



星球永續健康線上直播

健康共生菌 (Microbiome)

塑膠微粒腸道共生菌腸肝軸代謝影響

2025 年 11 月 12 日

塑膠微粒遍佈於環境進入生態系統與人體，對代謝與免疫造成潛在威脅。近年研究顯示，塑膠微粒不僅會破壞腸道菌相平衡與黏膜屏障功能，也可能經由腸肝軸 (gut-liver axis) 引起代謝異常誘發慢性持續性發炎、脂質代謝失衡與肝臟損傷，形成腸肝代謝免疫惡性循環。本週我們將探討塑膠微粒—腸道共生菌相腸肝軸交互影響以及塑膠微粒—腸道共生菌腸肝軸代謝健康效應。

星球健康新知

烏克蘭國營能源公司 Centrenergo 表示，俄羅斯於 11 月 8 日發動大規模空襲，導致旗下所有火力發電廠停擺。先前已修復的設備再度被無人機與飛彈攻擊摧毀，完全無法供電。烏克蘭空軍指出，俄羅斯當晚共出動 458 架無人機與多枚飛彈，雖多數被攔截，仍造成嚴重破壞。多個城市出現緊急限電，顯示俄方持續試圖在冬季前削弱烏克蘭電力供應。盟國加速提供援助強化烏克蘭關鍵設施防衛能力。德國交付烏克蘭戰線更多美製「愛國者」防空系統，而英國加速提供「暴風之影」長程飛彈支援。不過美國川普政府暫停軍援並拒絕提供「戰斧」飛彈，顯示美歐之間出現分歧。儘管如此，北約仍維持協調供應，歐洲正成為主要支援力量。全球局勢出現明顯對立，一邊是烏克蘭與西方盟友強化防禦，另一邊是中國與俄羅斯深化合作、抗衡西方。中俄兩國加速拉近關係。習近平與俄羅斯總理米舒斯京會談，強調在能源、科技與金融領域加深合作，並共同應對外部壓力。美國制裁導致中國暫停部分俄油進口，中俄貿易下降，實際合作仍受限制。

美國前總統川普於南韓釜山訪問期間宣布，已指示美軍重新啟動核武測試程序，結束自 1992 年以來長達 33 年的核試中止狀態。此舉被外界普遍視為針對中國與俄羅斯的戰略訊號。川普表示，因俄中兩國持續進行相關武器測試，美國有必要在同等基礎上恢復測試，但未明確說明是否指進行核爆試驗或僅為核武載具測試。除北韓外，目前主



要核武國家已超過 25 年未進行核爆試驗。俄羅斯方面迅速回應。總統普丁在多場公開會議與談話中強調，面對美國可能恢復核試，俄方已要求相關部門研擬恢復核試的準備方案。普丁警告，若美方率先實施，俄羅斯將被迫採取對等反制行動。俄國國防高層也支持立即展開相關部署，認為若不及時行動，將喪失戰略主動權。俄方外交部已正式向華府要求說明，但美方暫未明確回應。與此同時，俄羅斯陸續公開多項新型核武系統，包括核動力巡弋飛彈「暴風雪」(Burevestnik) 與核動力水下載具「海神」(Poseidon)。普丁宣稱這些武器具備極長航程與高生存力，能突破現有防禦體系。國際觀察分析指出，這些武器更多屬於戰略嚇阻工具，象徵意義大於實戰用途。普丁此時強調核武能力主要為了在烏克蘭戰事陷入僵局之際維持戰略籌碼。俄軍持續高損耗、進展有限，促使克里姆林宮以提升核威懾來鞏固談判位置。川普近期對俄羅斯施加新制裁並取消原訂高層會晤，顯示美俄外交互動急速降溫，也推動俄方以高調軍事展示作為政治回應。國際社會則對美俄核試言論普遍感到憂慮。中國外交部呼籲美方遵守核試中止承諾，以維護全球戰略穩定。聯合國及多個國際組織亦警告，重啟核爆試驗恐削弱全球核不擴散體系，增加誤判與地緣政治風險。美國國會部分成員批評川普此舉可能引發新一輪核軍備競賽，並指出若美方真要恢復核爆試驗，至少需三年準備期。

