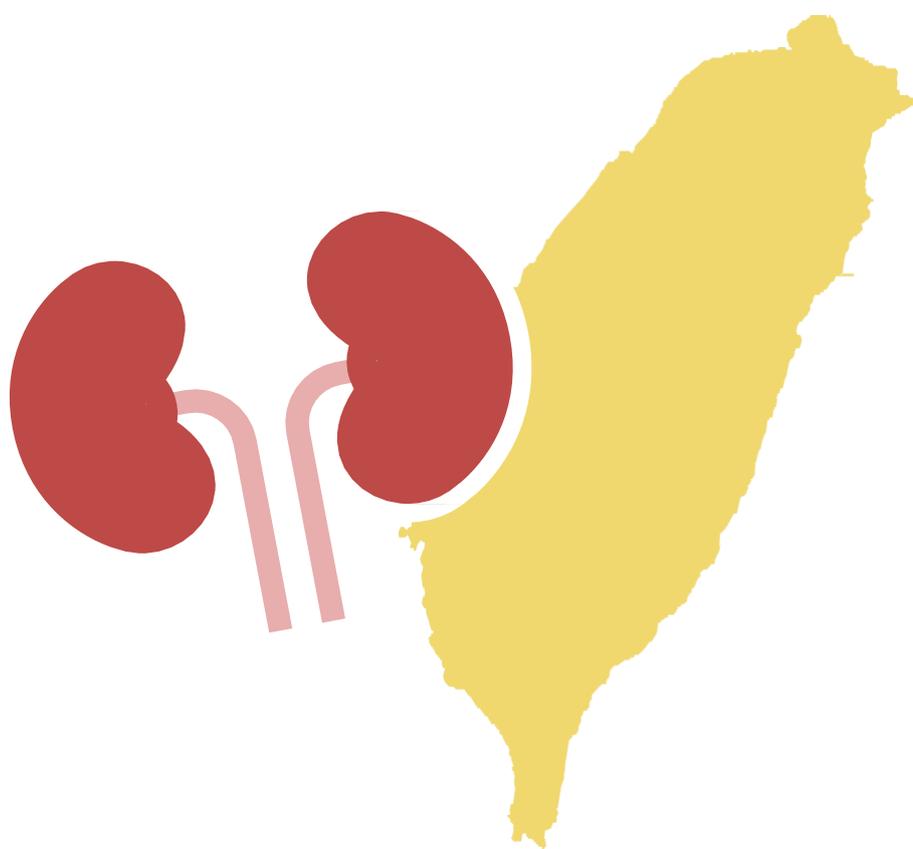


臺灣慢性腎臟病環境影響之 全面性評估

共同作者：台灣腎臟醫學會 (TSN)



