

文獻綜述 Literature Review

收稿日期：2025-07-07

接受日期：2025-11-24

基於文獻計量學的心肺運動試驗在外科手術中應用研究的
熱點及趨勢分析張茜^{1,2} 沈秋嵩¹ 彭夢梅^{1,2} 劉妍^{1,2} 歐妙玲^{1*}

【摘要】目的：分析心肺運動試驗（cardiopulmonary exercise testing, CPET）在外科手術中應用研究的現狀、熱點及發展趨勢。方法：從 Web of Science (WoS) 核心數據庫、Scopus 及 Pubmed central (PMC) 數據庫中檢索 2014 年至 2024 年發表的相關文章。使用 Python 軟件進行去重及格式轉換，使用 Citespace 軟件進行文獻計量分析。結果：共發現 1,466 篇出版物，發文章總體呈上升趨勢，英國和倫敦大學分別是發文章最多的國家和機構，Grocott MPW 是發文章最多的作者，共被引量最多的期刊為 Circulation。應用 CPET 較多的領域分別是先天性心臟病手術（尤其是 Fontan 手術、法洛四聯症手術）、胸外科手術（尤其是肺癌手術）、結直腸癌手術、減重手術。結論：術前風險評估、術前預康復與術後康復、術後併發症預測、功能能力評估（短期或長期）可能是目前及未來的應用熱點。在應用人群方面，癌症或手術高危 / 衰弱患者可能是目前及未來的應用熱點人群。進一步研究以提高手術預後預測精度、發掘更多 CPET 參數的臨床意義及明確閾值範圍、加強對 CPET 相關報告醫生及臨床醫生的培訓、促進人工智能與 CPET 的結合可能是未來的發展趨勢。

【關鍵詞】 心肺運動試驗 外科手術 熱點 趨勢

Analysis of Hotspots and Trends in the Application of Cardiopulmonary Exercise Testing in Surgery Based on Bibliometrics

Xi Zhang^{1,2} Qiusong Shen¹ Mengmei Peng^{1,2} Yan Liu^{1,2} Mio Leng Au^{1*}

[Abstract] Objective: To analyze the current status, hotspots, and development trends of research on the application of CPET in surgical procedures. Methods: Relevant articles published from 2014 to 2024 were retrieved from the WoS, Scopus, and PMC databases. Python software was utilized for deduplication and format conversion, while Citespace software was employed for bibliometric analysis. Results: A total of 1,466 publications were identified, with an overall upward trend in publication volume. The United Kingdom and University of London were the leading country and institution in terms of publication output, respectively. Grocott MPW was the most prolific author, and the journal with the highest number of citations is Circulation. The fields with significant application of CPET include congenital heart disease surgeries (particularly Fontan procedures and surgeries for Tetralogy of Fallot), thoracic surgeries (especially lung cancer surgeries), colorectal cancer surgeries, and bariatric surgeries. Conclusion: Preoperative risk assessment, prehabilitation and postoperative rehabilitation, prediction of postoperative complications, and functional capacity assessment (both short-term and long-term) are likely to be current and future hotspots of application. In terms of the target population, cancer or high risk in surgery/frail patients may represent a current and future hotspot for application. Further research aimed at improving the accuracy of surgical prognosis prediction, exploring the clinical significance of additional CPET parameters and establishing clear threshold ranges, enhancing training for physicians reporting on CPET and clinical practitioners, and promoting the integration of artificial intelligence with CPET may be future development trends.

[Key Words] cardiopulmonary exercise testing surgery hotspots trends

* 通訊作者 Corresponding author: aml@kwnc.edu.mo

¹ 澳門鏡湖護理學院 Kiang Wu Nursing College of Macau² 湖南師範大學醫學部 Health Science Center, Hunan Normal University, China

1 前言

隨著人口老齡化和手術技術的進步，外科手術的實施頻率越來越高，全球每年進行約 3.13 億例外科手術。越來越多的老年人或高危患者有資格接受手術，而此類患者常伴有身體機能的下降或多種合併症，準確的術前風險分層對於指導圍手術期護理很重要；更有患者如心臟、大血管手術後（如腹主動脈瘤修復術後）的康復運動強度需要精確把控，以確保安全，這為醫療系統術前風險評估、圍術期康復、併發症及死亡率的控制帶來極大挑戰 (Bailey et al., 2023 ; Lin et al., 2024 ; Souren et al., 2020)。精準的術前風險分層是確保圍手術期護理精準實施的關鍵，術後發病率和死亡率與有氧耐力密切相關，心肺運動試驗 (cardiopulmonary exercise testing, CPET) 作為一項成熟且高效的評估手段，能夠客觀量化患者的功能能力與有氧耐力，是評估身體功能能力和有氧耐力的金標準；根據美國胸科醫師學會循證臨床實踐指南 (第二版)、2014 年美國心臟病學會 / 美國心臟協會非心臟手術患者圍手術期心血管評估和管理指南、美國胸科學會 / 美國胸科醫師學會關於心肺運動測試的聲明及 2016 年重點更新：針對特定患者群體的心肺運動測試數據評估臨床建議推薦，CPET 可以用來進行術前風險評估、圍術期運動康復、手術效果評價、手術預後預測，其數據支持醫患之間就手術的風險和益處進行討論，有助於促進醫療決策和手術方案的規劃 (Chaudhry et al., 2019 ; Colice et al., 2007 ; Fleisher et al., 2014 ; Guazzi et al., 2016 ; Reeves et al., 2018 ; Ross, 2003 ; Wang et al., 2024)。CPET 參數對手術預後的預測有望觸發更積極的臨床管理，如將患者分流到適當的圍術期護理區域：重症監護病房或普通病房，從而降低死亡率與併發症發生率 (Veeralakshmanan et al., 2024)。在圍術期康復階段，從業者可根據患者 CPET 參數，制定個性化的運動處方，精準把控運動強度，確保患者在安全範圍內運動，更可在康復鍛煉後利用 CPET 評估運動效果 (Levett & Grocott, 2015 ; López-Hernández et al., 2024 ; van de Ven et al., 2024)。CPET 應用非常廣泛，一項範圍綜述顯示，在評估非心臟手術患者術前功能能力

方面，CPET 是應用最多的工具 (Burnside & Snowden, 2017 ; Daza et al., 2025)。在運動試驗中，CPET 參數與併發症風險的相關性最一致，有研究表明 CPET 比普通肺功能測試更客觀、更可靠 (Hanley & Wijeyesundera, 2021 ; Steffens et al., 2021)。但 2017 年加拿大心血管學會 (Canadian Cardiovascular Society, CCS) 關於圍手術期心臟風險評估與管理的非心臟手術患者指南不建議非心臟手術前常規行 CPET 來加強圍術期心臟風險評估，結合 2024 年美國心臟協會 (American Heart Association, AHA) 非心臟手術圍手術期心血管管理指南的觀點，支持 CPET 用於接受高風險手術且功能能力降低的高危患者，以指導圍手術期護理或術前優化 (Duceppe et al., 2017 ; Thompson et al., 2024)。