美國川普政府近日正積極推動聯合國安全理事會決議，目標是在加薩地帶建立國際安全部隊 (International Security Force, ISF)，以執行美國斡旋的停火協議與戰後重建計畫。根據美國提交給安理會成員的決議草案，部隊將獲得為期至少兩年的授權，任期可延長至 2027 年底之後。Axios 報導指出，該文件被標註為「敏感但未分類」，內容賦予美國與參與國家廣泛的治理與安全權力，意圖在加薩建立一個過渡性秩序，以確保地區穩定並推動長期政治重建。根據草案內容，ISF 的職責包括維持加薩與以色列及埃及邊界安全、保護平民與人道走廊、訓練新的巴勒斯坦警察部隊、以及監督解除哈瑪斯與其他武裝組織的武裝行動。美方官員強調，這將是「執行性部隊 (enforcement force)」，而非傳統的「維和部隊 (peacekeeping force)」，並且有權在符合國際法與人道法原則下採取一切必要措施。軍將不直接駐紮於加薩，而是透過設於以色列南部的協調中心參與任



務規劃與指揮工作，目前該中心已有近四十個國家與國際組織派員參與。在治理架構方面，美國草案同時提出設立加薩和平理事會（Board of Peace），由川普總統本人出任主席。該理事會將作為過渡性管理機構，負責制定重建優先順序、籌募資金、並監督援助資源分配。理事會之下將成立一個由加薩本地專業技術官僚組成的臨時行政委員會，負責日常治理事務。待巴勒斯坦自治政府完成改革並經理事會批准後，這一治理架構將逐步交接權力。根據草案，所有人道援助將透過與理事會合作的機構發放，包括聯合國、紅十字會與紅新月會，而任何挪用或濫用援助的組織將被永久禁止參與。

土耳其與其他中東穆斯林國家在美國推動的「加薩國際安全部隊（International Security Force, ISF）」提案中，扮演了關鍵角色。這些國家的立場不僅涉及軍事參與與外交授權，也反映了對巴勒斯坦主權與外部勢力介入之間微妙平衡的深層關注。在土耳其方面，外交部長哈坎·費丹（Hakan Fidan）於伊斯坦堡主辦的多國會議中明確指出，未來加薩的治理必須由巴勒斯坦人主導，而非由外部勢力取代。費丹強調，任何安全部隊的建立都應以聯合國安理會正式授權為前提，否則土耳其不會派遣部隊參與。他同時表示，目前聯合國對於該部隊的授權仍在研擬中，各方尚未達成共識。這場在伊斯坦堡舉行的會議匯集了多個穆斯林國家代表，包括卡達、約旦、馬來西亞與沙烏地阿拉伯等，會中一致主張必須確保加薩的未來政治秩序不被美國或其他外部勢力主導。土耳其並提議成立一個「穆斯林聯絡小組」（Muslim Contact Group），以協調伊斯蘭合作組織（OIC）成員國的立場，避免穆斯林國家在 ISF 架構中被邊緣化，確保其行動被視為符合區域共識而非西方干預。土耳其近日亦對以色列總理尼坦雅胡及政府與軍方高層共 37 人發布涉嫌種族滅絕與危害人類罪的逮捕令，理由包括加薩民眾遭系統性攻擊及土耳其援建醫院遭轟炸。此舉顯示土耳其對中東局勢立場與意圖，以色列則斥為政治作秀。除了土耳其之外，其他穆斯林國家如印尼、亞塞拜然與埃及也在美國草案中被列為潛在參與者。中東與國際間穆斯林國家普遍表達了「有意參與但需具明確聯合國授權」的態度，並對美國主導的治理架構持保留意見。這些國家對解除哈瑪斯武裝的行動特別謹慎，擔心若國際部隊涉入武裝對抗，將導致與地方武裝派系的直接衝突，進而引發區域不穩。埃及



