

時間取代模式分析身體活動量取代靜態時間對健康影響之文獻回顧

王好卉¹ 廖崑² 薛名淳^{1*}

¹ 臺北市立大學運動教育研究所

² 國立臺灣師範大學休閒運動與餐旅管理研究所

*通訊作者：薛名淳

通訊地址：111 臺北市士林區忠誠路二段 101 號

E-mail: boxeo@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202406_33(1).0002

投稿日期：2024 年 3 月 接受日期：2024 年 4 月

摘要

一天 24 小時中，靜態行為、身體活動及睡眠時間皆是固定且有限的，但多數研究僅關注分析單一行為的時間量對健康的關係，較少同時考慮三種行為所花的時間是否產生相互依賴而進一步影響健康。「時間取代模式」已被用來檢驗此研究問題，聚焦探討 24 小時活動週期所有行為時間的相互抵消對健康之影響，故本研究以系統性回顧蒐集有關應用時間取代模式分析與健康相關之文獻，以提供更明確的動態生活指引。本文共納入 21 篇文獻，分別來自美國 ($n = 6$)、日本 ($n = 4$)、臺灣 ($n = 2$)、瑞典 ($n = 2$)、西班牙 ($n = 1$)、英國 ($n = 1$)、歐洲五國 ($n = 1$)、南非 ($n = 1$)、荷蘭 ($n = 1$)、芬蘭 ($n = 1$)、中國 ($n = 1$)。21 篇文獻當中，大多以 Cox 比例風險模型及多元線性迴歸進行資料分析，另外有 1 篇使用簡單線性迴歸，1 篇使用邏輯斯迴歸。所有文獻的健康指標，以全死因死亡風險為主 ($n = 6$)，其他如肥胖指標 ($n = 1$)、身體功能 ($n = 1$)、肌少症 ($n = 2$)、憂鬱症 ($n = 4$)、健康生活品質 ($n = 2$)、失能風險 ($n = 1$)、害怕跌倒 ($n = 1$)、身體組成 ($n = 1$)、心臟代謝指標 ($n = 1$)、糖尿病指標 ($n = 1$) 及肌肉功能 ($n = 1$)。整體研究證據顯示，在排除睡眠時間或其他干擾因素後，用 10 分鐘、30 分鐘或 60 分鐘相等量時間的輕度身體活動或中高強度身體活動取代靜態時間，對死亡風險及某些身心健康指標有正向的關聯性，但研究結果會因不同等量時間或健康指標而有不同結果。

王好卉 廖崑 薛名淳

建議未來採縱向研究設計探討不同時間等量身體活動取代靜態時間後的長期健康影響，或將時間取代法改以實驗設計方式進行靜態行為改變，以分析身體活動行為模式改變後的健康效益。

關鍵詞：24 小時行為、行為取代、久坐行為、文獻回顧、加速規

壹、緒論

從代謝當量 (metabolic equivalents, METs) 角度，人類每天 24 小時身體活動包含睡眠 (0.9 METs) (即每公斤體重每小時消耗 0.9 大卡) 及清醒時的活動：如靜態行為 (sedentary behavior, SB) (1.0–< 1.5 METs)、輕度身體活動 (light-intensity physical activity, LPA) (1.5–< 3 METs)、中高強度身體活動 (moderate-to-vigorous physical activity, MVPA) (≥ 3.0 METs) (古博文等, 2021; Tremblay et al., 2017)。為有效促進人群的動態生活與健康，世界衛生組織 (World Health Organisation, WHO) 提出最新的成年人 (含 65 歲以上老年人) 身體活動指南，明確指出有氧身體活動量建議為每週應至少 150–300 分鐘中等強度有氧運動，或 75–150 分鐘高強度有氧運動；或進行等量的中強度與高強度有氧活動之組合；並特別指出應減少每日 SB 及用任何強度的身體活動取代靜態時間 (sedentary time, ST)，同時鼓勵輕度活動能越多越好以養成動態生活，漸進成為能執行中高強度身體活動的能力基礎 (Bull et al., 2020)。

近年一些研究開始探討身體活動行為 METs 光譜對健康之影響 (Chastin et al. 2015)，主要根據學者 Mekary et al. (2009) 提出「等時替代模式」又稱「時間取代法」(isotemporal substitution model, ISM)，假設某種行為活動所花費的時間，以相等時間替代為另一種身體活動行為，同時允許校正其他行為使用時間成分 (behavior time-use component) 的干擾作用 (confounding effect)。因此使用時間取代模式可以考慮

不同行為彼此之間相互關係後對健康的影響，以提供公共衛生制定身體活動建議量及設計日常活動介入策略的參考 (Tremblay et al., 2016)。舉例而言，各國身體活動建議指南皆鼓勵人們應多參與中高強度身體活動，但 24 小時的清醒時間當中，若增加 MVPA 會同時取代 LPA 或 SB，而中高強度身體活動若取代了輕度活動或靜態時間的健康效益是否有所不同則未被進一步釐清 (Kahlmeier et al., 2015; Oja & Titze, 2011)。尤其目前已經有研究證實，過量靜態時間可能會抵消中高強度身體活動對健康的效益 (Ekelund et al., 2016)。因此使用時間取代模式分析，或許可提出更具體地建議以釐清睡眠、SB、LPA、MVPA 之間，應該在 24 小時中如何更有效分配以獲得最大的健康效益。

目前時間取代模式的研究證據仍有分歧，例如已有研究指出 10 分鐘中高強度身體活動取代 10 分鐘靜態行為可降低 21% 全死因死亡率 (Fishman et al., 2016)，而根據過去的研究研究則指出 10 分鐘中高強度身體活動取代靜態行為對全死因死亡率無顯著關係 (Dohrn et al., 2018)。而在 30 分鐘時間取代模式上也有類似的發現，Schmid et al. (2016) 指出以 30 分鐘中高強度身體活動取代靜態行為可降低 49% 的全死因死亡率，而 Dohrn et al. (2018) 研究則顯示無顯著關係。另外在心理健康指標上也有不一致發現，例如 Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al. (2018) 用 10 分鐘輕度活動取代靜態行為對知覺生理健康沒有顯著關係；而用 10 分鐘中高強度身體活動取代靜態行為則有顯著。Tully et al. (2020) 的

研究指出以 30 分鐘輕度活動取代靜態行可減少憂鬱症狀，而用 30 分鐘中高強度身體活動取代靜態行為與憂鬱症狀則無顯著相關。然而在 Kandola et al. (2021) 研究發現以 60 分鐘輕度活動或中高強度身體活動取代靜態行為皆與減少憂鬱症狀有顯著相關。

因此，不等量的時間取代模式及不同健康或疾病可能會有不一致的發現，目前的研究證據似乎尚未有定論。有鑑於此，本研究將彙整有關時間取代模式對健康或疾病關聯性的相關文獻，釐清不同量的時間取代模式，例如 LPA 或 MVPA 分別取代靜態時間對不同健康風險之關係，以描繪出相關的研究趨勢與提出未來研究或實踐方向。

貳、研究方法

一、文獻搜尋策略

首先，本研究以關鍵字「時間取代模式」、「等時替代模式」、「replacing」、「isotemporal」於 Airiti Library 華藝線上圖書館進行搜尋並未有相關文獻，因此本研究資料蒐集主要以 PubMed 資料庫為搜尋標的，因本研究於 2020 年開始進行文獻搜索，查閱十年間之文獻，從 2020 年至 2023 年底，且具有同儕審查機制，有關身體活動與時間取代模式之相關文獻，並參考過往文獻回顧使用之關鍵詞進行搜尋 (Grgic et al., 2018)，並以下列詞組進行搜索：(sitting OR sedentary OR sedentariness OR sedentarism OR “sedentary behaviour” OR

“sedentary behavior”) AND (mortality OR mortalities OR death OR disease OR physical function OR mental health OR depression OR anxiety OR cognitive OR well-being) AND (accelerometer OR accelerometry OR “objectively measured” OR “objectively accessed” OR device-based) AND (replacing OR isotemporal OR reallocating OR compositional)。