基於 CPET 本身的特點及優勢，其在外科手術領域的應用及研究無疑具有極大的發展潛力，文獻計量學方法有利於對現有研究進行量化整合、識別研究熱點及趨勢 (Mezzani, 2017)。現有關於 CPET 的文獻計量學分析，關注點為 CPET 在心血管疾病、呼吸系統疾病、運動科學、普通內科學、生理學等領域的綜合應用，尚缺乏對 CPET 外科手術領域應用研究的系統整合與分析 (Song et al., 2022 ; Zhao et al., 2022)。因此本文運用文獻計量學方法分析了本領域的研究現狀、熱點及趨勢，以期為 CPET 在外科手術領域的應用和研究提供參考。

2 資料與方法

2.1 檢索策略

文獻均從 WoS 核心合集數據庫、Scopus 數據庫、Pubmed central (PMC) 數據庫中檢索並匯出 (因 Pubmed 數據庫匯出的文章缺乏參考文獻，無法進行參考文獻共被引分析，故選用 PMC 數據庫)，檢索式見附錄。時間為 2014 年 1 月 1 日至 2024 年 12 月 31 日。文獻類型：研究型文獻、綜述。設置語言：英文。

2.2 文獻納入及排除標準

納入標準：CPET 在外科手術中的應用相關文獻；研究型文獻、綜述；英文文獻。排除標準：

重複發表的文獻；導出題錄信息（如作者、關鍵詞等）缺失的文獻。

2.3 文獻篩選及分析

將檢索得到的 3,737 篇文獻由兩名研究人員獨立進行篩選，當對文獻提取有爭議時，需要雙方一起閱讀原文共同討論解決。篩選後的 WoS 文獻以帶參考文獻的全文的純文本格式匯出，Scopus 文獻以 CSV 格式匯出，PMC 文獻以 PMCID List 格式匯出。將匯出的 2,249 篇文獻用 Python 軟件去重，並將最終得到的 1,466 篇文獻轉換為 WoS 格式，並以 download_txt 格式命名保存，確保 Citespace 軟件能夠正確讀取。本研究結合使用了 Citespace 6.3.R1 和 Citespace 6.4.R1 進行可視化分析。Citespace 參數設置如下：時間切片為 1，Selection Criteria 中選擇 k=25，top N 為 50，Pruning 欄選擇 Pathfinder 和綜合網絡整體，在調整參數欄中將 Keyword/Term: Min Words 設置為 1，將 Keyword/Term: Max Words 設置為 20，其他參數使用默認值。Citespace 圖中的節點代表研究實體，如國家、作者、關鍵詞等；節點大小與發文量或影響力相關。中介中心性是衡量一個節點重要性的指標，中介中心性高表示其在知識網絡傳播中充當重要橋樑 (Bian et al., 2025)。

3 結果

3.1 年發文量分析



表 1 年發文量

CPET 在外科手術中的應用發文量總體上呈現上升趨勢（見表 1），年均發文量 133 篇。發文量增長可能與眾多相關指南與建議的發表有關，2014 年美國心臟病學會和美國心臟協會發佈了非心臟手術患者圍手術期心血管評估與管理指南，該指南規定了 CPET 的變量意義及各類疾病的風險分級，

推動了 CPET 的應用 (Fleisher et al., 2014)。歐洲心血管預防與康復協會、美國心臟協會亦發佈了：2016 年重點更新：特定患者群體 CPET 測試數據評估的臨床建議，詳細闡述了 CPET 圍術期風險和長期預後的評估方式，以及對一些特殊變量的含義進行仔細說明，進一步推動了 CPET 應用及研究的發展 (Guazzi et al., 2016)。2019-2022 年發文量的迅速增長可能與 COVID-19 中心肺康復評估增加有關 (Zhao et al., 2022)。

3.2 國家 / 地區和機構分析

CPET 在外科手術領域的應用發文量排名靠前的國家有：英國 (326 篇，占比 16.7%)、美國 (304 篇，15.5%)、荷蘭 (125 篇，6.4%)、義大利 (106 篇，5.4%)、加拿大 (100 篇，5.1%)。英國是本研究領域發文量最多的國家，見圖 1。中介中心性排名前五的國家有：葡萄牙 (0.87)、西班牙 (0.8)、以色列 (0.76)、瑞士 (0.66)、加拿大 (0.45)。英國發文量高可能與其 CPET 使用率高有關，英國每年約進行超過 30,000 次術前 CPET (Reeves et al., 2018)。經濟發達國家 / 地區發文量相對較多，可能與全球範圍內醫療資源分佈不均有關。發文量排名靠前的機構分別為 University of London (英國，47 篇，占比 2.6%)、University of Southampton (英國，40 篇，2.2%)、University of Toronto (加拿大，37 篇，2.1%)、University of College London (英國，37 篇，2.1%)、Maastricht University (荷蘭，35 篇，2.0 %) 等，見圖 2。中介中心性排名前五的機構有 University of Copenhagen (丹麥，0.22)、University of Toronto (加拿大，0.19)、University of London (英國，0.18)、Radboud University Nijmegen (荷蘭，0.17)、Harvard Medical School (美國，0.16)。

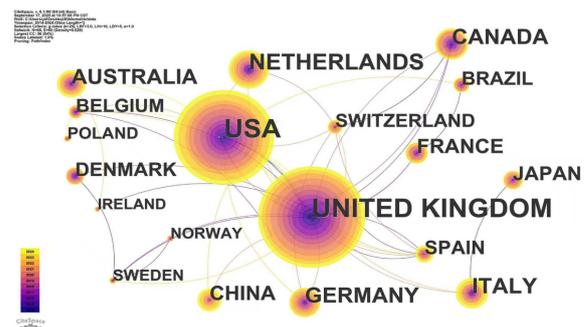


圖 1 國家 / 地區共現圖

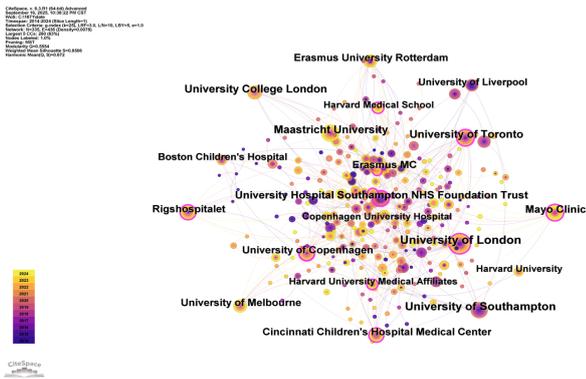


圖 2 機構共現圖

3.3 作者分析

主要研究作者有 Grocott (25 篇，占比 2.1%)、Hager (22 篇，1.8%)、Ewert (14 篇，1.2%)、Jack (14 篇，1.2%)、Bongers (14 篇，1.2%)，見圖 3。中介中心性排名前 5 的作者分別是 Grocott (0.02)、Ismail (0.02)、Cuthbertson (0.02)、Pearse (0.02)、Hager (0.01)。其中作者 Grocott 發文量最多、發文持續時間較長 (2014-2024 年) 且參編了 2018 年英國圍術期心肺運動試驗的臨床指南 (Levet et al., 2018)。