作為與加薩接壤的鄰國，則重申自身在邊界安全與難民管控方面的關鍵角色，並表達不希望任何國際部隊在西奈半島駐紮的立場。

美國若持續以保護主義政策面對中國電動車（PEV）崛起，將可能喪失創新動能與全球市場競爭力。作者 John Paul Helveston 認為，美國應以「戰略性合作」取代貿易壁壘，藉由技術授權、共同研發與直接投資（FDI）等方式，結合中國的製造規模與成本優勢，以及美國在基礎研究與軟體技術方面的強項。科學文章指出，中國在電動車產業的領先，源自長達 20 年的產業政策，包括強制技術轉移、電池企業補貼、地方上牌優惠與基礎設施建設，使 2024 年中國電動車銷量達 1,286 萬輛，占新車市場近半，而美國僅 156 萬輛。美國若繼續依賴高價車與關稅防線，恐成為「尾氣島」，被全球創新潮流孤立。美國可借鑑 1980 年代日企在美設廠的成功經驗，透過中國企業在美設廠帶來資金、技術與就業，促進知識交流與製程升級；並應調整《通膨削減法案》（IRA）及「外國關切實體」（FEOC）限制，允許安全審查下的中資投資，推動平衡的科技合作。美中合作不僅關乎產業競爭，更是氣候行動的關鍵。若美國封鎖中國技術，將延誤全球電動化轉型與創新進程。透過開放而審慎的合作，美國才能重振汽車產業、維持科技領先，並推動可持續交通的全球目標。美中若能從保護主義轉向合作，將開啟電動車產業新局。中國在成本與基礎設施上領先，美國則擁有研發與創新優勢。專家建議，美國應放寬對中企的技術審查，推動合資與聯合研發，強化供應鏈穩定。這種「合作競合」策略可望加速全球綠能轉型。

OpenAI 完成轉型為營利性業務後，與亞馬遜 AWS 合作擴大全球運算布局，並與微軟簽署長期協議，深化雲端與模型應用。Google 採垂直整合策略與微軟分庭抗禮，AI 三強之爭正式展開。隨著奧特曼領軍的重組完成，OpenAI 將成為全球 AI 生態系核心推手。OpenAI 在 10 月底正式完成轉型，從非營利組織改制為公共利益公司（Public Benefit Corporation, PBC）。這項轉型計畫獲得特拉華州檢察總長 Kathy Jennings 的批准，結束了美國特拉華州與加州兩地檢方對其治理架構的長期審查。新架構讓 OpenAI 能更容易籌集資金並從其人工智能技術中獲利，同時仍保留原非營利實體對企業的最終



控制權。根據新協議，微軟獲得約 27% 的股份，以公司當時五千億美元的估值計算，微軟的持股價值超過一千億美元。這不僅象徵著 OpenAI 與微軟長期合作關係的延續，也意味著 OpenAI 正式擺脫非營利身份，邁向完全商業化的階段。OpenAI 董事會主席 Bret Taylor 表示，新的公司架構讓非營利組織仍保有對營利實體的控制權，並為未來的 AGI（人工通用智能）發展建立了更直接的資金與資源管道。OpenAI 同時宣布，未來若公司認定已達成 AGI，該宣告將交由獨立專家小組進行外部驗證，避免由公司內部單方決定。這一制度設計被視為回應外界對 OpenAI 壟斷 AI 發展方向與治理透明度不足的批評。隨著重組完成，OpenAI 不僅在法律層面擺脫了原有框架，也在治理上引入更具透明性與公信力的機制。就在結構重整落幕後不久，OpenAI 於 11 月初再度震撼市場，宣布與 Amazon Web Services (AWS) 簽下價值高達 380 億美元的長期合作協議。根據協議內容，OpenAI 將立即開始使用 AWS 的雲端運算資源，部署數十萬張 NVIDIA GPU，並在未來數年內持續擴充運算能力。這是 OpenAI 首度與非微軟的雲端供應商合作，標誌著其逐步擺脫對 Microsoft Azure 的依賴。AWS 計算與機器學習副總裁 Dave Brown 表示，Amazon 將為 OpenAI 提供專屬的新運算容量，部分資源已可立即啟用，未來還會建設更多專屬資料中心支援 OpenAI 的模型訓練。這項消息公布後，Amazon 股價當日上漲 4%，創下歷史新高，兩日內累計漲幅達 14%，創下自 2022 年以來最佳表現。對 Amazon 而言，這不僅是商業上的重大勝利，更代表其在 AI 雲端市場對 Microsoft 與 Google 的戰略反擊。在這場雲端競爭中，Microsoft 與 OpenAI 的關係進入新的階段。雖然微軟不再是 OpenAI 的獨家雲端供應商，但雙方仍維持緊密合作，OpenAI 的部分運算任務仍在 Azure 上運行，同時微軟持有的股份也確保其在 OpenAI 的決策中仍有發言權。微軟將焦點轉向企業級 AI 工具與生產力應用，透過 Office、Windows、Copilot 等產品將生成式 AI 深入日常工作場景，鞏固其商業生態。OpenAI 的「多雲策略」讓它能同時使用 Azure、AWS，甚至 Google Cloud，以靈活分配資源、降低依賴風險，也象徵著它逐步建立起獨立於單一科技巨頭之外的營運能力。整體而言，OpenAI 的重組與新合作案揭示了 AI 產業權力版圖的重新分配。微軟主攻



