

人工智能的醫學應用與倫理考慮

潘志明

引言

人工智能（AI）近年來在各行各業中迅速崛起，在醫療科技領域的發展也不例外，從 pubmed 醫學文獻資料庫中搜尋有關人工智能的研究已經超過五萬份，涵蓋各臨床專科的診斷和治療、藥物研發、公共衛生政策、流行病學的預測等等。雖然大部份研究並未發展到應用階段，相信不久將來必定會有超越傳統醫學的革新轉變。本文將詳細探討人工智能在醫學科技中的應用，涵蓋其主要技術和應用範疇，並扼要討論人工智能在醫學科技的倫理考慮。

一、人工智能的學習基礎

人工智能的突破在於其強大的學習和計算能力，不單可以極速分析龐大數據，更可以從分析結果進一步建立模式，並繼續自我學習以改進模式。人工智能學習模型包括：

(a) 機器學習（machine learning, ML）與深度學習（deep learning, DL）

機器學習是人工智能的核心技術之一，能夠從數據中自我尋找並學習數據中隱含的模式並作出預測。在醫療領域，機器學習被用於分析龐大的醫療數據，如電子健康記錄、醫學影像和基因數據。深度學習是機器學習的一個子領域，利用神經網絡模仿人

腦進行分析。它在醫學影像分析中表現尤為出色，例如用於腫瘤檢測的放射學。

(b) 自然語言處理 (natural language processing, NLP)

NLP 技術專注於電腦與人類透過自然語言進行交互，包括理解、解釋和生成人類語言。NLP 涉及文本探勘、情緒分析、語音辨識和機器翻譯等多種技術。在醫療中 NLP 技術廣泛用於處理未結構化的定性數據 (qualitative)，例如醫生的醫療記錄、患者的病歷和研究文獻。以往處理這類數據必需依靠人手閱讀，然後輸入資料成為結構性的數據，才能作出統計分析。例如在醫療記錄上搜尋病人在手術後進食的進度，輸入相關的因素，建構數據庫，已消耗不少時間。現在 NLP 可以提取關鍵信息，並自動作出分析，大大增加科研的效率。

(c) 計算機視覺

計算機視覺技術能夠識別影像，並進行分割以獨立處理；或偵測特徵進行分類。應用在分析醫學影像，包括 X 光片、CT、MRI 和病理切片，有相當的準確性。尤其在罕見的疾病上，AI 接受預載的影像訓練後，如同醫生診症累積的經驗，幫助醫生提升診斷的準確性和效率。

(d) 強化學習 (reinforcement learning)

強化學習是一種模仿人類試錯學習的技術，實現反覆試驗學習並強化軟體。在醫療中主要用於開發個性化治療方案和機器人

輔助手術，例如預測病人對藥物治療的反應，而無需臨床試藥，大大加快制定治療方案效率。

二、人工智能在醫學診斷上的應用

人工智能應用在多個醫學專科，幫助醫生提高診斷的準確度，減少人為錯誤，增加效率，醫生能夠將省卻的時間關顧病人心靈上的照護。以下是一些應用在專科診斷的例子：

(a) 放射學

人工智能可以分析醫學影像，輔助診斷腫瘤、骨折和肺炎等疾病。例如，深度學習模型可用於識別乳腺 X 光片中的早期癌症病變，其準確率已接近甚至超越經驗豐富的放射科醫生。在香港，醫院管理局已採用人工智能系統閱讀肺部 X 光片和腦部電腦掃描，將有可疑的發現標籤，幫助醫生作出臨床決定。人工智能也應用在內窺鏡診斷，包括胃鏡和大腸鏡。系統能識別腸胃瘰肉，實時提醒醫生處理。中文大學最新研究結果顯示，初學內窺鏡的醫生在使用人工智能導航系統後，能夠增加瘰肉偵測率達百分之四十。然而，現時人工智能的位置仍然是輔助而不是取替醫生作出診斷，始終人工智能敏感度較高，完全依賴人工智能報告會產生大量不必要的進一步檢查，需要醫生去理解人工智能的發現，作出恰當的臨床判斷。