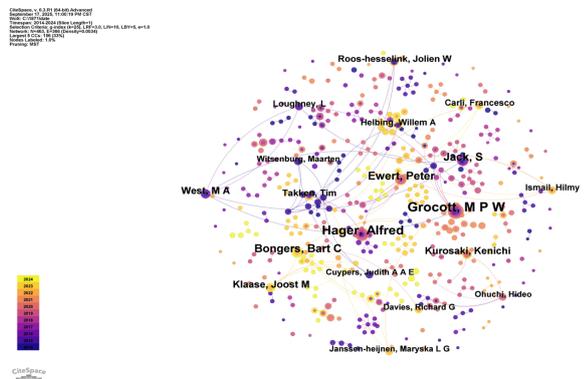


圖 3 作者共現圖

3.4 關鍵詞分析

3.4.1 關鍵詞共現分析

高頻關鍵詞可反映研究者對相關研究的關注程度 (周波等, 2025)。排名前五的關鍵詞為 congenital heart disease、prehabilitation、fontan、exercise capacity、lung cancer，其他關鍵詞信息見表 2。關鍵詞共現見圖 4。先心病 (congenital heart disease) 共現頻次較高可能與先心病 (Fontan、fallot tetralogy、大動脈轉位、單心室等) 手術後

患者可能會存在某些殘留改變，如 Fontan 手術創造了以中心靜脈壓升高和心輸出量降低為特徵的循環，隨著時間的推移，這些特徵會導致患者運動能力 (exercise capacity) 持續下降或心力衰竭，也與發病率和死亡率的增加有關，及早識別體能下降和心力衰竭徵象十分重要，而 CPET 是評估心肺功能的金標準，故 CPET 在先心病手術領域受到廣泛關注 (Goldberg et al., 2018 ; Mazurek et al., 2016)。預康復 (prehabilitation) 共現頻次較高可能與預康復可改善患者術前心肺功能，提高對手術的耐受能力，降低死亡率與併發症發生率有關 (Sun et al., 2024)。肺癌 (lung cancer) 共現頻次較高可能與相關指南、聲明推薦在肺癌手術方面使用 CPET 有關。2003 年美國胸科醫師學會發表了關於 CPET 的聲明，該聲明建議在肺癌切除術、肺減容手術、肺或心肺移植及老年人術前心血管風險預測之前進行 CPET (Ross et al., 2003)。2007 年美國胸科醫師學會循證臨床實踐指南中亦建議肺癌手術患者使用 CPET 來評估風險 (Colice et al., 2007)。

對高頻關鍵詞的分析可得出，本領域的研究者對先心病手術 (congenital heart disease、fontan、fallot tetralogy)、肺癌手術 (lung cancer)、減重手術 (bariatric surgery、obesity)、預康復與術後康復 (prehabilitation、rehabilitation、cardiac rehabilitation)、身體功能能力評估 (physical activity、exercise capacity、quality of life)、術後併發症預測 (postoperative complications、mortality) 等方面較為關注。

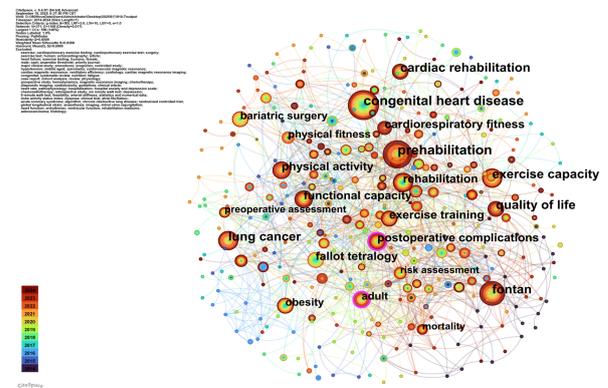


圖 4 關鍵詞共現圖

表 2 出現頻次排名前十的關鍵詞

序號	關鍵詞	頻次 (n)	占總數的百分比	中心性
1	congenital heart disease	109	4.2%	0.06
2	prehabilitation	91	3.5%	0.04
3	fontan	87	3.3%	0.05
4	exercise capacity	76	2.9%	0.08
5	lung cancer	76	2.9%	0.03
6	quality of life	66	2.5%	0.07
7	cardiac rehabilitation	66	2.5%	0.03
8	fallot tetralogy	55	2.1%	0.04
9	physical activity	54	2.1%	0.04
10	rehabilitation	52	2.0%	0.06

3.4.2 關鍵詞突現分析

關鍵詞突現能夠反映研究熱點遷移 (周波等, 2025)。如圖 5 所示, 突現強度排名前 3 的關鍵詞有 prehabilitation (5.53)、tetralogy of fallot (4.58)、peak oxygen uptake (4.43)、survival (3.76)、preoperative evaluation (3.41), 顯示了 CPET 在指導預康復、法洛四聯症圍術期應用、以峰值攝氧量 (VO₂ peak) 為主要指標的功能能力評估、生存質量評估、術前風險評估方面的重要作用。從關鍵詞突現的時間變化可知, 研究熱點經歷了由兒童先心病如法洛四聯症手術 / Fontan 手術、各類手術術後功能狀況評估 (慢阻肺肺切除手術、左室輔助裝置植入術、survival、pulmonary function、body composition)、手術預後預測 (morbidity) 向衰弱患者術前預康復 (frailty、prehabilitation)、術後康復鍛煉 (inspiratory muscle training) 等的轉變。隨著人口老齡化的演變, 老年患者衰弱的風險增加, 身體功能能力逐漸下降, 從而面臨著更高的手術風險, 而術前預康復可以改善心肺健康狀況, 使患者更好地承受手術壓力, 這與關鍵詞內容的時間變化表現一致, 也表明 CPET 在衰弱患者預康復、術前風險評估、手術預後預測、術後康復方面發揮著重要作用 (Wong et al., 2024)。結合關鍵詞 preoperative evaluation、risk factors、risk stratification、preoperative risk assessment 的時間變化 (2015-2024), 表明術前的風險評估是十年來持續的熱點。持續到近幾年的突現詞為 preoperative risk assessment、peak oxygen uptake、perioperative、frailty、inspiratory muscle training, 表明術前風險