AI 應用整合，將生成式 AI 融入企業與消費者日常；Google 則以 Gemini 模型為核心，強化搜尋與廣告生態的 AI 能力；Amazon 依託 AWS，則扮演「AI 背後的算力供應商」，掌握基礎運算與模型訓練的核心資源。而 OpenAI 則居於三者之間，既是微軟的技術夥伴、又是 Amazon 的高價客戶，同時仍以自身的 GPT 模型引領生成式 AI 的方向。這種「多向合作、多重依賴」的格局，使 OpenAI 成為整個產業的樞紐，但也讓外界對其未來產生疑問——當人工通用智能真正出現時，究竟誰能掌握它的方向？OpenAI 的轉型，既是科技創新的必然結果，也預示了未來人工智慧產業在資本、技術與倫理之間的拉鋸與再平衡。

受人工智慧相關企業估值偏高疑慮影響，上週美股主要指數回檔。科技與 AI 題材領跌。那斯達克上週跌約 3%，為四月全球市場動盪以來最弱表現。標普 500 本週下跌約 1.6%。市場拋售主要集中於 AI 鏈企業，包含微軟、輝達、AMD、Meta、甲骨文(Oracle)。輝達下跌約 7%，Oracle 與 AMD 下跌約 8.8%，Meta 與微軟下跌約 4%。合計市值本週蒸發超過 8,200 億美元。引起國際經濟對於 AI 經濟泡沫擔憂。從 1990 年到 2025 年，美國家庭資產中股票比重逐年攀升，尤其在 ChatGPT 問世後，AI 概念股大幅上漲，股市表現超越過去網路泡沫與金融危機時期。與 2020 年相比，2025 年 AI 相關企業市值占比從 39%增至 52%，資金集中於少數科技巨頭。一旦 AI 技術成效不如預期或市場修正，風險可能迅速放大，影響家庭財務與整體經濟，投資人需留意過度集中與波動風險。近兩百年來，新科技常引發投資熱潮與股市泡沫，隨後出現修正。以千禧年「網路泡沫」為例，指出當前人工智慧相關投資亦可能面臨相似風險。自 2022 年 ChatGPT 問世後，美國股市總值大幅上升，2025 年第二季標普 500 的市值已超過美國 GDP 的 175%。同一期間，半導體與 AI 企業的市值持續攀升，如 Nvidia 成為首家市值達 5 兆美元的公司，OpenAI 也傳出可能以 1 兆美元估值上市。與過去不同的是，今日一般家庭持股比例已顯著提高，使股市波動更容易影響民眾消費。估算顯示，若出現類似網路泡沫的股災，可能使美國消費支出下降約 2.9% GDP。此外，標普 500 的市值更高度集中於少數大型科技公司。2000 年前二十大企業佔比為 39%，其中多與網路興起相關；目前



前二十大企業市值佔比已達 52%，其中同樣有十一家深度投入 AI。若 AI 技術未能帶來預期報酬，這些大型企業及廣大投資人都將面臨更高的調整風險。

AI 技術的迅速發展正重新塑造勞動市場與社會結構，引發權力與資源分配的激烈討論。近期加州無人計程車推行，引來司機上街抗議，象徵被 AI 取代的不安情緒日益浮現。AI 發展不僅是科技競賽，更涉及資金、資源與決策權力的集中，若優勢掌握在少數企業與資本手中，可能擴大社會不平等、削弱勞工保障與社會流動性。經濟學者 Maximilian Kasy 的新書《The Means of Prediction》指出，當前社會對人工智慧的討論呈現兩極：一方是科技業者與投資者，大肆宣稱 AI 能解決人類問題並反對監管；另一方則是強調 AI 可能帶來巨大威脅的哲學家與機構，而這些言論背後同樣存在資金利益。兩方皆「有東西在販售」，造成外界認知混亂。Kasy 認為，要理解 AI 影響，必須先具備基礎的 AI 素養，特別是將 AI 視為「以最佳化目標為核心的自動化決策系統」，並思考「誰來決定這些系統的目標」。他強調 AI 的應用已影響招聘、內容推送與軍事決策，因此其發展牽涉權力分配與社會不平等，絕不能只交由企業決定。面對爭議，社會需兼顧創新與公平：建立透明與負責的 AI 治理框架、加強勞動轉型與再訓練、確保科技成果能普惠社會，而非加劇落差。AI 便利的背後，社會必須共同思考其代價，避免技術紅利集中、風險全民承擔，使 AI 成為推動共同福祉的力量。

