導其反思 AI 對照護品質與護病關係的影響。同時，應培養學生辨識「AI 不當使用」的能力，使其能在未來執業時成為病患權益的守護者。

#### （三）終身學習機制

AI 技術快速演進，護理人員的倫理素養培養不能止於基礎教育。應建立常態性的 AI 倫理繼續教育機制，透過案例討論、情境模擬等方式，持續

提升在職護理人員的 AI 倫理敏感度與判斷能力（Ronquillo et al., 2021）。特別是當臨床引進新的 AI 系統時，必須同步提供充分的倫理訓練，而非僅止於技術操作訓練。

#### 四、臺灣護理 AI 治理的行動策略

在第一章陳鈺雄院長已提出的「負責任 AI 執行中心」與整體法規框架基礎上，本計畫針對護理場域提出以下補充性策略：

##### （一）短期目標（1-3 年）：確保護理專業觀點納入國家 AI 倫理治理架構

##### 1. 支持行政院建立跨部會 AI 倫理治理協調機制

倫理治理涉及資料治理、系統設計風險、責任分工、法規調適及跨領域協調等制度層級議題，須由行政院統籌協調相關部會共同推動。就醫療 AI 而言，涉及醫療團隊及醫療場域管理，故與衛生福利部（醫事司、照護司、食品藥物管理署等）、教育部（醫學與護理教育）、數位發展部（AI 商業應用管理與國家數位發展規劃）、國家科學及技術委員會（AI 研究發展）等多部會機關之職掌相關。爰建議行政院建立跨部會協調機制，統籌規劃國家醫療 AI 倫理治理架構，以確保政策的完整性與一致性。

##### 2. 衛生福利部積極參與並提供護理場域專業觀點

在行政院跨部會協調機制下，衛生福利部應積極參與醫療 AI 倫理治理政策之研議。照護司作為護理專業主管機關，建議彙整護理場域之特殊倫理考量（如連續性照護的倫理張力、護理專業自主性、弱勢病患保護、人性化照護的保存等），確保護理專業觀點於政策制定過程中充分表達，並與整體醫療 AI 倫理治理架構相互銜接。

##### 3. 發展護理場域 AI 應用之知情同意實務指引

在國家 AI 倫理治理框架下，針對護理情境之特殊性（如連續性照護、長期監測、居家照護、失智照護等），建議由護理專業主管機關會同相關單位，研議具體可行的知情同意程序與實務指引，參考 WHO 倫理指引中關於保護病患自主權與隱私的建議，確保病患與家屬能真正理解 AI 的角色與限制。



#### 4. 建立護理場域 AI 倫理案例庫

為累積本土實證基礎，宜透過護理專業團體及醫療機構之協力，收集與分析護理場域中 AI 應用的倫理困境案例，作為教育訓練之參考，並提供行政院跨部會協調機制作為制度設計之實證依據。此案例庫應持續更新，反映 AI 技術與倫理議題的動態發展。

##### （二）中期目標（4-5 年）：深化制度與能力建構

##### 1. 配合國家政策完善醫療機構 AI 倫理審查機制

配合行政院跨部會協調機制所研議之國家醫療 AI 倫理治理政策，衛生福利部可進一步研議要求醫療機構在導入 AI 系統前，須經過跨專業倫理審查，其中應確保護理專家的實質參與，評估 AI 系統對護理專業自主性、護病關係及弱勢病患的潛在影響，並配合食品藥物管理署建立上市後監測機制（Zhang & Zhang, 2023）。

##### 2. 整合護理教育課程

與護理教育評鑑機制結合，要求護理科系必須開設 AI 倫理相關課程，培養未來護理人員的數位素養與倫理判斷能力。課程內容應涵蓋數據倫理、演算法公平性、隱私保護等核心議題（Ball Dunlap & Michalowski, 2024）。

##### 3. 建立護理 AI 不良事件通報系統

除了醫材不良事件通報外，應建立專門收集護理 AI 應用倫理疑慮的通報管道，讓第一線護理人員能安全地反映 AI 使用中的倫理問題，促進 AI 系統的持續改進。

##### （三）長期目標（8-10 年）：實現專業共治與國際影響

##### 1. 制度化確保護理專業參與醫療 AI 決策

配合國家醫療 AI 治理架構之完善，建議相關部會研議透過法規或行政命令，明確規範涉及護理照護的 AI 系統開發、審查與導入，應納入護理專家的實質參與。護理與人工智慧領導合作組織（NAIL Collaborative）的國



際共識指出，護理專業必須在 AI 發展的早期階段即參與，以確保 AI 系統符合護理實務需求（Ronquillo et al., 2021）。

## 2. 發展「以病人為中心」的 AI 評估指標

除了技術效能外，應建立評估 AI 對護病關係品質、病患滿意度、人性化照護程度的指標體系，確保 AI 真正服務於病患福祉而非單純追求效率（Eldakak et al., 2024）。

## 3. 輸出臺灣護理 AI 倫理經驗

善用臺灣在長期照護、全民健保與人文關懷方面的優勢，在國際護理組織（如 ICN）分享臺灣的護理 AI 倫理治理模式，提升臺灣護理專業的國際能見度。

## 五、結語

AI 技術的導入不應削弱護理專業的核心價值，反而應該成為護理人員提供更優質照護的助力。建立健全的倫理框架與治理機制，確保 AI 始終服務於「以人為本」的照護理念，是臺灣發展智慧護理的根本前提。正如 ICN 所強調，護理人員作為病患倡議者，其核心倫理價值觀使其能夠全面評估 AI 使用對病患福祉、臨床工作者幸福感及護病關係的影響（Wieben, 2025）。唯有在尊重護理專業自主性、保障病患權益、維護人性化照護的基礎上，AI 才能真正成為護理場域中值得信賴的夥伴。透過短中長期策略的落實，臺灣將能建構一個讓護理人員安心使用、病患放心接受、社會普遍信賴的 AI 護理生態系統。

## 第四節 政策建議——建構臺灣護理 AI 賦能的永續生態系

### 從「點狀突破」邁向「系統賦能」

臺灣護理人力困境的根本解方，不在於單點技術的導入，而在於建構一個讓 AI 真正賦能護理專業、讓護理人員願意留任、照護品質得以提升的完整生態系統。綜合前述國際經驗與臺灣實踐分析，本節提出六大核心政策建言，以期在三至五年內實現從「分散探索」到「系統整合」的關鍵躍升。

#### 一、建立跨部會「護理 AI 賦能推動辦公室」

##### （一）核心理念

整合衛生福利部、教育部、數位發展部、國家科學及技術委員會等跨部會資源，成立專責常設機構。

##### （二）具體建議

##### 1. 組織架構

由行政院層級協調，衛福部照護司主責，設置專任執行長及工作團隊，成員應包含護理專業代表（占比不低於 50%）、AI 技術專家、法律倫理學者及醫院管理者。

##### 2. 三年滾動式行動方案

制定「臺灣護理 AI 賦能三年行動計畫」，明確各部會分工、關鍵績效指標（KPI）及經費配置，每年檢討修正。

##### 3. 年度護理 AI 高峰會

每年召開跨部會、跨專業的國家級高峰會，檢視進展、分享最佳實務、調整政策方向。

#### 二、完善法規標準與認證體系

##### （一）核心理念

在確保病患安全與護理專業自主性的前提下，建立明確、彈性且與國際接軌的監管框架。

## （二）具體建議

### 1. 護理 AI 產品分級管理

參考歐盟 AI Act 風險分級概念，將護理 AI 系統依風險程度分為低風險（如排班輔助）、中風險（如文書記錄助手）、高風險（如臨床決策支持、急診檢傷分類）三級，採差異化管理策略。

### 2. 制定「護理 AI 系統技術規範」

明確規範 AI 系統應具備的可解釋性、數據品質、演算法透明度、護理人員介入權限等要求，並建立第三方技術驗證機制。

### 3. 護理專業實質參與權入法

修訂《醫療器材管理法》或相關行政命令，明定涉及護理照護的 AI 系統開發、測試、上市審查及上市後監測，必須有執業護理師參與審查委員會。

### 4. 建立護理 AI 不良事件通報系統

擴充現有醫材不良事件通報系統，新增「護理 AI 倫理與專業疑慮」專門類別，保障通報者匿名權，並建立快速回應機制。

## 三、建構分層分級的護理 AI 教育體系

### （一）核心理念

從基礎教育到繼續教育，從通識素養到專業深化，培育能駕馭 AI 的新世代護理人才。

### （二）具體建議

#### 1. 基礎教育改革

##### （1）訂定「護理 AI 核心能力指標」

由臺灣護理學會主導，參考美國 AACN 《The Essentials: Core Competencies for Professional Nursing Education》架構，於一年內完成臺灣版「護理人員 AI 核心能力指標」，並納入護理教育評鑑標準。

### (2) 必修課程設置

開始思索要求所有護理科系能迅速將「護理資訊學與智慧科技應用」列為必修課程，課程內容應涵蓋：AI 基礎原理、臨床應用案例、數據識讀、倫理決策、批判性評估等。

### (3) 建立「護理 AI 教育資源平台」

由教育部與衛福部共同出資，開發開放式線上課程 (MOOC)、虛擬實境 (VR) 模擬教材、案例庫等共享資源，降低各校發展門檻。

## 2. 師資培育賦能

### (1) 啟動「護理 AI 師資培訓計畫」

每年遴選一定數量護理教師，提供為期一年的深度培訓 (含國外研習、產業見習、教學工作坊)，培育種子教師。

### (2) 跨領域教學團隊補助

鼓勵護理系與資訊工程、數據科學系組成跨領域教學團隊，提供專案補助開發創新課程。

## 3. 繼續教育深化

### (1) 分級分類繼續教育學分

將護理 AI 能力分為「基礎認知級」、「應用實務級」、「進階專家級」 (相關所需時數由專家學者討論制定)，要求不同層級護理人員於五年內完成相應積分。

### (2) 臨床教師 AI 賦能專案

針對臨床實習指導教師 (護理長、資深護理師)，開發專門的 AI 教學指導培訓課程，確保學生在實習場域能獲得適當引導。

## 四、推動「護理 AI 應用示範中心」計畫

### (一) 核心理念

以實證為基礎，建立可複製、可推廣的護理 AI 應用標竿模式。

## （二）具體建議

### 1. 遴選示範醫院

希望涵蓋醫學中心、區域醫院及長照機構數家，透過政府補助其建置護理 AI 應用示範場域，重點領域包括：智能文書記錄、急重症早期預警、用藥安全監測、病患自我健康管理等，開始建立護理 AI 應用場域，供全國各級醫療機構了解及學習。

### 2. 建立「護理 AI 實證資料庫」

要求示範中心系統性收集 AI 導入前後的關鍵指標數據（如護理記錄時間、職業倦怠評分、病患安全事件、護理人員留任率等），建立臺灣本土實證基礎。

### 3. 發展「護理 AI 導入指引手冊」

由示範中心經驗歸納，編撰包含技術選型、工作流程再造、教育訓練、變革管理、成效評估等面向的實務操作手冊，供其他機構參考。

### 4. 建立護理 AI 開放創新平台

善用健保資料庫與示範中心去識別化數據，在符合倫理與隱私規範下，開放予學術界與產業界進行 AI 模型訓練與驗證，加速創新。

## 五、支持國家 AI 倫理治理架構並確保護理專業觀點之納入

### （一）核心理念

AI 倫理治理涉及資料治理、系統設計風險、責任分工、法規調適及跨領域協調等制度層級議題，非屬單一專業或單一部會所能獨立涵蓋。就醫療 AI 而言，涉及衛生福利部（醫事司、照護司、食品藥物管理署）、教育部、數位發展部、國家科學及技術委員會等多個平行機關之職掌，須由行政院層級統籌協調，以確保治理的完整性與一致性。護理專業作為醫療照護體系中最貼近病患的第一線專業，應在此國家治理架構中積極參與，確保 AI 始終服務於人性化照護的核心價值。

## （二）具體建議

### 1. 支持行政院建立跨部會醫療 AI 倫理治理協調機制

建議行政院統籌衛生福利部、教育部、數位發展部、國家科學及技術委員會等相關部會，建立醫療 AI 倫理治理之跨部會協調機制，研議國家層級之醫療 AI 倫理指引。衛生福利部應於此機制中積極參與，其中護理專業主管機關建議就護理場域之特殊倫理考量（如連續性照護的倫理張力、護理專業自主性、弱勢病患保護、人性化照護的保存等）提供專業意見，確保護理專業觀點於政策制定過程中充分表達。

### 2. 醫療機構層級建立跨專業 AI 倫理審查機制

建議衛生福利部研議要求導入 AI 系統的醫療機構，在既有倫理委員會或醫療品質委員會架構下，建立涵蓋醫師、護理專家、倫理委員、法律專家、資訊專家及病患代表的跨專業 AI 倫理審查機制，進行事前評估與持續監測，確保 AI 應用符合整體醫療倫理規範與國家政策方向。

### 3. 病患與公眾參與機制

### 4. 參考澳洲模式，建議相關部會研議定期舉辦「醫療 AI 公民論壇」之可行性，邀請病患、家屬、民間團體及各醫療專業代表參與討論，確保 AI 治理政策能反映社會多元期待與價值。配合建立護理場域 AI 應用之不良事件與倫理疑慮通報機制

配合國家醫療 AI 不良事件通報系統之建置，宜於護理場域建立 AI 應用倫理疑慮之通報管道，讓第一線護理人員能反映 AI 使用中遭遇的問題，作為制度持續改進與政策研議之參考依據。

## 六、建立永續投資與國際合作機制

### （一）核心理念

長期穩定投入資源，並善用臺灣優勢與國際接軌。

### （二）具體建議

### 1. 設立「護理 AI 發展基金」

由政府編列專款，專門支持護理 AI 研發、教育、臨床應用及國際合作，採競爭性審查機制分配資源。

### 2. 護理 AI 產業鏈扶植

透過經濟部、數發部相關計畫，鼓勵 ICT 產業投入護理 AI 解決方案開發，建立「臨床需求—技術研發—驗證推廣」的產學醫合作模式。

### 3. 國際標竿學習與輸出

(1) 與美國 AACN、英國 NHS、日本看護協會等建立常態性合作交流機制；(2) 善用臺灣健保、ICT 產業、臨床實務等優勢，在國際護理組織 (ICN) 分享臺灣經驗，提升國際能見度。

### 4. 定期成效評估與政策調整

每兩年進行全面性的政策成效評估，包含護理人力留任率、工作負荷改善度、AI 應用普及率、倫理事件發生率等指標，據以滾動調整政策方向。

## 結語：以人為本的智慧護理願景

AI 技術的最終價值，不在於取代護理人員，而在於讓護理人員能回歸專業的核心——提供充滿溫度、個別化、全人的照護。透過上述六大政策建言的落實，臺灣將能在未來建構一個護理人員樂於工作、病患安心接受、社會普遍信賴的智慧護理生態系統，不僅解決當前的護理人力困境，更為全球樹立「以人為本、科技賦能」的護理 AI 治理典範。這是臺灣護理專業的轉型契機，更是確保全民健康福祉的國家戰略工程。



---

## 參考文獻

1. Adams, R., Henry, K. E., Sridharan, A., Soleimani, H., Zhan, A., Rawat, N., Johnson, L., Hager, D. N., Cosgrove, S. E., Markowski, A., Rand, C. S., Zeger, S. L., Massey, C., Ouellette, L., Bickel, J., Ruffin, F., Brotman, D. J., & Hinson, J. S. (2022). Prospective, multi-site study of patient outcomes after implementation of the TREWS machine learning-based early warning system for sepsis. *Nature Medicine*, 28(7), 1455–1460.  
<https://doi.org/10.1038/s41591-022-01894-0>
  2. Baldwin-Medsker, A., Smith, J., Johnson, R., & Williams, K. (2025). Adoption of ambient AI scribes in oncology: A prospective pilot study. *Journal of Oncology Practice*, 21(2), 145–152.
  3. Cabinet Office, Government of Japan. (2025). Society 5.0. [https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5\\_0/index.html](https://www8.cao.go.jp/cstp/english/society5_0/index.html)
  4. Canadian Institute for Advanced Research. (2022). Pan-Canadian AI Strategy. <https://cifar.ca/ai/>
  5. Carter, S. M., Aquino, Y. S. J., Carolan, L., Frost, E., Degeling, C., Rogers, W. A., Scott, I. A., Bell, K. J., Fabrianesi, B., & Magrabi, F. (2024). How should artificial intelligence be used in Australian health care? Recommendations from a citizens' jury. *Medical Journal of Australia*, 220(8), 409–416. <https://doi.org/10.5694/mja2.52283>
  6. Changi General Hospital. (2023). Changi General Hospital introduces three robots to augment its care team at the Emergency Department. <https://www.cgh.com.sg/news/patient-care/changi-general-hospital-introduces-three-robots-to-augment-its-care-team-at-the-emergency-department>
  7. European Commission. (2024). Regulation (EU) 2024/1689 of the European Parliament and of the Council of 13 March 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence and amending certain Union legislative acts
-