評估、CPET 的圍術期應用、衰弱、吸氣肌功能鍛煉是近年來的應用熱點。

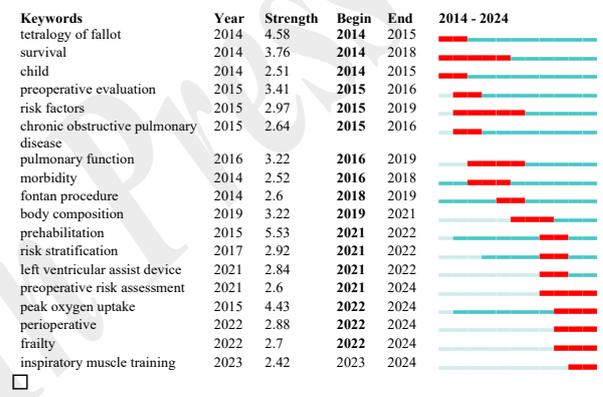


圖 5 關鍵詞突現圖

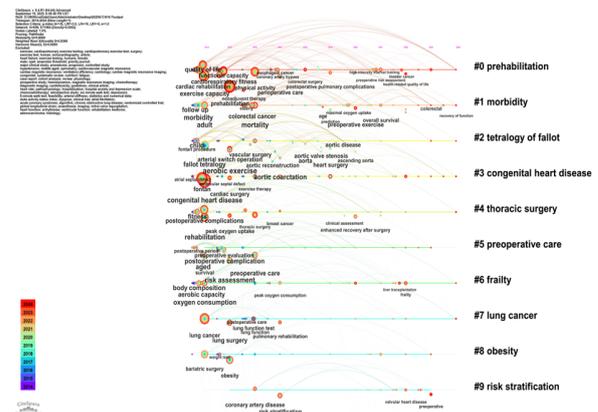


圖 6 關鍵詞時間線圖

3.4.3 關鍵詞時間線分析

關鍵詞時間線圖主要側重於說明關鍵詞所屬的聚類, 以及每個聚類包含的關鍵詞的時間順序分佈, 同一個聚類的關鍵詞節點按時間順序水平對齊 (Tian et al., 2025)。時間位於圖的頂部, 節點越靠右, 其關聯的時間段就越新。如圖 6 所示, 關鍵詞被分為 #0 預康復、#1 發病率、#2 法洛四症聯、

#3 先心病、#4 胸外科手術、#5 術前準備、#6 衰弱、#7 肺癌、#8 肥胖、#9 風險分層等 9 個類別。由圖可知，#0 預康復、#1 發病率、#2 法洛四聯症、#3 先心病、#4 胸外科手術、#6 衰弱、#7 肺癌等類別的時間線持續到 2024 年，表明 CPET 在預康復、併發症預測、先心病、胸外科手術、肺癌、衰弱患者方面的應用仍是近幾年的熱點。在關鍵詞節點方面，先心病、功能能力、術後併發症、肺癌、減重手術、胸外科手術、術前風險評估、預康復及康復是核心關鍵詞。2014-2016 年，關鍵詞功能能力、先心病、肺癌、減重手術、術前風險評估、術後併發症預測、生存質量、預康復、康復逐漸出現並開始受到關注，2016-2020 年，關鍵詞結直腸癌手術、食管癌、冠脈搭橋、肺康復、主動脈縮窄、乳腺癌開始受到關注，2020-2024 年，關鍵詞總體生存質量（短期或長期）、心臟瓣膜病、膀胱癌、肝移植、衰弱、高強度間歇訓練、術後快速康復開始受到關注。

3.5 期刊共被引分析

主要共被引期刊有 *Circulation* (722 次，占比 4.1%)、*Journal of the American College of Cardiology* (422 次，2.4%)、*Chest* (394 次，2.3%)、*The Annals of Thoracic Surgery* (326 次，1.9%)、*Heart* (320 次，1.8%)，見圖 7。中介中心性排名前五的期刊是 *Journal of the American College of Cardiology* (0.17)、*Circulation* (0.15)、*Thorax* (0.08)、*The New England Journal of Medicine* (0.07)、*Supportive Care in Cancer* (0.07)。期刊共被引結果顯示，CPET 在外科手術的應用研究引起了外科學、心臟病學、麻醉學、心胸外科學、呼吸與重症醫學、運動醫學等專業期刊的關注。

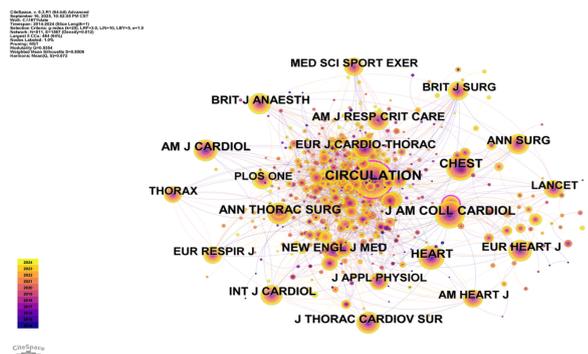


圖 7 期刊共被引圖

3.6 參考文獻共被引突現分析

為了確定研究進展，CiteSpace 的參考文獻共被引突現分析被用來突出特定時期的新興文獻。由參考文獻共被引突現強度確定的最重要的前 25 個參考文獻，見圖 8。新興共被引（持續至 2024 年）且具有高突現強度的 7 篇文獻信息見表 3。這 7 篇文章的研究主題分別是圍術期 CPET 的臨床共識指南、大型非心臟手術前功能能力評估、擇期大型腹部手術的高危患者的個性化術前康復、大型腹部癌症手術的術前康復、術前社區運動康復對計畫接受結直腸手術的高危患者術後併發症的影響、術前 CPET 對癌症手術患者術後預後的預測、CPET 對非心肺手術術後併發症預測 (Berkel et al., 2022 ; Barberan-Garcia et al., 2018 ; Levett et al., 2018 ; Steffens et al., 2021 ; Stubbs et al., 2020 ; Thomas et al., 2019 ; Wijeyesundera et al., 2018)。其中 Wijeyesundera et al. (2018) 的文章共被引持續時間最長，表示本領域學者對大型非心臟手術的術前功能能力評估的持續關注；Levett et al. (2018) 的文章突現強度最強，表明當下對 CPET 在圍術期的應用關注度較高。綜合以上內容可知，目前的研究多關注於 CPET 的圍術期應用，以及大型手術的術前風險評估、指導預康復或評估預康復效果、手術患者的預後預測方面的應用，研究人群多為癌症或手術高危患者，這也可能是今後的研究熱點和發展趨勢。