研究顯示，網路職業形象並非中立：女性影像多集中於較年輕年齡層，男性則分布較廣且偏年長。當 AI 模型學習這些影像與文字資料時，會將文化中隱含的價值與刻板印象，使系統在推論與評分時偏好特定族群，例如對年長男性給予較高評價。一旦被用於履歷篩選、職涯評估或其他決策場景，就可能逐漸演變成結構性不平等，削弱公平競爭機會。AI 技術的發展因此必須搭配資料治理、審查與透明制度，避免無形歧視被技術強化，確保演算法支持社會公平而非複製偏見。

傳統機器人多以剛性材料為主，難以模擬人類肌肉的柔軟與細膩動作，而新型軟體機器人材料透過共振微氣泡嵌入柔性薄片，使其能像肌纖維般層級化收縮。當微氣泡接受特定頻率超音波照射時，會產生震盪與推動力，能針對不同區域精準調整彎曲、伸縮



與扭動。調整超音波頻率與功率即可控制肌肉協調度，讓人工肌肉展現自然動態與高靈活性。此技術不僅讓機器人更柔軟、更靈巧，未來更有望運用於無索醫療、精準微創手術、義肢、鰭型水下機器人與康復機器人等場域，使醫療與工程系統能模擬生物結構運動，提升安全與適應能力，成為機器人發展的重要突破。

2025 年 8 月，聯合國針對「全球塑膠污染防治條約」的第五輪談判在瑞士日內瓦破裂，談判各方未能就條約草案達成共識，導致原本預期將成為人類第一份限制塑膠污染的全球協定陷入危機。隨後，厄瓜多駐英大使、也是該談判主席的 Luis Vayas Valdivieso 宣布辭職，進一步削弱了外界對條約進展的信心。多國尚未確認具體承諾與執行方式，談判中也缺乏系統性科學證據與全球污染資料支持，造成決策基礎不足。尤其全球南方國家常被邊緣化，參與資源不足，恐加劇不平等。為加速進展，學界與政策專家建議：建立永久科學諮詢機制、引入普遍議約模式、提升透明與公民參與、強化信任與科學文化，並對低收入國家給予技術與財務支援，以避免決策由少數國家主導。儘英國樸茨茅斯大學研究者 Samuel Winton 強調，全球塑膠治理仍是不可或缺的任務。塑膠生產與流通構成跨國供應鏈，單一國家的政策措施如塑膠袋禁令，影響有限，透過全球協調、制度化合作，才能帶來實質成效。在目前談判破裂情境下，若無重大突破，塑膠條約恐難在 2025 年底前完成具體文本，而全球塑膠污染危機也面臨持續惡化威脅。

塑膠微粒-共生菌相腸肝軸交互影響

《塑膠啟示錄 Plastic People》是一部於 2024 年在加拿大製作的紀錄片，聚焦塑膠廢棄物對環境與人類健康的深層影響。影片以震撼的畫面呈現塑膠微粒早已滲透整個地球系統，從海底最深處到高山之巔，甚至在我們的飲食、水源與空氣中皆無所不在。與早期多著重於「塑膠難以分解、長期殘留環境」的紀錄片不同，《塑膠啟示錄》更進一步揭示了塑膠污染背後的不平等現象：許多高度使用塑膠的國家，並未承擔相應的回收與環境責任，導致所謂的「塑膠殖民」問題。影片同時指出，塑膠微粒已深入生態鏈與生物體內，連人類主要器官與胎盤中都能檢測到其存在，凸顯塑膠污染對全球健康與永續發展的潛在威脅，引發社會關注。紀錄片主持人 Ziya Tong 親身進行體內塑膠檢測實