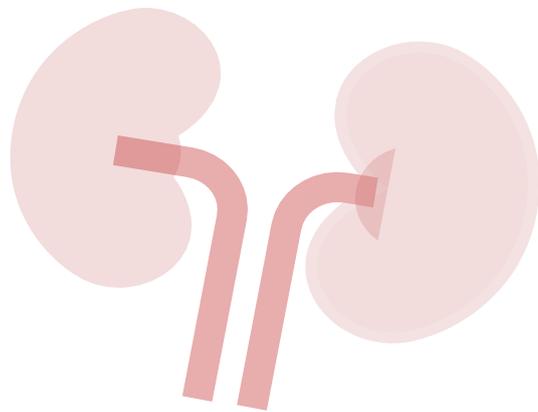
台灣腎臟醫學會
Taiwan Society of Nephrology

maverex

AstraZeneca 

目錄

致謝	1
摘要	2
前言	2
背景	3
研究方法	4
研究結果	7
討論	9
縮寫表/參考文獻	11



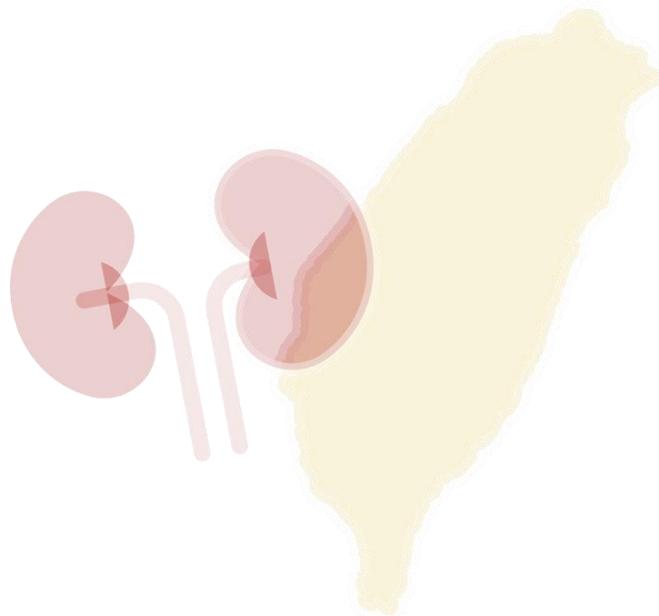
致謝

本文件由台灣腎臟醫學會 (Taiwan Society of Nephrology, TSN) 編撰。TSN 致力於推動臺灣腎臟醫學研究、提升臨床照護品質，並促進腎臟醫學之發展與臨床應用。本研究所使用之資料由 TSN 提供，特此向台灣腎臟醫學會吳麥斯榮譽理事長與臺北醫學大學附設醫院腎臟內科吳逸文主任表達誠摯的感謝。

Maverex 為一家專精於全球健康經濟與成果研究 (Health Economics and Outcomes Research) 及市場准入之顧問機構。

AstraZeneca 是一家以科學為基礎、以病患為核心的全球性製藥公司。本研究之經費由 AstraZeneca 提供。

免責聲明：本案例研究由台灣腎臟醫學會 (Taiwan Society of Nephrology, TSN) 所編撰。本報告所引用之生命週期評估 (Life Cycle Assessment, LCA) 數據及成果，由 Maverex 提供，其結果不代表 AstraZeneca 之保證。



摘要

慢性腎臟病 (Chronic kidney disease, CKD) 是一項全球性的公共衛生挑戰，而臺灣的透析發生率與盛行率皆為世界之最。儘管臺灣的全民健康保險 (National Health Insurance) 制度保障全民皆可獲得透析治療的權利，但也在無形中強化民眾對於治療的依賴，進而加重醫療資源與環境永續的負擔。血液透析 (Hemodialysis, HD) 作為末期腎臟病 (End-stage kidney disease, ESKD) 的主要治療方式，其耗費的資源極為龐大，導致水資源與能源過度消耗、溫室氣體 (Greenhouse gas) 排放，以及醫療廢棄物產生。雖然健保署推行的慢性腎臟病醫療給付改善方案 (pay-for-performance CKD program) 在降低 ESKD 發生率方面已取得一定成效，但在提升 CKD 早期偵測以及降低全國對透析依賴方面，仍面臨重大挑戰。

本篇討論聚焦臺灣急需透過早期篩檢與目標導向的預防策略來應對 CKD。政策驅動的措施，包含風險預測模型、擴大醫療保健計畫，以及針對高風險族群的重點篩檢，對於促進早期介入及優化醫療資源分配至關重要。此外，推動永續醫療保健政策也是減少長期腎臟病病患照護對環境影響的關鍵。透過跨部門的協作與整合，能在臺灣建立一個更具韌性、以病患為中心且兼顧環境責任的 CKD 管理體系，最終在提升病患照護成果的同時，確保長期的永續發展。

前言

CKD 一直是急迫的公共衛生議題，其盛行率在近數十年來持續提升，對全球慢性病管理帶來重大挑戰^{1,2}。此上升趨勢主要受到人口老化以及全球糖尿病與高血壓病例激增所驅使，而這兩者正是導致 CKD 發生與惡化的最重要風險因子³。

研究證據顯示，CKD 進展成 ESKD 與較高的併發症機率與死亡率相關⁴。同時，導致病患與照護者生活品質下降，並對醫療體系造成沉重的經濟負擔²。根據過往研究推估，臺灣每年針對已診斷之 CKD 及腎臟替代療法 (Kidney replacement therapy) 的醫療支出將增加約 19.7%，從 2022 年的新台幣 519.6 億元，到 2027 年將達至新台幣 621.8 億元²。

另一方面，隨著永續發展逐漸成為政策制定中的重要議題，醫療實踐對環境的影響也愈發受到關注。因此，大量的 CKD 病患以及其消耗的龐大醫療資源，值得我們深入檢視。除了頻繁就醫所造成的溫室氣體排放外，晚期 CKD 病患所需的透析治療因其高能源消耗的特性，對環境惡化也有顯著影響，其中包

