



星球永續健康線上直播

時間旅行與預防醫學 (4)

時間悖論與幹細胞療法

2025 年 8 月 19 日

1998 年人類胚胎幹細胞(hESC)被發現、2006 年誘導性多能幹細胞 (iPSC) 技術成功發展醫療科學逐步推展運用細胞時間旅行於疾病治療與個人化精準醫學療法。本週我們將聚焦於時間悖論與個人化幹細胞療法，以及 iPSC 在細胞時間旅行與個人化藥物研發中的應用。這些發展不僅為再生醫療開啟新篇章，也為癌症與慢性病治療帶來突破性的契機。

星球健康新知

以色列近期在加薩的軍事行動引發國內外高度爭議。雖然總理納坦雅胡以摧毀哈瑪斯作為行動主要目的說服國內民眾接受並支持這項佔領計畫，在以色列國內，反戰聲浪卻持續升高。在國際層面美國對以色列展現強力支持，與歐洲的態度形成鮮明對比。歐盟部分國家與人權組織批評以色列的做法違反國際法與道德義務，認為其行動不利於巴勒斯坦未來建構自主與民主的政治體制。歐美立場分歧使國際社會對以色列的後續行動產生更多不確定性。近日以色列軍事襲擊造成包括半島電台記者在內死傷，引發全球關注與批評。雖然以色列聲稱這些記者涉及特定組織，但其犧牲在國際輿論中被視為人道議題以及戰爭對新聞自由與平民安全嚴峻挑戰。

美國近期在烏俄戰爭議題上展現強硬立場，對俄羅斯拒絕停戰表達強烈不滿，並透過關稅手段進行抵制。另一方面，美國也積極推動外交談判，試圖藉由雙邊及多邊會議尋找可能的和平契機。普丁在經濟上早已透過金磚國家建立戰略後援，對美國的壓力並非完全被動承受。為避免與美國全面對立此次與川普的會晤中仍展現一定程度的合作姿態。阿拉斯加談判被視東歐與全球爭端發展關鍵時刻，除了維護美國外交形象，也為後續俄烏和平談判發展重要關鍵。川普與普丁會面前也與歐洲領導人及烏克蘭總統澤倫斯基展開商議，期望能推動三方合作，為烏克蘭危機尋找突破。俄羅斯則重申，若烏克蘭



希望推動和平，必須承認既有的領土佔領事實，並放棄加入北約。這些要求對烏克蘭而言極具挑戰，最終妥協與否仍取決於美、俄、烏三方的談判結果。

中東核武問題再度引發國際高度關注。隨著以色列持續在區域局勢中扮演強勢角色，伊朗的核計畫進展成為焦點。過去美國與伊朗一度接近達成核協議，確保計畫公開透明，但最終談判仍破局，使得歐洲國家對伊朗的核活動更加審慎。伊朗堅稱其核計畫僅供民用，並非用於製造核武。然而，其拒絕國際原子能總署（IAEA）人員進入檢視的態度，卻讓外界質疑「此地無銀三百兩」。英、法、德三國認為，伊朗已違反《聯合全面行動計畫》（JCPOA），若持續不遵守 IAEA 的監管機制，將啟動制裁措施，以限制其核能發展。伊朗國防部長納西爾扎德與外交部長阿拉格奇則紛紛發表看法，試圖緩和國際疑慮，強調核能用途的和平性。但在國際社會眼中，中東局勢的任何失控，特別是伊朗若持續拒絕核查，都可能導致局勢升級。

蘇丹內戰已延續至第三年，戰火不僅造成國土持續分裂，也讓饑荒與人道危機急遽惡化。包括南蘇丹與西科多凡在內的多個地區，因蘊藏豐富石油資源，成為交戰雙方爭奪的要地。然而，長期的軍事衝突已使石油設施頻遭破壞，對能源供應造成嚴重衝擊。在內戰陰影下，蘇丹糧食供應陷入困境，甚至可能動用原本應用於畜牧的飼料充當食物。聯合國指出，蘇丹的人道情勢被忽視已久，與中東衝突及烏克蘭戰爭相比，蘇丹內戰正成為全球第三大需要高度關注的戰爭。首都喀土穆在戰火中化為廢墟，大量兒童因營養不足而陷入飢餓。人口流離失所，難民潮持續擴散至北蘇丹與南蘇丹之間，加劇了區域不穩定。外界憂心若衝突持續蔓延，戰火可能波及至埃及，進一步威脅與歐洲的連結。