驗，她取樣自身的食物、糞便、尿液與血液進行分析，結果在所有樣本中皆檢出多種塑膠纖維與碎片。她的血液中被發現多達 11 種與塑膠纖維相關的內分泌干擾化學物質。這些化學污染物具有與人體荷爾蒙相似的分子結構，如苯環與彈性環等，能干擾內分泌系統的正常功能。人體內分泌系統由腦下垂體（pituitary）所主導，調節全身的生理運作；然而，塑膠微粒中的化學物質可能模仿或阻斷荷爾蒙訊號，導致代謝與生殖功能失衡。影片指出，這些與塑膠相關的化學污染物已被證實可能與乳癌、攝護腺癌等疾病的上升有關，顯示塑膠不僅是環境問題，更是潛藏於日常生活中的健康威脅。面對塑膠污染帶來的環境與健康威脅，越來越多公民開始思考如何以行動促成改變。影片中提到，加拿大的小鎮貝菲爾德(Bayfield)成為北美首個全面禁止一次性塑膠製品的無塑社區。這項改變並非由政府自上而下推動，而是由當地居民自發組織、共同倡議，最終成功推動政策落實。貝菲爾德的經驗證明，當公民意識與社群行動結合時，即使是一個小鎮，也能引發全球效應。目前已有超過一千個城鎮受到啟發，加入無塑城市行列。這股由下而上的力量，展現出公民在永續行動中的關鍵角色。

微塑膠是近年來備受關注的新興環境議題。塑膠製品廣泛存在於我們的生活中，經過紫外線照射、機械磨損（如汽車輪胎磨耗）、以及生物降解作用後，會逐漸分解成尺寸更小的塑膠微粒。這些微粒原本多在 5 毫米以下，如今因奈米技術與環境作用，甚至可細化至 1 微米 (μm) 以下的奈米塑膠，幾乎肉眼無法察覺。塑膠微粒可經由多種途徑進入人體，包括食物、飲水與空氣吸入。肝臟作為人體最重要的代謝器官，一旦受到這些塑膠相關毒性物質的影響，便可能導致代謝能量失衡與氧化壓力上升，進而影響 ATP 的生成與細胞功能。能量代謝受阻將造成疲倦與代謝異常，長期下來還可能引發慢性發炎反應，增加多系統疾病風險。特別值得注意的是，近年台灣除傳統的 B 型與 C 型病毒性肝炎外，脂肪代謝型肝病（如非酒精性脂肪肝炎）也日益普遍。雖然目前尚無直接證據顯示塑膠微粒與此類肝病之間的因果關係，但研究顯示其干擾代謝與肝臟功能的潛在風險不容忽視。對於年輕世代而言，他們暴露於塑膠製品的機會遠高於過去世代，因此更需加強防護與研究監測。



當塑膠微粒進入腸道後，會造成腸道菌相失衡與黏膜屏障受損。這層屏障原本能防止有害物質進入血液系統，一旦破壞，腸道內的代謝產物與發炎訊號便會通過門靜脈傳導至肝臟，形成所謂的「腸肝軸 (gut-liver axis)」反應。在這過程中，次級膽汁酸、共生菌代謝物與微生物訊號分子發揮關鍵作用。當膽汁酸分泌與代謝調控出現異常，肝臟便可能因長期受到刺激而發炎，逐步演變為纖維化與慢性肝病。由於肝臟同時負責能量代謝與解毒功能，這樣的損傷會進一步加重全身代謝失衡。這樣的腸肝互動形成一個惡性循環：腸道菌相失衡導致肝臟發炎，而肝臟功能下降又削弱了膽汁酸與免疫球蛋白的調控能力，反過來使腸道屏障更脆弱。這種「腸道—肝臟」之間的雙向影響。

塑膠微粒會導致腸道菌相與功能失衡。從解剖學角度來看，腸道上皮細胞在長期暴露下容易脫落，黏液分泌過度，杯狀細胞數量也明顯減少。這些變化削弱了腸道的防禦屏障，使致病菌更容易入侵並引發發炎反應。值得注意的是，微塑膠常被視為細菌與病毒的「載體」，同時也是抗生素的攜帶者。這些特性讓塑膠微粒成為微生物傳播與基因交換的重要媒介。一旦腸道屏障受損，病原菌侵入體內後會釋放脂多醣 (LPS) 等毒素，進一步造成腸道菌相的嚴重失衡，致病菌增加、益生菌減少。