(b) 心血管疾病

人工智能學習系統可以從心電圖（ECG）、超聲波和血液測試結果中分析數據，預測心血管疾病的風險。2021 年『循環』醫

學期刊發表了一篇人工智能深度神經聯網經過訓練的成果，能夠預測未來因心房纖維性顫動引致中風的病人，準確度達六成以上。將來如果發展到臨床應用，便可以使用人工智能系統作篩查，確認高危病人，及時轉介專科醫生治理。

(c) 皮膚病診斷

基於圖像的人工智能系統能快速識別皮膚病，例如黑色素瘤。2018 年『腫瘤學年鑑』發表了一篇研究報告，主題相當吸引，就是將五十八位皮膚科專家和人工智能深度學習系統作出對比，觀察在黑色素瘤診斷的準確度。結果發現雙方準確性相當，而人工智能判斷不屬於黑色素瘤的準確度甚至比皮膚科醫生更高。人工智能系統更可以向醫生建議治療選擇，作為參考用途。現時皮膚科專科輪候時間數以年計，難免耽誤病情。將來人工智能視像系統若能夠普及化，應用在皮膚病變的診斷，幫助普通科醫生確認患上黑色素瘤的病人，發展快速臨床路徑約見專科醫生，病人便可避免延遲醫治。更進一步發展成手機應用程式的話，病人可以自行為皮膚病變拍照，利用程式自行斷症並自動啟動快速臨床路徑約見專科，成為一站式處理模式。

(d) 微生物學

治療血液受細菌感染的危殆病人，醫生需要抽取血液樣本，微生物學家在顯微鏡下觀察，確認細菌種類，才能使用針對性的抗生素。這個程序是全靠人手操作，要花不少時間，意味病人要等候分析報告才可使用針對性藥物取代經驗性療法。美國哈佛大學醫學院在 2018 年便發表了一項研究，訓練人工智能自動辨認細菌種類。經過超過十萬張血液抹片學習後，人工智能有能力正確

辨認細菌種類達 98%，如將來發展到臨床應用，便可大大縮短診斷時間，病人可以更早得到針對性的抗生素治療，增加成功救治的機會。

(e) 基因醫學

人工智能和基因型分析的融合在疾病監測、預測和個人化醫療領域具有龐大的前景。今天的遺傳疾病十分複雜，遠遠超出單一基因，涉及多個基因及變異，要準確預測患有遺傳病的組別困難重重。以自閉症為例，近期研究發現 80% 自閉症涉及多個遺傳基因問題，但傳統模型預測自閉症並不可靠。美國哈佛大學醫學院在 2021 年發表一項研究，利用人工智能學習超過十五萬與自閉症有關的常見基因變異，並從中挑選一百個最重要的基因變異，建構一個預測模型，其預測自閉症的準確度達 88%，與傳統篩查工具比較，準確度增加 13%。可見人工智能處理繁複的基因資料的優勢，加上不斷自我學習改進預測模型，尤如醫生累積診症經驗，不斷增加準確度。

(f) 流行病學

人工智能對公共健康的影響同樣深遠，特別是在流行病監測和應對中，處理大量數據，建構預測模型。在新冠疫情其間，便應用到人工智能作出疫情估算，通過分析氣象、人口流動和醫療數據，預測疾病的爆發趨勢，追蹤感染者，制定防控策略。在疫苗開發方面，人工智能幫助研究者快速識別病毒的關鍵蛋白質靶點，加速疫苗研發。

(g) 公共健康

人工智能的分析和學習能力可以幫助公共健康管理，應用於建構及改進預測分析模型，釐定和引導健康指標，處理過去和現在的數據，以預測高危病人，例如患上慢性疾病的風險、病人出院後再次入院的風險等等，從而及早預防，改善病人治病效果，減低醫療開支。傳統預測模型依靠人手觀察數據，揀選有聯繫的因素作進一步分析，難免會忽略不顯明的因素。人工智能夠作仔細觀察計算及選取所有有關連的因素，自動生產公共衛生健康指標，從而改進現有的預測模型。

三、人工智能在治療上的應用

個人化治療（Personalised treatment），也稱為精準醫療（Precision medicine）或個人化醫療（Personalised medicine），是一種根據個別病人的獨特特徵（如遺傳、環境、生活方式和生物標記）度身訂造治療方案。這種個人化的方法透過提供更有效、高效和安全的針對性措施來改善患者的治療結果。人工智能強大的數據處理能力在精準醫療中具有獨特優勢，透過分析基因組數據和患者的病史，可以迅速幫助醫生制定個人化治療方案，尤其在癌症治療和藥物研發方面，能夠大大縮短試藥階段和臨床實驗的時間。以下是一些人工智能應用在個人化治療的例子：