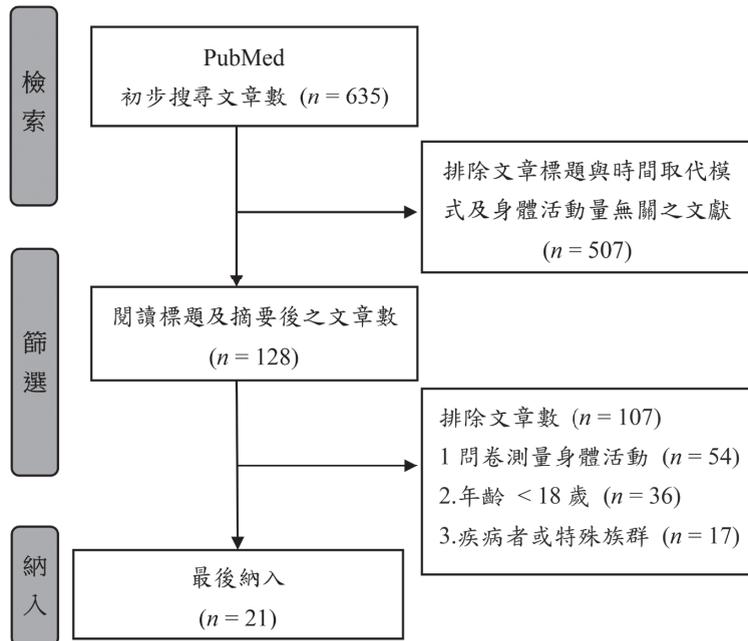
二、文獻篩選標準

研究者依據本文目的設定收錄文獻之標準為：(一)、使用時間取代模式為研究主題；(二)、使用三軸加速規測量身體活動量；(三)、以各種健康結果為依變數。而搜尋文獻之排除條件為：(一)、以問卷測量身體活動量；(二)、研究對象 < 18 歲；(三)、以患有疾病者或特殊族群為研究對象。本研究將所蒐集到之相關文獻輸入至 Endnote[®] 電子文獻軟體，並根據 preferred reporting items for systematic review and meta-analysis (PRISMA) statement 所定義之步驟進行文獻篩選 (Chen et al., in press; Matthew et al., 2021; Page et al., 2021)，篩選流程如圖 1 所示。

三、研究品質評估與資料提取

有關研究品質的評估，本研究參考相關文獻之作法 (余義箴等, 2020)，使用學者 Kmet et al. (2004) 使用的研究品質工具進行分析。其評估方式有 14 題，本研究採觀察性研究品質項目進行給分，若符合

圖 1
文獻篩選流程圖



品質標準給予 (Yes) = 2 分、部分符合標準 (Partial) = 1 分、不符合標準 (No) = 0 分，計算方式為總分 28 減去 N/A 的分數乘以 2，除以題數。研究者確認完文獻後會由兩位共同作者分別與研究篩選標準進行核對，以確認文獻資料符合目的，以進行研究品質評估分析。21 篇文獻綜合評分的平均分數為 1 分，最終研究品質分析結果可詳見表 1。而本研究文獻資料及研究數據提取內容包括：作者、年代、國家、樣本特性、追蹤時間、身體活動量、加速規之型號、分析方法、干擾因子以及主要研究結果，並彙整於表 2。

參、研究結果

一、時間取代模式探討身體活動取代靜態時間之研究現況

本研究透過 PubMed、Scopus 資料庫進行搜索，一共搜尋出 635 篇文獻，閱讀標題後及摘要後共有 128 篇，經閱讀全文後，再依據本文設定之排除標準，排除 107 篇，分別為：(一)、以問卷測量身體活動量之文獻 54 篇；(二)、排除研究對象年齡 < 18 歲之文獻 36 篇；(三)、排除疾病者或特殊族群 17 篇。最終納入 21 篇文獻為本文回顧之文獻。

本文納入研究特性如表 2 所示，21 篇合格文獻皆使用時間取代模式分析身體活動量取代靜態時間對健康結果之關係，其

表 1
收錄文獻之文獻品質評估表

作者 (年)	評估項目														Overall rating
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	
Schmid et al. (2016)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Fishman et al. (2016)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Matthews et al. (2016)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Loprinzi and Loenneke (2017)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Dohrn et al. (2018)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Diaz et al. (2019)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Yasunaga et al. (2017)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Sánchez-Sánchez et al. (2019)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari et al. (2018)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Tully et al. (2020)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Kandola et al. (2021)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Loprinzi and Loenneke (2017)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue et al. (2018)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Hofman et al. (2022)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Veen et al. (2022)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Lai et al. (2020)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Chiba et al. (2022)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Ren et al. (2022)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Kufe et al. (2022)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Farrahi et al. (2023)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0
Lai et al. (2023)	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	N/A	N/A	Yes	Yes	Yes	Yes	N/A	Yes	Yes	1.0

平均數 1.0

註：得分標準：符合 (Yes) = 2，部分符合 (Partial) = 1，不符合 (No) = 0，N/A = 不適用。研究品質題目說明如下：1. 研究問題與目的充分描述；2. 研究設計明顯與適當；3. 研究設計中的主題、對照組與變項是否適當；4. 充分描述主題和對照組特徵；5. 是否描述研究設計中的介入和隨機；6. 是否有報告研究者的介入和不知情；7. 是否有報告研究對象的介入和不知情；8. 研究結果以及評估方式有明確定義並且避免誤差？評估結果的方式是否清楚描述；9. 樣本大小是否合適；10. 分析方法的描述與定義是否適當；11. 主要研究結果中是否有呈現不同的估計變異量；12. 控制組是否混淆；13. 研究結果是否清楚描述細節；14. 結論是否支持結果。

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果

作者 年代 國家	樣本數		特性		追蹤年 代 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分 / 日 [測量儀器型號]	分析模式 / 干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	(死亡)	(M \pm SD)	年齡	男性 %				
Schmid et al. (2016) USA	3,702 (697)	50.0–85.0	49.7	6.35 y	ST (< 100 cpm) LPA (100–2019 cpm) MVPA (\geq 2020 cpm) [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	全死因死亡	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、教育程 度、種族、吸菸、飲 酒、脂肪攝入、纖維 攝入、移動能力、病 史、冠心病、心衰竭、 中風、癌症、腰圍、 加速規穿戴時間	30-min reallocation 全死因死亡率 SB \rightarrow LPA: 0.88 [0.84, 0.92]* SB \rightarrow MVPA: 0.51 [0.32, 0.83]* 心血管疾病 SB \rightarrow LPA: 0.88 [0.81, 0.95]* SB \rightarrow MVPA: 0.36 [0.13, 0.95]* 致癌率 SB \rightarrow LPA: 0.93 [0.86, 1.01] SB \rightarrow MVPA: 0.79 [0.39, 1.62]
Fishman et al. (2016) USA	3,029 (112)	50.0–79.0 (61.3 \pm 8.4)	46.6	5.00 y	ST (< 100 cpm) = 533 LPA (100–<2019 cpm) = 322 MVPA (\geq 2020 cpm) = 16 [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	全死因死亡	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、教育程 度、種族、吸菸、 BMI、移動能力、慢 性疾病、加速規穿戴 時間	整體樣本 10-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.92 [0.90, 0.95]* SB \rightarrow MVPA: 0.79 [0.63, 0.99]* 30-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.80 [0.75, 0.85]* 60-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.61 [0.53, 0.70]*
Matthews et al. (2016) USA	4,840 (700)	\geq 40.0 56.8 (0.4)	49.7	6.60 y	ST (< 100cpm) = 492 LPA (100–<760 cpm) = 252 MPA (\geq 760–2020 cpm) = 102 VPA (\geq 2020 cpm) = 19.2 [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	全死因死亡	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、教育程 度、種族、吸菸、飲 酒、BMI、病史、冠 心病、中風、移動能 力、癌症	整體樣本 60-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.82 [0.73, 0.92]* SB \rightarrow MVPA: 0.58 [0.44, 0.77]* 低活動組 (n = 2,618, 576 deaths) SB \rightarrow LPA: 0.80 [0.69, 0.92]* SB \rightarrow MVPA: 0.37 [0.26, 0.54]* 高活動組 (n = 2,222, 124 deaths) SB \rightarrow LPA: 1.29 [0.95, 1.74] SB \rightarrow MVPA: 0.92 [0.60, 1.43]