Top 25 References with the Strongest Citation Bursts

References	Year	Strength	Begin	End	2014 - 2024
Hennis PJ, 2011, POSTGRAD MED J, V87, P550, DOI 10.1136/pgmj.2010.107185, DOI	2011	10.29	2014	2016	
Snowden CP, 2010, ANN SURG, V251, P535, DOI 10.1097/SLA.0b013e3181c4f11d, DOI	2010	8.89	2014	2015	
Wilson RJT, 2010, BRIT J ANAESTH, V105, P297, DOI 10.1093/bja/aeq128, DOI	2010	8.33	2014	2015	
West M, 2011, BEST PRACT RES-CLIN, V25, P427, DOI 10.1016/j.bpa.2011.07.004, DOI	2011	6.99	2014	2016	
Kempny A, 2012, BRIT J SURG, V99, P1539, DOI 10.1093/bjs/ehq461, DOI	2012	6.52	2014	2016	
Hartley RA, 2012, BRIT J SURG, V99, P1539, DOI 10.1093/bjs/ehq461, DOI	2012	5.85	2014	2017	
West MA, 2014, BRIT J ANAESTH, V112, P665, DOI 10.1093/bja/aet408, DOI	2014	8.03	2015	2017	
West MA, 2014, BRIT J SURG, V101, P1166, DOI 10.1002/bjs.9551, DOI	2014	7.19	2015	2019	
Hennis PJ, 2012, BRIT J ANAESTH, V109, P566, DOI 10.1093/bja/aes225, DOI	2012	5.61	2015	2017	
West MA, 2015, EUR J ANAESTH, V114, P244, DOI 10.1093/bja/aes225, DOI	2015	8.87	2016	2020	
Jack S, 2014, EJSO-EUR J SURG ONC, V40, P1313, DOI 10.1016/j.ejso.2014.03.010, DOI	2014	7.15	2016	2019	
Snowden CP, 2013, ANN SURG, V257, P999, DOI 10.1097/SLA.0b013e31828dbac2, DOI	2013	6.38	2016	2018	
Gillis C, 2014, ANESTHESIOLOGY, V121, P937, DOI 10.1097/ALN.0000000000000393, DOI	2014	5.8	2016	2019	
Dumme DJF, 2016, BRIT J SURG, V113, P954, DOI 10.1002/bjs.10096, DOI	2016	5.4	2018	2021	
Wijeyesundera DN, 2018, LANCET, V391, P2631, DOI 10.1016/S0140-6736(18)31131-0, DOI	2018	7.43	2019	2024	
Moran J, 2016, BRIT J ANAESTH, V116, P177, DOI 10.1093/bja/aew454, DOI	2016	8.22	2020	2021	
Older PO, 2017, ANN AM THORAC SOC, V14, P574, DOI 10.1513/AnnalsATS.201610-760FR, DOI	2017	5.72	2020	2022	
Minnella EM, 2018, JAMA SURG, V153, P1081, DOI 10.1001/jamasurg.2018.1645, DOI	2018	5.20	2022	2022	
Egbe AC, 2017, INT J CARDIOL, V235, P6, DOI 10.1016/j.ijcard.2017.02.140, DOI	2017	5.20	2022	2022	
Levett DZH, 2018, BRIT J ANAESTH, V120, P484, DOI 10.1016/j.bja.2017.10.020, DOI	2018	13.81	2021	2024	
Barberan-Garcia A, 2018, ANN SURG, V267, P50, DOI 10.1097/SLA.0000000000002293, DOI	2018	8.1	2021	2024	
Thomas G, 2019, EUR J ANAESTH, V36, P933, DOI 10.1097/EJA.0000000000001030, DOI	2019	6.06	2021	2024	
Berkel AEM, 2022, ANN SURG, V275, PE299, DOI 10.1097/SLA.0000000000004702, DOI	2022	8.72	2022	2024	
Stubbs DJ, 2020, PLOS ONE, V15, P0, DOI 10.1371/journal.pone.0226480, DOI	2020	5.79	2022	2024	
Steffens D, 2021, ANN SURG ONCOL, V28, P7120, DOI 10.1245/s10434-021-10251-3, DOI	2021	7.52	2023	2024	

圖 8 參考文獻共被引突現圖

表3 新興共被引 (至 2024 年) 突現文獻

標題	作者	期刊	共被引起止時間	突現強度
Perioperative cardiopulmonary exercise testing (CPET): consensus clinical guidelines on indications, organization, conduct, and physiological interpretation	Levett et al., 2018	British Journal of Anaesthesia	2021-2024	13.81
Assessment of functional capacity before major non-cardiac surgery: an international, prospective cohort study	Wijeyesundera et al., 2018	Lancet	2019-2024	7.43
Personalised prehabilitation in high-risk patients undergoing elective major abdominal surgery: a randomized blinded controlled trial	Barberan-Garcia et al., 2018	Annals of Surgery	2021-2024	8.1
Prehabilitation before major intra-abdominal cancer surgery: a systematic review of randomised controlled trials	Thomas et al., 2019	European Journal of Anaesthesiology	2021-2024	6.06
Performance of cardiopulmonary exercise testing for the prediction of post-operative complications in non cardiopulmonary surgery: a systematic review	Stubbs et al., 2020	PloS One	2022-2024	5.79
Preoperative cardiopulmonary exercise test associated with postoperative outcomes in patients undergoing cancer surgery: a systematic review and meta-analyses	Steffens et al., 2021	Annals of Surgical Oncology	2023-2024	7.52
Effects of community-based exercise prehabilitation for patients scheduled for colorectal surgery with high risk for postoperative complications: results of a randomized clinical trial	Berkel et al., 2022	Annals of Surgery	2022-2024	8.72

4 討論

本文通過文獻計量學方法分析了本領域的年發文量及國家 / 地區、機構、作者的發文情況。近十年來，發文量總體上呈現上升趨勢。分析國家 / 機構發文量可知，目前國際上形成了以英國為主導，倫敦大學領先的研究格局，我國在此領域還需加大研究力度。Grocott 是發文量最多的作者。共被引量最多的期刊為 *Circulation*。突現強度最高且新興的共被引參考文獻，是來自於 Levett 的圍術期 CPET 的臨床共識指南 (Levett et al., 2018)。綜合分析關鍵詞共現、突現、時間線及參考文獻共被引突現，可知應用 CPET 較多的領域分別是先心病手術 (尤其是 Fontan 手術、法洛四聯症手術)、胸外科手術 (尤其是肺癌手術)、結直腸癌手術、減重手術。術前風險評估、術前預康復與術後康復、術後併發症預測、功能能力評估 (短期或長期) 可能是目前及未來的應用熱點，在應用人群方面，癌症或手術高危 / 衰弱患者可能是目前及未來的應用熱點人群。

此外，在術前風險評估方面，隨著手術技術的發展，風險閾值可能會發生變化。2024 美國心臟病學會 / 美國心臟協會非心臟手術圍手術期心血管管理指南指出：臨床上高危患者的風險閾值因患者群體不同或手術方式不同而存在差異，且隨著時間

的推移，高風險閾值有所下降 (例如，無氧閾值從 11 下降到 9-10 mL/min/kg)；而某些 CPET 參數缺乏明確的閾值範圍，目前尚無攝氧效率斜率風險分級的數值範圍，因此可能需進一步研究繼續明確某些參數的閾值範圍 (Guazzi et al., 2016; Thompson et al., 2024)。

在預測手術預後方面，始終顯示預後價值的 CPET 參數分別是 VO_2 peak、 VO_2 at AT (無氧閾攝氧量)、 VE/VCO_2 at AT (無氧閾時的二氧化碳通氣當量) (Silvapulle & Darvall, 2022)。此外，亦有其他 CPET 變量顯示出較好的預後價值， VE/VCO_2 slope (二氧化碳通氣當量斜率) 可能比 VO_2 peak 更能預測肺癌手術術後死亡率和肺部併發症 (Kristenson et al., 2024)。一項關於結直腸癌的研究顯示，低潮氣末二氧化碳分壓與低生存率相關，並且發生嚴重術後併發症的幾率增加 (Alfitian et al., 2023)。亦有一項涉及 14,550 名冠狀動脈搭橋術患者的研究表明，心肺能力每增加 1MET (代謝當量)，長期死亡率降低 11% (Duggan et al., 2024)。以上資料表明用於預測風險的 CPET 變量很可能會演變和擴大，眾多變量的作用有待進一步研究 (Zhao et al., 2022)。且圍手術期 CPET 的研究大多是回顧性和單中心性的，變量的預測精度各不相同，有待進一步研究 (Thompson et al., 2024)。

