



星球永續健康線上直播

時間旅行與預防醫學 (1)

時間悖論與基因編輯

2025 年 8 月 5 日

在科技日新月異的今日，人類正逐步解鎖時間與基因的奧秘。如同時空旅行改變歷史創造未來一般運用基因編輯技術精準編輯生命藍圖預防疾病發生。這些議題已逐漸走入醫學與倫理的核心討論。本週我們將深入探討時間悖論與基因編輯，以及乳癌基因編輯治療所引發的時間悖論思辨，反思科技進展背後所帶來的哲學與倫理挑戰。

星球健康新知

俄羅斯近日發生規模 8.8 的強震，震央位於堪察加半島並引發海嘯，震災威脅擴及鄰近地區。地震不僅與海嘯密切相關，也引發克柳切夫火山活動。日本第一時間發布海嘯預警，展現其觀測與應用 AI 防災系統的快速反應。而台灣作為歐亞板塊與太平洋板塊的交界地區，應強化 AI 預警與防災機制應對潛在威脅。

中東當前局勢漸趨明朗，美國與以色列主張徹底剷除哈瑪斯，重建加薩，但英法等國則支持巴勒斯坦成立新的國家，並強調人道救援為首要任務，凸顯西方國家對於中東政策的分歧。挪威與美國對俄羅斯漁業實施限制，引發俄方不滿。同時，美國透過關稅方式介入烏俄戰爭，但是俄方並未明確回應。這可能是因為俄國背後有金磚國家的支持下可抗衡美國所帶來的壓力，而川普對於烏克蘭之後的政策，則成為外界觀察的戰略重點。

美國總統川普與歐盟領袖馮德萊恩達成新貿易協議，將原定歐洲輸美商品統一進口稅率由 30% 降為 15%，以換取市場穩定暫解危機。但關鍵產業無保障，自由貿易秩序再次受挫，其中，歐洲汽車輸美關稅提高至 15%，將對電動車產業布局策略產生深遠影響。此前美國對全世界貿易關稅尚未超過 10%，為順應高科技製造業回流美國政策，此次川普對於各國實施的精準關稅，被視為自二戰時起以來的高額關稅，相對以往產生顛覆性印象，勢必在未來對供應鏈造成變動。協議暫緩衝突卻引發歐盟內部分歧，法國稱其為



「最黑暗的一天」，批評貿易協議不對等。德國與義大利雖支持，亦坦言對出口構成打擊。

泰國-柬埔寨爆發十多年來最嚴重戰鬥造成至少 35 人死亡，超過 27 萬人流離，川普威脅除非停止戰爭否則將停止兩國所有關於降低美國關稅談判，泰國及柬埔寨在美共同參與下於馬來西亞達成停火協議。而在數小時後，泰國軍方指責柬埔寨違反協議對泰國境內多處發動武裝襲擊，但停火協議仍然有效。

美國和中國積極籌畫貿易談判，於斯德哥爾摩舉行五個多小時會談，以解決長期存在經濟爭端並將休戰協議延長三個月，此次延期將有助於川普及中國國家主席習近平在十月底或十一月初進行會晤的規劃。目前中國輸美關稅落在 30%，中國如何在接下來 AI 計畫中取得優勢仍待雙方商確。隨著美中貿易的談判的進行，台灣總統賴清德延後原定訪美行程。就目前情勢，台灣與美國對等關稅無法取得相關商談進展，但仍保有一定彈性。

美國正準備實施精準關稅政策，美國此舉旨在督促貿易對象調整其關稅結構。目前巴西、英國及部分未列名國家適用最低的 10% 關稅。有 27 個國家則適用 15% 的稅率。孟加拉、斯里蘭卡、台灣和越南四個國家則被美國課徵 20% 的關稅。此外有七個國家實施 30% 以上的高稅率，美國對各國課徵約平均 18.8% 的稅率，此舉將對全球貿易版圖產生重大影響。。

美國於 2025 年發布《AI 行動計畫》，以鬆綁監管、加速基礎建設與推動 AI 輸出為核心，強調國家安全、產業競爭力與意識形態中立，透過行政命令快速落實政策。相較之下，歐盟自 2024 年起施行《AI 法案》，為全球首部全面性 AI 法規，採高風險分級管理與嚴格合規審查，重視基本權利、透明性與倫理治理，對境內外業者皆具約束力。歐美兩套對於 AI 的政策呈現 AI 發展模式分歧。