含大量的能源與水資源消耗、溫室氣體排放，以及醫療廢棄物的產生。

為因應這些環環相扣的挑戰，需制定一套綜合性的策略，將氣候韌性、永續醫療實踐與政策倡議納入考量，以降低對環境的衝擊、提升國人健康，並確保病患能獲得高品質的腎臟照護⁵。此研究提倡透過主動性的早期篩檢來延緩 CKD 在初期階段的病程進展，並提出優化醫療資源配置的建議。透過聚焦上述重點領域，研究者期望能引導相關人員共同發展出更具永續性、高效率且具韌性的 CKD 照護模式，以促進臺灣腎臟照護體系的長期發展。

背景

臺灣的透析率位居全球前列，主要歸因於全民健康保險制度對透析治療提供全額給付。此政策雖大幅提升病患獲得腎臟替代療法的可近性，卻同時增加臨床工作負荷，並強化對透析的高度依賴⁶。隨著 CKD 盛行率持續上升，對透析治療的需求亦不斷增加，這對醫療資源造成巨大壓力，也對醫療體系的永續性帶來嚴峻挑戰⁷。

與此同時，隨著臺灣 CKD 病患不斷增加，CKD 照護對環境造成的負擔也日益顯著。自早期門診診療、因病情惡化而接受的急診治療、住院與加護醫療、透析治療，乃至腎臟移植，在照護歷程的各個階段都需要大量資源的投入，如就診過程中的能源使用（例如建築物的冷暖氣與照明、醫療設備運轉）、病患交通、藥品使用、醫療廢棄物與洗滌物的處理等。此過程亦涉及大量一次性耗材的使用，例如塑膠、棉花、橡膠、紙張與金屬，進而造成可觀的溫室氣體排放與環境惡化⁸。全球估計腎臟照護每年產生約 2,700 萬噸二氧化碳排放⁷。此外，在透析過程中，大量使用的一次性塑膠製品、透析器及導管，也產生大量的醫療廢棄物，進一步加劇腎臟替代療法對環境的衝擊⁹。

基於上述挑戰，臺灣迫切需要進行本土化研究，以量化 CKD 相關醫療使用所造成的環境衝擊，這項工作涵蓋繪製 CKD 照護流程圖，並辨識其中主要的環境影響因子。透過這些研究成果，期望能為建立更符合臺灣醫療體系的永續 CKD 照護架構提供依據與指引。