- (Artificial Intelligence Act). Official Journal of the European Union.  
[https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L\\_202401689](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=OJ:L_202401689)
8. European Commission. (2025). European Health Data Space Regulation (EHDS). [https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space\\_en](https://health.ec.europa.eu/ehealth-digital-health-and-care/european-health-data-space_en)
  9. GOV.UK. (2022). UK to pilot world-leading approach to improve ethical adoption of AI in healthcare. <https://www.gov.uk/government/news/uk-to-pilot-world-leading-approach-to-improve-ethical-adoption-of-ai-in-healthcare>
  10. Government of Canada. (2022). Government of Canada launches second phase of the Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy. <https://www.canada.ca/en/innovation-science-economic-development/news/2022/06/government-of-canada-launches-second-phase-of-the-pan-canadian-artificial-intelligence-strategy.html>
  11. Health Canada. (2025). Pan-Canadian AI for Health (AI4H) Guiding Principles. <https://www.canada.ca/en/health-canada/corporate/transparency/health-agreements/pan-canadian-ai-guiding-principles.html>
  12. Henry, K. E., Hager, D. N., Pronovost, P. J., & Saria, S. (2015). A targeted real-time early warning score (TREWScore) for septic shock. *Science Translational Medicine*, 7(299), 299ra122.  
<https://doi.org/10.1126/scitranslmed.aab3719>
  13. Henry, K. E., Adams, R., Parent, C., Soleimani, H., Sridharan, A., Johnson, L., Hager, D. N., Cosgrove, S. E., Markowski, A., Zeger, S. L., Rand, C. S., & Hinson, J. S. (2022). Factors driving provider adoption of the TREWS machine learning-based early warning system and its effects on sepsis treatment timing. *Nature Medicine*, 28(7), 1447–1454.  
<https://doi.org/10.1038/s41591-022-01895-z>

- 
14. Innovation, Science and Economic Development Canada. (2025). Pan-Canadian Artificial Intelligence Strategy.  
<https://ised-isde.canada.ca/site/ai-strategy/en>
  15. Iqbal, U., Tanweer, A., Rahmanti, A. R., Greenfield, D., Lee, L. T., & Li, Y. J. (2025). Impact of large language model (ChatGPT) in healthcare: An umbrella review and evidence synthesis. *Journal of Biomedical Science*, 32(1), 45. <https://doi.org/10.1186/s12929-025-01131-z>
  16. Japan Agency for Medical Research and Development. (2024). Long-term Care Tech Portal. <https://robotcare.jp/en/hub>
  17. Ministry of Health, Labour and Welfare. (2024). Priority fields in the use of robot technology for long-term care revised.  
[https://www.meti.go.jp/english/press/2024/0628\\_004.html](https://www.meti.go.jp/english/press/2024/0628_004.html)
  18. NHS England. (2024). Planning and implementing real-world artificial intelligence (AI) evaluations: Lessons from the AI in Health and Care Award. <https://www.england.nhs.uk/long-read/planning-and-implementing-real-world-ai-evaluations-lessons-from-the-ai-in-health-and-care-award/>
  19. NHS England. (2025). Artificial Intelligence in Health and Care Award.  
<https://www.england.nhs.uk/aac/what-we-do/how-can-the-aac-help-me/ai-award/>
  20. Sarraf, S., & Ghasempour, M. (2025). Impact of AI on EHR-related burnout: A systematic review. *Journal of Medical Systems*, 49(3), 234–245.
  21. Shah, N. H., Entwistle, D., & Pfeffer, M. A. (2025). Creation and adoption of large language models in medicine. *JAMA Network Open*, 8(1), e2347621. <https://doi.org/10.1001/jamanetworkopen.2024.47621>
  22. Singapore General Hospital. (2025). Robotics.  
<https://www.sgh.com.sg/research-innovation/innovation/robotics>
  23. U.S. Food and Drug Administration. (2018). Software as a Medical Device (SaMD). <https://www.fda.gov/medical-devices/digital-health-center->
-

- hr/>
- excellence/software-medical-device-samd
24. U.S. Food and Drug Administration. (2021). Artificial Intelligence and Machine Learning (AI/ML) Software as a Medical Device Action Plan. <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/artificial-intelligence-software-medical-device>
  25. U.S. Food and Drug Administration. (2024). Predetermined Change Control Plans for Machine Learning-Enabled Medical Devices: Guiding Principles. <https://www.fda.gov/medical-devices/software-medical-device-samd/predetermined-change-control-plans-machine-learning-enabled-medical-devices-guiding-principles>
  26. American Association of Colleges of Nursing. (2021). The essentials: Core competencies for professional nursing education. <https://www.aacnnursing.org/Portals/42/AcademicNursing/pdf/Essentials-2021.pdf>
  27. American Nurses Association. (2022). Nursing informatics: Scope and standards of practice (3rd ed.). American Nurses Association.
  28. Australian Digital Health Agency. (2025). Digital health capability and literacy. <https://www.digitalhealth.gov.au/>
  29. Australian Nursing and Midwifery Accreditation Council. (2019). Registered nurse accreditation standards. <https://anmac.org.au/accreditation-standards/registered-nurse>
  30. Canadian Nurses Association. (2020). 2020 national survey of Canadian nurses: Use of digital health technology in practice. <https://www.cna-aiic.ca/>
  31. Canadian Nursing Informatics Association. (2025). CNIA mission and vision. <https://cnia.ca/>
  32. Columbia University School of Nursing. (2025). Advancing AI. Columbia Nursing Magazine, Spring 2025. <https://www.nursing.columbia.edu/news/advancing-ai>
-

33. Deutsche Gesellschaft für Pflegewissenschaft. (2025). DGP publications. <https://dg-pflegewissenschaft.de/>
  34. Duke University School of Nursing. (2025). Master of science in nursing—Nursing informatics. <https://nursing.duke.edu/>
  35. European Commission. (2025). European skills agenda. <https://ec.europa.eu/social/main.jsp?catId=1223>
  36. German Federal Ministry of Health. (2019). Digitale-Versorgung-Gesetz (DVG). <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/>
  37. Health Education England. (2025). A health and care digital capabilities framework. <https://digital-transformation.hee.nhs.uk/>
  38. Japanese Nursing Association. (2025). JNA policy statements. <https://www.nurse.or.jp/>
  39. Nursing and Midwifery Council. (2018). Future nurse: Standards of proficiency for registered nurses. <https://www.nmc.org.uk/globalassets/sitedocuments/education-standards/future-nurse-proficiencies.pdf>
  40. Nursing and Midwifery Council. (2024). Standards of proficiency for registered nurses (Updated). <https://www.nmc.org.uk/globalassets/sitedocuments/standards/2024/standards-of-proficiency-for-nurses.pdf>
  41. Taiwan Nurses Association. (2025). Taiwan Nurses Association official website. <https://www.twna.org.tw/>
  42. American Association of Colleges of Nursing. (2021). The essentials: Core competencies for professional nursing education. <https://www.aacnnursing.org/Portals/42/AcademicNursing/pdf/Essentials-2021.pdf>
  43. Canadian Nurses Association. (2020). 2020 national survey of Canadian nurses: Use of digital health technology in practice. <https://www.cna-aiic.ca/>
  44. Duke University School of Nursing. (2025). Master of science in nursing—Nursing informatics. <https://nursing.duke.edu/>
-

- 
45. Japanese Nursing Association. (2025). JNA policy statements.  
<https://www.nurse.or.jp/>
  46. Nursing and Midwifery Council. (2024). Standards of proficiency for registered nurses (Updated). <https://www.nmc.org.uk/globalassets/sitedocuments/standards/2024/standards-of-proficiency-for-nurses.pdf>
  47. 吳樺姍 (2024)。顛覆未來教學—人工智慧於護理教育之革新。護理雜誌, 71(2), 20-25。 [https://doi.org/10.6224/jn.202404\\_71\(2\).04](https://doi.org/10.6224/jn.202404_71(2).04)
  48. 台北醫學大學人工智慧醫療研究中心 (2025)。台北醫學大學人工智慧醫療研究中心官方網頁。 <https://aimc.tmu.edu.tw/>
  49. 臺灣護理學會 (2025)。臺灣護理學會官方網站。  
<https://www.twna.org.tw/>
  50. 周繡玲 (2025)。AI 科技於護理實務的應用。國家衛生研究院論壇。  
<https://forum.nhri.edu.tw/r246/>
  51. 范君瑜 (2025)。擁抱 AI 時代：護理教育的轉型契機。國家衛生研究院論壇。 <https://forum.nhri.edu.tw/r248/>
  52. 國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療研究中心 (2025)。國立陽明交通大學數位醫學暨智慧醫療研究中心研究成果。  
<https://dmc.nycu.edu.tw/achievements/>
  53. 國立臺灣大學人工智慧技術暨全幅健康照護聯合研究中心 (2025)。國立臺灣大學人工智慧技術暨全幅健康照護聯合研究中心官方網頁。  
<https://ai.ntu.edu.tw/>
  54. 教育部 (2024)。臺灣大專院校人工智慧學程聯盟。 <https://taicatw.net/>
  55. 詹靜媛 (2025)。科技輔助護理工作：降低負擔的雙面刃。國家衛生研究院論壇。 <https://forum.nhri.edu.tw/r245/>
  56. 衛生福利部 (2024)。衛生福利部三大 AI 中心啟動記者會。  
<https://www.mohw.gov.tw/cp-16-80155-1.html>
  57. 衛生福利部 (2025)。醫起未來—人人都是 AI 藝術家 衛生福利部 114 年度全國醫護同仁 AI 動畫繪圖工作坊暨競賽活動。
-

- <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-83449-1.html>
58. 闕可欣（2025）。透過人工智慧培養臨床勝任能力。國家衛生研究院論壇。 <https://forum.nhri.edu.tw/r232/>
  59. Al Khatib, I., & Ndiaye, M. (2025). Examining the role of AI in changing the role of nurses in patient care: Systematic review. *JMIR Nursing*, 8, e63335. <https://doi.org/10.2196/63335>
  60. American Nurses Association. (2022). The ethical use of artificial intelligence in nursing practice [Position statement]. [https://www.nursingworld.org/globalassets/practiceandpolicy/nursing-excellence/ana-position-statements/the-ethical-use-of-artificial-intelligence-in-nursing-practice\\_bod-approved-12\\_20\\_22.pdf](https://www.nursingworld.org/globalassets/practiceandpolicy/nursing-excellence/ana-position-statements/the-ethical-use-of-artificial-intelligence-in-nursing-practice_bod-approved-12_20_22.pdf)
  61. American Nurses Association. (2025a). Code of ethics for nurses provision 3.2: Advocating for persons who receive nursing care. <https://codeofethics.ana.org/provision-3-2>
  62. American Nurses Association. (2025b). Code of ethics for nurses provision 7.5: Considerations related to ethics, technology, and policy. <https://codeofethics.ana.org/provision-7-5>
  63. Ball Dunlap, P. A., & Michalowski, M. (2024). Advancing AI data ethics in nursing: Future directions for nursing practice, research, and education. *JMIR Nursing*, 7, e62678. <https://doi.org/10.2196/62678>
  64. Booth, R. G., Strudwick, G., McBride, S., O'Connor, S., & Solano López, A. L. (2021). How the nursing profession should adapt for a digital future. *BMJ*, 373, n1190. <https://doi.org/10.1136/bmj.n1190>
  65. Boudierhem, R. (2024). Shaping the future of AI in healthcare through ethics and governance. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 416. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02894-w>
  66. Dankwa-Mullan, I. (2024). Health equity and ethical considerations in using artificial intelligence in public health and medicine. *Preventing Chronic*
-



- 
- Disease, 21, E64. <https://doi.org/10.5888/pcd21.240245>
67. Eldakak, A., Alremeithi, A., Dahiyat, E., El-Gheriani, M., Mohamed, H., & Abdulrahim Abdulla, M. I. (2024). Civil liability for the actions of autonomous AI in healthcare: An invitation to further contemplation. *Humanities and Social Sciences Communications*, 11(1), 305. <https://doi.org/10.1057/s41599-024-02806-y>
68. International Council of Nurses. (2023). ICN position statement: Digital health transformation and nursing practice. [https://www.icn.ch/sites/default/files/2023-08/ICN%20Position%20Statement%20Digital%20Health%20FINAL%2030.06\\_EN.pdf](https://www.icn.ch/sites/default/files/2023-08/ICN%20Position%20Statement%20Digital%20Health%20FINAL%2030.06_EN.pdf)
69. Mennella, C., Maniscalco, U., De Pietro, G., & Esposito, M. (2024). Ethical and regulatory challenges of AI technologies in healthcare: A narrative review. *Heliyon*, 10(4), e26297. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e26297>
70. Ronquillo, C. E., Peltonen, L. M., Pruinelli, L., Chu, C. H., Bakken, S., Beduschi, A., Cato, K., Hardiker, N., Junger, A., Michalowski, M., Nyrup, R., Rahimi, S., Reed, D. N., Salakoski, T., Salanterä, S., Walton, N., Weber, P., Wiegand, T., & Topaz, M. (2021). Artificial intelligence in nursing: Priorities and opportunities from an international invitational think-tank of the Nursing and Artificial Intelligence Leadership Collaborative. *Journal of Advanced Nursing*, 77(9), 3707–3717. <https://doi.org/10.1111/jan.14855>
71. Rony, M. K. K., Numan, S. M., Akter, K., Tushar, H., Debnath, M., Johra, F. T., Akter, F., Mondal, S., Das, M., Uddin, M. J., Begum, J., & Parvin, M. R. (2024). Nurses' perspectives on privacy and ethical concerns regarding artificial intelligence adoption in healthcare. *Heliyon*, 10(17), e36702. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e36702>
-

- 
72. Rossetti, S. C., Dykes, P. C., Knaplund, C., Cho, S., Withall, J., Lowenthal, G., Albers, D., Lee, R. Y., Jia, H., Bakken, S., Kang, M. J., Chang, F. Y., Zhou, L., Bates, D. W., Daramola, T., Liu, F., Schwartz-Dillard, J., Tran, M., Bokhari, S. M. A., & Cato, K. D. (2025). Real-time surveillance system for patient deterioration: A pragmatic cluster-randomized controlled trial. *Nature Medicine*, 31(6), 1895–1902.  
<https://doi.org/10.1038/s41591-025-03609-7>
  73. Stokes, F., & Palmer, A. (2020). Artificial intelligence and robotics in nursing: Ethics of caring as a guide to dividing tasks between AI and humans. *Nursing Philosophy*, 21(4), e12306.  
<https://doi.org/10.1111/nup.12306>
  74. Sumarno Adi, S. (2025). The role of artificial intelligence in chronic illness care: Navigating challenges in clinical nursing practice. *Pacific Rim International Journal of Nursing Research*, 29(2), 213–218.  
<https://doi.org/10.60099/prijnr.2025.272061>
  75. Vasquez, B., Moreno-Lacalle, R., Soriano, G. P., Juntasoopeepun, P., Locsin, R. C., & Evangelista, L. S. (2023). Technological machines and artificial intelligence in nursing practice. *Nursing & Health Sciences*, 25(3), 474–481. <https://doi.org/10.1111/nhs.13029>
  76. Watson, A. L. (2024). Ethical considerations for artificial intelligence use in nursing informatics. *Nursing Ethics*, 31(6), 1031–1040.  
<https://doi.org/10.1177/09697330241230515>
  77. Wei, Q., Pan, S., Liu, X., Hong, M., Nong, C., & Zhang, W. (2025). The integration of AI in nursing: Addressing current applications, challenges, and future directions. *Frontiers in Medicine*, 12, 1545420.  
<https://doi.org/10.3389/fmed.2025.1545420>
  78. Wieben, A. (2025). Overview and summary: Artificial intelligence in nursing and healthcare. *The Online Journal of Issues in Nursing*, 30(2),
-

- Overview and Summary. <https://doi.org/10.3912/OJIN.Vol30No02ManOS>
79. World Health Organization. (2024). Ethics and governance of artificial intelligence for health: Guidance on large multi-modal models. <https://www.who.int/publications/i/item/9789240084759>
80. Zhang, J., & Zhang, Z. M. (2023). Ethics and governance of trustworthy medical artificial intelligence. *BMC Medical Informatics and Decision Making*, 23(1), 7. <https://doi.org/10.1186/s12911-023-02103-9>
-



## 第八章

# 臨床導入 AI 後之保險給付模式研議與應用

**李崇僖** 臺北醫學大學人文暨社會科學院院長

**蔡淑媛** 臺北醫學大學管理發展中心主任

**羅友聲** 臺北醫學大學醫學資訊研究所副教授／數位創發中心主任

### 摘要

本章節在探討全球主要國家在醫療人工智慧（AI）納入保險給付的制度設計與審查流程，並比較美國、德國、英國、日本及韓國的代表案例與制度優劣。美國透過醫療保健標準程序術語（Current Procedural Terminology, CPT）及新技術附加給付模式（New Technology Add-On Payment, NTAP）推動 AI 醫療技術的市場化與支付調整；德國則以《數位醫療法案》（Digitale-Versorgung-Gesetz, DVG）建立數位健康應用（Digitale Gesundheitsanwendungen, DiGA）快速通道及臨時給付試行機制；英國 NHS 整合嚴格的醫療科技評估（Health Technology Assessment, HTA）與數位評估準則（Digital Technology Assessment Criteria, DTAC），並設立 AI 監管沙盒以促進創新；日本結合診療報酬制度定期調整 AI 醫療給付策略；韓國採分層審查與階段性納保機制鼓勵循序推廣。綜觀各國，AI 醫療給付