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	樣本數 (死亡)		特性 年 齡 (M ± SD)		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分/日 [測量儀器型號]	分析模式/干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	男性	%	年 齡	%				
Loprinzi and Loenneke (2017) USA	5,377 (385)	48.0	20.0–85.0 49.4 (17.4)	48.0	6.70 y	ST (< 100 cpm) = 481.3 LPA (100–<2019 cpm) = 351.3 MVPA (≥ 2020 cpm) = 22.2 [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年 齡、性 別、教 育 程 度、種 族、吸 菸、 BMI	30-min reallocation SB → LPA: 0.87 [0.80, 0.95]* SB → MVPA: 0.19 [0.06, 0.60]*
Dohrn et al. (2018) Sweden	851 (158)	44.0	50.0–89.0 52.8 (10.2)	44.0	14.20 y	ST (< 100 cpm) = 492 LPA (100–<2019 cpm) = 344 MVPA (≥ 2020 cpm) = 31 [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年 齡、性 別、教 育 程 度、吸 菸、高 血 壓、 心 臟 病、癌 症、糖 尿 病	10-min reallocation 全 死 因 死 亡 率 SB → LPA: 0.96 [0.93, 0.99]* SB → MVPA: 0.93 [0.83, 1.05] 心 血 管 疾 病 SB → LPA: 0.91 [0.86, 0.97]* SB → MVPA: 0.76 [0.63, 0.92]* 致 癌 率 SB → LPA: 0.95 [0.90, 1.00] SB → MVPA: 0.86 [0.74, 1.01] 30-min reallocation 全 死 因 死 亡 率 SB → LPA: 0.89 [0.81, 0.98]* SB → MVPA: 0.81 [0.57, 1.14] 心 血 管 疾 病 SB → LPA: 0.62 [0.42, 0.91]* SB → MVPA: 0.23 [0.07, 0.74]* 致 癌 率 SB → LPA: 1.02 [0.92, 1.12] SB → MVPA: 1.05 [0.79, 1.40]

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分 / 日 [測量儀器型號]	分析模式 / 干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	樣本數 (死亡)	年 齡 (M \pm SD)				
Diaz et al. (2019) USA	7,999 (647) (死亡)	≥ 45.0 63.5 (8.5)	5.50 y	ST (< 50 cpm) = 695 LPA (≥ 50 -1064 cpm) = 188 MVPA (≥ 1065 cpm) = 13.2 [Actical Philips Respiromics]	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、種族、 居住地區、吸菸、飲 酒、BMI、糖尿病、腎 高血壓、高血脂、腎 絲球過濾蛋白異常、 心房顫動、冠心病史、 中風	整體樣本 30-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.83 [0.80, 0.87]* SB \rightarrow MVPA: 0.65 [0.50, 0.85]* 低活動組 (n = 3999, 507 deaths) 30-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.82 [0.77, 0.88]* SB \rightarrow MVPA: 0.32 [0.18, 0.56]* 高活動組 (n = 4000, 140 deaths) 30-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.89 [0.79, 1.00] SB \rightarrow MVPA: 0.94 [0.69, 1.28]
Yasunaga et al. (2017) Japan	287	65.0-84.0	2.00 m	ST (≤ 1.5 METs) LPA: (> 1.5-< 3.0 METs) MVPA: (≥ 3.0 METs) [活動量計 HJA-350IT]	Yasunaga et al. (2017) / 多元線性迴歸 / 年 齡、性別、BMI、慢 性疾病、吸菸、飲酒、 居住狀態、教育程度、 加速規穿戴時間	10-min reallocation 握力 SB \rightarrow LPA: 0.05 [-0.03, 0.13] SB \rightarrow MVPA: 0.06 [-0.16, 0.29] 一般走路速度 SB \rightarrow LPA: 0.00 [-0.00, 0.00] SB \rightarrow MVPA: 0.018 [0.01, 0.02]* 最快走路速度 SB \rightarrow LPA: 0.00 [-0.00, 0.00] SB \rightarrow MVPA: 0.025 [0.01, 0.03]* 起立行走坐下 SB \rightarrow LPA: -0.00 [-0.01, 0.01] SB \rightarrow MVPA: -0.11 [-0.15, -0.07]* 單腳平衡站立 SB \rightarrow LPA: 0.06 [-0.20, 0.35] SB \rightarrow MVPA: 1.15 [0.41, 1.89]*

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	樣本數 (死亡)		特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分/日 [測量儀器型號]	分析模式/干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	年數	男性 %	年齡 ($M \pm SD$)	男性 %				
Sánchez- (2019) Spain	497		≥ 65.0 (78.08 ± 5.71)	46.7	橫斷性 研究	ST: (< 174 cpm) LPA: (174 cpm \leq 1924 cpm) MVPA: (\geq 1924 cpm) [ActiTrainer accelerometer (ActiGraph, LLC)]	Charlson et al. (1994) / 多元線性迴歸/年 齡、性別、慢性疾病、 身體功能	肌少症
								60-min reallocation
								SB \rightarrow LPA: 0.93 [0.76, 1.14]
								SB \rightarrow MVPA: 0.52 [0.35, 0.87]*
								肌肉量
								60-min reallocation
								SB \rightarrow LPA: 0.001 [-0.00, 0.00]
								SB \rightarrow MVPA: 0.01 [0.00, 0.02]*
								走路速度
								60-min reallocation
SB \rightarrow LPA: -0.01 [-0.03, 0.00]								
SB \rightarrow MVPA: 0.08 [0.05, 0.11]*								
握力								
60-min reallocation								
SB \rightarrow LPA: 0.42 [-0.01, 0.85]								
SB \rightarrow MVPA: 0.88 [0.14, 1.63]								
Veen et al. (2022) Sweden	235		65.0–70.0	37.0	—	ST: (< 100 cpm) LPA: (> 100–2019 cpm) MVPA: (> 2019 cpm) [ActiGraph GT3x]	Veen et al. (2022) / 簡 單線性迴歸/年齡、 性別、身體組成、身 高、體重、腰圍	10-min reallocation
								肌少症
								SB \rightarrow LPA: -0.01 [-0.03, -0.00]*
								SB \rightarrow MVPA: -0.08 [-0.11, -0.04]*
								肌肉量
								SB \rightarrow LPA: 0.02 [0.00, 0.04]*
								SB \rightarrow MVPA: 0.07 [0.02, 0.11]*
								五次坐站
								SB \rightarrow LPA: 0.01 [-0.00, 0.03]
								SB \rightarrow MVPA: 0.06 [0.01, 0.12]*
								握力
								SB \rightarrow LPA: 0.01 [-0.00, 0.03]
								SB \rightarrow MVPA: 0.10 [0.05, 0.16]*

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	特性		追蹤年 齡 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分 / 日 [測量儀器型號]	分析模式 / 干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	樣本數 (死亡)	男性 %				
Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al. (2018) Japan	276	65.0-85.0	62.0	橫斷性 研究 ST (< 1.5 METs) LPA (< 1.5-3.0 METs) MVPA (\geq 3.0 METs) [HJA-350IT]	Yasunaga et al. (2017) / 多元線性迴歸 / 年 齡、性別、BMI、身 體功能、婚姻狀態、 教育程度、加速規穿 戴時間	憂鬱症 30-min reallocation SB \rightarrow LPA: -0.13 [-0.26, -0.00]* SB \rightarrow MVPA: -0.01 [-0.47, 0.24]
Tully et al. (2020) Denmark, Spain, Germany, and Northern Ireland	1,360	\geq 65.0 (75.18)	38.2	橫斷性 研究 LPA: (100-2019 cpm) MVPA: (> 2020 cpm) [ActiGraph wGT3X-BT]	Ware et al. (1996) / 多元線性迴歸 / 年齡、 性別、婚姻狀態、教 育程度、居住地區、 SF-12 健康生活品質得 分、加速規穿戴時間	30-min reallocation 憂鬱症 SB \rightarrow LPA: 0.55 [0.49, 0.62]* SB \rightarrow MVPA: 0.06 [-0.04, 0.16] 焦慮症 SB \rightarrow LPA: -0.37 [-0.42, -0.32]* SB \rightarrow MVPA: -0.14 [-0.21, -0.07]*
Kandola et al. (2021) UK	60,235	55.9	44.0	4.80 y LPA: (> 30 milli-g) MPA: (< 125 milli-g) VPA: (\geq 125 milli-g) [Axivity AX3 triaxial]	Hernan et al. (2020) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、種族、 家庭收入、教育程度、 吸菸、飲食、BMI	60-min reallocation 憂鬱症 SB \rightarrow LPA: 0.95 [0.94, 0.96]* SB \rightarrow MVPA: 0.75 [0.74, 0.76]* 焦慮症 SB \rightarrow LPA: 1.07 [1.06, 1.08]* SB \rightarrow MVPA: 0.90 [0.89, 0.90]*