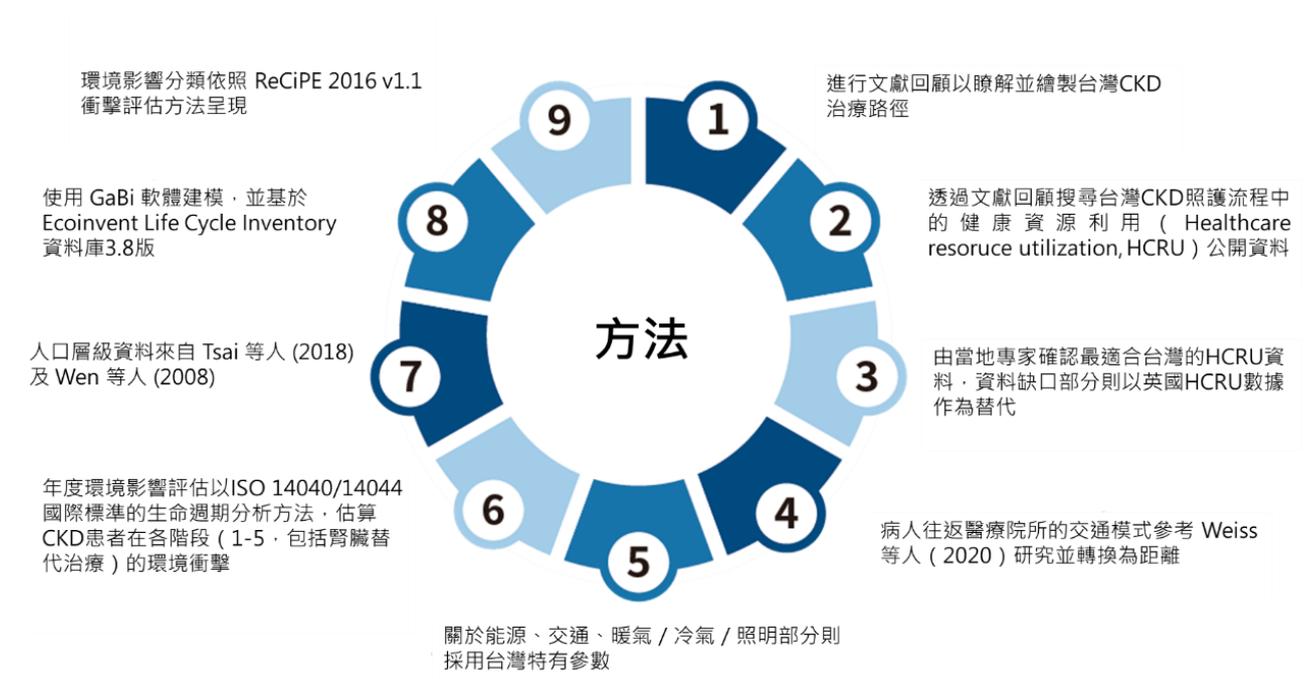
研究方法

由台灣腎臟醫學會、AstraZeneca 及 Maverex 組成的研究團隊，採用源自先前醫療永續性研究的生命週期評估 (Life cycle assessment, LCA) 方法，對臺灣 CKD 照護的環境影響進行了全面性分析 (圖 1)。此分析流程依照國際公認的科學方法與評估準則¹⁰，並符合全球通行的環境永續評估標準與品質要求。研究模型涵蓋 CKD 照護的各個層面，包括專科門診、急診就醫、住院、加護病房收治，以及腎臟替代療法，其中包含血液透析、腹膜透析及腎臟移植。研究團隊根據文獻回顧與臨床專家意見，調整並擴充來自 ecoinvent 資料庫的數據，以建立分析模組。隨後，這些模組再根據臺灣的年度醫療資源使用量進行規模化估算，並在可行的情況下採用本地數據或經臨床專家驗證的替代資料，以確保分析的準確性與在地適用性。

本研究以臺灣最新發表之腎臟病分期盛行率資料為基礎^{11, 12}，結合疾病認知率數據，推算第五期慢性腎臟病病患與其他各期患者數間的比例關係。第五期慢性腎臟病治療人數則根據《台灣腎臟病年報》¹³的數據推估而得，並利用 IRODat 登錄資料庫¹⁴對腎臟移植人數進行校正。接著，研究團隊將上述建立的比例關係應用於第五期治療人數，以估算 2025 年各期之年度治療人口 (表 1)。此外，腎臟移植病患進一步區分為術後第一年與術後超過一年之維持期兩類，以便進行更精確的分析 (表 2)。

本研究採用了 ReCiPe 2016 v1.1 之標準化評估方法，將各項蒐集數據轉換為具體的環境影響指標，涵蓋多個層面，例如溫室氣體排放等¹²。在所有 CKD 分期中，模型輸出結果皆以每位 CKD 病患或全體 CKD 病患層級的年度影響量呈現。臺灣的分析模型是以先前發表之 CKD 全照護流程環境影響分析框架為基礎建立而成，並設計為可依各國情境進行調整與應用⁸。此外，該研究的限制與相關細節已在其他文獻中有更完整的說明。(可參見以下連結：<https://link.springer.com/article/10.1007/s12325-024-03039-w>)

圖一、生命週期評估 (Life cycle assessment, LCA) 方法



表一、估算慢性腎臟病各期別及腎臟替代療法對環境影響之資料來源

資料需求	資料來源 ¹¹⁻²⁰
各期別之專科年度門診就醫率	關鍵外部專家提供數據、Lin 等人 (2018)、以及英國資料推估
各期別之年度急診就醫率	Chen 等人 (2020)、Lin 等人 (2018)、衛生福利部統計資料 (2023)
各期別之年度住院率與平均住院天數	Chen 等人 (2020)、Lin 等人 (2018)、衛生福利部統計資料 (2023)
各期別 CKD 盛行率、確診人口數及不同腎臟替代療法方式之比例	臺灣本地數據，針對 2025 年進行建模
透析方式的治療頻率 (連續性可攜帶式腹膜透析 / 全自動腹膜透析 / 居家血液透析、院內血液透析)	關鍵外部專家提供數據
活腎移植和屍腎移植比例	Tsai 等人 (2020)
前往醫療院所之交通距離	臺灣本地數據 (https://healthsites.io/map ; 優腎園: http://www.ucenter.tw/en/hospital)
能源組成 (Energy Mix)	臺灣本地數據 (ecoinvent 資料庫)
醫療院所之暖氣、冷氣與照明需求	臺灣本地數據，包含診所、醫院、檢驗室與手術室