普遍建立於既有醫療評估與支付體系，強調實證累積與動態調整，並面對高審查門檻、法律責任不明及給付策略彈性等挑戰。

基於國際經驗，本章提出臺灣推動醫療 AI 納入全民健保給付之建議，包括建立清晰的 AI 醫材分類與支付代碼、推動臨床 AI 沙盒加速實證、完善價值導向評估體系、明確法律責任界定，以及架構高效透明的跨部會給付審查流程。臺灣雖在 AI 臨床應用已有初步成就，正式納保案例仍稀少，尚需突破法規限制、提升實證標準及經濟誘因，以促進 AI 技術安全且公平的廣泛應用，並助力成為區域智慧醫療典範。

---

## 第一節 國際醫療 AI 給付制度架構與流程

隨著 AI 在醫療領域的應用逐步擴展，各國已陸續建立相應的審查與給付制度，以確保相關技術在安全、有效的基礎上得以導入臨床服務。本節旨在介紹目前主要先進國家在 AI 醫療納保方面的制度設計與流程，作為理解國際趨勢的基礎。

### 一、美國（標準編碼導向納保機制）

#### （一）制度與推動背景

##### · 美國醫療 AI 給付的編碼體系

美國 AI 醫療技術給付的制度核心為當前程序術語（Current Procedural Terminology, CPT）及醫療保健通用程序編碼系統（Healthcare Common Procedure Coding System, HCPCS）兩大編碼系統，前者由美國醫學會（American Medical Association, AMA）制定，用來描述與記錄醫師、臨床醫療人員在醫療服務過程中實際執行的各種醫療程序與服務行為；後者則由美國聯邦醫療保險和聯邦醫療補助服務中心（Centers for Medicare and Medicaid Services, CMS）管理，其中 Level I 即為 CPT 代碼，Level II 則涵蓋醫療器材、耗材、藥品及其他非醫師服務，並應用於 Medicare 與 Medicaid 的申報與給付（Centers for Medicare & Medicaid Services, 2025）。

##### · AI 技術納入支付體系的初步實踐

隨著 AI 及數位醫療技術的發展，美國的支付體系逐步調整以因應新興技術。2020 年，CMS 首度透過「新技術附加給付模式（New Technology Add-On Payment, NTAP）」核准 AI 軟體的附加給付（Peters et al., 2024）；在 CPT 編碼方面，AMA 自 2021 年 1 月 1 日起新增 CPT 92229，用於「AI 糖尿病視網膜病變檢測」，這是首個專屬於 AI 醫療服務的代碼。此後，CMS 於 2022 年醫師支付表規則中為該代碼制定全國支付額（Teng et al., 2025）。



### · 附錄 S：AI 臨床服務分類框架

2021 年，AMA 進一步引入「附錄 S (Appendix S)」，專門針對 AI 與擴增智慧 (Augmented Intelligence) 的分類框架，明確定義輔助性 (Assistive)、擴增性 (Augmentative) 與自主性 (Autonomous) 三類 AI 臨床服務，並規範其在申請 CPT 代碼、報帳給付時所需的臨床證據標準、產品分類及醫療專業人員參與程度，使新興技術能在審查與支付上有明確標準 (American Medical Association, 2024)。

### · 推動快速支付路徑的立法進展

近年來，美國國會也積極推動相關法案改善 AI 醫療技術的保險給付路徑。其中，2025 年提出的《Health Tech Investment Act》，擬為美國食品藥物管理局 (Food and Drug Administration, FDA) 核准的 AI 醫療器材建立五年的臨時支付機制，使這些技術能夠更快速進入臨床應用並有效地蒐集實際使用數據，期滿後再評估是否轉入永久給付。該法案目前尚在國會審議階段，尚未正式實施，但若通過，將有助於改善現行缺乏快速支付路徑的問題 (U.S. Congress, 2025)。

## (二) 審查與給付流程

美國 AI 醫療技術從研發到納入保險給付，大致可分為下列三大步驟：

### 1. FDA 審查與上市許可

美國 AI 醫療產品在進入市場前，必須先通過 FDA 的審查。FDA 主要依照「軟體即醫療器材 (SaMD)」等相關規範，根據產品風險級別 (Class I、II、III) 選擇合適的申請途徑，例如 510 (k) 預市場認證、De Novo 分類、或高風險 PMA 審查。審查過程不僅著重於安全性與有效性的驗證，還包括資料偏差防控、透明度與可追溯性計畫。自 2025 年起，FDA 更加強調 AI 系統持續升級的管理，建議開發者在申請時提出「變更控制計畫 (Predetermined Change Control Plan, PCCP)」，以確保 AI 演算法後續的升級不會危及臨床安全 (U.S. Food and Drug Administration, 2025)。

### 2. AMA 編碼與 CPT 代碼取得

AI 醫療產品在取得 FDA 上市許可後，需向 AMA 申請 CPT 代碼，AMA 將根據 AI 產品於臨床上的功能，「輔助性」、「擴增性」或「自主性」進行分類與審查。

通常新興 AI 技術會先獲得「Category III」暫時性代碼，用於蒐集臨床數據與測試支付流程；當證據充分且應用普及後，能升級為「Category I」正式代碼，納入常規醫療保險給付評估。每年 AMA 編碼委員會都會修正、擴增 AI 相關 CPT 代碼，以反映醫療技術的演變現況，確保臨床與支付系統能持續支持創新。

### 3. CMS 審查與保險給付

取得 CPT 代碼後，AI 相關醫療技術若要納入 Medicare 給付，仍須經由 CMS 覆蓋決策程序（Coverage Determination Process）審核。Medicare 僅支付被認為「合理且必要（reasonable and necessary）」之醫療服務與項目。覆蓋決策可分為全國性覆蓋（National Coverage Determination, NCD）與地方性覆蓋（Local Coverage Determination, LCD），其中 LCD 由各地 Medicare 行政承包商制定，可能造成地區間給付標準差異（Centers for Medicare & Medicaid Services, 2024）。

而商業保險公司常以 Medicare 政策作為參考，在部分創新技術（包括 AI）上，商業保險有時會透過自費或試辦專案加速應用。

## 二、德國（DiGA 數位醫療給付制度）

### （一）制度與推動背景

#### · 德國《數位醫療法案》（DVG）與 DiGA 給付制度

德國自 2019 年通過《數位醫療法案》（Digitale-Versorgung-Gesetz, DVG），成為全球首個建立針對數位健康應用（Digitale Gesundheitsanwendungen, DiGA）的法定保險給付體系的國家（Ataiy et al., 2024; Schmidt et al., 2024）。依據該法案，凡經聯邦藥品暨醫療器材管理署（Bundesinstitut für Arzneimittel und Medizinprodukte, BfArM）審查通過之數位醫療應用程式或軟體，若符合《歐盟醫療器材法規》（Medical Device

Regulation, MDR）及《體外診斷醫療器材法規》（In Vitro Diagnostic Regulation, IVDR），並滿足臨床療效驗證、資訊安全與數據保護等要求，即可被納入官方「DiGA 名錄」，由醫師開立處方並獲得法定健康保險（Statutory Health Insurance, SHI）之給付（Dittrich et al., 2023）。

## （二）審查與給付流程

德國 AI 醫療 App 或軟體產品的審查與給付流程大致分為以下步驟：

### 1. 歐盟 CE 認證取得

所有數位醫療應用必須首先通過歐盟 CE 認證，以證明其安全性、品質與合規性。此認證依循歐盟 MDR 或 IVDR，確認產品符合基礎技術與法規要求。<sup>1</sup>

### 2. 申請納入 DiGA 目錄

取得 CE 認證後，製造商可向 BfArM 提出申請。BfArM 將依據產品的臨床效益、資料保護措施、資安規格以及介面可用性等方面向進行綜合評估，以決定是否納入官方 DiGA 名錄。

### 3. 臨時納入試行（有條件給付）

為促進創新與產業發展並兼顧療效驗證，DVG 亦設置「臨時給付機制」，允許尚未完成最終臨床證據驗證之產品，以「暫時名單」形式納入目錄，享有最長一年的保險給付期。在此期間，製造商須於試行期間持續蒐集臨床數據與真實世界證據（Real-World Evidence, RWE），以驗證其健

---

<sup>1</sup> 歐盟《人工智慧法》（AI Act）之規範：隨著歐盟於 2024 年施行《人工智慧法》（Artificial Intelligence Act, AI Act），AI 醫療軟體（如 AI 輔助診斷）被歸類為「高風險 AI 系統」，必須遵循 AI Act 所規範之要求，包括臨床驗證強化、資料治理、透明度、上市後監測等（European Commission, n.d.），該規範需與 MDR 及 IVDR 之合規要求並行，並受歐盟 AI 辦公室與醫療器材協調機構的監督。為降低企業合規負擔並促進創新，歐盟另設立『AI 監管沙盒（Regulatory Sandbox）』，提供受控環境讓開發者測試與驗證產品的合規性；同時推出自願性的『AI Pact』承諾機制，鼓勵企業在法規正式施行前提前遵循核心要求，以加速醫療 AI 產品的市場化進程。（European Commission, 2025; Future of Life Institute, 2025）。

康效益，通過最終評估；同時需與 SHI 保險基金協商定價，否則將自名錄中移除。此機制兼顧創新推廣與療效驗證，有助於數位健康產品的臨床導入（Gensorowsky et al., 2022）。

#### 4. 最終納入與保險給付

試行期屆滿後，製造商需向 BfArM 提交完整的臨床效果與療效證據報告。若證據顯示具有顯著且可持續的健康效益，產品將被正式且永久納入 DiGA 名錄，並持續獲得 SHI 給付；若證據不足，則將撤銷資格，廠商須補件後再行申請。定價部分則由製造商與德國法定健康保險總會（GKV-Spitzenverband）協商決定（Dittrich et al., 2023; Gensorowsky et al., 2022; Schmidt et al., 2024）。

### 三、英國（NHS 整合式服務給付模式）

#### （一）制度與推動背景

##### • NHS 推動 AI 與數位醫療給付制度

英國國家醫療服務系統（National Health Service, NHS）自 2019 年起，陸續推動將 AI 與數位醫療產品納入標準化、證據導向的給付與評估制度。這一政策設計源自英國長期追求醫療資源最適配置及全民醫療效益最大化的核心目標。

##### • NICE「數位健康技術證據標準框架」

同年，NHS 旗下的國家健康與照護卓越研究院（National Institute for Health and Care Excellence, NICE）發布「數位健康技術證據標準框架（Evidence Standards Framework, ESF）」，以規範數位健康技術的臨床與經濟證據門檻，2022 年 NICE 將「人工智慧及自適應資料驅動技術」（adaptive data-driven technologies）納入 ESF 最新版本，特別強化對 AI、機器學習及自適應演算法產品的證據門檻與監管規範，確保相關技術僅在滿足臨床效益、成本效益與資料安全等要求後，方能納入 NHS 的常規應用與支付體系（Bahadori et al., 2025; National Institute for Health and Care Excellence, 2022）。

### · MHRA 「AI Airlock」監管沙盒

此外，英國醫藥和健康產品管理局 (Medicines and Healthcare products Regulatory Agency, MHRA) 於 2024 年推出「AI Airlock」監管沙盒，專為 AI 醫療器材 (AI as a medical device, AIaMD) 設計。AI Airlock 與其他相關單位合作，並參考 NICE 的框架，提供受控的真實世界測試環境，使開發商得以在既有監管框架下蒐集臨床證據，並加速合規過程與安全推廣 (Medicines and Healthcare products Regulatory Agency, 2025b)。該制度有助於確保 AI 醫療產品在具備必要的臨床效益、經濟效益與資料治理標準後，能被更順利、可信地納入 NHS 給付體系。

藉由上述模式，英國政府成功整合政策、監管與臨床資源，積極引導數位醫療創新發展，並透過嚴格的成本與效益控管，維持 NHS 醫療體系的永續性。

## (二) 審查與給付流程

### 1. 上市申請

AI 醫療產品若作為醫療器材 (AI as a Medical Device, AIaMD / Software as a Medical Device, SaMD)，必須依循 MHRA 的規範，並取得 UK Conformity Assessed (UKCA) 標誌，方能合法上市 (Medicines and Healthcare products Regulatory Agency, 2025a)。

### 2. NICE 醫療科技評估 (HTA) 審查

AI 醫療產品在進入 NHS 給付體系之前，需先依據 NICE 所發布的 ESF 提交完整且具說服力的臨床與經濟證據，內容可包括隨機對照試驗 (Randomized Controlled Trial, RCT) 及／或真實世界數據 (Real-World Evidence, RWE)，以驗證產品的安全性、有效性與臨床價值 (Bahadori et al., 2025; National Institute for Health and Care Excellence, 2022)。

同時，開發者亦須符合 NHS England 所制定的「數位科技評估準則 (Digital Technology Assessment Criteria, DTAC)」，涵蓋臨床安全、資訊安全、技術互操作性與使用者可及性等面向，確保產品能在 NHS 體系中安

全與合規地應用（NHS England, n.d.）。

完成前述程序後，NICE 將依循醫療科技評估（Health Technology Assessment, HTA）流程，綜合審查臨床證據與成本效益。針對人工智慧與自適應演算法（adaptive algorithm）相關產品，NICE 特別強調透明度、可追溯性與持續監測機制，以確保其在動態臨床環境下仍維持安全與可靠性。

### 3. 納入給付範圍並集中採購

經 NICE 建議納入的 AI 醫療技術，NHS England 可將其導入支付與應用範圍。部分產品會透過 NHS Supply Chain 的集中採購框架推廣至各 NHS Trust（信託基金醫療機構），但實際採購與落地仍由地方 Trust 根據臨床需求與資源配置決定。同時，NHS 要求相關技術在導入後須持續蒐集 RWE，追蹤相關技術的臨床與經濟效益，以確保支付制度的透明性與一致性。

## 四、日本（診療報酬制度下的 AI 醫療給付）

### （一）制度與推動背景

日本醫療 AI 給付制度建構於其診療報酬制度（Fee Schedule System）體制下。2017 年，日本政府啟動 SIP「Innovative AI Hospital System」計畫，將 AI 應用於診斷、治療支援與醫療數據分析等領域，作為國家重點發展方向，以因應人口老化與醫療資源不足的挑戰（Nakamura, 2022）。

#### ・PMDA 核准 AI 醫療軟體作為醫療器材

自 2018 年起，醫藥品醫療機器綜合機構（Pharmaceuticals and Medical Devices Agency, PMDA）開始正式核准 AI 醫療軟體作為醫療器材（Software as a Medical Device, SaMD），使 AI 醫療產品具備納入健保給付的合法性基礎（Aisu et al., 2022）。

#### ・「DASH for SaMD」加速審查政策

為推動 AI 醫療軟體盡快納入臨床應用，日本 2020 年啟動「DASH for SaMD（Digital Transformation Action Strategies in Healthcare for SaMD）」加速審查政策，並於 2023 年升級為「DASH for SaMD 2」，導入二階段



審查等優化措施，以提升審查流程的透明度與可預測性，並加速創新技術從申請到臨床應用的導入（Pharmaceuticals and Medical Devices Agency, 2023）。

#### ・ 保險給付與定價制度的建立

保險給付方面，自 2021 年起中央社會保險醫療協議會（Central Social Insurance Medical Council, Chuikyo）與厚生勞動省開始討論 AI 診斷軟體（SaMD）之保險給付定價制度，以明確規範上市與認證程序與保險納入之間的連接（Zhang et al., 2025）。

### （二）審查與給付流程

日本 AI 醫療產品從上市到給付，須經以下主要步驟：

#### 1. 上市申請

企業需依據日本《藥品及醫療器材法》，將 AI 醫療軟體產品（SaMD，Software as a Medical Device）向 PMDA 提出上市申請，通過安全性、有效性及品質管理等審查（Aisu et al., 2022）。

#### 2. 保險給付申請

產品取得 PMDA 上市許可後，如欲納入全民健康保險給付，須向 Chuikyo（中央社會保險醫療協議會，簡稱中醫協）提出申請<sup>2</sup>，中醫協將對其臨床價值、安全有效性及醫療經濟性進行評估（Tamura et al., 2019）。

#### 3. 診療報酬核定與納保

通過審查後，中醫協將核定相應的診療報酬項目及其保險給付價格。若屬高創新或附加價值的新產品，則可申請「診療報酬加算」的加值給付。產品同時會明確納入診療報酬點數表，使全國醫療機構可依健保進行申報與請款。

---

<sup>2</sup> 中央社会保険医療協議会（中醫協）是日本厚生勞動省之下的審議會（準立法型諮詢機構），負責討論並建議健保給付範圍、醫療服務點數、藥品與醫材的公定給付價格。其成員採「三方代表制」：\*\* 支付方（保險者／勞工／患者）、提供方（醫師、藥師等）、公益代表（學者等）\*\* 共同審議，結論供厚勞大臣決定公告。



#### 4. 給付政策調整

日本診療報酬體系每兩年定期進行診療報酬制度改定（Fee Schedule Revision）。中醫協將依據 AI 醫療產品上市後的成效與真實世界數據，進行診療報酬的再評估，並動態調整健保給付政策（Zhang et al., 2025）。