塑膠微粒的毒性效應與全身性代謝失調密切相關，其核心機制透過「腸肝軸」所產生的連鎖反應。塑膠微粒可經由呼吸道吸入、飲食攝入以及皮膚接觸吸收三大途徑進入人體，進而引發多系統的代謝與免疫反應。一旦進入消化系統，腸道菌相平衡與黏膜屏障結構會被破壞，造成「腸漏現象」，使細菌與毒素能穿越腸壁進入血液循環。當這些物質經由肝門靜脈傳送至肝臟時，便會刺激肝細胞產生免疫與代謝反應。若機體的免疫調節無法及時恢復平衡，腸肝軸的異常訊號將導致肝臟持續發炎。在肝細胞層面，塑膠微粒主要引發三項關鍵損傷：氧化壓力上升、脂質代謝異常與肝細胞受損。這些變化會使能量代謝紊亂、細胞功能下降，進而影響整體代謝穩定性。同時，腸道內的菌相失衡與膽汁酸代謝障礙，也會抑制巨噬細胞與 T 細胞的免疫調節功能，使防禦能力下降。當免疫失衡、細菌入侵後，這些腸源性分子便沿著腸肝軸進入肝臟，造成更嚴重的發炎與細胞損傷。



整個塑膠微粒對腸肝軸造成的惡性循環，正是透過這樣的機轉逐步形成。當塑膠微粒進入腸道後，會破壞緊密連結，使腸道屏障受損，導致微生物代謝物與膽汁酸相關的代謝產物異常，進一步損害巨噬細胞與免疫細胞的功能。這些腸源性分子與細菌隨著門靜脈進入肝臟，促使肝臟發炎並增加代謝負荷。長期的發炎會活化肝臟中的星狀細胞，使膠原蛋白沉積，進而導致肝纖維化與慢性肝病惡化。這與病毒性肝炎引起的病理過程類似，顯示微塑膠暴露可引發相似的肝臟傷害路徑。當肝臟受損後，膽汁酸與 IgA 的調控功能會減弱，使腸道菌相與屏障功能進一步惡化。此時，腸肝之間的雙向調節出現失能，導致「腸肝軸」進入惡性循環，腸道屏障愈發脆弱、菌相失衡加劇、肝臟發炎與纖維化持續惡化。

塑膠微粒攝入後對腸道菌相的影響，可從階段性變化、作用部位、主要變化與分子層面反應加以理解。過程涵蓋微粒進入體內的途徑、腸道微生物環境的改變、腸黏膜屏障的受損，以及訊號進入肝門靜脈的過程。塑膠微粒可經由食物、水或呼吸途徑進入體內。長期暴露將改變腸道微環境，導致益生菌減少、發炎相關菌種增加，同時使短鏈脂肪酸（乙酸、丙酸、丁酸）的生成比例改變，造成腸道代謝失衡與菌相紊亂。此變化影響腸上皮細胞的緊密連結蛋白，如 Claudin、Occludin、ZO-1。當這些蛋白表現下降時，腸道通透性上升，出現「腸漏」現象。腸漏發生後，代謝產物、細菌毒素及脂多醣(LPS)等物質可穿過腸壁進入血液，經由肝門靜脈輸送至肝臟。進入肝臟後，將增加肝臟的代謝與免疫負荷，特別是脂多醣與異常膽汁酸等分子，會促進肝臟免疫細胞活化與發炎反應上升。長期暴露使肝臟代謝與解毒功能受到壓力，最終導致腸道與肝臟間形成惡性循環，腸肝軸的調節能力逐漸喪失。

隨著塑膠微粒長期累積，其對肝臟免疫與代謝的影響逐漸顯現。首先，肝臟的免疫細胞與實質組織會產生異常反應，啟動發炎與代謝失衡機制。氧化壓力的上升是此過程的核心之一，而其主要來源為細胞內的粒線體。當粒線體受損，會導致活性氧(ROS)增加，進而造成脂質過氧化與能量產生下降，使 ATP 水平減少，能量代謝失衡。在這種長期氧化壓力下，肝臟的組織反應會逐漸惡化，肝星狀細胞被活化後開始促進膠原蛋白