● 表二、 臺灣各期慢性腎臟病估計盛行率

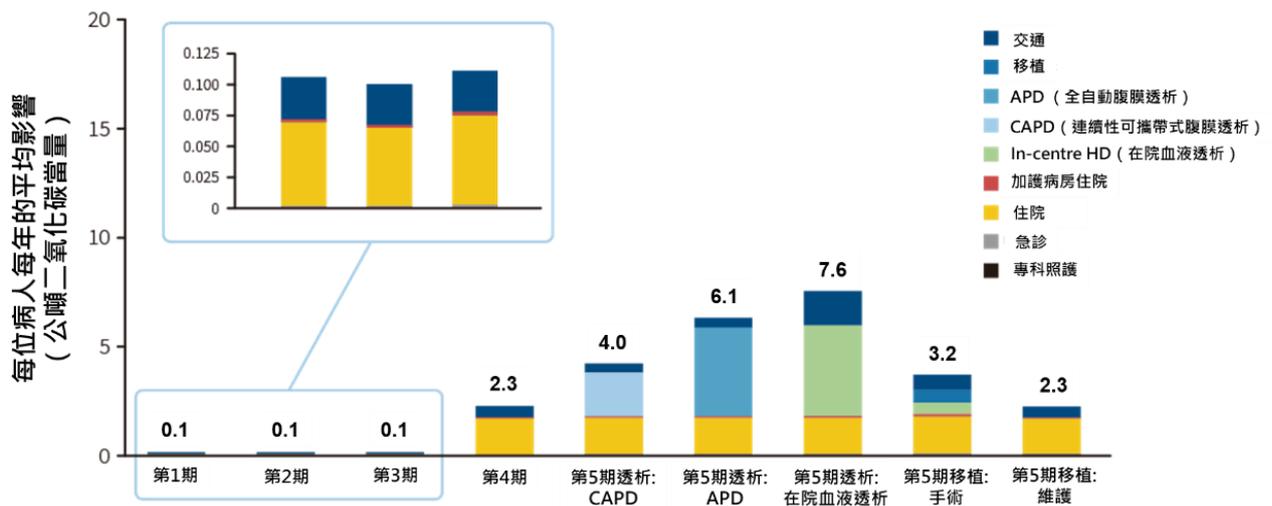
CKD分期	總病人數
1	57,733
2	140,825
3	401,939
4	123,575
5 (有或無透析的病人加總)	97,268

腎臟替代療法模式	病人比例
透析方法：	90,626 (93.17%)
CAPD (連續性可攜帶式腹膜透析)	5,528 (6.1%)
APD (全自動腹膜透析)	1,813 (2.0%)
In-center HD (在院血液透析)	83,285 (91.9%)
移植手術 (當年接受移植手術者)	439 (0.45%)
移植後維持期	6,204 (6.38%)