美國政府上週宣布將美中貿易休戰延長 90 天，市場解讀此舉意在穩定亞洲經濟情勢，同時尋求在全球供應鏈與地緣政治間取得平衡。這項休戰安排，也被視為美國在俄烏戰爭等國際局勢之外，調整美中關係的重要一步。晶片科技領域美國允許半導體巨頭超微（AMD）與輝達（NVIDIA）在中國以 15% 銷售額換取美國出口許可，顯示出川普政府精準調整貿易策略。美國財政部長貝森特強調，這種模式未來可能擴大至其他產業，以維護國家利益並強化監管。不過，市場仍對美聯準會利率政策抱持觀望。雖然美國通



膨壓力已有所緩解，但近期市場不確定性升高，使得是否降息仍存在變數。

在全球核戰風險升高的背景下，科學界持續透過跨國研究與國際合作，推動《禁止核武器條約》(TPNW) 及核戰影響研究，期望降低核衝突發生的可能性並提升全球安全。目前已有 94 個國家簽署、73 個國家批准《禁止核武器條約》，但 9 個擁核國家仍未加入，凸顯制度落實的最大挑戰。聯合國亦正進行核戰後果研究，將於 2026 年前發布結合物理學與社會學的報告，分析核爆所帶來的輻射暴露、長期健康衝擊及可能引發的「核子冬天」(Nuclear winter)，其後果包括全球氣候災難、糧食短缺與深遠的經濟社會影響。科學家在核試驗監測、核彈頭檢驗及外太空軍事事務監控等領域發揮專業力量，但跨國合作仍有限。尤其在人工智慧快速發展的時代，如何避免假訊息擴散，並在風險溝通上建立新的科學框架，成為新世代面對核戰風險的核心挑戰。

廣島核爆今年為 80 周年，廣島經驗也引起世人對全球核爭端威脅之重視。1945 年 8 月 6 日，「小男孩」原子彈在廣島上空 600 公尺處引爆，瞬間釋放相當於 1.5 萬噸 TNT 的能量。爆炸當下溫度高達 3000 至 4000 度攝氏，半徑 1.5 公里範圍內物體瞬間氣化。當天就有 8 萬人喪生，年底累計死亡人數達到 14 萬人。倖存者成為核爆歷史見證。大岩孝平因病於核爆當日未去工作，並且位於比治山背風面而倖存。他親眼目睹許多受傷倒地的倖存者，災後搬運屍體，看到皮肉脫落慘況。長期以來他承受急性輻射後遺症與沉重的倖存者罪惡感，直到中年後才加入全國被爆者組織，開始向學生分享自己的經歷。作者自 2016 年起訪問了 51 名倖存者，記錄他們的口述歷史，希望後世永不再經歷核戰，保存見證以傳承教訓。

近年來 AI 使用變得非常普遍，尤其是 ChatGPT 自 2022 年 11 月推出後，短短數月間就被廣泛應用於論文撰寫與修飾。根據統計，電腦科學領域的使用比例最高，約 22.5%；其次是電機系統與工程科學；數學領域則約 7.7%。雖然在生醫、物理等領域比例較低，但各學科的使用率都有上升的趨勢。然而，AI 生成的內容可能包含錯誤或虛假資訊，影響科學專業與創意；若過度依賴，還可能導致研究內容趨於同質化，甚至形成大型語言模型訓練資料的惡性循環。因此，在論文寫作或研究應用時，AI 應被視為輔助工具，