全球於 8 月 1 日正式實施對等關稅策略，透過經濟力量與數位產業的發展，試圖達到對地緣政治的平衡與制衡效果。當前國際局勢中，東歐與中東的戰爭衝突不斷升溫，南亞地區也出現新一波衝突風險，加上部分國家持續擴張核武，使全球安全局勢更加複



雜。面對此種地緣不穩的格局，各大經濟體如美國、歐盟及亞洲國家，紛紛強化自身的貿易供應鏈韌性與數位產業佈局，特別聚焦於人工智慧產業、晶片供應與能源策略，並積極建構以真實世界資料（RWD）為基礎的資料中心與 AI 演算法體系。其中，全球對等關稅策略成為經貿對話的核心，目的在於讓來自不同國家的貨品享有公平的關稅待遇，並減少地緣政治對貿易秩序的干擾。

三氟乙酸（trifluoroacetic acid, TFA）是一種無法被自然分解的人造化學物質，被歸類為「永久性化學物質」（Persistent Chemical），目前已廣泛存在於全球的自然環境與生物體內。根據《Nature》期刊於 2025 年的報導，全球各地的 TFA 濃度在過去 40 年來持續大幅上升。例如，德國的樹木中 TFA 濃度增加了 5 到 10 倍，加拿大北極冰芯以及丹麥的地下水中也都出現類似的上升趨勢，顯示這種物質已逐步滲透至全球生態系統。TFA 的來源主要來自於工業用途，包括冷媒氣體的洩漏、農藥與藥物的化學分解過程，以及自 1950 年代即已被廣泛使用的麻醉氣體。尤其是隨著冷媒技術與化學品使用的演進，TFA 的環境殘留也愈加難以避免。在海洋中，科學家也偵測到大量的 TFA 沉積，但其成因目前仍不明朗。儘管部分工業界主張 TFA 在環境中可能為天然存在，但多數研究人員對此說法持高度懷疑態度，認為其主要仍是人為產物。面對 TFA 帶來的潛在風險，各國已開始著手採取不同程度的監管措施。

近期發佈之創新大型語言模型 Kimi K2 在多項標準化評估指標中，於程式生成、任務規劃、資訊整合與工具操作等面向，展現與 GPT-4.1 及 Claude Opus 4 相當之能力。其於多步推理與應用場景中之優勢，凸顯開放模型於語言理解與實用性間的平衡潛力，亦為中國本土大型語言模型邁向全球人工智慧研究舞台重要里程碑。

人工智慧對軍事決策鏈日益發展，錯假資訊在危機期間可能加速誤判與升級行為，形成核戰風險新態樣。儘管冷戰結束後核彈數量下降，但持核國家仍達 9 個、彈頭總數逾 12,000 枚，當前 AI 演算速度與虛假內容生成能力如 AI 幻覺等導致決策過程快速但不穩定。近年印巴邊境衝突中已見社群假訊息擾亂判斷前例，全球 AI 科學界呼籲建立跨國治理架構、資訊透明機制與軍事 AI 使用規範，以因應潛在災難性後果。



天文學家首度成功觀測到位於行星形成最早階段的原恆星 HOPS-315，距地球約 420 光年。該天體正釋放大量能量，將周圍物質高溫轉化為行星原材料，並噴出一氧化碳與一氧化矽等分子，為理解行星「時間零點」提供關鍵畫面。此觀測有助推進對行星形成與原恆星演化初期的理論建構，亦揭示恆星拋射流與周遭物質交互作用的動力學過程。

2023 年 11 月，美國重力波干涉儀首次偵測到兩個質量分別為 100 與 140 太陽質量的黑洞合併事件，形成重達 225 太陽質量的新黑洞，挑戰現行恆星演化理論對「質量空隙」範圍內恆星不應殘留黑洞之預測。該次觀測揭示宇宙中存在超出既有模型預期的黑洞形成路徑，將有助未來對高質量恆星末期動力學與黑洞族群演化機制之研究。