英國一項調查顯示，絕大多數 CPET 是由麻醉醫生執行和報告的，報告常常存在差異以及欠缺標準化。因此，CPET 報告人員需要進一步加強對相關指南的學習及接受標準化培訓，以保證報告的高質量 (Reeves et al., 2018)。報告中描述的某些 CPET 變量的臨床意義，不太精通的臨床醫生難以瀏覽，這可能是 CPET 未能得到充分利用的核心原因，因此需加強對相關從業者的培訓；CPET 需測量和分析的數據眾多，人工智能與 CPET 結合或是未來發展趨勢，未來應用研究或可將人工智能應用到 CPET 的各個環節，如對眾多數據進行分析、報告等，可使 CPET 更好的服務於臨床 (Guazzi et al., 2016; Zhao et al., 2022)。

4.1 侷限性

本文將研究型文章和綜述結合進行文獻計量學分析，提供了對研究格局的整體視角，這種方法有助於理解研究領域的整體影響力，但綜述通常總結現有知識，與研究型文章相比，往往能更快地積累引用量，這可能會誇大期刊或研究人員的影響力。將研究型文章和綜述合併分析可能會導致對研究影響力的評估出現誤差，綜述可能會主導引用指標，掩蓋研究型文章的貢獻；且本文的文章來源除了會議摘要、論文等，檢索語言限定為英文，可能會導致一些侷限性和偏差，未來研究可進一步完善數據來源及分類，呈現研究熱點與趨勢。

5 結論

CPET 在外科手術方面的應用研究具有重要意義。本文對近 10 年來 CPET 在外科手術領域的研究現狀、熱點及趨勢進行了詳細的整合分析。分析發現，應用 CPET 較多的領域分別是先心病手術（尤其是 Fontan 手術、法洛四聯症手術）、胸外科手術（尤其是肺癌手術）、結直腸癌手術、減重手術。術前風險評估、術前預康復與術後康復、術後併發症預測、功能能力評估（短期或長期）可能是目前及未來的應用熱點，在應用人群方面，癌症或手術高危 / 衰弱患者可能是目前及未來應用的熱點人群。進一步研究以提高手術預後預測精度、發掘更多 CPET 參數的臨床意義及明確閾值範圍、加強對 CPET 相關報告醫生及臨床醫生的培訓、

促進人工智能與 CPET 的結合可能是未來的發展趨勢。本文的整合與分析以期進一步推動相關應用與研究，最終促進手術患者安全與快速康復。

利益衝突聲明

所有作者聲明不存在利益衝突。

參考文獻

- 周波、余萬斌、向松柏 (2025)。人工智能在孤獨症譜系障礙兒童診斷與干預中應用的文獻計量分析。《中國康復理論與實踐》，31 (05)，573-580。
<https://doi.org/10.3969/j.issn.1006-9771.2025.05.010>
- Alfitian, J., Basto, J., Miestereck, J., Ismail, H., Ho, K. M., Kammerer, T., Schick, V., Riedel, B., & Schier, R. (2023). End-tidal carbon dioxide in the early phase of cardiopulmonary exercise testing prior to major colorectal cancer surgery associates with postoperative outcome. *Minerva Anestesiologica*, 89(6), 536-545. <https://doi.org/10.23736/S0375-9393.22.16872-0>
- Bailey, D. M., Davies, R. G., Rose, G. A., Lewis, M. H., Aldayem, A. A., Twine, C. P., Jubouri, M., Mohammed I., Mestres C. A., Chan, E. P., Coselli, J. S., Williams, I. M., & Bashir, M. (2023). Myths and methodologies: cardiopulmonary exercise testing for surgical risk stratification in patients with an abdominal aortic aneurysm; balancing risk over benefit. *Experimental Physiology*, 108(9), 1118-1131. <https://doi.org/10.1113/EP090816>
- Barberan-Garcia, A., Ubré, M., Roca, J., Lacy, A. M., Burgos, F., Risco, R., Momblán, D., Balust, J., Blanco, I., & Martínez-Pallí, G. (2018). Personalised prehabilitation in high-risk patients undergoing elective major abdominal surgery: a randomized blinded controlled trial. *Annals of Surgery*, 267(1), 50-56. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000002293>
- Berkel, A. E. M., Bongers, B. C., Kotte, H., Weltevreden, P., de Jongh, F. H. C., Eijsvogel, M. M. M., Wymenga, M., Bigirwamungu-Bargeman, M., van der Palen, J., van Det, M., van Meeteren, N. U., & Klaase, J. M. (2022). Effects of community-based exercise prehabilitation for patients scheduled for colorectal surgery with high risk for postoperative complications: results of a randomized clinical trial. *Annals of Surgery*, 275(2), e299-e306. <https://doi.org/10.1097/SLA.0000000000004702>
- Bian, H., Zhu, S., Xing, W., Qi, L., Xue, J., Peng, X., Jin, Z., & Zhao, H. (2025). Research status and direction of chronic obstructive pulmonary disease complicated with coronary heart disease: a bibliometric analysis from 2005 to 2024. *International Journal of Chronic Obstructive Pulmonary Disease*, 20, 23-41. <https://doi.org/10.2147/COPD.S495326>
- Burnside, W. S., & Snowden, C. (2017). Physiological basis of preoperative cardiopulmonary exercise testing. *Surgery (Oxford)*, 35(2), 71-74. <https://doi.org/10.1016/j.mpsur.2016.11.008>