(a) 癌症治療

治療癌症的藥物研發往往以整體組別的反應為基礎，未能就個別病人對藥物的反應和副作用給予建議。只有在試藥階段觀察個別病人的進展才能作出相應的調整。例如有藥物甲和乙，而大

部份病人使用藥物甲會得到更佳效果，於是所有病人一開始都會使用藥物甲作為一線治療。在治療一段時間通常三個月後，如果病情沒有治療效果，便會轉用藥物乙。人工智能可以針對個別患者腫瘤的基因特徵和過往病史預先作出分析，推薦最適合的靶向藥物，無需經歷試藥階段，開始治療便選好藥物甲或乙，省回三個月時間，需知道治療癌症分秒必爭，個人化的治療方案肯定比傳統治療更有效增加病人治癒的機會。美國喬治亞理工學院在 2018 年發表一項關於《使用人工智能機器學習預測癌症病人對化療藥物的反應》的研究，分析 175 位病人基因模組，製定個人化治療方案，建議最佳的化療藥物，成功率超過 80%，對未來普及化人工智能參與臨床決定治療方案非常鼓舞。

(b) 藥物劑量調較和監測

利用人工智能不但可以預測藥物選擇，還可預測最恰當的劑量。治療慢性疾病的藥物劑量是最個人化的，在不同體重、不同狀態、不同生活習慣下使用的劑量也要作出調較，特別是薄血藥、化療藥、降血壓藥、糖尿藥等等。新加坡國立大學在 2020 年發表了一個人工智能系統 CURATE.AI，能夠分析並提供個人化的藥物劑量。初步成果非常正面，以薄血藥為例，使用預測劑量後，84%的病人在第五天的薄血指數都在理想範圍內，甚至比醫生估量的更準確。現時各項有關 CURATE.AI 系統的應用研究還在進行中，尚未在實際臨床應用。

藥物使用需要不斷監控，病人本身體質有所變化，又或者患上新的病症需要服用多種藥物時，藥物與藥物之間相互影響，所需劑量也隨之而改變。美國疾病控制及預防中心數據顯示，超過 10% 人口服用多於五種藥物，20% 老人服用多於十種藥物。依靠人

手偵測藥物交互作用非常費時，人工智能利用深層學習，從已知的藥物交互作用資料庫建構一個預測模式；更進一步可以從已有資料發展出一個能夠預測未知的藥物交互作用的模型，對藥物研發有很大幫助。

(c) 藥物研發

藥物研發通常需要十年以上的時間和數十億美元的投資，加入人工智能可以大大縮短了這一過程。例如在處方設計方面，人工智能可以分析疾病機理和藥物結構，生成新藥候選化合物。例如，Google DeepMind 的 AlphaFold 技術預測蛋白質結構，對藥物設計產生了革命性影響。透過藥物代謝和排泄的計算，人工智能可以作出劑量預測和安全標準，以及藥物交互作用的影響。在臨床試驗階段，人工智能可以通過分析患者數據，幫助研究者選擇最合適的試驗對象，提高臨床試驗的成功率。此外，人工智能還能監控試驗過程，及時調整方案，減少對試驗對象的負影響。然而，藥物代謝和排泄是一個複雜的過程，涉及多種酵素和化學路徑；不同年齡和不同基因變異也會有不同的酵素活動，代謝中介可以引發分子重整，要準確計算藥物動力學不能單單依靠藥物基本結構。再者，有些藥物動力學背後的基制仍然未能完全解釋，這些問題均會阻礙發展人工智能在藥物應用的預測模型。

(d) 遙距醫療

人工智能支持的遠程醫療平台能實時分析病人的健康數據，並提供診斷和治療建議，特別是在醫療資源不足的地區具有重要意義。使用人工智能技術生產的虛擬健康助理，可以實時模仿人類與病人對話、問症、作出診斷、在生活模式上給予意見、提醒