心理健康

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分/日 [測量儀器型號]	分析模式/干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	樣本數 (死亡)	年齡 ($M \pm SD$)				
Hofman et al. (2022) Netherlands	1943	71.0 (9.0)	5.50 y	ST: (< 48 mg) LPA: (48 < 154 mg) MPA: (154 < 389 mg) VPA: (> 389 mg) [GeneActiv]	Ikram et al. (2020) / 多 元線性迴歸 / 性別、 年齡、居住狀況、教 育程度、BMI、疾病 史	30-min reallocation 憂鬱症 SB \rightarrow LPA: -0.00 [-0.44, 0.43] SB \rightarrow MVPA: -0.81 [-1.30, 0.32]* 焦慮症 SB \rightarrow LPA: 0.14 [-0.06, 0.34] SB \rightarrow MVPA: -0.18 [-0.41, 0.05]
健康生活品質						
Loprinzi and Loenneke (2017) USA	5,377 (385)	20.0–85.0 49.4 (17.4)	6.70 y	ST (< 100 cpm) = 481.3 LPA (100–<2019 cpm) = 351.3 MVPA (\geq 2020 cpm) = 22.2 [Uniaxial ActiGraph AM-7164]	Mekary et al. (2009) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、種族、 BMI、吸菸、教育程度	30-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.92 [0.85, 1.01] SB \rightarrow MVPA: 0.28 [0.13, 0.58]*
Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue et al. (2018) Japan	287	65.0–84.0 74.4	3.00 m	ST: (\leq 1.5 METs) LPA: (> 1.5–< 3.0 METs) MVPA: (\geq 3.0 METs) [HJA-350IT]	Yasunaga et al. (2017) / 多元線性迴歸 / 年齡、 性別、婚姻狀態、教 育程度、疾病史	知覺生理健康 10-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.03 [-0.07, 0.13] SB \rightarrow MVPA: 0.44 [0.17, 0.71]* 知覺心理健康 10-min reallocation SB \rightarrow LPA: -0.01 [-0.10, 0.07] SB \rightarrow MVPA: 0.20 [-0.03, 0.43]
失能風險						
Chiba et al. (2022) Japan	3691	74.0	2.00 y	LPA: (< 3.0 METs) MPA: (3.0–6.0 METs) VPA: (> 6.0 METs) [GT40-020 & HW-100]	Chiba et al. (2022) / Cox 比例風險模型 / 年齡、性別、教育程 度、疾病史、飲酒習 慣、吸菸習慣、BMI	10-min reallocation SB \rightarrow LPA: 0.98 [0.87, -1.10] SB \rightarrow MVPA: 0.86 [0.75, 0.99]*

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分/日 [測量儀器型號]	分析模式/干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	樣本數 (死亡)	年齡 ($M \pm SD$)				
Ren et al. (2022) China	1114	64.9	3.00 m	ST: (0-99 cpm)	Ren et al. (2022) / 遷 輯迴歸/年齡、是否 獨居、是否飲酒、教 育程度、有無跌倒經 驗、BMI	30-min reallocation
				LPA: (100-1951 cpm) MVPA: (> 1952 cpm) [ActiGraph wGT3X-BT]		SB → LPA: 0.95 [0.89, 1.02] SB → MVPA: 0.73 [0.56, 0.96]*
害怕跌倒						
Lai et al. (2022) Taiwan	199	80.6	7.00 m	SB: (≤ 99 cpm), LPA: (100-2019 cpm) MVPA: (≥ 2020 cpm) [ActiGraph GT3X)	Mekary et al. (2009) / 多元線性迴歸/年齡、 BMI、性別、居住地、 教育程度、吸菸習慣、 飲酒習慣、疾病史	30-min reallocation 四肢骨骼肌質量指數
						SB → LPA: 0.04 [-0.04, 0.13] SB → MVPA: -0.02 [-0.28, 0.23] 體脂肪率 SB → LPA: 0.19 [-0.32, 0.70] SB → MVPA: 2.21 [0.73, 3.69]* BMI SB → LPA: 0.04 [-0.17, 0.27] SB → MVPA: 0.58 [-0.05, 1.22] 腰圍 SB → LPA: 0.18 [-0.47, 0.83] SB → MVPA: 1.84 [-0.45, 3.78]
身體組成						

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	樣本數 (死亡)		特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分/日 [測量儀器型號]	分析模式/干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	年數	男性 %	年齡 ($M \pm SD$)	男性 %				
Farrahi et al. (2023) Finland	5840	44.1	46.0	44.1	2.00 y	心臟代謝健康指標 ST: (< 1.5 METs) LPA: (1.5-3.0 METs) MVPA: (≥ 3 METs) [Hookie AM20]	Farrahi et al. (2023) / 多元線性迴歸/年齡、 性別、教育程度、職 業、婚姻狀況、收入、 生活習慣、抽菸習慣、 疾病史	60-min reallocation 高密度膽固醇 SB \rightarrow LPA: -1.8 [-2.2, -1.4]* SB \rightarrow MVPA: -7.9 [-9.0, -6.7]* 高密度低密度脂蛋白比值 SB \rightarrow LPA: -2.7 [-3.2, -2.1] SB \rightarrow MVPA: -11.3 [-13.0, -9.6] 三酸甘油酯 SB \rightarrow LPA: -3.8 [-4.5, -3.1] SB \rightarrow MVPA: -8.2 [-10.3, -6.1] 體脂肪 SB \rightarrow LPA: -2.8 [-3.2, -2.4] SB \rightarrow MVPA: -7.9 [-9.1, -6.8] BMI SB \rightarrow LPA: -1.0 [-1.2, -0.7] SB \rightarrow MVPA: -1.9 [-2.6, -1.2] 體脂肪量 SB \rightarrow LPA: -4.2 [-4.8, -3.7] SB \rightarrow MVPA: -10.3 [-12.0, -8.6] 30-min reallocation 高密度膽固醇 SB \rightarrow LPA: -0.9 [-1.1, -0.7]* SB \rightarrow MVPA: -4.0 [-4.6, -3.4]* 高密度低密度脂蛋白比值 SB \rightarrow LPA: -1.3 [-1.6, -1.0] SB \rightarrow MVPA: -5.8 [-6.7, -4.9]

表 2
身體活動時間取代模式與健康風險影響相關之結果 (續)

作者 年代 國家	特性		追蹤年 (平均)	身體活動量 (cpm) = 分 / 日 [測量儀器型號]	分析模式 / 干擾因素	研究結果 β / HR / (95% CI)
	樣本數 (死亡)	男性 %				
Lai et al. (2023) Taiwan	141	81.1 \pm 6.9	51.1	6.00 m SB: (\leq 99 cpm) LPA: (100–2019 cpm) MVPA: (\geq 2020 cpm) [ActiGraph GT3X)	Mekary et al. (2009) / 多元線性迴歸 / 年齡、BMI、性別、 居住地、教育程度、 吸菸習慣、飲酒習 慣、疾病史	60-min reallocation 握力 SB \rightarrow LPA: 1.58 [0.07, 2.46]* SB \rightarrow MVPA: 1.11 [-1.05, 3.28] 起身來回行走 SB \rightarrow LPA: -1.41 [-2.18, -0.64]* SB \rightarrow MVPA: -1.38 [-3.25, 0.48] 走路速度 SB \rightarrow LPA: 0.04 [0.00, 0.07]* SB \rightarrow MVPA: 0.10 [0.01, 0.19]* 五次坐站 SB \rightarrow LPA: -0.00 [-0.03, 0.01] SB \rightarrow MVPA: -0.06 [-0.11, -0.00]*

註：CI：confidence intervals；BMI：body mass index；HR：hazard rates (風險比率)；MVPA：moderate to vigorous physical activity (中高強度身體活動)；
LPA：light physical activity (輕度身體活動)；SB：sedentary behaviors (靜態行為)；ST：sedentary time (靜態時間)；y：year；m：month。
* $p < .05$