- Chaudhry, I. A., Pervaiz, F., Asghar, I., Paracha, V. I., Siddiq, A., Khalil, H., & Abbas, S. (2019). Effectiveness of maximum functional capacity as an assessment tool for preoperative assessment for cardiac surgery: an initial analysis. *Pakistan Armed Forces Medical Journal*, *69*(Suppl 1), S64-70. <https://pafmj.org/PAFM/article/view/2821>
- Colice, G. L., Shafazand, S., Griffin, J. P., Keenan, R., & Bolliger, C. T. (2007). Physiologic evaluation of the patient with lung cancer being considered for resectional surgery: ACCP evidenced-based clinical practice guidelines (2nd edition). *Chest*, *132*(3 Suppl), 161S-177S. <https://doi.org/10.1378/chest.07-1359>
- Daza, J. F., Chesney, T. R., Morales, J. F., Xue, Y. X., Lee, S., Amado, L. A., Pivetta, B., Mbadjeu Hondjeu, A. R., Jolley, R., Diep, C., Alibhai, S. M. H., Smith, P. M., Kennedy, E. D., Raczy, E., Wilmschurst, L., & Wijeyesundera, D. N. (2025). Clinical tools to assess functional capacity during risk assessment before elective noncardiac surgery: a scoping review. *Annals of Internal Medicine*, *178*(1), 75-87. <https://doi.org/10.7326/ANNALS-24-00413>
- Duceppe, E., Parlow, J., MacDonald, P., Lyons, K., McMullen, M., Srinathan, S., Graham, M., Tandon, V., Styles, K., Bessissow, A., Sessler, D. I., Bryson, G., & Devereaux, P. J. (2017). Canadian Cardiovascular Society Guidelines on perioperative cardiac risk assessment and management for patients who undergo noncardiac surgery. *The Canadian Journal of Cardiology*, *33*(1), 17-32. <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.09.008>
- Duggan, J., Peters, A., Antevil, J., Faselis, C., Samuel, I., Kokkinos, P., & Trachiotis, G. (2024). Long-term mortality risk according to cardiorespiratory fitness in patients undergoing coronary artery bypass graft surgery. *Journal of Clinical Medicine*, *13*(3). <https://doi.org/10.3390/jcm13030813>
- Fleisher, L. A., Fleischmann, K. E., Auerbach, A. D., Barnason, S. A., Beckman, J. A., Bozkurt, B., Davila-Roman, V. G., Marie D. Gerhard-Herman, M. D., Holly, T. A., Kane, G. C., Marine, J. E., Nelson, M. T., Spencer, C. C., Tompson, A., Ting, H. H., Uretsky, B. F., & Wijeyesundera, D. N. (2014). 2014 ACC/AHA guideline on perioperative cardiovascular evaluation and management of patients undergoing noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *Circulation*, *130*(24), 2215-2245. <https://doi.org/10.1161/CIR.000000000000105>
- Goldberg, D. J., Zak, V., Goldstein, B. H., McCrindle, B. W., Menon, S. C., Schumacher, K. R., Payne, R. M., Rhodes, J., McHugh, K. E., Penny, D. J., Trachtenberg, F., Hamstra, M. S., Richmond, M. E., Frommelt, P. C., Files, M. D., Yeager, J. L., Pemberton, V. L., Stylianou, M. P., Pearson, G. D., Paridon, S. M., & Pediatric Heart Network Investigators (2018). Design and rationale of the Fontan Udenafil Exercise Longitudinal (FUEL) trial. *American Heart Journal*, *201*, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.ahj.2018.03.015>
- Guazzi, M., Arena, R., Halle, M., Piepoli, M. F., Myers, J., & Lavie, C. J. (2016). 2016 focused update: clinical recommendations for cardiopulmonary exercise testing data assessment in specific patient populations. *European Heart Journal*, *39*(14), 1144-1161. <https://doi.org/10.1093/eurheartj/ehw180>
- Hanley, C., & Wijeyesundera, D. N. (2021). Perioperative risk assessment - focus on functional capacity. *Current Opinion in Anesthesiology*, *34*(3), 309-316. <https://doi.org/10.1097/ACO.0000000000000988>
- Kristenson, K., Hylander, J., Boros, M., & Hedman, K. (2024). VE/VCO2 slope threshold optimization for preoperative evaluation in lung cancer surgery: identifying true high- and low-risk groups. *Journal of Thoracic Disease*, *16*(1), 123-132. <https://doi.org/10.21037/jtd-23-1292>
- Levett, D. Z. H., & Grocott, M. P. W. (2015). Cardiopulmonary exercise testing, prehabilitation, and Enhanced Recovery After Surgery (ERAS). *Canadian Journal of Anesthesia/Journal Canadien D'anesthésie*, *62*(2), 131-142. <https://doi.org/10.1007/s12630-014-0307-6>
- Levett, D. Z. H., Jack, S., Swart, M., Carlisle, J., Wilson, J., Snowden, C., Riley, M., Danjoux, G., Ward, S. A., Older, P., Grocott, M. P. W., & Perioperative Exercise Testing and Training Society (POETTS) (2018). Perioperative cardiopulmonary exercise testing (CPET): consensus clinical guidelines on indications, organization, conduct, and physiological interpretation. *British Journal of Anaesthesia*, *120*(3), 484-500. <https://doi.org/10.1016/j.bja.2017.10.020>
- Lin, Q. Q., Zhao, Q. H., Xiao, Q., & Li, Y. M. (2024). Cardiopulmonary exercise test combined with red blood cell distribution width to predict cardiovascular complication of thoracic surgery. *Scientific Reports*, *14*, 3782. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54220-8>
- López-Hernández, A., Gimeno-Santos, E., Navarro-Ripoll, R., Arguis, M. J., Romano-Andrioni, B., López-Baamonde, M., Teres, S., Sanz-de la Garza, M., & Martínez-Palli, G. (2024). Differential response to preoperative exercise training in patients candidates to cardiac valve replacement. *BMC Anesthesiology*, *24*(1), 280. <https://doi.org/10.1186/s12871-024-02671-x>
- Mazurek, B., Szydlowski, L., Mazurek, M., Markiewicz-Loskot, G., Pajak, J., & Morka, A. (2016). Comparison of the degree of exercise tolerance in children after surgical treatment of complex cardiac defects, assessed using ergospirometry and the level of brain natriuretic peptide. *Medicine*, *95*(8), e2619. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000002619>
- Mezzani, A. (2017). Cardiopulmonary exercise testing: basics of methodology and measurements. *Annals of the American Thoracic Society*, *14*(Supplement_1), S3-S11. <https://doi.org/10.1513/AnnalsATS.201612-997FR>
- Reeves, T., Bates, S., Sharp, T., Richardson, K., Bali, S., Plumb, J., Anderson, H., Prentis, J., Swart, M., Levett, D. Z. H., & Perioperative Exercise Testing and Training Society (POETTS) (2018). Cardiopulmonary exercise testing (CPET) in the United Kingdom-a national survey of the structure, conduct, interpretation and funding. *Perioperative Medicine*, *7*, 2. <https://doi.org/10.1186/s13741-017-0082-3>