研究結果

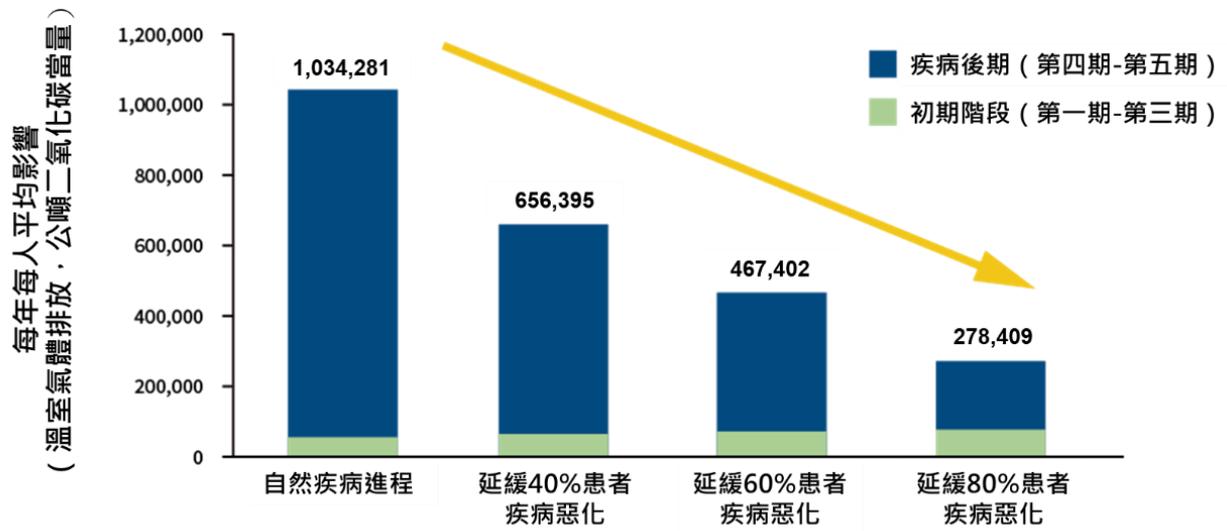
以不同疾病期別病患做統計，溫室氣體的主要排放來源包括住院照護、交通運輸，以及腎臟替代療法。本研究之生命週期評估結果顯示，隨著 CKD 病程推展，每位病患的年度溫室氣體排放量亦隨之增加，並在第 5 期達到高峰。這一現象在接受院內血液透析的病患中尤為明顯，此組別的年度溫室氣體排放量在所有病期中最高 (圖二)。值得注意的是，接受院內血液透析治療病患的年度溫室氣體排放量約為臺灣人均年度 GHG 排放量的 1.7 倍。

● 圖二、病患每年的平均影響 (公噸二氧化碳當量)



就整體 CKD 病患，本研究估計臺灣 CKD 照護所產生的年度總溫室氣體排放量約為 103 萬噸二氧化碳當量 (CO₂e)，相當於 1,700 趟環球航班所造成的排放量。於此總量中，第 5 期 CKD 病患佔 66%，第 4 期病患則佔 27%。此一分布凸顯，若能預防 CKD 進展至末期腎臟病，即可降低對腎臟替代療法的需求、病患住院率以及病患往返醫療院所的交通次數，進而顯著減少溫室氣體排放。透過模型進一步分析顯示，若能讓 80% 的第 1 期至第 3 期 CKD 病患延緩病程惡化至第 4 期與第 5 期，可減少對高度碳排放量之腎臟替代療法的需求，有望減少約 76 萬噸的溫室氣體排放量 (圖三)。

● 圖三、減緩慢性腎臟病 (CKD) 疾病進程對溫室氣 (GHG) 排放的影響



臺灣慢性腎臟病的盛行率高，再加上對透析治療的高度依賴，此疾病已對醫療體系與環境永續構成重大挑戰²。腎臟替代療法屬於能源消耗密集且廢棄物產生量高之醫療處置²¹。由於病患每週需於院內接受三次治療，亦因此增加交通往返與住院相關的溫室氣體排放。本研究的生命週期評估結果證實，第 4 期至第 5 期的 CKD 病患在所有病期中產生的溫室氣體排放量最高。若能在早期病程中進行介入治療，即可有效減緩 CKD 的病程進展，進而降低整體環境負擔，促進臺灣醫療體系的永續發展。

基於此概念，廣泛的篩檢，特別針對高風險族群，成為促進早期診斷與及時轉介至腎臟專科照護的關鍵措施。在基層醫療與社區健康計畫中強化 CKD 篩檢的可近性，具有減輕晚期治療所帶來之環境負擔的潛力。於 2022 年，估計臺灣約有 10.6% 的總人口（約 250 萬人）罹患 CKD，其中包含有明確診斷或未確定診斷的病患²²。更令人憂心的是，約 96% 的早期 CKD 病患無自覺罹病，因為在造成明顯且不可逆的損傷前，通常不會出現症狀。這樣巨大的認知落差突顯將 CKD 篩檢納入常規醫療服務並結合公共衛教的重要性，以利促進早期發現與最佳化的病情管理²³。透過擴大預防性照護措施、提升健康識能，以及推行永續醫療政策，臺灣得以邁向更具韌性且環境永續之 CKD 管理體系，在優化病患照護成果的同時減少腎臟照護對環境的影響。

此外，早期介入也應針對可改變的危險因子，包含糖尿病、高血壓與不當的飲食習慣，以降低 CKD 病患的心血管併發風險與死亡率²³。將生活型態調整、病患教育與藥物治療納入常規照護，可強化早期介入的效果，並有助於建立更具永續性的腎臟照護模式。