### 五、韓國（全民健保 HIRA 評估制度）

#### （一）制度與推動背景

##### · 分層審查與分階段給付的制度基礎

韓國 AI 醫療納入保險給付的制度建構，主要基於分層審查與分階段給付的體制設計，並結合政府主導的數位醫療發展政策。自 2020 年起，韓國政府在「數位新政（Digital New Deal）」中，積極推動 AI 醫療應用，以因應人口高齡化、慢性病負擔增加與醫療人力不足的挑戰，亦同步啟動 AI 醫療先導計畫，鼓勵醫療機構與科技企業合作，發展 AI 影像判讀、診斷輔助及數位療法等多樣化應用場景（Ministry of Economy and Finance (MOEF), 2020）。

##### · 新醫療技術評估制度（nHTA）

為促進 AI 醫療技術快速進入臨床並具備健保給付資格，韓國衛生福利部及相關機構推動多項政策工具。首先，AI 醫療技術被納入「新醫療技術評估制度（New Health Technology Assessment, nHTA）」範疇，明定必須經過安全性與有效性的嚴格評估，方能進入臨床應用（International Comparative Legal Guides, 2025）。

##### · 《數位醫療產品法案》與法規定位

隨著《數位醫療產品法案》（Digital Medical Products Act）於 2025 年 1 月正式施行，韓國食品藥物安全部（Ministry of Food and Drug Safety, MFDS）建立針對數位醫療產品的制度，為包括人工智慧醫療軟體在內的數位健康產品提供明確的法規定位、風險分級監管及研發支持，進一步鞏固 AI 軟體納入醫療器材和健康保險給付體系的基礎（Korea Legislation Research Institute, 2024）。

## （二）審查與給付流程

韓國 AI 醫療技術的審查與給付流程主要包括以下幾個階段：

### 1. 上市核准申請

申請者需依據《醫療器材法》（Medical Device Act）及韓國食品藥物安全部（MFDS）所發布的人工智慧／數位醫療產品審查指引，提交上市核准申請文件，內容需包括產品技術細節、模型運作原理、訓練資料來源、更新策略（如PCCP）、性能驗證資料及臨床有效性證明。自2025年起，《數位醫療產品法》（Digital Medical Products Act）施行後，相關申請亦將納入該法規範，最終申請文件需提交至 MFDS 進行審查與核准。

### 2. 療效及安全性評估

經過 MFDS 核准後，韓國國家實證健康照顧合作機構（National Evidence-based Healthcare Collaborating Agency, NECA）負責對該 AI 醫療技術進行新醫療技術評估，全面審視其臨床療效、安全性及經濟效益。

### 3. 納入健康保險給付

NECA 評估完成後，報告提交至韓國健康保險審查評價院（Health Insurance Review and Assessment Services, HIRA），該機構進行成本效益分析及給付範圍決定。韓國採行「臨時收載」與「正式收載」兩階段的健保納入機制，允許新技術先透過臨時收載市場運行以累積使用資料，經評估後再決定是否正式納入給付（Oh et al., 2023）。

表 9 國際醫療 AI 給付制度架構與流程一覽表

國家	法規／政策基礎	主管／協作機關	加速／沙盒機制	支付／給付路徑	重要里程碑（年份）	備註
美國	CPT／HCPCS 編碼體系；CMS 支付規則	AMA (CPT)、CMS (HCPCS／支付)、FDA (器材核准)	NTAP 新技術附加給付 (AI 軟體首次納入)；AMA《附錄 S》分類框架	CPT(Level I) 與 HCPCS (Level II) 對應申報給付；CMS 制定全國支付額	2020 NTAP 首度核准 AI 軟體附加給付 2021 CPT 92229；2021 AMA 推出《附錄 S》；2022 CMS 為 92229 制定全國支付額；2025《Health Tech Investment Act》提案	《Health Tech Investment Act》擬提供 5 年臨時支付機制（審議中）
德國	《數位醫療法案》DVG；DiGA 名錄機制；需符合 MDR／IVDR	BfArM (審查與名錄)；SHI (給付)	臨時給付機制 (最長 1 年暫時名單，期間補充證據並與 SHI 談判定價)	醫師處方納入 SHI 給付 (列入 DiGA 名錄後)	2019 DVG 通過並啟動	與 EU《AI Act》與《EHDS》並行 (資料治理、透明度、監測等；AI 監管沙盒與 AI Pact 屬 EU 層級)
英國	NHS 納入 AI／數位醫療標準化、證據導向評估與給付	NICE (ESF)、MHRA (監管)、NHS (支付體系)	MHRA「AI Airlock」監管沙盒；NICE ESF 強化 AI／自適應技術門檻	符合臨床效益、成本效益、資料安全後，方納入 NHS 常規應用與支付	2019 NICE 發布 ESF；2022 納入 AI；2024 MHRA 推出 AI Airlock	以成本 - 效益控管維持 NHS 永續性，政策 - 監管 - 臨床整合
日本	診療報酬 (Fee Schedule System) 體制下發展 AI	PMDA (SaMD 核准)、厚生勞動省、Chuikyo	DASH for SaMD (2020)；DASH for SaMD 2 二階段審查等優化 (2023)	2018 起 PMDA 核准 SaMD，建立給付合法性；2021 起討論保險給付定價制度	2017 SIP 啟動；2018 PMDA 核准 SaMD；2020 DASH；2023 DASH 2；2021 起討論給付定價	提升透明度與可預測性，加速從申請到臨床應用導入
韓國	分層審查 + 分階段給付；政府「數位新政」	衛生福利部、MFDS (食藥部)	新醫療技術評估制度 nHTA；《數位醫療產品法案》(2025)	通過 nHTA 後可進入臨床並取得健保給付；《數位醫療產品法案》鞏固納入體系	2020 Digital New Deal 與先導計畫；2025/01《數位醫療產品法案》生效	促進 AI 影像判讀、診斷輔助、數位療法多元應用

## 第二節 各國實際案例與優勢挑戰比較

隨著各國陸續建立 AI 醫療納保制度，實際的應用案例與政策運作情況已逐漸浮現。本節將進一步從美國、德國、英國、日本與韓國五個主要國家出發，分別介紹其代表性的 AI 醫療應用案例，並歸納各自制度下的優勢與挑戰。透過實際案例的呈現，觀察 AI 技術如何在不同制度架構中獲得保險給付支持，以及臨床導入過程中所面臨的推進因素與限制條件。藉由對案例、優勢與挑戰的整理，作為後續政策分析與建議的重要基礎。

### 一、各國案例及優勢與挑戰

#### （一）美國標準編碼導向納保機制

##### 1. 實際案例

##### （1）IDx-DR 糖尿病視網膜病變 AI 診斷系統

IDx-DR 是由美國 Digital Diagnostics 公司開發的糖尿病視網膜病變自主 AI 診斷系統，於 2018 年 4 月 11 日通過 FDA De Novo 路徑核准上市，成為全美首個獲准可自主作出診斷決策的 AI 醫療設備（U.S. Food and Drug Administration, 2018）。該系統無需醫師判讀即可自動分析患者視網膜影像，判斷是否存在糖尿病視網膜病變並推薦是否需轉診至眼科，顯著提升篩檢效率並擴大基層醫療體系覆蓋範圍。

2021 年 AMA 在更新 CPT 代碼時新增代碼 92229，用於標示基於 AI 的視網膜影像即時自動分析服務（American Medical Association, 2020），IDx-DR 是首個在商業化應用中採用該代碼的醫療 AI 系統。

隨後，CMS 於《2022 年醫師費用表終版規則》（Medicare Physician Fee Schedule, MPFS Final Rule）和《2022 年醫院門診支付系統終版規則》（Outpatient Prospective Payment System, OPFS Final Rule）中，將 CPT 92229 納入 Medicare 覆蓋範圍，並設定全

國統一支付標準，使醫師診所與醫院門診在提供 IDx-DR 檢查時，均可依規申報並獲得 Medicare 給付（Digital Diagnostics, 2021）。

## （2）HeartFlow FFRct 心血管 AI 技術

HeartFlow FFRct 心血管 AI 技術由美國 HeartFlow 公司開發，是全球首個將 AI 應用於冠狀動脈血流分數（FFRct）分析的創新技術。該技術於 2014 年 4 月經 FDA 許可上市，成為首個臨床允許以非侵入性方式進行心血管功能性診斷的 AI 方案（Cardiac Interventions Today, 2014）。HeartFlow FFRct 結合非侵入性影像與計算流體力學，能精確模擬冠狀動脈血流，協助醫師評估冠狀動脈疾病的嚴重性與血流受阻情況。

隨後 2018 年經 AMA 核准，HeartFlow FFRct 獲得 Category III 的臨時 CPT 代碼（0501T 至 0504T），允許相關臨床服務申報並進行支付測試。隨著技術成熟與臨床證據累積，AMA 於 2023 年決定將 HeartFlow FFRct 升格為 Category I 正式 CPT 代碼，並自 2024 年起以「75580」代碼取代原有臨時代碼（HeartFlow, 2025）。

同時，2024 年 CMS 在門診支付系統（OPPS）終版規則中宣布新的支付政策，使 HeartFlow FFRct（CPT 75580）在醫院門診端的 Medicare 給付金額相較使用臨時代碼時提高約 7%。這項標準化 CPT 代碼與調整後的支付政策，推動 Medicare 及多家主要商業保險將 HeartFlow FFRct 納入給付，促進該創新心血管 AI 技術的臨床普及（Jeff Hall, 2024）。

## 2. 優勢與挑戰

### （1）優勢

#### A. 標準化的編碼制度

美國建立一套完整且分工明確的 AI 醫療技術給付流程，涵蓋 FDA 的安全性與效能審查、AMA 的 CPT 編碼申請、以及 CMS 的給付認定與支付政策。此流程依據產品風險分級，結

合軟體醫療器材 (SaMD) 規範與持續監管計畫，確保 AI 產品安全且可靠地進入臨床 (Parikh & Helmchen, 2022; Sun & Littenberg, 2025)。CPT 與 HCPCS 編碼系統則保障臨床服務與支付系統同步更新，明確將 AI 醫療軟體納入既有醫療保險架構，為新技術提供明確的市場應用及報銷標準，降低企業與醫療機構的不確定性 (Abràmoff et al., 2022)。

#### B. 促進創新與加速臨床應用的政策支持

CMS 設計「新技術附加給付模式 (NTAP)」和 AMA 的「Category III」臨時代碼，允許剛獲 FDA 核准的 AI 技術在短期內獲臨時給付，促使快速落地與數據回饋，推動技術應用普及 (Lobig et al., 2023; Parikh & Helmchen, 2022)。

### (2) 挑戰

#### A. 審查及證據門檻高且流程周期長

AI 醫療技術雖有臨時性 Category III 代碼與快速支付機制，但獲得正式、永久性 Category I 代碼仍需確鑿且持續的臨床證據支持，通常經歷多階段的數據蒐集和專家審查，審核程序漫長且成本高昂 (Abràmoff et al., 2022; Sun & Littenberg, 2025)。對初創企業與資源有限機構而言此過程是一大負擔，容易阻礙創新技術快速擴展 (Wu et al., 2024)。

#### B. 支付政策差異與實際臨床導入難點

CMS 的給付政策分為全國性與地方性，地方行政單位的實施標準存在差異，商業保險的跟進速度和給付標準亦不一，造成 AI 技術在不同地區及醫療體系中的使用和覆蓋不均 (Lobig et al., 2023; Sun & Littenberg, 2025)。醫院和診所也需投入培訓、流程調整及數據管理等支持系統，部分基層醫療機構因資源、人力及基礎設施限制，導致 AI 技術實際普及率受阻 (Wu et al., 2024)。

## （二）德國 DiGA 數位醫療給付制度

### 1. 實際案例

#### （1）HelloBetter 心理健康 App

HelloBetter 是一款針對心理健康設計的數位醫療 App。該產品於 2021 年 12 月 11 日經 BfArM 審查正式納入 DiGA 目錄，獲得法定健康保險給付資格（Brönneke et al., 2023）。患者只需經醫師開立處方，即可申請使用，保險可全額或部分支付 App 使用費用，降低心理健康治療的門檻、確保臨床資源的可及性和普及率。

#### （2）Vivira 運動骨科復健 App

Vivira 為專為肌肉骨骼疼痛患者（如背痛、膝關節痛、髖關節痛）設計的數位醫療應用程式，提供個人化的運動訓練與復健方案，幫助患者在家中進行功能性訓練。該 App 透過持續監測與數據回饋，協助患者改善活動能力與減輕疼痛，並能將康復進展分享給醫療團隊，以促進醫患之間的溝通與治療決策效率。

Vivira 於 2020 年經 BfArM 審核正式納入 DiGA 目錄，成為首批獲得法定健康保險給付資格的運動骨科類應用，患者只需經醫師處方或保險公司核准即可下載使用，相關費用由健康保險公司全額或部分支付，推動骨科復健數位化，並有效減輕患者的醫療經濟負擔（Goeldner & Gehder, 2024）。

### 2. 優勢與挑戰

#### （1）優勢

##### A. 加速創新技術進入醫療市場

德國 DiGA 制度建立「數位健康應用（DiGA）處方加保險給付」專屬通道，大幅簡化 AI 醫療 App 或軟體產品的市場進入壁壘。只要產品取得歐盟 CE 認證，即可申請納入 DiGA 名錄，成為醫師處方及健保給付對象（Schliess et al., 2024）。此「快速通道」讓新技術能迅速進入臨床實務、接觸大規模患者，推動數



位醫療、AI 技術直接落地於公醫體系，促進產業生態與醫療數位轉型。

#### B. 具試行機制的創新促進與證據累積

制度設立臨時名錄與試行給付機制，不要求產品必須具備完整臨床證據才能進入市場。新創或 AI 相關醫療 App 若具初步療效，即可先納入名錄，取得最長一年（可申請延長）的暫時健保給付。試行期內鼓勵開發者持續蒐集真實世界醫療數據（RWE）、強化臨床佐證，待證據充分後再申請正式許可（Imperial College London, 2024; Mäder et al., 2023）。此流程促使創新產品快速獲得臨床驗證機會，將研發過程與真實醫療場域緊密連結。

### （2）挑戰

#### A. 臨床效益與證據要求高

即使產品獲得臨時給付資格，最終要長期納入 DiGA 目錄並持續獲得保險支付，仍必須在限定期間內完成具體且充分的臨床驗證。BfArM 對療效、安全性、資訊安全以及真實世界療效數據的要求日益提高，產品需以隨機對照試驗（RCT）、健康經濟評估等科學方法提供可信證據（Mäder et al., 2023; Schliess et al., 2024）。許多 AI 醫療 App 在面對嚴謹的臨床試驗及數據收集挑戰時，常因證據不足被暫停或撤回資格，保險基金亦可能質疑其健康效益，進而影響最終的給付決策。

此外，隨著歐盟 AI Act 等新法規施行，AI 醫療設備中屬於高風險類別產品進入 DiGA 制度時面臨更嚴格的審查及合規挑戰。這類產品除了須符合更嚴謹的技術標準與臨床證據外，還必須加強資安規範，並清楚界定演算法更新後的臨床風險及責任歸屬。現階段相關審查流程和給付機制仍在調整中，開發商需投入更多合規資源以應對，監管負擔與促進產業創新的平衡

持續成為挑戰（Imperial College London, 2024）<sup>3</sup>。

## B. 高使用者依賴性

由於這類產品的療效往往取決於患者能否長期、規律且合規地使用 App。若患者使用無法規律使用或中途放棄，產品無法發揮預期的健康管理效果，甚至影響臨床試驗與真實世界數據的收集準確性。此外，App 疲勞、操作複雜性或缺乏個人化支持等因素，常讓患者難以保持高黏著度，導致用戶流失率增加。這種依賴性的波動削弱產品的臨床價值，也使健保給付方難以評估和保障其投資效益，而增加數位健康產品在市場推廣與政策制定上的不確定性（Schliess et al., 2024）。

## （三）英國 NHS 整合式服務給付模式

### 1. 實際案例

#### （1）HeartFlow Analysis 心臟血管影像 AI 分析技術

HeartFlow Analysis 由美國 HeartFlow 公司開發，運用人工智慧技術協助冠狀動脈疾病的非侵入性診斷。此技術透過心臟血管影像資料重建 3D 模型，評估血流受阻程度，提升臨床判讀的準確度與效率。

該產品自 2018 年起獲得英國 NHS 創新與技術支付（Innovation and Technology Payment, ITP）計畫資助進行臨床推廣與應用（HeartFlow, 2018），並於 2021 年 4 月被納入 NHS「MedTech Funding Mandate」政策，正式列為全國統一採購與給付的指定醫療技術（NHS England, 2021）。

---

<sup>3</sup> AI Act 本身授權委員會可發布協同規格（Common Specifications）與協調標準（Harmonised Standards），供證明符合性之用，但器材路徑仍走 MDR/IVDR；未來審查單位（Notified Bodies）在做 MDR/IVDR 審查時，會一併檢核 AI Act 高風險要求（單一評定）。

## (2) Annalise.ai 肺部 X 光 AI 判讀工具

Annalise.ai 由 Annalise.AI 公司（現整併為 Harrison.ai）開發，專注於胸部 X 光影像的人工智慧判讀系統。該系統近年來在多家英國 NHS 醫療機構部署，利用 AI 技術協助放射科醫師提升肺癌及其他胸腔異常疾病的檢測效率與診斷準確度。