- Ross, R. M. (2003). ATS/ACCP statement on cardiopulmonary exercise testing. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 167(10), 1451. <https://doi.org/10.1164/ajrccm.167.10.950>
- Silvapulle, E., & Darvall, J. (2022). Objective methods for preoperative assessment of functional capacity. *Bja Education*, 22(8), 312-320. <https://doi.org/10.1016/j.bjae.2022.03.003>
- Song, L., Qu, H., Luo, J., Wang, W., Zheng, L., Xue, M., & Shi, D. (2022). Cardiopulmonary exercise test: a 20-year (2002-2021) bibliometric analysis. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 9, 982351. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2022.982351>
- Souren, T., De Blik, E., Roeykens, J., De Soomer, K., & Oostveen, E. (2020). Quality control of cardiopulmonary exercise equipment. *European Respiratory Journal*, 56(Suppl 64), 3786. <https://doi.org/10.1183/13993003.congress-2020.3786>
- Steffens, D., Ismail, H., Denehy, L., Beckenkamp, P. R., Solomon, M., Koh, C., Bartyn, J., & Pillinger, N. (2021). Preoperative cardiopulmonary exercise test associated with postoperative outcomes in patients undergoing cancer surgery: a systematic review and meta-analyses. *Annals of Surgical Oncology*, 28(12), 7120-7146. <https://doi.org/10.1245/s10434-021-10251-3>
- Stubbs, D. J., Grimes, L. A., & Ercole, A. (2020). Performance of cardiopulmonary exercise testing for the prediction of post-operative complications in non cardiopulmonary surgery: a systematic review. *PLoS One*, 15(2), e0226480. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0226480>
- Sun, Q., Omindo, W. W., Liu, W., Huang, Y., Zhang, R., Qian, Y., Li, X., Qiu, R., Zheng, S., Ping, W., & Zhang, N. (2024). Your preoperative rehabilitation assistant: a study protocol for the impact of a telemedicine-supported preoperative home rehabilitation program on the prognosis of patients undergoing thoroscopic surgery. *Digit Health*, 10, 20552076241258362. <https://doi.org/10.1177/20552076241258362>
- Thomas, G., Tahir, M. R., Bongers, B. C., Kallen, V. L., Slooter, G. D., & van Meeteren, N. L. (2019). Prehabilitation before major intra-abdominal cancer surgery: a systematic review of randomised controlled trials. *European Journal of Anaesthesiology*, 36(12), 933-945. <https://doi.org/10.1097/EJA.0000000000001030>
- Thompson, A., Fleischmann, K. E., Smilowitz, N. R., de Las Fuentes, L., Mukherjee, D., Aggarwal, N. R., Ahmad, F. S., Allen, R. B., Altin, S. E., Auerbach, A., Berger, J. S., Chow, B., Dakik, H. A., Eisenstein, E. L., Gerhard-Herman, M., Ghadimi, K., Kachulis, B., Leclerc, J., Lee, C. S., Macaulay, T. E., ... & Peer Review Committee Members (2024). 2024 AHA/ACC/ACS/ASNC/HRS/SCA/SCCT/SCMR/SVM guideline for perioperative cardiovascular management for noncardiac surgery: a report of the American College of Cardiology/American Heart Association Joint Committee on clinical practice guidelines. *Circulation*, 150(19), e351-e442. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001285>
- Tian, Y., Chang, H., Cheng, M., Jin, J., Ye, X., & Zhao, X. (2025). Bibliometric insights into breast cancer organoid chips: trends and emerging areas. *International Journal of Surgery*, 111(8), 5337-5349. <https://doi.org/10.1097/JS9.0000000000002560>
- van de Ven, L., Félix, A. C., Suarez, J., Dias, J., Pinto, F. F., & Laranjo, S. (2024). Cardiac rehabilitation for Fontan circulation patients: a systematic review, and meta-analysis. *Medicina*, 60(11), 1817. <https://doi.org/10.3390/medicina60111817>
- Veeralakshmanan, P., Juszcak, M., & Tiwari, A. (2024). A comparison of outcome in patient with and without undergoing cardiopulmonary exercise testing (CPET). *Vascular and Endovascular Surgery*, 58(8), 862-865. <https://doi.org/10.1177/15385744241277053>
- Wang, X., Li, J., Zhou, J., Gao, M., Wang, B., Tong, Y., Cao, Y., & Chen, W. (2024). Based on cardiopulmonary exercise testing to construct and validate nomogram of long-term prognosis within 12 months for NSCLC. *The Clinical Respiratory Journal*, 18(8), e13806. <https://doi.org/10.1111/crj.13806>
- Wijeyesundera, D. N., Pearse, R. M., Shulman, M. A., Abbott, T. E. F., Torres, E., Ambosta, A., Croal, B. L., Granton, J. T., Thorpe, K. E., Grocott, M. P. W., Farrington, C., Myles, P. S., Cuthbertson, B. H., & METS Study Investigators (2018). Assessment of functional capacity before major non-cardiac surgery: an international, prospective cohort study. *Lancet*, 391(10140), 2631-2640. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(18\)31131-0](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(18)31131-0)
- Wong, H. M. K., Qi, D., Ma, B. H. M., Hou, P. Y., Kwong, C. K. W., Lee, A., & Prehab Study Group (2024). Multidisciplinary prehabilitation to improve frailty and functional capacity in high-risk elective surgical patients: a retrospective pilot study. *Perioperative Medicine*, 13(1), 6. <https://doi.org/10.1186/s13741-024-00359-x>
- Zhao, Y., Li, J., Tao, C., & Ding, R. (2022). Research hotspots and trends of cardiopulmonary exercise test: visualization analysis based on citespace. *Medicine in Novel Technology and Devices*, 16, 100191. <https://doi.org/10.1016/j.medntd.2022.100191>

附錄表 1 檢索式

數據庫來源	檢索式	檢索結果
WoS	("exercise test*" OR "cardiopulmonary exercise" OR "CPET" OR "CPEX" OR "cardiopulmonary reserve" OR "CPX" OR "vo2max" OR "vo2peak" OR "peak oxygen" OR "anaerobic threshold")AND ("surgery" OR "surgical operation" OR "surgical operating")	840
Scopus	("exercise test*" OR "cardiopulmonary exercise" OR "CPET" OR "CPEX" OR "cardiopulmonary reserve" OR "CPX" OR "vo2max" OR "vo2peak" OR "peak oxygen" OR "anaerobic threshold")AND ("surgery" OR "surgical operation" OR "surgical operating")	2458
PMC	((("exercise test*"[Title] OR "cardiopulmonary exercise"[Title] OR "CPET"[Title] OR "CPEX"[Title] OR "cardiopulmonary reserve"[Title] OR "CPX"[Title] OR "vo2max"[Title] OR "vo2peak"[Title] OR "peak oxygen" [Title] OR "anaerobic threshold"[Title]) OR ("exercise test*"[Abstract] OR "cardiopulmonary exercise"[Abstract] OR "CPET"[Abstract] OR "CPEX"[Abstract] OR "cardiopulmonary reserve"[Abstract] OR "CPX"[Abstract] OR "vo2max"[Abstract] OR "vo2peak"[Abstract] OR "peak oxygen" [Abstract] OR "anaerobic threshold"[Abstract]) OR ("exercise test*"[MeSH Terms] OR "cardiopulmonary exercise"[MeSH Terms] OR "CPET"[MeSH Terms] OR "CPEX"[MeSH Terms] OR "cardiopulmonary reserve"[MeSH Terms] OR "CPX"[MeSH Terms] OR "vo2max"[MeSH Terms] OR "vo2peak"[MeSH Terms] OR "peak oxygen" [MeSH Terms] OR "anaerobic threshold"[MeSH Terms])) AND (("surgery"[Title] OR "surgical operation"[Title] OR "surgical operating"[Title] OR ("surgery"[Abstract] OR "surgical operation"[Abstract] OR "surgical operating"[Abstract]) OR ("surgery"[MeSH Terms] OR "surgical operation"[MeSH Terms] OR "surgical operating"[MeSH Terms]))	439