中共有 6 篇來自美國的研究，4 篇來自日本的研究，2 篇臺灣的研究，2 篇來自瑞典的研究，其他則有 7 篇分別來自西班牙、英國、南非、荷蘭、芬蘭、中國，另有 1 篇來自於歐洲五個國家共同進行之研究。在美國的證據中，有 4 篇是採用美國健康營養資料庫 (National Health and Nutrition Examination Survey, NHNES) (Fishman et al., 2016; Loprinzi & Loenneke, 2017; Matthews et al., 2016; Schmid et al., 2016)。所有文獻發表於 2015–2023 年間，其中共有 9 篇前瞻性研究，平均追蹤 6.6 年，另有 12 篇為橫斷性研究。所有研究參與者年齡介於 20–89 歲，男性參與者占整體樣本約 48.7%。在健康指標方面，21 篇文獻當中，研究死亡風險之文獻共有 6 篇 (Diaz et al., 2019; Dohrn et al., 2018; Fishman et al., 2016; Loprinzi & Loenneke, 2017; Matthews et al., 2015; Schmid et al., 2016)；肥胖指標 1 篇 (Lai et al., 2022)；身體功能表現 (physical function) 1 篇 (Yasunaga et al., 2017)；肌少症 (sarcopenia) 2 篇 (Sánchez-Sánchez et al., 2019; Veen et al., 2022)；另，心理健康方面包含憂鬱症狀 (depression) 及焦慮症 (anxiety) 有 4 篇 (Hofman et al., 2022; Kandola et al., 2021; Tully et al., 2020; Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al., 2018)；而有 2 篇為健康生活品質 (Loprinzi & Loenneke, 2017; Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue, et al., 2018)；失能風險 1 篇 (Chiba et al., 2022)；害怕跌倒 1 篇 (Ren et al., 2022)；身體組成 1 篇 (Lai et al., 2022)；心臟代謝指標 1 篇 (Farrahi et al., 2023)；糖尿病指標 1 篇 (Kufe et al., 2022)；肌肉功能 1 篇 (Lai et al., 2023)。

本研究所有文獻皆使用加速規儀器測量身體活動量，共有 7 篇使用單軸加速規、14 篇研究使用三軸加速規，另外有 2 篇來自日本的研究使用活動量計 HJA-350IT、1 篇來自日本的研究使用 Hookie AM20 以及 1 篇研究使用飛利浦加速規。其中又以單軸加速規為主要的研究工具 (型號：ActiGraph AM-7164)。

身體活動強度方面，主要區分為三種變數：靜態行為 (SB)、輕度活動 (LPA)、中高強度活動 (MVPA)，其強度切點分別為每分鐘計數 (cut per minute, CPM)： < 100 、 ≥ 100 – ≤ 2019 、 ≥ 2020 CPM 為主；也有研究使用 METs 計算 (Sánchez-Sánchez et al., 2019; Yasunaga et al., 2017; Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al., 2018)：SB = ≥ 1 – ≤ 1.5 METs、LPA = > 1.5 – < 3 METs、MVPA = ≥ 3 METs。

在時間取代模式方面，多數研究主要以 30-min LPA 及 30-min MVPA 的等量時間取代靜態時間 (Diaz et al., 2019; Dohrn et al., 2018; Fishman et al., 2016; Hofman et al., 2022; Kufe et al., 2022; Lai et al., 2022; Loprinzi & Loenneke, 2017; Matthews et al., 2016; Ren et al., 2022; Schmid et al., 2016; Tully et al., 2020; Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al., 2018)。其中 Matthews et al. (2016) 與 Diaz et al. (2019) 則是先將樣本群為高低活躍程度 (low-active & high-active) 作為子群體的分析 (Diaz et al., 2019; Matthews et al., 2016)。其他取代模式，則包括了：10-min LPA、10-min MVPA、15-min LPA、15-min MVPA、45-min LPA、45-min MVPA、60-min LPA 及 60-min

MVPA。但採用 15 分鐘及 45 分鐘的取代模式證據相對較少，因此本研究僅以最多被採用納入時間取代法的 10 分鐘、30 分鐘、60 分鐘為後續主要證據的論述。在分析方法上，有 10 篇以 Cox 比例風險模型作為分析方式，另外 9 篇則是以多元線性迴歸作為分析方式，另外有 1 篇為簡單線性迴歸及 1 篇邏輯斯迴歸。

二、死亡風險

Schmid et al. (2016) 研究針對 50 歲以上中高齡者，追蹤 6.35 年。研究發現用 30-min LPA 或 30-min MVPA 取代靜態時間，分別有效降低 12% 及 49% 的全死因死亡風險。而用 30-min MVPA 取代 SB 對心血管疾病死亡風險的保護性達到 64%；但與癌症相關死亡則無發現。Fishman et al. (2016) 研究以 10-min LPA 取代 SB 顯示可減少死亡風險 8%；以 10-min MVPA 取代 SB 則顯示可降低 21%；而在 30-min LPA 與 60-min LPA 取代 SB 的結果發現，死亡率分別可降低 20% 及 39%。這項研究同樣以性別為子群體觀察，其研究結果與整體樣本相似（如表 1）。然而，由於該研究樣本的平均 MVPA 的耗費時間過低，在 30-MVPA 及 60-MVPA 取代 SB 有較高的多重共線性 (multicollinearity) 而被排除分析模式。Matthews et al. (2015) 的研究採用 60-min LPA 取代 SB 的結果顯示能降低 18% 死亡風險；採用 60-min MVPA 取代 SB 則可降低 42%。這項研究進一步以身體活動量中位數將參與者分為高活動組（平均一天 ≥ 5.8 小時身體活動

量）與低活動組（平均一天 < 5.8 小時身體活動量）。在低活動組別中顯示以 60-min LPA 取代 SB 可降低 20% 全死因死亡風險；而以 60-min MVPA 取代 SB 則可降低 63% 全死因死亡風險。另外高活動量組別在 60-min LPA 與 60-min MVPA 則無相關發現。Loprinzi and Loenneke (2017) 的研究同時探討身體活動與靜態行為在相互取代後的結果，首先將 30-min LPA 取代 SB 顯示能降低 13% 的死亡風險；以 30-min MVPA 取代 SB 則可降低 81% 的死亡風險。另外，該研究進一步分析 30-min SB 取代 LPA 發現會提高全死因死亡風險 14%；而 30-min SB 取代 MVPA 部分死亡風險則顯示增加 5 倍。Dohrn et al. (2018) 研究採用瑞典健康行為資料庫縱貫性調查 (Sweden Attitude Behaviour and Change, ABC)，該研究分析平均年齡 52.8 歲的一般民眾，發現 10-min LPA 取代 SB 顯示可減少 4% 全死因死亡風險，10-min MVPA 則無顯著。而在 30-min LPA 取代 SB 的全死因死亡率降低 11%，30-min MVPA 則無顯著。這項研究另外分析心血管疾病死亡風險及癌症死亡風險，顯示在 10-min LPA、10-min MVPA、30-min LPA 及 30-min MVPA 取代 SB 等四個模式中，對心血管疾病死亡率皆有降低風險的效果，但癌症死亡則無顯著。Diaz et al. (2019) 研究採用美國衛生研究院資料庫 (Reasons for Geographic and Racial Differences in Stroke, REGARDS)，發現 30-min LPA 與 30-min MVPA 取代 SB 可分別降低 17%、35% 死亡風險。這項研究以身體活動量之

中位數將參與者分為高活動組 (≥ 3.5 h/d) 與低活動組 (< 3.5 h/d)，發現在低活動的組別用 30-min LPA 與 30-min MVPA 取代 SB 時能降低死亡風險，在高活動的組別則沒有發現額外的效益。

三、肥胖指標

Lai et al. (2022) 研究分析 199 位高齡者，以 30-min LPA 和 30-min MVPA 取代 SB 進行分析四肢骨骼肌質量指數、體脂肪率、BMI 及腰圍的關係，但研究結果僅發現 30-min MVPA 取代 SB 對較低的體脂肪率相關，其他指標皆無顯著相關。