時間悖論與基因編輯

電影《超時空亞當計劃》的故事發生於 2050 年。主角亞當的妻子神秘失蹤，為了尋找妻子，亞當啟動時空跳躍，原本計畫返回 2018 年，那是他父親，一位飛行員兼科學家，發明時間旅行技術的關鍵年份。然而，由於操作失誤與機器故障，亞當意外降落在 2022 年。40 歲的他遇見了 12 歲的自己，形成時間雙胞胎，40 歲的亞當為了證明他們是同一人，特別指出下巴上的疤痕。亞當帶著年幼的自己一起搭乘時間機器，是因為該裝置具有生物辨識安全機制，只有特定基因的使用者才能啟動。亞當途中遭受攻擊受傷，中彈造成基因片段缺損，無法通過機器驗證。幸好 12 歲的小亞當擁有完整未受損的基因，可以解鎖並重新啟動機器的辨識系統與自動修復功能。

在時間旅行的過程中，大亞當對父親一直有誤解，認為父親因忙於發明時間旅行技術而忽略家庭，導致他童年充滿挫折，也讓他對母親深感同情，但是這卻與小亞當的情況相反。兩人在 2022 年的相遇與對談中，發現大亞當遺忘了部分童年記憶。時空旅行相遇中小亞當提醒他父親曾在後院為他買棒球機器，並非敷衍，而是出於他的請求。這段被遺忘的記憶經由小亞當的提醒得以修復，讓大亞當重新理解父親的用心。透過這段跨時空旅行的交流，兩人得以共同彌補對家庭的記憶裂痕，進而實現情感上的修復與和解。



在時空旅行中，想要「找回自己」，必須依靠專屬的基因。基因就像是個人的時空訊號，每個人的訊號都是獨一無二的，也因此多重宇宙或不同時空中，沒有相同基因的人無法彼此對應或辨識。在現實世界中，基因的重要性早已深入考古、人類學與人工智慧等領域。例如，近期結合 AI 技術的考古研究，包括甲骨文辨識與古文明重建，都是以基因與資訊為核心。

在另外一部《X 戰警》電影中，「哨兵機器人」是一種結合變形基因的致命武器，最初源自 1973 年魔形女瑞雯刺殺軍火商崔斯克博士，促使哨兵計畫啟動。該計畫以變種人 DNA 為基礎，打造出能模仿、進化並超越人類的機器人，最終反過來毀滅人類與變種人社會，導致 2023 年世界陷入災難。這樣的情節也在現實戰爭中引發聯想。俄烏戰爭期間，就有人思考是否應以機器人代替士兵投入戰場，減少人類傷亡。然而，電影中的哨兵計畫也提醒了人類當科技不受控制，甚至擁有操控 DNA 與形體變化的能力時，可能帶來無法挽回的後果。為了阻止這場災難，電影描述主角們回到 1973 年巴黎和會現場，希望改變歷史、終止哨兵機器人的誕生改變未來。雖然阻止魔形女受俘但崔斯克博士最後仍取得開發哨兵機器人關鍵 DNA。這也呼應了「Novikov 時間自洽原理」。這部電影反映了對科技應用的深層省思，若人類能掌握 DNA 與突變機制，是否應將其應用於健康與醫療，而非戰爭與毀滅？科技的發展若缺乏倫理指引，最終可能成為人類自掘墳墓的工具。

如果我們將每個人的基因視為一組獨特的「時空訊號」，那麼在時間旅行的概念下，是否有可能透過改變基因來改寫未來？就如同《X 戰警》中查爾斯試圖回到 1973 年，阻止哨兵計畫的啟動，從而避免災難的發生。這樣的思考帶出了基因編輯與時間旅行之間的哲學問題：若基因等同於不可變的時空訊號，那我們是否真的能透過基因編輯來改變命運？這正是所謂的「祖父悖論」在醫學上的體現——如果我們改變了基因，就等於改寫了時間線，那麼原本的因果是否還成立？現代基因編輯技術，特別是 CRISPR，確實讓我們有能力預先改寫未來的健康結果。從這個角度來看，基因編輯就像時間旅行者試圖回到過去避免某個災難。但這也意味著，我們可能會改變原本的「時空訊號」，未來