在政策層面，臺灣的早期 CKD 照護計畫已展現良好成效，但仍需進一步研究以精進對腎功能下降的早期識別，尤以高風險族群為然²³。為了減輕日益沉重的 CKD 負擔，臺灣分別於 2006 年與 2011 年導入「論質計酬支付制度」(Pay-for-Performance, P4P) 計畫，旨在促進末期腎臟病前期與早期 CKD 病患能獲得快速且有效的疾病管理。這些相關措施使 2002 年至 2016 年間末期腎臟病的發生率平均每年下降約 10%，突顯策略性篩檢與早期預防在 CKD 照護中的重要性²⁴。根據《2023 年臺灣腎臟病年報》²⁵ 顯示，近年來臺灣透析發生率已有下降趨勢，顯示早期介入政策與疾病認知提升所帶來的正面效果。然而，由於全民健康保險制度保障全民皆可接受透析治療，臺灣仍位居全球透析率最高的國家之一，這反映出 CKD 流行病學的複雜演變，以及持續推動政策創新的必要性。

另一方面，在臨床治療層面上，及時介入對改變 CKD 的病程發展具有關鍵作用。多項隨機對照試驗 (Randomized controlled trials) 皆已證實，鈉-葡萄糖協同轉運蛋白 2 抑制劑 (SGLT2 inhibitors) 與

血管張力素轉換酶抑制劑 (ACEIs) / 血管張力素受體阻斷劑 (ARBs) 能有效延緩 CKD 進展，並降低末期腎臟病的發生風險。基於這些臨床證據，國際指引 (例如《KDIGO 2024 慢性腎臟病評估與管理臨床實務指引》) 以及臺灣腎臟醫學會發布的治療指引均建議，將上述藥物納入 CKD 的標準治療方案之中^{26, 27}。與此同時，臺灣的全民健康保險已將 SGLT2 抑制劑與 ACEI / ARB 納入符合條件之 CKD 病患的給付項目中，顯示這些治療已獲臨床與經濟價值的雙重肯定。

除上述以介入為導向的策略外，全民健康保險亦於 2025 年 6 月推出「居家血液透析試辦計畫」。此計畫將居家血液透析納入健保給付範圍，旨在提升血液透析照護品質、推動居家醫療服務，並支持以 ESG 為導向的節能減碳政策。由於病患可在家中自行進行血液透析治療，該計畫不僅能有效減少交通往返所產生的碳排放，亦能降低透析治療對整體環境的影響。

本研究的 LCA 結果進一步顯示，延緩 CKD 進展至末期腎臟病，可大幅減少未來溫室氣體的排放並降低對環境的衝擊。因此，推動廣泛篩檢並優先採用臨床指引建議的藥物治療，將有助於優化 CKD 整體管理，為醫療體系、經濟發展及環境永續帶來顯著效益。

本討論強調，早期介入是同時減輕 CKD 臨床負擔與環境碳足跡最有效且最具影響力的策略。透過延緩疾病進展、避免病患進入高能源消耗與高碳排的腎臟替代療法階段，早期偵測與管理可同時為病患健康與地球永續帶來雙重效益。臺灣經驗顯示，政府已在政策面推動多項具體且具前瞻性的措施，包含：推行全國性的永續策略性預防計畫；加強早期 CKD 篩檢與風險評估；推廣實證藥物治療；強調及時轉介腎臟專科與病患教育；並提升多專科整合照護模式。此等綜合性措施已開始扭轉不利趨勢，減少病患對透析的依賴，並逐步邁向溫室氣體減排之目標。然而，因 CKD 屬高盛行率的疾病且同時面臨全球氣候變遷的挑戰，我們仍需採取持續且滾動式調整的行動。本文呼籲政府擴大投資以社區為基礎的篩檢計畫；推動健康識能提升與教育倡議；確保預防與治療資源的公平可近性；並將環境永續理念納入國家健康政策核心。透過促進醫療提供者、政策制定者與環境相關利害關係人的跨部門協作，臺灣有機會以身作則，建立一個具韌性、公平且環境責任導向的 CKD 預防與照護典範，為當代與未來世代創造更健康、具永續性的未來。

縮寫表

ACEI = angiotensin-converting enzyme inhibitor; APD = automated peritoneal dialysis; ARB = angiotensin II receptor blocker; CAPD = continuous ambulatory peritoneal dialysis; CKD = chronic kidney disease; eGFR = estimated glomerular filtration rate; ER = emergency room; ESRD = end-stage renal disease; GHG = greenhouse gas; GLP-1 = glucagon-like peptide-1; GP = general practitioner; HD = hemodialysis; ICU = intensive care unit; KRT = kidney replacement therapy; LCA = life cycle assessment; NHI = national health insurance; SGLT2 = sodium-glucose cotransporter-2; TSN = Taiwan Society of Nephrology; USRDS = United States Renal Data System.