四、身體功能表現

Yasunaga et al. (2017) 研究使用日本松戶市流行病學研究資料庫，分析握力、一般步行速度、最快走路速度、動態移動能力、平衡感等身體功能指標。研究發現每增加 10 分鐘的 MVPA 取代 SB，對 65 歲以上高齡者一般步行速度、最快走路速度、動態移動能力、平衡感等有正向的效益，但握力則無顯著相關。Sánchez-Sánchez et al. (2019) 以西班牙資料庫 (Toledo Study of Healthy Aging, TSHA)，探討時間取代模式對肌少症風險關係，研究發現 60-min MVPA 取代 SB 約有 48% 的正向預測力能減少肌少症風險。Veen et al. (2022) 則是發現 10-min LPA 取代 SB 時五次坐站及握力時無顯著關係，而用 10-min MVPA 取代 SB 時則有顯著影響握力及五次坐站，其他的身體功能指標 (肌

少症及肌肉量) 以 10-min LPA 或 MVPA 取代 SB 皆有顯著。Lai et al. (2023) 發現以 60-min LPA 取代靜態行為時與握力、起身來回行走、走路速度有顯著，以 60-min MVPA 取代 SB 時僅有走路速度以及五次坐站有顯著。

五、心理健康

心理健康方面有 4 篇研究，包含憂鬱症的及焦慮症的證據。Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al. (2018) 分析 276 位平均年齡 74.4 歲的日本高齡者，顯示每增加 30-min LPA 取代 SB，可以顯著降低憂鬱症指數 GDS-15 score (Geriatric Depression Scale)；但以 30-min MVPA 取代 SB 則無顯著相關。另外一項歐洲 4 國跨國研究分析 1,360 位平均年齡 75 歲的高齡者 (Tully et al., 2020) 使用時間取代模式並同時探討焦慮症與憂鬱症的證據顯示，30 分鐘的 LPA 或 30-min MVPA 模式取代 SB，發現可顯著減少焦慮症指數；而採用 30-min LPA 模式取代 SB 也可顯著減少憂鬱症指數；但以 30-min MVPA 取代 SB 對憂鬱症指數則無顯著相關。另一項英國的前瞻性研究 (UK Biobank)，學者 Kandola et al. (2021) 以 60-min LPA 與 60-min MVPA 取代 SB 顯示，憂鬱症風險可分別降低 5% 及 25%。此外，將 60-min MVPA 取代 SB 時焦慮症風險可降低 10%；而用 60-min LPA 取代 SB 時焦慮症風險卻提升 7%。另外 Hofman et al. (2022) 使用 30-min LPA 與 MVPA 取代 SB 研究結果顯示，僅有用 30-min MVPA 取代 SB 時能減少憂鬱症狀 19%，其他皆無顯著。

六、健康身活品質

Loprinzi and Loenneke (2017) 的前瞻性研究以 NHNES 資料庫進行分析，研究中使用了 Health-Related Quality of Life (HROQOL) 量表評估健康生活品質，研究顯示將 30-min MVPA 取代 SB 可顯著減少 72% 健康生活品質下降之風險 (OR = 0.28; 95% CI = [0.13, 0.58])。但以 30-min LPA 取代 SB 雖能些微減少健康生活品質的下降，但未達顯著 (OR = 0.92; 95% CI = [0.85, 1.01])。另外，Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue, et al. (2018) 在日本的研究同樣使用 HROQOL 量表，並進一步分為生理 (physical component summary, PCS) 及心理 (mental component summary, MCS) 構面。研究結果發現，使用每增加 10-min MVPA 取代 SB 時，知覺生理健康品質有顯著的提高，但心理健康品質則無顯著；另外，若以 10-min LPA 取代 SB 時對生理及心理健康生活品質之間皆無顯著關係。

七、失能風險

Chiba et al. (2022) 的研究是一個長達兩年的縱貫性研究，以日本名古屋及高濱町的社區高齡者為研究對象，一共招募了 3,691 名高齡者，研究結果表示，以 10-min MVPA 取代 SB 時可以減少高齡者的殘疾風險，而用 10-min LPA 取代 SB 時則無顯著關係。

八、害怕跌倒

Ren et al. (2022) 研究招募了 60–70 歲的女性，一共招募了 1,114 位研究參與者，

研究使用 30-min PA 取代 SB，研究結果發現，以 30-min MVPA 取代 SB 可以有效減少高齡者害怕跌倒的指數。

九、心臟代謝健康指標

Farrahi et al. (2023) 的研究是利用 PA 取代 SB 瞭解心臟代謝健康指標，研究結果顯示使用 60-min LPA 取代 SB 時顯著降低了 1.8% 的高密度膽固醇，使用 60-min MVPA 取代 SB 時則是降低 7.9% 的高密度膽固醇，使用 30-min LPA 取代 SB 時顯著降低了 0.9% 的高密度膽固醇，30-min MVPA 取代 SB 時則降低了 4.0% 的高密度膽固醇，然而在其他指標上則無顯著相關。

十、二型糖尿病風險

Kufe et al. (2022) 研究將男性女性分開，探討以 30-min PA 取代 SB 對血糖及胰島素的影響，研究一共招募 727 位參與者，共 502 位男性參與者，225 位女性參與者，研究結果顯示男性參與者以 30-min MVPA 取代 SB 時顯著降低血糖也與胰島素有顯著關係，女性則是以 30-LPA 取代 SB 時與降低血糖有顯著關係。

肆、討論

本文獻回顧主要結果發現，採用時間取代法的研究證據顯示：無論以中高強度身體活動取代靜態時間，或是以輕度活動量取代靜態時間，皆與全死因死亡風險、心血管疾病風險、肌少症、身體功能、憂鬱症、焦慮症及健康生活品質有關。而取代法的時間量主要以 10 分鐘、30 分鐘

及 60 分鐘為單位來取代靜態時間且對健康指標有顯著益處，這與過去的文獻回顧結果相同 (Grgic et al., 2018; Miatke et al., 2023)。而子群體分析在性別上的研究結果並無差異，但若區分高低身體活動量組別後，高身體活動量組的時間取代法結果顯示對全死因死亡風險未有顯著關聯。值得注意的是，輕度身體活動量取代靜態時間也有益正向健康結果，這進一步支持有關輕度身體活動量也有益健康的重要性 (古博文等, 2021) 及 WHO 提出輕度身體活動量累積越多越好的指引 (Bull et al., 2020)。本研究收錄之文獻以中高年齡層的證據為主，以縱貫性設計的觀察居多，且身體活動行為測量皆採用客觀測量儀器。然而，本文回顧文獻中並無研究探討高齡者常見的疾病指標，如認知健康或骨質疏鬆症。本文收錄的研究大部分無考慮睡眠時間在身體活動及靜態時間之間的相互取代後的影響性。鑑於國際間已經發布 24 小時高齡者行為指南 (Liu et al., 2023)，進一步探討 24 小時行為相互取代後對不同健康指標的影響有其重要性及意義。因此建議未來需有更多的證據探討動態時間取代靜態時間模式對不同健康指標上的影響。

根據聯合國估計全球高齡人口數已在 2022 年已達到約 80 億人口數的 10% (United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division, 2022)。在臺灣，超過 65 歲的高齡人口也已於 2023 年底達到 429 萬人，高齡人口占比已達到 WHO 所定義的「高齡社會」(國家發展委員會, 2023)。隨著臺灣高齡人口

數的大幅增加，醫療負擔及健保支出已經成為臺灣政府及健康相關單位所關注的議題，因此健康促進及提升高齡人口身體活動及運動政策的資源投入日趨增加 (衛生福利部, 2023)。尤其過去研究已發現，高齡者缺乏身體活動是造成許多慢性疾病、身體機能退化與增加死亡風險主要危險因素 (王翔星等, 2021; 孫聞賢等, 2020; 楊雯雯等, 2024; Hsueh et al., 2020, 2021; Lai et al., 2020; Liu et al., 2023)。即便 WHO 或我國政府不斷提倡高齡者身體活動指引，但客觀數據顯示有許多高齡者其實達不到公共衛生建議的每週至少 150 分鐘的中高強度身體活動量 (古博文等, 2021)。而本文整體結果顯示，以輕度活動作為靜態時間的替代行為之健康效益，雖然比利用中高強度身體活動量取代靜態時間的效果還低，但將輕度活動視為坐式生活型態的替代行為，對公共衛生會產生較巨大的影響 (Fishman et al., 2016)，尤其高齡者大部分是坐式生活型態，且較難以進行中高強度身體活動量。並且老年人在維持社區運動方案仍面臨許多額外的阻礙，諸如交通、時間、人力資源等 (Biedenweg et al., 2014)。因此，對老年人來說，增加輕度活動量會是靜態行為優先的替代方案 (Fishman et al., 2016)。