將不再能追溯到原來的自我。進一步而言，這也引發倫理上的挑戰：若我們真的能編輯基因來改變未來，那麼是否違反了演化的連續性？又是否會帶來社會文化上的疑慮與價值衝突？如同時間旅行挑戰因果律，基因編輯也正在挑戰我們對醫療倫理、個體認同與未來的基本想像。

基因編輯與時間旅行共同引發一個關鍵問題：當我們改變了個體的基因，也就等於改變了他的「時空訊號」。以電影《亞當計劃》為例，若 12 歲的亞當在當時就進行基因改造，那麼 40 歲的亞當回到過去時，還能否找到「原本的自己」？可能無法，因為那個自己已不再存在於相同的時空軌道上。這也導出一個哲學性的提問：未來人是否能創造過去人？還是說，經過基因編輯的後代，反過來重塑創造他們的前人？在這樣的「自我迴路」中，創造者與預測者的角色變得模糊，挑戰了我們對因果、身份與倫理責任的基本理解。因此，科技的進步不僅是「能否改變」，更應該問：「是否應該改變？」當 AI 已能預測未來健康風險，我們是否應該現在就介入、進行基因編輯？這構成一種「不可逆的時光機」一旦啟動，就可能改寫歷史一致性，動搖演化連續性與社會倫理的根基。以哨兵計畫為例，儘管人類能透過科技改變 DNA、製造隨時能變形的機器人，一旦失控，倫理與法律能否追得上？這正是我們在技術邊界與人類道德之間，必須正視的警訊。

醫療專業在這場討論中扮演關鍵角色。例如安潔莉娜·裘莉因帶有 BRCA1 基因突變，為預防乳癌毅然接受雙側乳房切除手術，將風險從 87% 降至 5%。但若當時已有安全成熟的基因編輯技術，她是否還需接受這麼重大的身體改變？還是能透過基因調控達到相同目的？反之，不做編輯就代表長期檢查與心理壓力，這也是另一種負擔。因此，醫療決策不只是科技上的選擇，更涉及倫理、心理、文化與社會的深層考量。最終回到一個問題：在悖論與未來之間，我們如何找到改變與不改變之間的平衡？這是基因編輯時代，醫療倫理必須面對的重大課題。在評估基因編輯的可行性與倫理性時，AI 的精準風險預測扮演關鍵角色。以 BRCA 基因突變為例，其對乳癌與卵巢癌的風險極高——BRCA1 的乳癌風險約為 60 - 65%，BRCA2 則為 45 - 50%。這也是為什麼安潔莉娜·裘莉選擇預防性乳房切除手術，來大幅降低罹癌風險。此外，BRCA1 突變與三陰性乳



癌（TNBC）高度相關，也顯著增加雙側乳癌的風險——即一側罹癌後，另一側的發病機率也升高。如果風險如此之高，那麼是否應該對攜帶 BRCA 突變的新生兒進行基因編輯，以預防未來乳癌的發生？這正是「應不應該改變」而非「能不能改變」的倫理核心。但若將基因編輯無限制推廣至風險極低的變異，是否會產生預期之外的後果？例如脫靶效應（off-target effect），引發未知風險。

BRCA 基因突變與乳癌的風險，讓我們面臨一個「時間旅行式」的抉擇：是選擇預防性手術來避免未來發病，還是採取基因編輯從源頭改變風險？這是一個極具哲學與醫學意義的議題。此時，我們也需回到家族病史來思考。家族中是否有人早發乳癌？死亡年齡是否偏低？這些資訊都將成為評估是否介入的重要依據。簡而言之，基因編輯已成為「時間悖論」下的重要討論核心：當我們無法真正穿越時空改變過去，是否可以透過科技預先改寫未來？在目前的醫學進展中，CRISPR-Cas9 技術正是實現這種可能性的具體工具。