病人服用藥物等。虛擬健康助理也可收集病人的健康數據進行實時監察。英國國民保健服務（NHS）已開始在智能電話應用程式中使用人工智能聊天機器人，為市民提供保健意見。作為健康諮詢熱線以外的選擇，現時已有超過一百萬人使用人工智能聊天機器人，大大節省人手接聽諮詢電話的負擔。人工智能聊天機器人更可以應用到飲食建議、戒煙服務以及應知行為治療（CBT），提供健康教育，在前列腺癌和糖尿病的處理上，已取得初步成績。在人工智能聊天機器人普及化之前，要考慮的是大眾對它的接受程度。美國研究顯示，有六成病人對於醫護人員依賴人工智能提供治療感到憂慮，但就保健管理方面，八成病人表示願意接受人工智能聊天機器人提供的意見。對於一些敏感的範疇，例如精神問題、慢性疾病和末期病患照護，公眾仍然首選得到醫護人員人性化的照顧。

(e) 機械人輔助手術

自2000年進行第一宗使用機械臂手術系統（Da Vinci Surgical system）之後，至今已有一百七十一個國家安裝了機械臂手術系統，完成超過一千四百萬宗手術。機械人輔助手術比傳統手術更準確，避免不穩定的人手操作。人工智能能夠強化機械人的能力，讓外科醫生操作時得到力覺與觸覺的感力，猶如開刀手術觸摸到內臟感覺一樣，補足微創和機械人手術長久以來所缺乏的感知能力。人工智能甚至可以從手術片段中學習，將某些手術步驟自動化，在手術進行中實時辨認安全切面，提醒外科醫生避免誤損其他器官。

四、挑戰與局限

儘管人工智能在醫療中展現了巨大潛力，但仍面臨多重挑戰。醫療數據往往不完整或存在偏差，使用有問題的數據教育人工智能系統無可避免導致人工智能預測模型的結果不準確，自我學習的技術也無法修補原始數據的偏差。人工智能模型在處理複雜醫療場景時，仍可能出現誤判或性能不足，例如上文提及極度複雜的藥物交互作用。此外，醫療環境需要高容錯率，這對人工智能的穩定性和可靠性提出了極高要求。現時人工智能尚未可以完全自主運作，需要醫生的監督。作為輔助醫生的角色，人工智能無可否認能夠加快診斷的效率和準確性，在治療方案上提供建議，在醫治過程中給予更有效的監測和調控藥物。

五、應用人工智能的倫理考慮

人工智能應用於醫療涉及複雜的法律和倫理問題，包括病人私隱保障、誤差責任歸屬、算法偏見、數據共享、運作透明度、分配正義等。要妥善利用新的科技，服務所有人，無分國家、種族、貧富；也要防止技術濫用、歧視、損害人的尊嚴。要達到上述目標，必需堅守兩大倫理原則：

(a) 以人為本

《論教會在現代世界牧職憲章》強調，人是萬有的中心和高峰，萬物皆為人而創造。創世紀描述天主創造天地，預備好世界的秩序，最後才創造人，安置在樂園中間管理大地，反映人在萬事萬物中擁有最高的地位。「萬物」涵蓋科技範疇，包括人工智能技術，因此，人工智能是為人而發明，是為服務人，絕對不是

取代人，甚至操控人。有一電影橋段講述使用人工智能的預測模型，在嬰兒誕生的一刻，基因已被分析，給予一系列數據標籤，分類嬰兒是否優質，那方面發展更有效率，應該投放多少資源培育，被標籤為劣質嬰兒一開始已被摒棄在培育範圍之內。人工智能以相當程度的自主自我學習，建構預測模型，且無間斷的改進，電影橋段極有可能成為將來的事實，篩選優質人類，成為優生學的技術，產生歧視、不平等現象。在人工智能技術尚未成熟時，應及早規範人工智能的應用範疇，堅守「以人為本」的原則，讓科技為所有人類服務，拒絕優生學的陷阱。相反，被評為劣質的嬰兒更要投放更多資源培育，得到同等的機會發展自我。

(b) 維護人性尊嚴

在天主的所有創造中，只有「人」擁有天主的肖像，水中的生物、空中的飛鳥、地上各種爬蟲和野獸都沒有「人」的神聖性。因著天主分享的神聖性，人與生俱來便擁有不可侵犯的人性尊嚴。2024年教義部發表的《無限尊嚴》宣言稱之為「本體尊嚴」，是人領受的恩賜，且是完整的、不可剝奪的，有著無限的幅度。1987年信理部發出《有關尊重生命肇始及生殖尊嚴的指示》，闡釋科技研究有關倫理判斷的準則。文件重申人的統一完整性，包含肉身和精神兩方面，肉身不等於個人的整體價值，但在某程度上構成了生命的「基本價值」，因為其他的價值就是建基於肉身之上。因此，保護肉身的生命是維護人性尊嚴的基礎。