根據表 3，本文回顧以探討時間取代法對全死因死亡風險之證據較多，且以採用「30 分鐘活動量取代靜態行為」的模型分析居多。但不同研究在不同健康指標上的結果並不完全一致。例如，Matthews et al. (2015) 與 Fishman et al. (2016) 在加速

表 3
時間取代模式與健康效益之整體性結果摘要表

健康指標	時間取代模式		
	10 分鐘	30 分鐘	60 分鐘
全死因死亡率			
LPA 取代 SB	(2)[+](5)[+]	(1)[+](2)[+](4)[+](6)[+]	(2)[+](3)[+](5)[+]
MVPA 取代 SB	(2)[+](5)[?]	(1)[+](4)[+](6)[+]	(3)[+]
心血管疾病發生率			
LPA 取代 SB	(5)[+]	(1)[+]	(5)[+]
MVPA 取代 SB	(5)[+]	(1)[+]	(5)[+]
致癌率			
LPA 取代 SB	(5)[?]	—	—
MVPA 取代 SB	(5)[?]	—	—
一般走路速度			
LPA 取代 SB	—	—	(21)[+]
MVPA 取代 SB	(7)[+]	—	(21)[+]
最快走路速度			
LPA 取代 SB	—	—	—
MVPA 取代 SB	(7)[+]	—	(8)[+]
起立行走坐下			
LPA 取代 SB	—	—	(21)[+]
MVPA 取代 SB	(7)[+]	—	—
單腳平衡站立			
LPA 取代 SB	—	—	—
MVPA 取代 SB	(7)[+]	—	—
五次坐站			
MVPA 取代 SB	(15)[+]	—	(21)[+]
握力			
LPA 取代 SB	—	—	(21)[+]
MVPA 取代 SB	(15)[+]	—	—
肌少症			
LPA 取代 SB	(15)[+]	—	(8)[?]
MVPA 取代 SB	(15)[+]	—	(8)[+]
肌肉量			
LPA 取代 SB	(15)[+]	—	—
MVPA 取代 SB	(15)[+]	—	—
憂鬱症			
LPA 取代 SB	—	(9)[+](10)[+](16)[?]	(11)[+]
MVPA 取代 SB	—	(9)[?](10)[?](16)[+]	(11)[+]

表 3

時間取代模式與健康效益之整體性結果摘要表 (續)

健康指標	時間取代模式		
	10 分鐘	30 分鐘	60 分鐘
焦慮症			
LPA 取代 SB	—	(10)[+](16)[?]	(11)[+]
MVPA 取代 SB	—	(10)[+](16)[?]	(11)[+]
健康生活品質			
LPA 取代 SB	—	(12)[?]	—
知覺生理健康			
LPA 取代 SB	(13)[?]	—	—
MVPA 取代 SB	(13)[+]	—	—
知覺心理健康			
LPA 取代 SB	(13)[?]	—	—
MVPA 取代 SB	(13)[?]	—	—
體脂肪率			
LPA 取代 SB	—	—	—
MVPA 取代 SB	—	(14)[+]	—
身體組成			
LPA 取代 SB	—	(14)[?]	—
MVPA 取代 SB	—	(14)[?]	—
殘疾風險			
MVPA 取代 SB	(17)[+]	—	—
害怕跌倒			
MVPA 取代 SB	(18)[+]	—	—
高密度膽固醇			
LPA 取代 SB	—	—	(19)[+]
MVPA 取代 SB	—	—	(19)[+]
血糖			
LPA 取代 SB	(20)[+]	—	—
MVPA 取代 SB	(20)[+]	—	—
胰島素			
MVPA 取代 SB	(20)[+]	—	—

註：[+]：正向效益；[?]：無相關；(1)：Schmid et al. (2016)；(2)：Fishman et al. (2016)；(3)：Matthews et al. (2016)；(4)：Loprinzi and Loenneke (2017)；(5)：Dohrn et al. (2018)；(6)：Diaz et al. (2019)；(7)：Yasunaga et al. (2017)；(8)：Sánchez-Sánchez et al. (2019)；(9)：Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari et al. (2018)；(10)：Tully et al. (2020)；(11)：Kandola et al. (2021)；(12)：Loprinzi and Loenneke (2017)；(13)：Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue, et al. (2018)；(14)：Lai et al. (2022)；(15)：Veen et al. (2022)；(16)：Hofman et al. (2022)；(17)：Chiba et al. (2022)；(18)：Ren et al. (2022)；(19)：Farrahi (2023)；(20)：Kufe et al. (2022)；(21)：Lai et al. (2023)。

規設定的身體活動強度切點並不一致，前者使用 ≥ 760 cpm 定義為中高強度活動量，後者則以 ≥ 2020 cpm。研究已經指出，「切點」(cut-off point) 的選擇會影響中高強度活動量的估計值，並會影響對於老年人心血管代謝疾病風險之間的關係程度 (dos Santos et al., 2020)。此外，本文收錄之文獻所採用的客觀儀器的廠牌及型號異質性高，建議未來相關研究可採用與國際間認可及切點相符合的規格設定進行更多研究的探討，如三軸加速歸 ActiGraph GT3X+ (賴鼎富等，2022)。這可能是造成研究結果不一致的主要原因。所有文獻在處理混淆因素皆考慮了性別、年齡、教育程度、身體組成、慢性疾病及疾病史，但大部分的研究並未將配戴加速歸的穿戴時間做控制，由於穿戴時間會影響樣本整體活動量的呈現，亦可能對研究結果有所影響。而經研究者進一步確認所有文獻當中，有少許文獻未採用敏感性分析。建議未來研究應考慮上述的研究限制。

另外，在時間取代模式分析加速規測量的身體活動量取代靜態時間相關文獻中，也有部分研究探討高齡者的身體功能指標，其中 Yasunaga et al. (2017) 的研究發現客觀測量中高強度身體活動量取代靜態行為有助於身體功能表現 (除了握力)。此結果與先前採用問卷測量的研究證據一致 (Gebel et al., 2015; Thomas et al., 2015)，而 Sánchez-Sánchez et al. (2019) 研究發現，無論用 15 分鐘、30 分鐘、45 分鐘及 1 小時中高強度身體活動取代靜態行為與輕度身體活動，都降低了肌少症的發

生機率。另外也有幾項研究結果表示，中高強度身體活動對肌力較有顯著影響，因為輕度身體活動可能對肌力沒有顯著的幫助 (Buman, et al., 2014; Chahal et al., 2014)。Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue et al. (2018) 與 Sánchez-Sánchez (2019) 研究也指出，對於身體功能指標的效益來說，使用中高強度身體活動來取代靜態行為，在身體功能指標上的幫助較為明顯。而先前的研究也顯示 (Füzéki et al., 2017) 輕度身體活動與身體功能較無相關。

本文獻回顧顯示以時間取代模式探討身體活動取代靜態時間的證據有 4 篇的研究是以心理健康相關指標做探討。這些研究以憂鬱症及焦慮症為主，以 30 分鐘與 60 分鐘作為取代時間，而 4 篇研究的結果有些地方不一致，以 30-min LPA 取代 SB 來看 Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue, et al. (2018) 與 Tully et al. (2020) 的研究顯示與憂鬱症有顯著相關，而 Hofman et al. (2022) 的研究則無顯著，而用 30-min MVPA 取代 SB 時則是 Hofman et al. 的研究節與憂鬱症有顯著相關。而在焦慮症的證據上，以 30-min PA 取代 SB 時 Tully et al. 的研究結果顯示 LPA 與 MVPA 皆與焦慮症有顯著相關，Hofman et al. 的研究則顯示 LPA 與 MVPA 皆與焦慮症無顯著相關。另外以 60-min 取代 SB 時則是與憂鬱症及焦慮症皆有顯著關係。而在健康生活品質則是有兩篇以 10 分鐘及 30 分鐘的取代法為主。Mekary et al. (2009) 的研究曾經指出，使用時間取代模式分析快速走路取代看電視時間可以顯著有效的預防