乳癌基因編輯治療時間悖論

BRCA1 基因變異與乳癌高度相關，安潔莉娜·裘莉事件引起社會對家族性乳癌風險的關注。BRCA1 是乳癌致病基因中最重要的代表之一，若發生缺損，會大幅提高家族成員罹癌風險。現今超過七成乳癌患者可透過早期偵測與適當治療達到幾近百分之百的存活率，顯示大多數乳癌預後良好。但部分特殊乳癌類型，如由支持組織與乳腺變異所致者，常與基因缺損及幹細胞特性相關，偵測困難、擴散範圍廣，且無法施行乳房保留手術。這類癌症病灶往往一發現已呈現大範圍擴散，存活率明顯下降。存活曲線顯示，部分分析基因變異相關之乳癌類型存活率僅約 50%，這類乳癌常為三陰性乳癌，具幹細胞特性與侵略性，即使在現今醫療進步的情況下，預後仍不理想。

此外，BRCA1 基因缺損不僅影響乳癌風險，也會導致卵巢癌，甚至增加男性乳癌、胰臟癌等罕見癌症的風險。裘莉事件後，許多具家族病史者選擇預防性乳房及雙側卵巢切除。CRISPR-Cas9 這項基因編輯技術的出現，可能改變目前將大規模手術作為乳癌初段預防的傳統方式。根據長期科學研究，BRCA1 與 BRCA2 等基因的突變位置在每個



家族中具有特異性，且多集中在特定的狹窄區域內。透過 CRISPR-Cas9，我們可以找出這些特定的變異位點，針對目標基因序列進行修補。這項技術如同 DNA 修正帶，由一段導引序列精準結合於目標 DNA 上，進而啟動修復機制。CRISPR 系統中的 Cas9 為細菌酵素，可切除錯誤的 DNA，再將正確的基因序列取而代之。家族性乳癌基因變異多具有相近型態，可利用其特性設計專屬的修復模板進行個人化基因編輯療法。這項技術的應用有望讓過去需透過乳房或卵巢切除來降低癌症風險的女性，僅需透過基因層級的修正，達成相同的預防與治療目的。此一轉變可望成為醫學上的重大進展，尤其在個人化醫療快速發展的背景下更具臨床應用潛力。

CRISPR 基因編輯技術在乳癌與三陰性乳癌的應用上，現已迅速展開，涵蓋診斷與治療兩大面向。乳癌大多與家族性基因變異相關，因此透過家族資訊可辨識出多數個案。然而，仍有部分家族不具明顯遺傳特徵，這時便須透過偵測與精準定序來找出 DNA 變異點，而 CRISPR 具備的偵測與配對功能正好能達成此目的。在治療層面，CRISPR 技術可運用於修正已知基因變異，以及與免疫療法結合，強化身體的免疫與癌變細胞清除系統。此運用如同 X 戰警電影中「昔日未來」中哨兵計畫，不同之處在於，CRISPR 療法之哨兵是經由 CRISPR 強化後的免疫細胞，能主動偵測腫瘤變異，成為對抗癌症的前線力量。

CRISPR 基因編輯技術目前不僅用於修補正確的基因，更積極應用於免疫療法的強化上。特別是結合目前已臨床運用 CAR-T 治療，透過免疫細胞修改技術製造出強化哨兵，再打回體內以清除產生變異細胞。這項技術具有多重面向，最直接的是增強 T 細胞的活性，使其具備更強的抗腫瘤能力，另方面也可結合現有技術，賦予免疫細胞更強大的武器執行清除不正常細胞的功能。此外，也可透過工程設計或其他手段，直接達到降低腫瘤細胞生長的效果。因此，這樣的基因編輯與免疫強化技術，代表著乳癌治療策略上的重大進展。安潔莉娜·裘莉在接受乳房切除手術並完全恢復後，曾在《紐約時報》撰文，說明她為何毅然決然地選擇這項手術。裘莉來自有特殊遺傳背景的家族，其母僅活到 56 歲，只見過她第一個孩子出生便因癌症過世，後續的孫輩未能與其相見。裘莉



的孩子經歷祖母早逝與對母親步上相同路徑之憂慮提問讓她深受觸動下，選擇進行乳房切除手術，當時這是唯一可選的預防方式。然而在今日，科學的進步讓選擇不再受限。隨著基因編輯技術的出現，如今可針對有問題的基因進行精準修正，不僅能達到健康目的，也保留身體的完整性與性徵。

以上內容將在 2025 年 8 月 5 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