沉積，導致肝纖維化與組織硬化。這些變化同時加重細胞壓力，促進慢性發炎反應，使肝臟的結構與功能進一步惡化。分子層面上，相關訊號通路包括 TLR4、NOD2、NF- κ B、TNF- α 及 IL-6 的活化，皆會促進發炎基因表現；同時，ROS 上升與 ATP 下降 是能量失衡的重要標誌；在組織反應階段， α -SMA 與 COL1A1 的表現增加，代表纖維化過程的進展。當肝臟持續受到發炎與代謝負荷的影響，其對腸道的調控回饋能力會顯著下降。膽汁酸與 IgA 的合成與調節能力隨之削弱，菌相失衡與腸道屏障惡化加劇，形成「腸肝雙向調節失能」的惡性循環。機轉顯示，塑膠微粒不僅對腸道生態造成破壞，亦可能透過腸肝軸對肝臟健康產生長期且深層的影響。

塑膠微粒-腸道共生菌腸肝軸代謝健康效應

最新研究指出，腸道與肝臟之間透過血液循環、代謝與免疫訊號形成「腸肝軸」。腸道環境的變化可直接影響肝臟功能；同時，肝臟會分泌膽汁酸調節腸道菌相，形成雙向調控。若腸道屏障受損，毒素與細菌可能經門靜脈進入肝臟，導致慢性發炎與代謝異常，揭示腸道健康對肝臟疾病防治的重要性。研究顯示，微塑膠可經由食入進入人體並累積於肝臟組織，濃度升高者更易出現肝炎與肝硬化。實驗證據指出，微塑膠暴露會引發肝細胞損傷、氧化壓力上升與脂質代謝異常，進而造成肝臟慢性疾病。這些發現揭示環境中微塑膠污染可能對人類肝臟健康構成潛在威脅。

塑膠微粒暴露改變腸道菌相與黏膜結構，降低屏障功能並引起免疫失衡，使細菌與毒素進入門靜脈系統。肝臟因而啟動免疫與代謝反應，導致發炎、脂質代謝紊亂與纖維化。這種腸肝軸的惡性循環，是評估慢性代謝性肝病與環境暴露風險時不可忽視的關鍵機制。近期實驗室與動物研究顯示塑膠微粒會透過多重路徑損害肝臟功能。主要機轉之一為提高氧化壓力，使活性氧（ROS）上升，導致細胞損傷並造成 ALT 與 AST 等肝功能指標酵素升高。再者，塑膠微粒會干擾膽汁酸與脂肪代謝酶的調控，造成脂質代謝紊亂，引發脂肪肝或脂肪肝變性。此外，肝細胞結構受破壞、發炎與凋亡，將導致組織病理與炎症分數顯著改變。

塑膠微粒會改變肝臟中間代謝物比例，導致能量利用途徑偏移，進一步干擾葡萄糖



代謝穩定。研究指出，塑膠微粒會促使脂質合成相關酶活性上升，使葡萄糖偏向脂肪酸生成路徑，造成肝臟脂質累積。同時，多種代謝酶表現受到抑制，使肝臟無法有效維持能量代謝平衡。此類干擾將導致葡萄糖調控蛋白表現下降，進一步加重葡萄糖原堆積與胰島素抵抗問題。最終將降低胰島素敏感性，升高第二型糖尿病風險，同時加劇乳酸通路壓力，增加肝臟代謝負荷。

塑膠微粒會使葡萄糖代謝相關調控蛋白 ChREBP 與 FGF21 表現下降，進而提高血中三酸甘油酯濃度。同時，脂肪酸運輸蛋白 FAT 與 FAT2 表現下調，使脂肪酸無法有效由血液進入肝臟。加上 ApoE 與 FABP6 合成減少，導致肝臟儲存與分配脂質的能力下降。這些改變會造成脂肪儲存異常，長期失衡更將引發脂肪營養不良、胰島素阻抗、血脂異常與脂肪肝等代謝性疾病。

塑膠微粒使 HK1 與丙酮酸激酶表現下降，導致果糖代謝異常與果糖堆積。菌群將其轉為醋酸回流肝臟，促進脂質生成負擔。同時，檸檬酸合成酶下降，影響 TCA 循環效率，使葡萄糖與脂質代謝失調。此外，PPAR 過度表現造成脂肪酸 β 氧化加劇，導致脂肪細胞分化增加與體脂堆積。更嚴重的是，DGAT 表現下調抑制三酸甘油酯合成，使肝臟能量緩衝功能下降，進而影響皮膚與腸道等屏障組織的完整性。

以上內容將在 2025 年 11 月 12 日(三) 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/>
- 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