參考文獻

1. Kovesdy CP. *Kidney Int Suppl* (2011). 2022 Apr;12(1):7-11.
2. Lai TS, Hsu CC, Lin MH, et al. *J Formos Med Assoc*. 2022 Feb;121 Suppl 1:S5-S11.
3. Wang L, He Y, Han C, et al. *Front Public Health*. 2025 Jul 24;13:1542329.
4. Makmun A, Satirapoj B, Tuyen DG, et al. *Kidney Res Clin Pract*. 2025 May;44(3):411-433.
5. Otero González A. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2024;44(3):331-337.
6. Kao TW, et al. *Perit Dial Int*. 2013;33(6):671-678.
7. Tarrass F, et al. *Nefrologia (Engl Ed)*. 2021 Mar 16:S0211-6995(21)00036.
8. Garcia Sanchez JJ, Barraclough KA, Cases A, et al. *Adv Ther*. 2025 Jan;42(1):348-361.
9. Barraclough KA, Agar JWM. *Nat Rev Nephrol*. 2020;16(5):257-268.
10. Roe Rasmussen A, Zwicky Hauschild M, Brorson S. *Lancet Planet Health*. 2025;9(8):101294.
11. Tsai MH, et al. Incidence, prevalence, and duration of chronic kidney disease in Taiwan: results from a community-based screening program of 106,094 individuals. *Nephron*. 2018;140(3):175-184. doi:10.1159/000491708.
12. Wen CP, et al. All-cause mortality attributable to chronic kidney disease: a prospective cohort study based on 462,293 adults in Taiwan. *Lancet*. 2008;371(9631):2173-2182. doi:10.1016/S0140-6736(08)60952-6.
13. TSN (2023). *Kidney Disease in Taiwan Annual Report 2023*.
14. IRODaT: <https://www.irodat.org/?p=database&c=TW&year=2024#data>.
15. Chen YC, Weng SF, Hsu YJ, et al. *BMJ Open*. 2020 Dec 29;10(12):e041149.
16. Lin MY, Cheng LJ, Chiu YW, et al. *PLoS One*. 2018 Jun 1;13(6):e0198387.
17. *Hospital and Clinic Statistics (2023)*. Taiwan Ministry of Health and Welfare Statistics.
18. Tsai SF, Lin MH, Hsu CC, et al. *J Formos Med Assoc*. 2022 Feb;121 Suppl 1:S20-S29.
19. Chen, P.-H et al., (2014). Integrating energy simulation in energy saving analysis of Taiwan's green hospital buildings. ISARC, [online]
20. Lee, W. D et al., In *Human Capital without Borders: Knowledge and Learning for Quality of Life; Proceedings of the Management, Knowledge and Learning International Conference 2014* (pp. 1035-1041). ToKnowPress.
21. Inside CKD. Retrieved June 12, 2025, from <https://www.insideckd.com/>.

22. Wu IW, Wu MY, Barone S, et al. Projection of the Prevalence and Economic Burden of Chronic Kidney Disease in Taiwan From 2022 to 2027 (Inside CKD): A Microsimulation Study. *Nephrology (Carlton)*. 2025;30(5):e70055.
23. Fikri E. *Int J Nephrol Renovasc Dis*. 2024 Nov 1;17:275-276.
24. Lin MY, Chiu YW, Hsu YH, et al. *Kidney Med*. 2022 May 21;4(7):100485.
25. Chao CT, Lin MY, Hsu CC, et al. *Acta Nephrol*. 2023;37(4):173-181.
26. KDIGO 2024 Clinical Practice Guideline for the Evaluation and Management of Chronic Kidney Disease. *Kidney Int*. 2024 Apr;105(4S):S117-S314.
27. Taiwan Society of Nephrology. 2025 Taiwan Chronic Kidney Disease Clinical Guidelines. Taipei, Taiwan: Taiwan Society of Nephrology; 2025.