人工智能的預測模型已應用在分析基因診斷自閉症，早診斷、早治療是科技應用的初心。然而，借鑑唐氏綜合症的醫學歷史，產前診斷、及早毀滅，剝奪最基本的出生權利卻是殘酷現實。科學研究集中在改進科技的準確度，沒有理會診斷帶來的後

果。顯而易見，當人工智能技術漸趨成熟，甚至能夠在產前階段辨別胎兒患上自閉症的風險，高風險的胎兒極大可能被殺害。因此，人工智能的應用必需恪守絕對尊重人性尊嚴的原則，不容科技帶來殺害生命的結果。

人人皆有同樣的人性尊嚴，所有人類都應該得到人工智能帶來的果實，無分階級，實踐分配正義。以遙距治療為例，醫療不足的國家缺乏醫療人員和設備，比先進國家更需要得到技術的幫助，改善醫療照護質素。無條件與有需要的國家分享人工智能的技術成果是應該履行的道德責任，如同新冠疫情的時代，世界衛生組織發起疫苗分享計劃，推動疫苗生產商以平價出售疫苗，由有能力的國家承擔費用，免費贈送給有需要的國家，分配正義得以彰顯。

結語

人工智能正在以驚人的速度改變醫療科技，為病人和醫療系統帶來深遠的影響。雖然仍有挑戰需要克服，但人工智能在疾病診斷、個性化治療、藥物研發和健康管理等方面的應用已展現出巨大潛力。隨著技術的不斷進步和應用的深化，人工智能將成為未來醫療的重要支柱，推動全球醫療邁向更高的水平。同時，應用人工智能科技必需有一套健全的倫理守則，規範科技的應用，確保科技能夠服務所有人類，維護人的無限尊嚴。

參考資料

1. Alowais, S.A. *et al.* Revolutionizing healthcare: the role of artificial intelligence in clinical practice. *BMC Med Educ.* 2023; 23: 689
2. Raghunath S *et al.* Deep Neural Networks Can Predict New-Onset Atrial Fibrillation From the 12-Lead ECG and Help Identify Those at Risk of Atrial Fibrillation-Related Stroke. *Circulation.* 2021;143(13):1287-1298
3. Haenssle HA *et al.* Man against machine: diagnostic performance of a deep learning convolutional neural network for dermoscopic melanoma recognition in comparison to 58 dermatologists. *Ann Oncol.* 2018;29(8):1836-1842.
4. Smith KP, Kang AD, Kirby JE. Automated Interpretation of Blood Culture Gram Stains by Use of a Deep Convolutional Neural Network. *J Clin Microbiol.* 2018;56(3):e01521-17.
5. Wang H, Avillach P. Diagnostic Classification and Prognostic Prediction Using Common Genetic Variants in Autism Spectrum Disorder: Genotype-Based Deep Learning. *JMIR Med Inform.* 2021;9(4):e24754.
6. Huang *et al.* Machine learning predicts individual cancer patient responses to therapeutic drugs with high accuracy. *Sci Rep.* 2018;8(1):16444
7. Blasiak A, Khong J, Kee T. **CURATE.AI**: Optimizing Personalized Medicine with Artificial Intelligence. *SLAS Technol.* 2020;25(2):95-105
8. Lee, H. *et al.* Development of a system to support warfarin dose decisions using deep neural networks. 2021; *Sci Rep* 11, 14745
9. Han K *et al.* A review of approaches for Predicting Drug-Drug interactions based on machine learning. *Front Pharmacol.* 2022;12:814858
10. Tran TTV, Tayara H, Chong KT. Artificial Intelligence in Drug Metabolism and Excretion Prediction: Recent Advances, Challenges, and Future Perspectives. *Pharmaceutics.* 2023;15(4):1260
11. Knudsen JE, Ghaffar U, Ma R, Hung AJ. Clinical applications of artificial intelligence in robotic surgery. *J Robot Surg.* 2024;18(1):102
12. 教義部，〈無限尊嚴〉宣言（2024年3月25日）