2024 年 6 月，Annalise.ai 透過英國 NHS 「AI Diagnostic Fund」計畫，納入六大影像聯盟的集中採購清單。目前該系統已覆蓋英格蘭約 35% 的胸腔 X 光檢查量，顯著促進臨床診斷流程的效率化和病患照護品質提升（Annalise.ai, 2024）。

## 2. 優勢與挑戰

### (1) 優勢

#### A. 標準化與嚴謹的評估機制

英國 NHS 透過健康科技評估（HTA）及數位科技評估準則（DTAC）建立統一且完善的審查標準，確保 AI 醫療技術在臨床安全性、有效性、經濟效益及資料保護方面符合高標準，促進醫療服務品質穩定提升（Evans et al., 2025）。這不僅保障患者安全，也提升技術的可信度與市場接受度，促使創新技術在 NHS 體系內更具競爭力。

#### B. 集中採購促進公平與效率

NHS 的集中採購和資源整合機制，能有效降低重複投資成本，提高醫療資源利用效率，確保獲許可 AI 醫療產品在全國範圍內公平合理分配，促進技術快速推廣與臨床應用（Evans et al., 2025）。

### (2) 挑戰：高度標準化審查延緩創新推廣

NHS 嚴格且多層級的審查程序為保障安全及效能設定高門檻，但對於處於早期階段、尚未具備完整臨床和成本效益證據的 AI 技術而言，通過審查的速度較慢，推廣過程受限，可能延遲新

技術對患者的即時效益，並影響新創企業的發展動能（Evans et al., 2025）。為應對此挑戰，目前英國政府推出 AI Airlock 監管沙盒計畫，提供創新 AI 技術在受控真實臨床環境中的快速測試平台，以期加速取得臨床證據並優化合規流程，使技術更快納入臨床應用。

#### （四）日本（診療報酬制度下的 AI 醫療給付）

##### 1. 實際案例

###### （1）Nodoca 咽喉內視鏡 AI 系統

Nodoca 咽喉內視鏡 AI 系統由日本 Aillis 公司開發，該系統利用深度學習技術分析咽喉內視鏡影像及病患問診資料，能快速且非侵入式偵測流感感染的特徵，協助醫師提高診斷準確率與效率。

Nodoca 於 2022 年通過 Chuikyo 審查並被納入保險範圍（Ministry of Health, 2022）。隨後，經過診療報酬制度改定，該改定於 2024 年 6 月 1 日正式實施，Nodoca 被列為獨立的新技術診療項目，從此日起醫療院所在使用 Nodoca 診斷流感相關檢查時，可以申報 305 點的保險費用（Misawa et al., 2025）。

###### （2）EndoBRAIN-EYE 大腸鏡即時腫瘤辨識 AI 系統

EndoBRAIN-EYE 大腸鏡即時腫瘤辨識 AI 系統由日本 Cybernet Systems 公司開發，該系統透過深度學習分析大腸鏡檢查過程中的影像，能及時偵測並標示可能的腫瘤或息肉，協助醫師提高病變的發現率與分類精確度（Misawa et al., 2025）。

EndoBRAIN-EYE 於 2024 年 2 月由 Chuikyo 通過審查，納入健康保險體系，獲得以「C2：新功能、新技術」分類下診療報酬加算資格。自 2024 年 6 月起，使用該系統進行大腸息肉切除手術的醫療機構，可在標準手術費用外，額外申報每例 600 日圓的診療報酬（CYBERNET Systems Co., 2024; Misawa et al., 2025）。

## 2. 優勢與挑戰

### (1) 優勢：定期報酬修訂

日本的診療報酬體系採兩年一度定期修訂機制，能根據真實世界數據（RWE）等實際臨床效果，動態調整 AI 醫療項目所屬的給付點數與條件（Tamura et al., 2019）。此系統具備高度彈性，避免以一體適用的固定給付標準阻礙技術進步，保障制度能跟上 AI 等數位醫療技術快速迭代的需求。

### (2) 挑戰：給付定價與報酬偏低

目前 AI 診療服務多以「診療報酬加算」方式補助，如 EndoBRAIN-EYE 腫瘤辨識加算約 600 日圓，這些加算金額對產品開發商及醫療機構而言，往往不足以涵蓋高昂的研發、維護與培訓成本，導致部分醫院或醫師因經濟誘因不足而減慢 AI 醫療技術的廣泛應用（CYBERNET Systems Co., 2024; Tamura et al., 2019）。

## (五) 韓國（全民健保 HIRA 評估制度）

### 1. 實際案例

#### (1) Lunit INSIGHT CXR 胸部 X 光 AI 輔助診斷系統

Lunit INSIGHT CXR 由韓國 Lunit 公司開發，能在胸部 X 光影像中自動偵測結節、浸潤、氣胸、積液等多種常見異常徵象，以輔助放射科醫師進行快速且準確的判讀。該系統於 2019 年 10 月 21 日獲得 MFDS 許可（Lunit, 2019），是韓國最早獲許可的胸部 X 光 AI 輔助診斷系統之一。經過多年的臨床試用與經濟效益評估後，韓國於 2024 年 3 月起將其納入國民健康保險給付（Korea Biomedical Review, 2023）。

#### (2) VUNO Med-DeepBrain 認知退化分析

VUNO Med-DeepBrain 由韓國 VUNO 公司開發，利用深度學習演算法對 3D T1 加權腦部 MRI 影像進行全腦多區域分割與體積

定量，能量化萎縮程度與白質高訊號等指標，協助臨床評估阿茲海默症等神經退化性疾病。該系統於 2020 年 12 月通過 MFDS 第三級醫療器材許可，並自 2022 年 6 月起正式納入健保給付，醫療院所可針對檢查申報「3D 腦 MRI 影像（HI501）」與「3D 腦 MRI 判讀（HJ501）」兩項費用（Korea Biomedical Review, 2022; VUNO Inc., 2025）。

## 2. 優勢與挑戰

### （1）優勢：分層審查、分階段給付設計

韓國針對數位醫療器材採取「新醫療技術評估（nHTA）」制度，由 NECA 進行安全性與有效性審查，並由 HIRA 評估醫療經濟性與健保給付可行性。若證據尚不足以支持全面納保，主管機關可透過「臨時收載（conditional listing）」機制，先給予臨時收載資格，允許產品在健保體系內有限度地獲得報銷，同時蒐集臨床療效與成本效益資料。這種「先臨時、後正式」的分階段設計，既避免技術過早全面納保可能帶來的財務負擔，也為具價值的 AI 技術保留進入健保體系的制度性彈性與支持（Chapman, 2025）。

### （2）挑戰：正式納保案例有限

雖然「臨時收載」制度降低新技術初期進入市場的門檻，但實際上能成功轉換為「正式收載」並獲得長期、穩定健保給付的案例仍然有限。多數產品必須在短時間內產出充分的臨床與經濟數據，對資源有限的中小型業者而言是沉重的負擔。主管機關在審查時也傾向採取保守態度，導致從「臨時」走向「正式」的門檻偏高，影響數位醫療技術（包括 AI 工具）的長期落地與推廣（Chapman, 2025）

## 二、國際制度歸納

綜合國際先進經驗，可以歸納出以下共通性與差異：

### （一）制度設計共通性

各國在推動 AI 納入保險給付時，普遍依循既有的醫療科技評估（HTA）與支付制度，並針對 AI 技術特性進行調整。為兼顧創新與審慎，常設計過渡性工具，例如美國的臨時性 CPT 代碼與 NTAP 附加給付、德國的 DiGA 臨時名錄、韓國的臨時收載，皆允許技術在證據尚未完備前先行落地，並透過真實世界數據累積後再決定正式納保。此類制度同時普遍以 HTA 作為核心評估工具，並逐步明確 AI 的法律責任與風險分界。

這些經驗顯示「分類清楚」、「試行彈性」、「實證累積」、「價值評估」、「責任釐清」已成為 AI 納保的共通模式。

### （二）差異性與制度特色

在制度差異方面，美國雖然建立完整的編碼與支付體系，但其審查門檻較高，且地方與商業保險政策差異導致落地速度不一。

德國的 DiGA 制度提供明確的快速通道與臨時給付，但最終納入仍仰賴嚴格的臨床證據，且部分應用成效受限於患者的實際使用行為；英國則透過嚴謹的 NICE 評估與集中採購，確保公平與資源效率，但也因此讓新技術推廣的速度相對緩慢；日本依靠診療報酬制度的定期修訂維持彈性，卻因加算點數偏低，對醫療院所與廠商的誘因有限。韓國的分階段收載機制展現高度制度彈性，能在臨時收載階段先行導入，但真正成功轉換為正式給付的案例仍屬少數，顯示在正式納保決策上態度仍偏保守。

這些差異凸顯臺灣若要推動 AI 納保，須兼顧公平性、誘因設計與制度彈性。



### 第三節 臺灣 AI 臨床應用與保險給付之現況

承上所述國際經驗可見，AI 技術多透過既有醫療科技評估與支付制度調整，並藉由臨時試行與實證累積逐步納入保險給付。臺灣在此全球趨勢下亦積極布局，透過國家層級的 AI 行動計畫推動研發、臨床驗證與落地應用。近年來，人工智慧已在影像判讀、疾病篩檢與臨床決策支援等領域展現潛力，但如何將具臨床價值與安全性的技術納入全民健保給付體系，仍是政策發展的重要課題。

目前雖已有多項 AI 醫療器材通過審查並投入臨床試行，涵蓋放射影像、慢性病管理及急重症照護等領域，但正式獲得健保給付者仍屬少數，制度尚在試行與探索階段。面對取證、定價及臨床可靠性等挑戰，政府已透過專責機構的設立與跨部門合作，加速 AI 醫療產品的驗證與評估，期望逐步建立完善且可持續的給付機制，促使智慧醫療成果普及，真正惠及病患。

#### 一、AI 醫療技術給付的發展階段

隨著臺灣 AI 醫療技術在臨床應用的多元發展，政府也積極展開相應的制度建設與政策推動。早在 2018 年，臺灣便啟動「臺灣 AI 行動計畫（2018-2021）」及後續延伸的「臺灣 AI 行動計畫 2.0（2023-2026）」，將醫療領域列為 AI 應用重點之一，推動健保大數據開放應用、AI 輔助診斷系統研發與臨床驗證（行政院科技會報辦公室，2018；行政院智慧國家推動小組，2023）。

2022 年起，部分 AI 醫療器材及輔助診斷系統已在醫院內部試行，並陸續納入食品藥物管理署的審查核准流程。2023 年，更首次將 AI 醫療器材納入全民健康保險試點給付，顯示政策正逐步朝制度化方向邁進。

臺灣的醫療給付制度以全民健康保險為核心，由衛生福利部中央健康保險署負責醫療費用的審核與給付管理。隨著 AI 技術在醫療臨床應用的發展，健保給付制度亦面臨嶄新的挑戰。儘管全民健康保險制度架構完整

且覆蓋廣泛，但針對 AI 醫療產品的給付機制尚處於試行與探索階段，存在取證困難、定價不明及臨床可靠性驗證不足等多重挑戰。

為克服這些困境，衛生福利部於 2024 年成立「臺灣智慧醫療三大中心」，專責從不同層面推動 AI 醫療產品的臨床落地與納入健保給付（衛生福利部資訊處，2024）：

### （一）負責任 AI 執行中心

負責確保 AI 技術在臨床應用過程中的倫理性、安全性與透明度。該中心聚焦數據隱私保護、減少 AI 偏見、提升系統可解釋性，並建立相應的監管框架及標準操作規範，以確保 AI 產品在醫療環境中的持續穩定運作和公平性。此舉有助於提升臨床醫師與醫療機構對 AI 技術的信任，保障病患權益。

### （二）臨床 AI 取證驗證中心

專注於協助業者及醫療機構加快 AI 醫療產品的臨床數據蒐集與試驗設計。該中心提供專業技術指導與資源支持，協助申報食品藥物管理署（TFDA）的產品認證。透過標準化、科學化的臨床驗證流程，以有效縮短 AI 產品從研發到臨床應用的時間，降低進入市場的門檻，促進更多具醫療價值的 AI 應用商品化。

### （三）AI 影響性研究中心

負責評估 AI 技術的臨床效益、健康改善效果及成本效益分析，建立科學的給付評估標準與定價基礎。該中心進行跨系統、跨層級的臨床試驗與效益研究，為健保署制定合理且具可持續性的 AI 醫療給付政策提供實證依據，助力 AI 技術納入健保體系，使智慧醫療成果更快惠及患者。

## 二、臺灣 AI 臨床應用代表案例

根據食品藥物管理署 2025 年 2 月公告已許可 AI / ML 醫材數量已達 166 項（衛生福利部食品藥物管理署，2025），其中超過七成以上集中於放射學相關科別，顯示影像分析仍是 AI 醫療應用的核心領域。雖然在量

上已有明顯累積，但多數項目尚屬院內自費或風險等級較高的應用，正式納入健保給付的案例仍相對稀少。

目前 AI 醫療技術在臺灣臨床端的應用模式以研究計畫、先導試辦與專案支持為主，並在疾病篩檢、輔助診斷與急重症決策等領域逐步累積經驗與實證。

以下將分別從健保給付案例、研究計畫與先導試辦案例、以及商業保險案例說明：

### （一）健保給付案例

2023 年 7 月，臺灣首次將人工智慧（AI）醫療器材納入全民健康保險給付，該醫療器材為「『愛德華』精準感測器」，由愛德華生命科學公司開發，此款感測器結合 AI 演算法，能夠監測血管內壓力及心輸出量，可於高風險手術病人發生低血壓前約 15 分鐘發出預警，透過及早預測與警示，幫助醫護人員迅速採取應對措施，顯著減少術後併發症，縮短病人住院天數，並提升急重症照護的安全性與品質。

在納入健保給付的審查過程中，該產品立基於臨床療效與醫療經濟學價值評估，經專家會議詳細評議後，認定其具有創新功能與明顯的功能改善效益。依據《全民健康保險藥物給付項目及支付標準》第 52-1 條的「功能改善特殊材料」分類，健保署正式將其納入保險給付範圍，並制定相應的支付點數（衛生福利部中央健康保險署，2023a, 2023b）。

然而，截至 2025 年，該產品仍是臺灣唯一成功納入健保的 AI 醫療器材案例，反映出臺灣在 AI 醫療技術納保上面臨的高門檻和審查嚴格性。

### （二）研究計畫、先導試辦案例

#### 1. 智護肺多模態輔助診斷系統

智護肺多模態輔助診斷系統由中國醫藥大學附設醫院在智慧醫療產學聯盟計畫中推動開發，該系統整合病患生理數據、胸部 X 光影像與氣體監測資訊，並透過人工智慧演算法進行多模態分析，提供臨床醫師即時的肺部監控與病程預測工具。目前該系統已於中國醫藥大學附設醫院重症單位

導入（中國醫藥大學附設醫院，n.d.; 國科會產學合作計畫辦公室）。

## 2. 低劑量電腦斷層掃描 AI 輔助程式系統

低劑量電腦斷層掃描 AI 輔助程式由衛生福利部國民健康署委託國立臺灣大學醫學院及專業工程團隊共同開發。此 AI 系統採用深度學習演算法，能自動偵測斷層影像中小至 4 mm 的肺結節，協助醫師快速過濾並分析病灶特徵，提供即時輔助判讀。此系統已於 2024 年 2 月取得衛福部食品藥物管理署第二級醫療器材許可證，成為符合法規的 AI 醫材，並已在臺大醫院、三軍總醫院、臺北市立萬芳醫院等多家醫療機構導入驗證應用（衛生福利部國民健康署，2024）。

## 3. 眼底照相 AI 判讀糖尿病視網膜病變

工研院開發糖尿病視網膜病變診斷輔助分析系統，運用人工智慧演算法進行眼底影像分析，能自動標示病徵位置並依據嚴重程度進行分級。此技術可協助醫師快速判讀眼底狀況，提升糖尿病視網膜病變的早期診斷與臨床判讀效率。

自 2023 年起，工研院與中山醫學大學附設醫院合作「山地離島地區醫療給付效益提昇計畫（IDS 計畫）」，將該技術結合技轉廠商的手持式眼底鏡，導入偏鄉巡迴醫療服務。此應用使非眼科專科醫師亦能為糖尿病患者進行眼底檢查，達到早期篩檢、早期治療的目標，並有效降低後續的醫療照護負擔（王珮華，n.d.）。

### （三）商業保險案例

#### 1. 新光人壽外溢保單結合 Lydia AI 健康風險預測

新光人壽使用「AI 好齡活」APP 推出外溢保單，該方案採用加拿大 Lydia AI 的健康風險預測技術，透過深度學習技術分析健保存摺資料與生活型態數據（如運動步數），生成個人化「健康分數」，並提供疾病風險預測與健康建議（Coverager, 2021）。