而非唯一依據。

科學家觀察到貝類等生物能在潮濕環境中穩定附著，因而思考是否能從中找到可應用於醫療的新材料。研究團隊結合仿生學與 AI，分析附著蛋白的胺基酸序列，並透過機器學習進行建模與優化，最後設計出超黏性的水凝膠。實驗結果顯示，這種水凝膠能在動態潮濕的環境中長期穩定附著，甚至把玩具小鴨固定在海邊岩石上，經過潮汐與波浪衝擊仍然牢固不脫；植入老鼠皮下也展現良好的生物相容性。未來若能廣泛應用，將有助於手術止血、組織修復與傷口癒合，甚至推進再生醫療的發展。

量子科技在通訊、安全與藥物開發等領域具有極高的戰略價值，但是其強大的能量也可能被誤用，甚至演變為新的武器，所以需要建立健全的治理模式。目前的量子治理模式強調「早期介入」，並以國際標準作為基礎。第一步是制定全球一致的技術與品質規範，促進跨國之間的互通性與信任；第二步則是在標準基礎上引入具彈性的法規，既能兼顧創新發展，又能進行風險控管；第三步則是落實倫理與社會責任，確保量子科技的發展安全且可持續。最終目標是透過全球協作，建立一套兼顧創新、風險與責任的完整架構，讓量子科技能在各領域安全應用，並持續創造長遠的價值。

時間悖論與個人化幹細胞療法

Netflix 電影《See You Yesterday—轉動光陰》講述布魯克林高中生 CJ 與好友賽巴斯丁，為了參加科技展發明了時空旅行背包。她最初只是做實驗，想驗證是否能回到過去，結果真的成功穿越了一天，從 6 月 29 日回到 6 月 28 日。一開始的穿越只是惡作劇，CJ 回到前一天惡整前男友，卻意外造成他受傷。這看似微不足道的小事件，卻引發了一連串後續發展，成為故事的「蝴蝶效應」：小小的改變，就可能導致無法預測的重大後果。這段經歷既證明了她的發明確實能進行時空旅行，也為後來的悲劇埋下伏筆。

時間來到 7 月 4 日美國國慶日，CJ 的哥哥凱文·沃克不幸捲入槍擊事件。起因是一場雜貨店搶案，警方在追捕過程中與凱文相遇，因緊張情勢將他誤認為嫌犯。他未及時順從口令，最終遭到誤擊身亡，令家人與朋友深陷悲痛。CJ 想起自己研發的時空旅行背包，決心回到當天阻止悲劇。她與好友賽巴斯丁成功穿越，打算警告哥哥遠離現場，



但途中卻遭前男友賈里德糾纏而錯過關鍵時機，悲劇依然重演。這段情節正呼應 Novikov Self-Consistency Principle (時間自洽原理)：即使回到過去，也無法改變已發生的結果，歷史會以某種方式自我修正，維持因果律不被打破。CJ 並不死心。她認為哥哥之所以遭遇槍擊，是因為當天雜貨店發生搶案，警方在追捕過程中才誤擊哥哥。於是，她與好友賽巴斯丁決定回到更早的時間點，試圖阻止雜貨店搶案發生。看似合理的計畫，卻在執行過程中出現意外。搶案發生時，過去的賽巴斯丁被誤擊身亡，導致現在的賽巴斯丁隨之消失。雖然哥哥因此得救，但好友卻犧牲了。CJ 不願接受這樣的結果，再度啟動時光旅行，企圖同時拯救哥哥與好友。她成功救下賽巴斯丁，但混亂哥哥為了保護眾人而遭槍擊身亡。這段情節展現了歷史事件的必然性：即使回到過去，雖然能改變部分細節，卻無法同時維持所有人存活。這部電影中，角色共進行了五次時間旅行，每一次都呈現出不同的時間旅行理論與後果。第一次僅是測試時光機器，卻因「蝴蝶效應」意外造成新的傷害，埋下後續悲劇的伏筆。第二次雖然試圖救下哥哥，但依舊未能避免警察誤擊事件，歷史重演。第三次雖然成功阻止了搶案，卻導致過去的賽巴斯丁中槍，進而使現在的賽巴斯丁消失。第四次，CJ 雖然救下好友，但哥哥仍舊為了保護眾人而犧牲，顯示出歷史事件發生必然性。最後一次的穿越，導演刻意沒有揭露結果，留給觀眾去思考。