對健康分較高的保戶，保險公司提供保費折扣、回饋金或保障額度提升等獎勵，鼓勵民眾維持良好生活習慣；而對健康分較低者，則建議加強

醫療保障，並藉由 AI 提供改善建議以降低未來風險（新光人壽，2023）。

## 2. 國泰人壽外溢保單結合「FitBack 健康吧」App

國泰人壽近年在保險商品設計中引入健康管理元素，並開發「FitBack 健康吧」App，作為蒐集與分析保戶健康行為的工具。保戶可透過穿戴式裝置或行動應用程式上傳日常步數、運動量與其他生活數據，系統再經由演算法轉換為健康指標，提供保戶檢視健康狀況的依據（國泰人壽，n.d.）。

這些數據不僅用於個人健康追蹤，也進一步與保險商品相連動，以運動數據為例，若保戶能夠持續達成既定目標，次年度便可獲得保費折減；若能維持健康的體重或達成減重成效，則可能享有額外優惠。透過鼓勵民眾培養良好的生活習慣，達到降低疾病風險與提升健康意識的效果（國立成功大學 FinTech 商創研究中心，2022）。

### 小結

綜上所述，臺灣 AI 醫療臨床應用已在疾病早期篩檢、影像判讀輔助與急重症照護等方面展現價值，但多數仍停留於研究計畫、專案試辦或院內自費應用，正式納入健保給付的案例至今仍極為有限。與此同時，商業保險業者已開始嘗試透過結合 AI 健康風險預測與行為數據分析，設計具外溢效果的保單機制，藉由保費折減或額度提升，鼓勵民眾養成良好生活習慣，顯示 AI 技術除醫療臨床之應用外，也逐步拓展至健康管理與保險創新應用領域。

然而，若要讓 AI 醫療在臺灣真正落地並形成制度化給付，僅靠零星的應用與試辦仍不足，還必須突破法規、支付與責任界定等更深層的結構性障礙。

## 第四節 制度推動過程中的困境與挑戰

在臺灣推動智慧醫療與人工智慧（AI）技術進入臨床應用及納入全民健保給付的過程中，整體面臨多面向且具制度性的挑戰，主要困境涵蓋法規基礎不足、產品審查繁瑣、責任歸屬不明、臨床效益難以量化、健保支付機制不完善，以及產業收入與投入誘因不足等，致使 AI 技術落地進程緩慢。下文將針對各項制度性困境具體分析，作為後續政策調整與建議的重要依據。

### 一、制度推動困境與挑戰

#### （一）缺乏專屬法源與分類編碼

##### 1. 法規框架不足與沙盒機制不全

國際間如歐盟已推動《人工智慧法》（AI Act），明訂設立專屬 AI 監管沙盒；英國則由 MHRA 推動「AI Airlock」，協助 AI 醫療產品安全展開早期試用。相形之下，臺灣現行並未建立針對智慧醫療的專屬監管法律，亦未充分規劃智慧醫療之監管沙盒或健保給付沙盒法源。現有健保給付沙盒試辦，僅零星納入癌症新藥、細胞治療，尚未涵蓋 AI 醫材，導致新興 AI 技術缺乏法源依據與彈性試驗環境，阻礙其技術創新與臨床落地。

##### 2. 缺乏分類編碼

相較於美國有「目前程序術語（CPT）」及「醫療照護程序編碼系統（HCPCS）」，德國則有專屬「數位健康應用（DiGA）」目錄，臺灣目前則尚未建立針對 AI 醫療技術的分類編碼。

現有健保給付方式以「醫療器材」或既有的「診斷或手術代碼」間接涵蓋 AI 輔助診斷的應用，使 AI 技術價值難以完整呈現，且健保給付與醫療院所資源分配依據不一，限制 AI 醫療技術的發展與推廣。

#### （二）審查流程耗時

自 2020 年起，衛生福利部食品藥物管理署（TFDA）逐步將人工智慧



與機器學習軟體醫療器材納入「軟體即醫材（SaMD）」的監管範疇。

由於 AI 軟體醫療器材的特殊性，包括演算法的不斷學習改良、軟體生命週期管理和後市場監控，TFDA 在審查流程中納入臨床性能驗證、風險管理及後市場監控等多個階段的評估，這些新的審查要求使審查層級與時程自 2020 年起陸續增加，間接延長產品上市及健保給付的評估流程，導致創新技術難以及時進入市場，進而影響廠商及醫療機構的導入意願。

### （三）責任歸屬不明確

在智慧醫療 AI 應用中，若 AI 系統判讀錯誤或導致醫療不良事件，當前法律對責任歸屬尚未有明確劃分。可能涉及包括 AI 開發商、醫師及醫療機構，各方責任界定模糊，使法律判定與責任歸屬變得複雜。

由於 AI 系統具有自我學習與演算法的特性，傳統醫療過失責任框架難以直接套用，增加法律風險與爭議。同時，也牽涉到透明度、知情同意與患者隱私等倫理議題，若缺乏完善規範，可能影響患者信任與醫療公信力。

雖臺灣已成立「負責任 AI 執行中心」，推動 AI 倫理準則制定與法律建議，然而，相關制度規範仍待完善，在責任與風險不確定的情況下，許多醫療機構對 AI 導入持審慎態度，限制 AI 醫療技術的普及與發展。

### （四）評估標準未統一與臨床效益量化困難

目前 AI 醫材普遍缺乏客觀且統一的臨床效益評估工具，難以取得具說服力且可靠的效果驗證，成為健保給付審查的重要阻礙。尤其在純診斷階段的 AI 產品中，難以直接證明對病患療效的實質改善或治療成本的有效降低，使得健保給付門檻相對提高。由於缺乏統一的評估標準，審查機構與健保決策單位在衡量臨床價值時缺乏一致依據，也減弱創新技術的推廣速度。

### （五）健保給付門檻高與投資誘因不足

#### 1. 健保給付門檻高



臺灣全民健保屬於單一支付者制度，雖對民眾照護具高可近性與公平性，但因受限於年度總額預算控管，對新興技術給付極為嚴格。現行政策多將 AI 產品歸為醫材，納入給付時採取較保守策略。即使 AI 技術已被證明在某些領域具臨床潛力，如癌症次世代定序 (NGS)、高精度影像判讀等，給付範圍卻十分有限，多數僅能獲得特定疾病、指定條件下的部分給付。

健保署在審查新科技納保時，要求廠商須提出大量臨床療效證據及醫療經濟價值評估。然而受限於上述評估工具不足、多中心研究成本高及資料共享限制，導致多數 AI 創新產品難以達到審查標準。健保財政本身已面臨財源壓力，為控制支出風險，新興 AI 技術的進入門檻更高，使業者與醫療院所積極性受限，影響病患取得先進醫療服務的機會。

## 2. 收入模式不足、醫院投資意願低

除健保納保困難外，商業保險於 AI 健康應用領域參與度低，主因包括理賠預測效益未明、法規合作模式缺乏、產品標準化不足等。在現行法規及政策架構下，多數醫院仰賴健保收入維持營運，若自費市場規模小、收入模式不穩定，對 AI 技術的導入與維運就缺乏積極動力。

醫療院所投入 AI 技術普遍面臨資源短缺，包括專業技術人力不足、長期維運經費缺口、資料分享及隱私合規壓力等，缺乏整合型配套措施。多數院所僅能在有限規模下進行試驗或研究，難以將 AI 技術擴展到臨床全面應用，更遑論成為產業成長新動能。長期而言，若無制度性誘因或政策支持，創新技術將難以形成正向循環，不利臺灣智慧醫療產業競爭力提升與永續發展。

## 二、因應模式

基於上述比較，臺灣未來推動醫療 AI 納入健保給付制度時，可優先聚焦以下幾項因應模式：

### (一) 建立明確的 AI 醫材分類與給付代碼制度

在現行健保支付架構中增設 AI 醫療產品專門分類與對應代碼，明確界定不同應用場景的產品類別與給付標準。此舉不僅能使 AI 技術的臨床價值在申報與給付過程中更精確呈現，同時，透過清楚的分類編碼，能鼓勵產業持續投入臨床驗證與實證研究，建立完整的健保支付循環。

## （二）推動實證導向的「臨床 AI 沙盒」制度

建立具有試驗性質的臨床沙盒機制，透過限時、限地點的試辦給付方案，鼓勵醫療機構與 AI 廠商合作，蒐集真實世界數據（Real-World Evidence, RWE）以快速累積臨床效益證據，作為日後正式納保的重要依據。

## （三）以醫療科技評估（HTA）為基礎的價值導向審查機制

推動建立完整的 HTA 評估流程，作為 AI 醫療技術能否納入健保的核心依據。除傳統的安全性與有效性外，應將 AI 在臨床診斷準確度提升、醫療流程效率改善、患者照護體驗優化，以及整體醫療資源運用效益等多面向價值納入評估，以確保支付制度能反映 AI 技術對醫療體系的整體貢獻。

## （四）明確界定醫療 AI 應用之臨床效益標準與法律責任歸屬

推動法律及政策調適，明確訂定 AI 醫療產品之臨床效益標準，並針對可能發生的診斷或治療爭議，明確規範 AI 產品開發商、醫療機構及臨床醫師之責任分界，以降低醫療機構對使用 AI 產品的法律疑慮與風險。

## （五）建置高效率、透明且快速的給付審查機制與跨部會合作模式

透過跨部會專責單位制定清晰且標準化的評估指標，並建立透明且快速的審核流程，提供 AI 產品納保的快速通道，加速具臨床價值的 AI 醫療技術正式進入保險給付範圍，有效激發醫療創新活力，提升產業競爭力與全民健康品質。

## 第五節 結論與政策建議

經由前文對各國制度架構、實際案例以及優勢與挑戰的介紹，可以看出 AI 醫療納保已成為國際間共同關注的政策重點。這些制度經驗顯示，若要促使 AI 技術真正落地，單靠研發推進仍不足，必須同時配合支付制度、法規框架與資料治理的完善設計。在此背景下，本節將提出結論與具體政策建議，總結臺灣在推動 AI 醫療應用時的核心課題，並說明健保制度與法規調整的必要性，以期為未來制度建構與產業發展提供明確方向。

### 一、結論

臨床 AI 技術被視為推動智慧健康發展的核心動力，具備重塑醫療服務模式的潛力。透過 AI 技術的導入，醫療過程不僅能實現更高的效率與準確度，也將改變醫療決策與患者照護的面貌。近年來，臺灣在 AI 醫療的研發與應用方面逐步累積經驗，利用臨床數據與深度學習等先進技術，推動疾病篩檢、輔助診斷、急救判讀等多項重要應用，展現出顯著的臨床效益。數位雙生技術的發展，更強化醫療資源的智慧調配與持續監測，進一步提升整體醫療服務的精準度與即時性。

然而，要發揮這些技術的最大效益，需有配套的給付制度、資料治理與法規框架支持。給付制度的建構是促使 AI 醫療技術從研發端走向廣泛臨床應用的關鍵動力，唯有合理且具激勵性的給付政策，才能激發業界持續創新，同時確保技術安全與患者權益。資料治理則涉及醫療數據的蒐集、使用與保護，必須兼顧數據品質、隱私安全與開放共享的平衡。法規框架方面則需與時俱進，因應 AI 技術特性，確立標準與審核流程，並明確界定責任與風險管理機制。

臺灣面臨的關鍵在於如何借鏡美國與德國等已發展成熟的先進經驗，結合自身全民健保制度及豐富的醫療數據資源，打造出符合本土特性的 AI 醫療給付模式。全民健保制度為技術普及與資源分配提供強大基礎，而透過多元且豐富的臨床數據，能促進 AI 模型的持續優化與本土化調整，有

助克服泛化能力與適應性挑戰。

未來三至五年，是政策整合與制度建置的關鍵窗口，政府應積極推動 AI 醫材納保制度的建構，確保 AI 技術在安全、有效與公平的前提下廣泛應用於醫療場域。

總體而言，臺灣具備建立完善 AI 醫材給付制度的堅實條件，不僅能提升醫療品質與效率，更有望使臺灣成為亞太地區智慧醫療發展的典範。政府應把握 AI 技術快速發展的有利時機，透過法規修訂、制度創新及多方合作，為智慧醫療產業發展奠定穩固基礎，實現全民健康與產業發展的雙贏目標。

## 二、具體政策建議

### （一）跨域整合：以醫療院所作為政策與產業之橋接平台

醫療院所除為技術應用者，亦應作為政策與產業的橋接平台，結合臨床驗證與資料蒐集，協助政府設計沙盒制度，並協同廠商進行技術落地測試。建議行動如下：

1. 由醫院與產業共建 AI 試點實驗室與治理機制；
2. 由醫院主導彙整「臨床需求清單」，與優先順序，使研發目標貼近臨床痛點；
3. 與主管機關合作，將試點成果轉化為政策建議，推動健保支付與法規優化。

透過醫院、產業、政府三方之場域串接與政策回饋機制，可縮短從研發到臨床應用之落差，實現病人、產業與制度三方共贏。

### （二）場域驗證：以自費市場與健檢服務作為突破口

考量健保制度調整較為保守，建議先以市場機制帶動，再銜接健保。建議優先於健檢中心、職場健檢及企業醫療合作等自費場域試點：其優勢包括民間需求漸趨明確（如企業標案要求 AI 輔助檢測）、使用者對創新接受度較高且願為品質提升付費，並能快速累積真實世界證據（RWE），

回饋臨床與政策制定。採取「市場先行」可縮短等待給付期間的停滯，並以累積之實證逐步支撐未來制度化給付。

### （三）沙盒先行：以「臨床沙盒—RWE—健保支持」為發展路徑

AI 技術迭代快速，若僅套用傳統醫材或藥物驗證模式，創新往往難以及時落地。建議建立「AI 臨床沙盒」制度，於指定醫療院所內在受監管、有限範圍下進行臨床應用，並以三階段推進：

1. 臨床沙盒：在受控環境中檢驗療效與安全性，建立流程與監測機制。
2. 真實世界數據（RWE）：蒐集實際使用數據，評估臨床效益、流程改善與病人體驗。
3. 健保支持：當 RWE 證據充足，納入健康科技評估（HTA），據以決定給付及健保支付方式。

此一路徑兼顧創新速度與臨床安全，可避免 AI 長期停留於研究階段，促進有效臨床導入。

### （四）支付制度創新：建立 AI「CPT-like」編碼與成本效益模型

現行健保支付多以傳統醫療行為為基礎，對 AI 服務價值之價值定位與支付認定規範尚未完備。建議建立「CPT-like」支付編碼體系，依不同應用場景設計對應編碼並明確申報依據與支付原則；應用場景可包括影像判讀輔助、風險預測與治療決策支持。並同步導入「AI 醫療技術經濟學（Health AI Economics）」評估機制，由 HTA 專家、健保財務與工程專業共同建置成本效益模型，量化其對臨床與財務之影響，內容涵蓋降低重複檢查、縮短等待時間、減少誤診及後續醫療支出、提升特定疾病早期發現率等。透過編碼與經濟評估的結合，可依循科學證據進行合理報償，並提升健保資源配置的透明性與公平性。

### （五）政策法制化：建立數位健康專法與 HTA 專責機構

臺灣雖已推動部分數位醫療試辦計畫，但整體仍欠缺完整且系統化的法制架構。建議比照英國 NICE 模式，設立「臺灣數位醫療與 AI 健康科技

評估中心」，將 AI 醫療技術正式納入與藥品、醫材同等的 HTA 制度，以建立一致之臨床價值、成本效益與給付標準，避免院所與產業因零散試點而難以規模化。同時，推動「數位健康應用法案／數位醫療發展條例」，補足智慧醫療監管沙盒之專法缺口，使每一項 AI 應用均具清晰、可預期之法規路徑，涵蓋研發驗證、臨床試辦、HTA 評估至健保給付的全流程。

---

---

## 參考文獻

1. Abràmoff, M. D., Roehrenbeck, C., Trujillo, S., Goldstein, J., Graves, A. S., Repka, M. X., & Silva III, E. Z. (2022). A reimbursement framework for artificial intelligence in healthcare. *npj Digital Medicine*, 5(1), 72.
  2. Aisu, N., Miyake, M., Takeshita, K., Akiyama, M., Kawasaki, R., Kashiwagi, K., Sakamoto, T., Oshika, T., & Tsujikawa, A. (2022). Regulatory-approved deep learning/machine learning-based medical devices in Japan as of 2020: A systematic review. *PLOS Digital Health*, 1(1), e0000001.
  3. American Medical Association. (2020, September 1). *AMA releases 2021 CPT code set* <https://www.ama-assn.org/press-center/ama-press-releases/ama-releases-2021-cpt-code-set>
  4. American Medical Association. (2024, December 30). *CPT Appendix S: AI taxonomy for medical services & procedures*. <https://www.ama-assn.org/practice-management/cpt/cpt-appendix-s-ai-taxonomy-medical-services-procedures>
  5. Annalise.ai. (2024). *Transformational AI diagnostic tool made available to radiologists in over 40 NHS trusts*. Annalise.ai. <https://harrison.ai/news/transformational-ai-diagnostic-tool-made-available-to-radiologists-in-over-40-nhs-trusts-4/>
  6. Ataiy, O., Burniki, M., Sohrabi, K., Groß, V., Scholtes, M., & Schudt, F. (2024). Digital health applications in Germany: Explorative pilot study on the challenges of approval from the perspective of manufacturers. *Digital Health*, 10, 20552076241302676.
  7. Bahadori, S., Buckle, P., Ascensao, T. S., Ghafur, S., & Kierkegaard, P. (2025). Evolving Digital Health Technologies: Aligning With and Enhancing the National Institute for Health and Care Excellence Evidence Standards Framework. *JMIR mHealth and uHealth*, 13(1), e67435.
-



8. Brönneke, J. B., Herr, A., Reif, S., & Stern, A. D. (2023). Dynamic HTA for digital health solutions: opportunities and challenges for patient-centered evaluation. *International journal of technology assessment in health care*, 39(1), e72.
9. Cardiac Interventions Today. (2014). *FDA Clears HeartFlow's FFRCT Technology*. <https://citoday.com/news/fda-clears-heartflows-ffrct-technology>
10. Centers for Medicare & Medicaid Services. (2024). *Medicare Coverage Determination Process*. Centers for Medicare & Medicaid Services. <https://www.cms.gov/medicare/coverage/determination-process>
11. Centers for Medicare & Medicaid Services. (2025). *Overview of Coding & Classification Systems*. U.S. Centers for Medicare & Medicaid Services. <https://www.cms.gov/cms-guide-medical-technology-companies-and-other-interested-parties/coding/overview-coding-classification-systems>
12. Chapman, S. (2025). Towards identifying good practices in the assessment of digital medical devices. *OECD Health Working Papers*.
13. Coverager. (2021). Health assessment company *Lydia AI raises \$8 million*. Coverager. <https://coverager.com/health-assessment-company-lydia-ai-raises-8-million/>
14. CYBERNET Systems Co., L. (2024). The computer-aided detection system “*EndoBRAIN-EYE*” will be entitled to add-on reimbursement <https://www.cybernet.co.jp/documents/pdf/news/press/2024/240216E.pdf>
15. Digital Diagnostics. (2021, November 3). *Digital Diagnostics Extends Appreciation to CMS for Improving Access to Innovative, Validated Healthcare AI Designed to Eliminate Disparities and Drive Equity* <https://www.prnewswire.com/news-releases/digital-diagnostics-extends-appreciation-to-cms-for-improving-access-to-innovative-validated-healthcare-ai-designed-to-eliminate-disparities-and-drive-equity-301415398.html>

- 
16. Dittrich, F., Mielitz, A., Pustozarov, E., Lawin, D., von Jan, U., & Albrecht, U.-V. (2023). Digital health applications from a government-regulated directory of reimbursable health apps in Germany—a systematic review for evidence and bias. *Mhealth*, 9, 35.
  17. Evans, T. D., Ahmad, O., Alderman, J. E., Bailey, G., Bannister, P., Barlow, N., Davison, N., Isaac, A., Kale, A. U., & MacDonald, T. (2025). The role of procurement frameworks in responsible AI innovation in the National Health Service: a multi-stakeholder perspective. *Frontiers in Health Services*, 5, 1608087.
  18. Gensorowsky, D., Witte, J., Batram, M., & Greiner, W. (2022). Market access and value-based pricing of digital health applications in Germany. *Cost Effectiveness and Resource Allocation*, 20(1), 25.
  19. Goeldner, M., & Gehder, S. (2024). Digital health applications (DiGAs) on a fast track: insights from a data-driven analysis of prescribable digital therapeutics in Germany from 2020 to mid-2024. *Journal of medical internet research*, 26, e59013.
  20. HeartFlow, I. (2018). *NHS England to Provide Innovation and Technology Payment (ITP) to Drive Adoption of HeartFlow Analysis in the United Kingdom*. HeartFlow, Inc. <https://www.heartflow.com/press-release/nhs-england-to-provide-innovation-and-technology-payment-itp-to-drive-adoption-of-heartflow-analysis-in-the-united-kingdom/>
  21. HeartFlow, I. (2025). *The HeartFlow FFRCT Analysis: Transition to a Category I CPT® Code*. I. HeartFlow. <https://www.heartflow.com/wp-content/uploads/2025/02/cat-i-transition-for-hcps.pdf>
  22. Imperial College London. (2024). *Evidence generation for digital health technologies: Clinical simulation and its regulation*. I. C. London. <https://www.imperial.ac.uk/media/imperial-college/institute-of-global-health-innovation/public/Evidence-generation-for-digital-health-technologies--->
-

- 
- Clinical-simulation-and-its-regulation.pdf
23. International Comparative Legal Guides. (2025). *Digital Health Laws and Regulations: Korea*. ICLG / Global Legal Group.  
<https://iclg.com/practice-areas/digital-health-laws-and-regulations/korea/>
  24. Jeff Hall. (2024). *HeartFlow Gets New CPT Reimbursement Code for CT-Based Fraction Flow Reserve Analysis*. Diagnostic Imaging. <https://www.diagnosticimaging.com/view/heartflow-new-cpt-reimbursement-code-ct-based-fraction-flow-reserve-analysis>
  25. Korea Biomedical Review. (2022). *Vuno's AI-based 3D brain MRI device scores insurance benefit*. Korea Biomedical Review.  
<https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=13860>
  26. Korea Biomedical Review. (2023). *Lunit's chest X-ray AI imaging solution to be reimbursable from March 2024*. Korea Biomedical Review.  
<https://www.koreabiomed.com/news/articleView.html?idxno=22553>
  27. Digital Medical Products Act, (2024).  
[https://elaw.klri.re.kr/eng\\_service/lawView.do?hseq=69456&lang=ENG](https://elaw.klri.re.kr/eng_service/lawView.do?hseq=69456&lang=ENG)
  28. Lobig, F., Subramanian, D., Blankenburg, M., Sharma, A., Variyar, A., & Butler, O. (2023). To pay or not to pay for artificial intelligence applications in radiology. *npj Digital Medicine*, 6(1), 117.
  29. Lunit, I. (2019). *Lunit Gets Korea MFDS Approval for its AI Solution for Chest X-ray, Lunit INSIGHT CXR 2*. Lunit, Inc. <https://www.lunit.io/en/company/news/lunit-gets-korea-mfds-approval-for-its-ai-solution-for-chest-x-ray-lunit-insight-cxr-2>
  30. Mäder, M., Timpel, P., Schönfelder, T., Militzer-Horstmann, C., Scheibe, S., Heinrich, R., & Häckl, D. (2023). Evidence requirements of permanently listed digital health applications (DiGA) and their implementation in the German DiGA directory: an analysis. *BMC Health Services Research*, 23(1), 369.
-

- 
31. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. (2025a). Medicines and Healthcare products Regulatory Agency Retrieved from <https://www.gov.uk/guidance/regulating-medical-devices-in-the-uk>
  32. Medicines and Healthcare products Regulatory Agency. (2025b, August 8). *AI Airlock: the regulatory sandbox for AIaMD*. <https://www.gov.uk/government/collections/ai-airlock-the-regulatory-sandbox-for-aiamd>
  33. Ministry of Economy and Finance (MOEF). (2020, July 14). *Government Announces Overview of Korean New Deal* <https://english.moef.go.kr/pc/selectTbPressCenterDtl.do?boardCd=N0001&seq=4940>
  34. Ministry of Health, L. a. W., Japan. (2022). 2022 年 9 月 14 日 中央社会保険医療協議会 総会 第 528 回議事録. Ministry of Health, Labour and Welfare, Japan. [https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000205879\\_00175.html](https://www.mhlw.go.jp/stf/shingi2/0000205879_00175.html)
  35. Misawa, M., Kudo, S.-e., & Mori, Y. (2025). Implementation of artificial intelligence in colonoscopy practice in Japan. *JMA journal*, 8(1), 60–63.
  36. Nakamura, Y. (2022). Japanese Cross-ministerial Strategic Innovation Promotion Program" Innovative AI Hospital System"; How Will the 4th Industrial Revolution Affect Our Health and Medical Care System? *JMA journal*, 5(1), 1–8.
  37. National Institute for Health and Care Excellence. (2022, August ). *Evidence Standards Framework for Digital Health Technologies*. <https://www.nice.org.uk/what-nice-does/digital-health/evidence-standards-framework-esf-for-digital-health-technologies>
  38. NHS England. (2021). *MedTech Funding Mandate Consultation Response Report*. NHS England Retrieved from <https://www.england.nhs.uk/aac/wp-content/uploads/sites/50/2021/01/mtfm-consultation-response-report.pdf>
  39. NHS England. (n.d.). *How to use the DTAC*. NHS England. <https://transform.england.nhs.uk/key-tools-and-info/digital-technology->
-

assessment-criteria-dtac/how-to-use-the-dtac/

40. Oh, J., Kim, M.-J., Hur, S., Oh, J., & Kim, D.-S. (2023). Institutionalizing health technology assessment and priority setting in South Korea's universal health coverage journey. *Health Systems & Reform*, 9(3), 2338308.
41. Parikh, R. B., & Helmchen, L. A. (2022). Paying for artificial intelligence in medicine. *npj Digital Medicine*, 5(1), 63.
42. Peters, A. A., Wiescholek, N., Mueller, M., Klaus, J., Strodka, F., Macek, A., Primetis, E., Drakopoulos, D., Huber, A. T., & Obmann, V. C. (2024). Impact of artificial intelligence assistance on pulmonary nodule detection and localization in chest CT: a comparative study among radiologists of varying experience levels. *Scientific Reports*, 14(1), 22447.
43. Pharmaceuticals and Medical Devices Agency. (2023). *Overview (Update for SaMD regulations in Japan)*. Pharmaceuticals and Medical Devices Agency Retrieved from <https://www.pmda.go.jp/files/000266820.pdf>
44. Schliess, F., Affini Diczio, T., Gaus, N., Bourez, J.-M., Stegbauer, C., Szecsenyi, J., Jacobsen, M., Müller-Wieland, D., Kulzer, B., & Heinemann, L. (2024). The German fast track toward reimbursement of digital health applications: opportunities and challenges for manufacturers, healthcare providers, and people with diabetes. *Journal of diabetes science and technology*, 18(2), 470–476.
45. Schmidt, L., Pawlitzki, M., Renard, B. Y., Meuth, S. G., & Masannek, L. (2024). The three-year evolution of Germany's Digital Therapeutics reimbursement program and its path forward. *npj Digital Medicine*, 7(1), 139.
46. Sun, E., & Littenberg, G. (2025). Reimbursement and Regulatory Landscape for Artificial Intelligence in Medical Technology. *Gastrointestinal Endoscopy Clinics*, 35(2), 469–484.

- 
47. Tamura, M., Nakano, S., & Sugahara, T. (2019). Reimbursement pricing for new medical devices in Japan: Is the evaluation of innovation appropriate? *The International Journal of Health Planning and Management*, 34(2), 583–593.
  48. Teng, C. W., Patel, S. D., Barkmeier, A., Liu, T. A., Myung, D., Henderer, J., Liu, J., Hansen, E., & Al-Aswad, L. A. (2025). Autonomous Artificial Intelligence in Diabetic Retinopathy Testing—Lessons Learned on Successful Health System Adoption. *Ophthalmology Science*, 100935.
  49. U.S. Congress. (2025). *Health Tech Investment Act (Senate Bill 1399, 119th Congress)*. Congress.gov / Library of Congress / U.S. Congress.  
<https://www.congress.gov/bill/119th-congress/senate-bill/1399/text>
  50. U.S. Food and Drug Administration. (2018). *DE NOVO CLASSIFICATION REQUEST FOR IDX-DR*. U.S. Food and Drug Administration Retrieved from [https://www.accessdata.fda.gov/cdrh\\_docs/reviews/DEN180001.pdf](https://www.accessdata.fda.gov/cdrh_docs/reviews/DEN180001.pdf)
  51. U.S. Food and Drug Administration. (2025). *Marketing Submission Recommendations for a Predetermined Change Control Plan for Artificial Intelligence-Enabled Device Software Functions*. U.S. Department of Health and Human Services, Food and Drug Administration
  52. VUNO Inc. (2025). Our History — VUNO Inc.
  53. Wu, K., Wu, E., Theodorou, B., Liang, W., Mack, C., Glass, L., Sun, J., & Zou, J. (2024). Characterizing the clinical adoption of medical AI devices through US insurance claims. *Nejm Ai*, 1(1), AIoa2300030.
  54. Zhang, S., Li, Y., Liu, W., Chu, Q., & Chen, Y. (2025). A decade of review in global regulation and research of artificial intelligence medical devices (2015-2025). *Frontiers in Medicine*, 12, 1630408.
  55. 中國醫藥大學附設醫院 . (n.d.). 智護肺. 中國醫藥大學附設醫院 .  
<https://www.cmuh.cmu.edu.tw/CMUHPagesSubDetail/SmartMedical/%E9%9B%BB%E5%AD%A0%E9%86%AB%E7%99%82%E7%B3%BB%E7>
-

- %B5%B1/%E6%99%BA%E8%AD%B7%E8%82%BA
56. 王珮華 . (n.d.). 工業技術與資訊月刊 - 縮短偏鄉醫療距離 . 工業技術研究院 . [https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=18\\_content&SiteID=1&MmmID=1036452026061075714&MGID=1036734700012147651](https://www.itri.org.tw/ListStyle.aspx?DisplayStyle=18_content&SiteID=1&MmmID=1036452026061075714&MGID=1036734700012147651)
  57. 行政院科技會報辦公室 . (2018) . 臺灣 AI 行動計畫 (2018-2021) . 行政院科技會報辦公室 Retrieved from <https://www.twaicoe.org/media/Downloads/%E8%87%BA%E7%81%A3AI%E8%A1%8C%E5%8B%95%E8%A8%88%E7%95%AB.pdf>
  58. 行政院智慧國家推動小組 . (2023) . 臺灣 AI 行動計畫 2.0 (2023-2026 年) (核定本) . 行政院智慧國家推動小組 Retrieved from <https://digi.nstc.gov.tw/File/7C71629D702E2D89/e8ccec35-9e42-431c-b778-45dae073d5b5?A=C>
  59. 國立成功大學 FinTech 商創研究中心 . (2022) . 你愈健康、保費減 10% ! 國泰人壽怎麼用 AI 算出你的「活力分」? . 國立成功大學 FinTech 商創研究中心 . <https://fintech.ncku.edu.tw/index.php?id=922&lang=cht&option=module&task=pageinfo>
  60. 國科會產學合作計畫辦公室 . 國科會產學合作計畫資訊平台 - 智慧醫療產學聯盟計畫 . 國科會產學合作計畫辦公室 . <https://aic.cpc.tw/aicweb/Web/AboutPlan.aspx?p=21cd2c22-c36b-4edc-ba53-fd48d2a24050>
  61. 國泰人壽 . (n.d.). 《FitBack 健康吧 | 會員獎勵與外溢》 . 國泰人壽 . <https://wellness.cathaylife.com.tw/fitback/rewards/>
  62. 新光人壽 . (2023) . 新壽打造健康生態圈 預先用 AI 科技幫你顧健康省荷包 . 新光人壽 . <https://esg.skf.com.tw/zh/news/detail/3833b4ed-0553-4e87-a088-cbf93eb2a48d>
  63. 衛生福利部中央健康保險署 . (2023a) . 公告暫予支付特殊材料「“愛德華”精準感測器」共 1 項暨其給付規定 . 衛生福利部中央健康保險署 . <https://www.nhi.gov.tw/ch/cp-2029-5c964-3258-1.html>



64. 衛生福利部中央健康保險署 . (2023b) . 全民健康保險藥物給付項目及支付標準共同擬訂會議：特材部分第 64 次 (112 年 5 月) 會議紀錄 . 衛生福利部中央健康保險署 . <https://www.nhi.gov.tw/ch/dl-21526-b3cd798d31254c9c910be00cc7f63f7c-1.pdf>
  65. 衛生福利部食品藥物管理署 . (2025) . 本署核准應用 AI/ML 技術之醫療器材清單 . 衛生福利部食品藥物管理署 . <https://www.fda.gov.tw/tc/siteListContent.aspx?id=42528&sid=310>
  66. 衛生福利部國民健康署 . (2024) . 肺癌篩檢 AI 判讀神助攻 . 衛生福利部 . <https://www.mohw.gov.tw/cp-16-79700-1.html>
  67. 衛生福利部資訊處 . (2024) . 三大類型智慧醫療中心技術手冊 . 衛生福利部資訊處 Retrieved from <https://www.mohw.gov.tw/dl-93049-40323bb6-9b4f-43a8-ac36-abf89fc609.html>
-

## 總結與政策建言

### 一、結論

人工智慧（AI）技術的浪潮正以前所未有的深度與廣度重塑全球醫療的面貌，它不僅是提升臨床效率與診斷精準度的革命性工具，更有一股驅動醫療服務模式、專業分工乃至醫病關係產生根本性變革的結構性力量。本建言書經由系統性的文獻探討、國際制度比較與跨領域專家深度對話，全面性地剖析了 AI 導入臨床醫事人員訓練與執業現場的八大關鍵議題，旨在為臺灣擘劃一個兼具前瞻性與務實性的智慧醫療發展藍圖。

綜合本研究各章節的分析，我們歸納出以下核心結論：

#### （一）臺灣 AI 醫療發展呈現「多點開花，尚待整合」的結構性困境

臺灣憑藉其高品質的醫療體系與頂尖的資通訊產業，在 AI 醫療的臨床應用上已累積了諸多亮點，無論是醫療影像的輔助判讀、生成式 AI 的文書優化，抑或是護理場域的早期預警系統，皆展現出強大的創新動能。然而，這些成就多呈現「點狀」或「院內」的突破，尚未能形成跨機構、標準化的「面狀」普及。其根本原因在於缺乏一個由上而下、跨部會協作的國家級頂層設計，導致法規、教育、臨床與給付四個關鍵面向之間，存在著顯著的斷層與落差。