細胞時間旅行療法可以從兩個重要發現來理解。在 1998 年，科學家自受精卵發展至囊胚的階段中，成功分離出人類胚胎幹細胞 (hESC)。這些細胞具備多能性，能分化為不同器官的體細胞，成為再生醫學的重要基礎。然而，隨著細胞逐漸成熟並喪失可逆性，要使已分化的細胞回到胚胎狀態極為困難。直到 2006 年，日本學者山中伸彌提出突破性研究，他利用患者皮膚或血液細胞，導入重編程因子 (OSKM)，使成熟細胞「逆轉時光」，回到誘導多能幹細胞 (iPSC) 的狀態。這彷彿讓細胞展開時間旅行，重新獲得分化多能性。此發現不僅為他贏得諾貝爾獎，更開啟了個人化再生醫療契機。

幹細胞的來源可分為兩大類。第一類是胚胎幹細胞，長期被保存於研究中，因其對心臟疾病與神經系統疾病的潛在治療價值而受到重視。但其取得涉及倫理爭議，應用範



圍受限。第二類則是成體幹細胞，經由重編程技術「青春化」後轉化為 iPSC。這類細胞能進一步分化成多種類型，例如骨髓間質幹細胞，應用於神經與心血管疾病；脂肪間質幹細胞，與生殖系統疾病及皮膚再生相關；臍帶間質幹細胞，則具有治療肺部疾病與免疫調節的潛力。

iPSC 技術的出現為再生醫學應用上與細胞療法 (cell-based therapy) 奠定基礎。患者的體細胞經由 OSKM 重編程後，可生成個人化的 iPSC，進一步透過基因修復與定向分化，轉化為專一性細胞，應用於疾病修復與再生醫療。此類自體療法已逐步成熟並進入臨床應用，但基因編輯與細胞分化的成功率仍需更多研究驗證。另一個關鍵方向是藉由 iPSC 建立專一性細胞與類器官，不僅能模擬疾病，還可進行藥物篩選與新藥開發。若結合數位雙胞胎技術，更能加速找到適合的候選藥物，推進個人化治療。這不僅拓展了再生醫療的可能，也為藥物研發與疾病模型建構開啟新局。

細胞時間旅行 iPSC 個人化藥物研發

iPSC 為個人化醫療帶來了全新契機。透過將患者體細胞重編程為 iPSC，研究者能獲得具有多向分化潛能的細胞。這些細胞可進一步修復基因後，分化成多種器官樣組織，模擬疾病狀態與正常組織。透過比較病變與健康器官模型，可辨識致病關鍵特徵，並建立可靠的疾病模型。這樣的系統能應用於藥物篩選與驗證，幫助挑選最適合患者的治療方案，降低臨床試驗失敗率，推動個人化治療。結合體內移植與微環境信號調控，iPSC 不僅能促進細胞成熟，更能加速精準醫療發展。iPSC 在藥物研發、疾病機制研究與基因修復療法上，都展現出高度潛力。iPSC 的應用核心在於如何將未分化細胞逐步導向成熟、具功能的特化細胞。這個過程可視為一場「細胞的時間旅行」，需要結合多種策略來模擬體內環境。首先，化學誘導能啟動分化路徑，而延長培養與活化時間則提供細胞成熟所需的訊號累積。另一方面，電氣或機械刺激能模擬生理條件，加速功能細胞形成。同時，貼附基質與三維立體培養可建立更接近組織的微環境，支持細胞的空間排列與交互作用。透過這些方法的整合，iPSC 得以加速定向分化，生成心肌、神經或肝臟等特化細胞。