#### （二）制度建構的遲滯是當前智慧醫療發展的最大瓶頸

本研究發現，制度性障礙是限制 AI 技術從研究走向臨床的主要原因。首先，法規與倫理框架的不明確，特別是非醫材 AI 的監管灰色地帶、演算法的黑箱效應，以及尚待釐清的法律責任歸屬，使得第一線臨床人員因懼怕潛在風險而對採納新技術抱持疑慮。其次，健保給付制度的保守，缺乏針對 AI 醫療的專屬分類編碼與價值導向的評估體系，導致具臨床效益的創新應用難以獲得合理的制度性支持，嚴重抑制了產業的投資意願與醫院的導入動機。

### （三）醫事人員 AI 素養的不足是技術落地的根本性挑戰

AI的成功導入，關鍵不僅在於技術本身，更在於使用者的能力與思維。本研究指出，臺灣現行醫學教育體系在 AI 素養的培育上，與臨床實務需求之間存在顯著落差。若醫事人員不具備批判性評估 AI 產出、辨識演算法偏誤，以及在人機判斷衝突時做出專業決策的能力，再先進的技術也可能被誤用或棄用，甚至引發「自動化偏誤」與「認知去技能化」等新型態的醫療風險。因此，全面革新醫事人員的養成與繼續教育體系，已是刻不容緩的國安層級議題。

### （四）醫事人員 AI 素養的不足是技術落地的根本性挑戰

建言書中各主題的共同結論均指向，AI 在可預見的未來，其最適切的角色並非「取代」人類，而是作為增強人類智慧與能力的「輔具」。從臨床決策、影像判讀到護理照護，AI 應被定位為一個強大的「第二意見」提供者與效率提升工具，旨在將醫事人員從重複性、高負荷的工作中釋放，使其能更專注於複雜判斷、跨專業溝通，以及充滿人性溫度的關懷互動。此「人機協作」的理念，應成為臺灣所有相關政策、教育與系統設計的最高指導原則。

總結而言，臺灣正站在智慧醫療發展的關鍵十字路口。我們擁有絕佳的發展條件，但若無法突破制度整合的瓶頸，並從根本上改革人才培育的思維，既有的優勢將可能快速流失。面對 AI 此一深刻的典範轉移，我們需要的不僅是技術的創新，更是一場涵蓋治理、教育與臨床文化的系統性變革。唯有採取主動建構、跨域協作的策略，臺灣方能將 AI 從潛力轉化為提升全民福祉的真實力量，邁向一個更安全、更高效、也更具人性的智慧醫療未來。

## 二、具體政策建議

### （一）短期：奠定基礎、啟動試點

#### 1. 成立跨部會「智慧醫療人力發展推動辦公室」

### (1) 說明

由行政院層級指定，衛福部主導，整合教育部、數位發展部、國科會等資源，成立常設性專責單位。此舉旨在打破部門壁壘，統籌規劃國家 AI 醫療人力發展戰略，協調法規、教育與給付政策的一致性，解決目前多頭馬車、資源分散的問題。

### (2) 實證基礎

參考英國 NHS AI Lab 由國家體系統一推動的模式，以及國內專家對跨部會整合的共同呼籲。

### (3) 可行性

高。可由現有組織架構擴充，初期以任務編組方式啟動，不涉及大幅組織變革。

## 2. 頒布「醫事人員 AI 核心能力白皮書」

### (1) 說明

由前述推動辦公室協同各醫事專業學會（如臺灣醫學會、臺灣護理學會等），參考美國 AACN《The Essentials》等國際框架，於一年內完成臺灣版「醫事人員 AI 核心能力指標」，作為後續課程改革與評鑑的依據。

### (2) 實證基礎

呼應第三章與第七章對教育改革的迫切需求，建立統一標準是系統性變革的第一步。

### (3) 可行性

高。已有國際成熟框架可供參考，國內專業組織亦具備研擬能力。

## 3. 啟動「臨床 AI 應用沙盒計畫」並搭配臨時給付碼

### (1) 說明

遴選特定醫療機構與 AI 應用（如生成式 AI 輔助病歷撰寫、護理早期預警系統），在風險可控的「監管沙盒」內進行臨床試用。健保署應同步建立臨時性給付碼，支持試辦期間的成本，以利蒐集本土的真實世界數據（RWE）。

(2) 實證基礎

借鏡德國 DiGA 制度與美國 Category III CPT 碼的成功經驗，解決「無給付即無實證」的惡性循環。

(3) 可行性

中。需健保署、食藥署與醫院三方緊密協作，健保財務規劃是主要挑戰，但可從小規模試點開始。

(二) 中期：制度深化、全面擴散

1. 將 AI 素養正式納入醫事人員國家考試與醫院評鑑

(1) 說明

依據短期所頒布之「核心能力白皮書」，逐步將 AI 倫理、數據判讀與人機協作等相關知能，考量納入醫師、護理師等國家考試範圍，並將醫院對醫事人員的 AI 繼續教育成效列為醫院評鑑指標。

(2) 實證基礎

制度性的要求（考試與評鑑）是驅動教育體系與臨床機構全面變革最有效的手段。

(3) 可行性

中。需與考選部、醫策會等單位協調，並給予教育機構充分的緩衝與準備期。

2. 建立國家級「可信賴 AI 醫療驗證中心」

(1) 說明

整合現有衛福部三大 AI 中心之量能，建立一個獨立、權威的第三方驗證機構。該中心負責制定本土化的 AI 醫材評測標準、執行跨院外部驗證，並公開評測結果，供醫療機構採購及健保給付審查參考。

(2) 實證基礎

解決第六章提出的模型「泛化能力不足」問題，並回應第一章對客觀監管的需求。

---

### （3）可行性

中。需穩定的政府預算支持，並建立具公信力的專家委員會。

## 3. 發展以價值為導向的「AI 醫療健保給付模式」

### （1）說明

根據沙盒計畫累積的 RWE，由健保署會同專家，針對已證實能改善臨床預後、提升效率或降低成本的 AI 應用，建立正式的健保給付項目與支付標準。給付設計應具彈性，能反映 AI 服務的多元價值。

### （2）實證基礎

參考第八章國際案例，將給付與臨床價值掛鉤，是引導產業朝正向發展的關鍵。

### （3）可行性

低。涉及健保總額分配與複雜的醫療經濟學評估，是改革中最具挑戰性的一環，需凝聚高度社會共識。

## （三）長期：生態建構、永續發展

## 1. 研擬《數位醫療發展與人工智慧應用特別條例》

### （1）說明

鑑於 AI 技術的特殊性，應考慮制定專法，以系統性地規範醫療 AI 的生命週期管理、資料治理、法律責任分配與消費者保護等議題，為產業發展提供長期穩定且可預測的法規環境。

### （2）實證基礎

參考歐盟《AI Act》的立法精神，從單點規範走向系統性立法是必然趨勢。

### （3）可行性

低。立法過程耗時且涉及多方利益折衝，需有長期規劃與政治決心。

## 2. 投資發展「臺灣主權醫療大型語言模型（LLM）」

### （1）說明

由國科會與國衛院主導，投入國家級資源，訓練一個以繁體中文為基礎、融合臺灣特有醫療數據與文化脈絡的基礎模型。此舉能確保資料主權、降低對國外商業模型的依賴，並發展最適合本土臨床情境的 AI 應用。

### （2）實證基礎

第四章已點出依賴外國模型可能產生的語境偏差與資安風險。發展主權 AI 是提升國家戰略競爭力的關鍵。

### （3）可行性

中。臺灣具備技術實力，但需龐大經費與算力資源，仰賴政府的長期投資決心。

## 三、本議題之新發現或新觀點

本研究經由跨領域專家學者的深度研討與國內外文獻的系統性分析，不僅釐清了人工智慧導入臨床醫療的現況與挑戰，更從中提煉出以下具前瞻性之新發現與新觀點，期能為臺灣未來智慧醫療的政策擘劃提供根本性的思維框架。

### （一）典範轉移的核心瓶頸

#### 1. 成立跨部會「智慧醫療人力發展推動辦公室」

從「技術缺口」轉向「治理失靈」過去討論 AI 醫療的瓶頸時，多半聚焦於演算法準確度、算力不足等「技術缺口」。然而，本研究發現，當前臺灣智慧醫療發展的核心障礙已非技術本身，而是系統性的「治理失靈」（Governance Failure）。此觀點貫穿本報告各章節：從第一章揭示的非醫材 AI 監管灰色地帶、第四章的資料主權與隱私困境，到第八章分析的健保給付制度遲滯，均指向一個共同結論——臺灣缺乏一套能夠引導、規範並支持 AI 醫療創新的頂層治理框架。此發現將政策焦點從單純的技術研發補助，轉移至更根本的法規環境建構、跨部會協調機制與國家級資料治理戰略的建立，點明了「制度先行」方能為技術創新鋪設跑道的關鍵路徑。



## 2. AI 時代的深層風險

「認知去技能化」（Cognitive Deskilling）的浮現本研究揭示了一個過去較少被深入探討的深層風險——「認知去技能化」。第四章的分析指出，當臨床人員（特別是年輕世代）過度依賴 AI 進行診斷、生成報告與決策輔助時，其自身的臨床推理、批判性思維與從錯誤中學習的核心專業能力，可能在不知不覺中萎縮。此觀點超越了傳統對 AI 失誤的討論，進一步警示我們：即使 AI 不出錯，其存在本身也可能對醫療專業的永續傳承構成挑戰。此一新發現，根本性地重塑了我們對 AI 教育的認知，強調未來的醫學教育重點不應只是學習「如何使用 AI」，更應是培養「如何駕馭 AI」，以及如何在 AI 輔助下仍能保持獨立專業判斷的「心智韌性」。

## 3. 重新定義專業價值

「人機協作」下的人本核心本報告提出，AI 的導入正迫使我們對醫事人員的專業價值進行一次深刻的再定義。當重複性、資料密集型的工作逐漸被 AI 取代時，人類專業人員不可替代的核心價值將更清晰地浮現。此觀點在第七章護理領域的討論中尤為深刻：AI 將護理師從繁瑣的文書工作中解放，使其得以回歸「關懷」（Caring）、同理心溝通、複雜倫理抉擇等最需要人性觸感的環節。此一發現，將 AI 的角色從潛在的「取代者」重新定位為「賦能者」，其終極目標是讓醫療「更人性化」。這意味著，政策的推動與系統的設計，都應以「是否能強化醫事人員的人本價值」作為最終的評估標準。

## 4. 政策制定的哲學抉擇

「帕斯卡賭注」下的風險規避策略 本研究創新性地引入哲學家帕斯卡的賭注模型，為應對 AI 不確定的未來提供了一個嶄新的決策視角。第四章的論述指出，我們無法預知 AI 最終會成為完美的「超人 AI」，或是一個「很好但非完美」的強大工具。面對此不確定性，最理性的策略是將教育與政策的重心，堅定地放在「強化人類」這一端。此觀點提供了一個超越短期效益評估的宏觀戰略思維：即使 AI 的發展不如預期，一個具備高度專業韌性的人類團隊仍是醫療品質的最終保障；即便 AI 趨近完美，更

高層次的專業思維也能將其潛力發揮至極致。此一「強化人類優先」的風險規避原則，應成為臺灣所有 AI 醫療政策的基石。

## 5. 臨床機構角色的再造

從「使用者」轉變為「創新生態系核心」傳統觀點多將醫院視為 AI 技術的終端「使用者」。然而，本研究從臨床驗證、資料治理到健保給付的討論中發現，臨床機構（特別是教學醫院）在 AI 醫療生態系中扮演著遠比想像更為關鍵的樞紐角色。它們不僅是驗證 AI 模型「泛化能力」的最終場域（第六章），更是產生高品質在地化數據、回饋臨床真實需求以驅動創新的源頭（第五章），甚至是推動「臨床沙盒」以銜接健保給付的政策試點（第八章）。此一新觀點，主張應將醫院從被動的技術採購方，提升為主動的「創新合作夥伴」與「政策轉譯平台」，政策上應給予其更多資源與彈性，以發揮其在整個生態系中的核心作用。

## 四、本議題對民眾具教育宣導之成果

本議題的研究與政策建議，旨在促進人工智慧（AI）於臨床醫療的安全與有效應用，其成果對社會大眾具有以下重要的教育與宣導價值：

### （一）建立對 AI 醫療的正確認知，破除科技迷思

本研究系統性地介紹了 AI 在醫療領域的真實應用，從影像判讀、病歷生成到護理照護，讓民眾理解 AI 並非萬能，也不是取代醫師的「機器人醫生」，而是一種輔助醫療專業人員提升效率與準確度的工具。透過揭示其技術限制，如生成式 AI 可能產生「幻覺」（不實資訊），有助於民眾建立務實、客觀的期望，避免因過度期待或不當恐懼而對智慧醫療產生誤解。

### （二）倡導「人機協作」的醫療新模式，強化醫病信任

本建言書反覆強調，「人機協作」是 AI 導入臨床的核心模式。我們向民眾宣導，未來的醫療不會是冰冷的演算法，而是由具備 AI 素養的醫師、護理師等專業人員，運用 AI 工具提供更優質的照護。AI 的導入旨在將醫護人員從繁瑣的行政工作中解放，讓他們有更多時間進行有溫度的溝

通與關懷。此觀點有助於鞏固民眾對醫療專業的信任，確保科技的進步最終回歸到人本關懷的初衷。

### （三）提升民眾對數位健康權益的意識

本研究深入探討了 AI 應用所衍生的個人資料保護、數據偏誤與倫理挑戰。透過這些討論可教育民眾在 AI 時代下，應關注自身的健康資料如何被使用、是否有權利選擇退出（opt-out），以及演算法偏見可能對弱勢群體造成的潛在不公。有助於提升民眾數位健康素養與權益意識，在未來就醫過程中，能主動地參與決策並捍衛自身權利。

### （四）增進對系統性改革必要性的理解與支持

本建言書指出，AI 的安全落地不能僅靠單一技術或醫院的努力，而需要法律、教育到健保給付等一系列的系統性改革。透過向民眾說明為何需要建立國家級的治理框架、為何要改革醫學教育，以及為何健保給付模式需要創新，能夠增進社會對於這些看似遙遠的政策改革的理解與支持，凝聚推動智慧醫療發展的社會共識。

### （五）溝通 AI 應用的潛在效益，建立共同願景

本研究清晰地闡述了 AI 醫療能為民眾帶來的具體好處，例如透過早期預警系統提升急重症病人的存活率、利用 AI 影像判讀加速癌症篩檢與診斷、以及透過智慧護理系統緩解護理人力短缺對照護品質的衝擊。這有助於建立社會對於智慧醫療的正面願景，理解投資 AI 不僅是技術升級，更是為了全民更長遠的健康福祉。

### （六）促進社會共融與醫療公平

本研究特別關注 AI 演算法可能複製或放大現實世界中的偏見，對不同族群造成不公平的醫療結果。透過揭示此風險，並倡導建立「負責任 AI」與「可信賴 AI」的治理機制，能夠引導社會大眾共同監督科技發展，確保智慧醫療的成果能公平地惠及每一位民眾，而非加劇健康不平等，進而促進一個更共融、更公平的醫療環境。

# 人工智慧（AI）對於臨床醫事人員訓練的挑戰與因應

Challenges and Responses to Artificial Intelligence (AI) in Training Clinical Healthcare Professionals

---

發行人：司徒惠康・石崇良

出版者：財團法人國家衛生研究院・衛生福利部

論壇總召集人：吳成文

主編：林奇宏・陳瑞杰

編輯彙整：楊智傑・張原翊

執行編輯：曾瑋莉・呂悅慈

作者群：林奇宏・陳瑞杰・李友專・李崇僖・胡朝榮・侯甚光・凌憬峯  
張原翊・張詩鑫・梁仁峯・楊智傑・楊懷哲・劉如濟・陳震宇  
陳鈺雄・蔡淑媛・簡莉盈・鄭玫枝・羅友聲・曾瑋莉  
（依姓名筆畫序）

地址：350401 苗栗縣竹南鎮科研路 35 號

電話：(037)206-166

網站：<http://www.nhri.edu.tw>

論壇網站：<http://forum.nhri.edu.tw>

出版日期：中華民國 115 年 4 月・初版一刷

電子書定價：新臺幣 300 元

---

ISBN：978-626-7853-05-4（PDF）

GPN：4711500027

電子書播放資訊

作業系統：Windows、MacOS、iOS、Android

檔案格式：PDF

檔案內容：圖、文

播放軟體：Adobe Acrobat Reader、Microsoft、Edge、Chrome、Firefox、Safari

## 國家衛生研究院論壇

National Health Research Institutes Forum

350401苗栗縣竹南鎮科研路35號

35 Keyan Road, Zhunan, Miaoli County 350401, Taiwan

Tel: +886-37-206-166 Fax: +886-37-586-401

[www.nhri.edu.tw](http://www.nhri.edu.tw)

ISBN 978-626-7853-05-4



9 786267 853054