iPSC 能分化為各種功能性細胞，其中神經元模型在藥物測試中特別重要。利用單一細胞膜片鉗技術，透過玻璃微電極與輔助電極精準測量神經元離子通道的電流變化。此技術能直接評估藥物分子對神經傳導的作用，例如影響突觸放電頻率或離子通道開閉狀態。藉由結合 iPSC 衍生的神經元，研究人員可以在患者特異性細胞上測試藥效與副作用，建立更貼近臨床的藥物評估模型。此方法大幅提升新藥篩選的精準度，尤其對於神經退化疾病、癲癇及精神疾病的治療研究具有價值。最終，這項應用不僅能降低傳統臨床試驗風險，也為個人化醫療與精準藥物開發提供關鍵工具。

目前在進階個人化精準醫療的應用中，利用患者體細胞重編程轉為 iPSC，再透過定向分化與創造良好培養環境，促使其成熟為特化細胞。接著，應用單細胞膜特性量測（如膜片鉗 APC 技術），可進行藥物篩選與藥理特性分析，篩選出安全有效且可修正患者致病機轉的個人化藥物。此過程不僅實現細胞層級的再生醫學，也推進個人化藥物開發，成為目前積極發展的方向。

iPSC 個人化藥物研發持續推進，透過將病人體細胞重編程為誘導性多能幹細胞，利用環境刺激與共同培養分化為特定成熟細胞，進行個別病患藥物反應的篩選與藥理安全性分析。利用膜片鉗 APC 技術可進行單一細胞膜特性量測，已廣泛應用於新藥開發及再生醫學領域。在新藥上市前，透過分化後的人類心肌細胞測試是否影響 hERG 通道，有助於預測是否引發心律不整風險；亦可應用於罕見遺傳疾病，透過模擬特定離子通道異常，配合自動化平台進行多種化合物功能測試，提升藥物研發效率與精準性。

以 iPSC 為基礎的新藥開發平台，正在革新個人化醫療與藥物評估方式。傳統需仰賴大規模臨床隨機試驗的開發流程，現可透過 iPSC 技術以病患細胞快速評估藥物療效與安全性，顯著降低成本並提升效率，對製藥產業而言亦是重大的商機。在新藥心臟毒性評估方面，可使用 iPSC 分化為人類心肌細胞，結合自動化膜電位與離子通道量測技術，評估藥物是否影響心律關鍵通道如 hERG，降低上市前誘發心律不整之風險。相比傳統動物實驗，更能貼近人類反應，提升藥物安全性。在罕見遺傳疾病如 SMA 的個人化藥物開發方面，則可由病人 iPSC 衍生神經細胞，量測其離子通道異常。以 SMA 為



例，患者神經細胞具鈣離子通道活性異常，經 SMN-C3 處理後，電流振幅與半活化電壓 $V_{1/2}$ 可部分恢復至對照水準，顯示療效。同時，該化合物未改變電壓活化閾值，避免產生過敏性放電等副作用，具備良好安全性。此 iPSC 平台亦可克服樣本數限制，快速篩選個別有效且安全之藥物，為未來個人化醫療與精準治療鋪路。

以上內容將在 2025 年 8 月 19 日(二) 10:00 am 以線上直播方式與媒體朋友、全球民眾及專業人士共享。歡迎各位舊雨新知透過 [星球永續健康網站專頁](#) 觀賞直播！

- 星球永續健康網站網頁連結: <https://www.realscience.top/7>
- Youtube 影片連結: <https://reurl.cc/o7br93>
- 漢聲廣播電台連結: <https://reurl.cc/nojdev>
- 不只是科技: <https://reurl.cc/A6EXxZ>



講者：

陳秀熙教授/英國劍橋大學博士、許辰陽醫師、陳立昇教授、嚴明芳教授、林庭瑀博士

聯絡人：

林庭瑀博士 電話: (02)33668033 E-mail: happy82526@gmail.com

劉秋燕 電話: (02)33668033 E-mail: r11847030@ntu.edu.tw