憂鬱症風險，但是慢速走路並未觀察到顯著的關聯性，這說明心理健康指標可能與較高強度的身體活動來取代靜態時間有關係。Rethorst et al. (2009) 研究也支持身體活動強度的重要性，因為他們指出，將久坐時間替換為極高強度身體活動與減少憂鬱症狀顯著相關，將久坐時間替換為低中等強度身體活動並未觀察到相同效果。即便如此，本文獻回顧證據發現輕度活動取代靜態時間與憂鬱症、焦慮症皆有顯著關係。而生活品質方面，過去的研究中表示，當身體活動越高，其生活品質越好（陳媽芬、林晉榮，2006），身體活動越高、心肺能力越好時睡眠品質也較佳（黎俊彥等，2001）。而文獻當中 Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue, et al. (2018) 的證據顯示 10 分鐘 LPA 取代靜態時間對健康生活品質無顯著關係；但在 30 分鐘 LPA 的時間段則與生活品質有關。基於此關於身體活動取代靜態行為在生活品質上未來仍有必要進一步探討更多相關證據。

整體而言，時間取代法分析模型是由 Mekary et al. (2009) 提出，是流行病學當中新穎的統計方式，讓人更清楚的知道當一種行為取代為另一種行為時的潛在因素，起初是用在流行病學及體重，用慢走取代看電視的時間等於將看電視的時間從模型中刪除，公式共分為三個步驟，第一步驟為單一模式 (single model)，用來分析依變相與自變相的關係，第二步驟為分區模式 (partition model)，用來分析各變相的關係，最後則是時間替代模式 (isotemporal substitution model)，將不需要的變相刪除，分析其對依變相的關係，以下提供詳細的分析公式

供未來研究參考，如下步驟：一、單一模式： $\text{variable} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{SB (LPA or MVPA)} + \beta_2 \times \text{wear-time} + \beta_3 \times \text{covariates}$ 。二、分區模式： $\text{variable} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{SB} + \beta_2 \times \text{LPA} + \beta_3 \times \text{MVPA} + \beta_4 \times \text{covariates}$ 。三、時間取代模式： $\text{variable} = \beta_0 + \beta_1 \times \text{LPA}_{\text{min}} + \beta_2 \times \text{MVPA}_{\text{min}} + \beta_3 \times \text{wear-time} + \beta_4 \times \text{covariates}$ (Chiba et al., 2022; Fishman et al., 2016; Loprinzi & Loenneke, 2017; Yasunaga et al., 2017; Yasunaga, Shibata, Ishii, Koohsari, et al., 2018; Yasunaga, Shibata, Ishii, Inoue et al., 2018)。

伍、結論

時間取代模式探討身體活動與靜態行為與健康結果之關係在近年來受到身體活動流行病學研究的重視。本文獻回顧顯示，即使是僅 10 分鐘的身體活動量取代靜態時間對部分健康指標有正向的關聯性，而採 30 分鐘身體活動量取代靜態時間的行為模式較常被採用，也同樣對部分疾病風險有預防效果，但整體而言時間越長效果越佳。就實務上而言，靜態時間的重新分配於動態時間對健康有正向的效益，這樣的證據資訊有助於未來相關領域研究者設計行為改變模式介入策略以驗證實驗設計下的立即效果。而時間取代法的概念也能提供民眾在日常生活型態中能有具體時間指引做好動態生活的健康管理。

致謝

本研究感謝臺北市立大學競爭型計畫（編號 UT-11304）研究資源之支持。

參考文獻

1. 王翔星、陳盈甄、李佳蓁、黃昭竣 (2021)。不同健身策略對女性中高齡者下肢快速力量與速度表現之影響。《體育學報》，54(2)，135–146。https://doi.org/10.6222/pej.202106_54(2).0003
[Wang, H.-H., Chen, Y.-C., Lee, J.-Z., & Huang, C.-C. (2021). The effects of three different exercise training techniques on rapid strength and velocity performance in the lower limbs for middle-aged and older women. *Physical Education Journal*, 54(2), 135–146. https://doi.org/10.6222%2fpej.202106_54(2).0003]
2. 古博文、陳俐蓉、孫繼光、薛名淳 (2021)。輕度身體活動的健康價值被低估了嗎？臺灣公共衛生雜誌，40(1)，30–40。https://doi.org/10.6288/TJPH.202102_40(1).109130
[Ku, P.-W., Chen, L.-J., Sun, C.-K., & Hsueh, M.-C. (2021). Are health benefits of light-intensity physical activity underestimated? *Taiwan Journal of Public Health*, 40(1), 30–40. https://doi.org/10.6288/TJPH.202102_40(1).109130]
3. 余義箴、何信弘、王立亭、薛名淳、張少熙 (2020)。公園使用者身體活動研究之系統性文獻回顧。《大專體育》，152，10–31。https://doi.org/10.6162/SRR.202003_(152).0002
[Yu, Y.-C., Ho, H.-H., Wang, L.-T., Hsueh, M.-C., & Chang, S.-H. (2020). A systematic review of studies on park users' physical activity. *Sports Research Review*, 152, 10–31. https://doi.org/10.6162/SRR.202003_(152).0002]
4. 孫聞賢、蔡舜璽、鄭皓謙、劉宏文 (2020)。十二週阻力訓練對健康高齡者體脂肪與脂肪相關發炎細胞激素的影響。《體育學報》，53(4)，407–418。https://doi.org/10.6222/pej.202012_53(4).0003
[Sun, W.-H., Tsai, S.-H., Cheng, H.-C., & Liu, H.-W. (2020). Effects of 12 weeks of resistance training on body fat and adipose-related inflammatory cytokines in healthy older adults. *Physical Education Journal*, 53(4), 407–418. https://doi.org/10.6222%2fpej.202012_53(4).0003]
5. 陳媽芬、林晉榮 (2006)。社區老人身體活動與生活品質相關之研究。《體育學報》，39(1)，87–99。https://doi.org/10.6222/pej.3901.200603.1008
[Chen, J.-F., & Lin, Z.-R. (2006). Relationship between physical activity and quality of life for the community older adults. *Physical Education Journal*, 39(1), 87–99. https://doi.org/10.6222/pej.3901.200603.1008]
6. 楊雯雯、陳麒先、鄭育(瑋)、許維君、曾彥喆、劉強 (2024)。外加屈髖彈力帶對高齡者步態之影響。《體育學報》，57(1)，31–42。https://doi.org/10.6222/pej.202308/PP.0020
[Yang, W.-W., Chen, C.-H., Cheng, Y.-T., Hsu, W.-C., Tseng, Y.-J., & Liu, C. (2024). Effects of additional elastic hip flexor band on gait performance in the elderly. *Physical Education Journal*, 57(1), 31–42. https://doi.org/10.6222%2fpej.202308%2fPP.0020]
7. 黎俊彥、吳家碧、賴正全、林威秀 (2001)。女大學生身體活動與睡眠品質之相關研究。《體育學報》，32，59–68。https://doi.org/10.6222/pej.0032.200109.5635
[Lee, A. J. Y, Wu, J.-B., Lai, Z.-Q., & Lin, W.-H. (2001). The relationship between

- physical activity and sleep quality of female college students. *Physical Education Journal*, 32, 59–68. <https://doi.org/10.6222/pej.0032.200109.5635>]
8. 賴鼎富、蕭綺、黃婉綺、薛名淳、廖邕 (2022)。三軸加速規應用於身體活動及靜態行為測量使用之敘述性綜論。《運動表現期刊》，9(2)，59–77。 <https://doi.org/10.53106/240996512022090902001>
 - [Lai, T.-F., Hsiao, C., Huang, W.-C., Hsueh, M.-C., & Liao, Y. (2022). Applying the tri-axial accelerometer to measure physical activity and sedentary behavior: A narrative review. *Journal of Sports Performance*, 9(2), 59–77. <https://doi.org/10.53106/240996512022090902001>]
 9. Biedenweg, K., Meischke, H., Bohl, A., Hammerback, K., Williams, B., Poe, P., & Phelan, E. A. (2014). Understanding older adults' motivators and barriers to participating in organized programs supporting exercise behaviors. *Journal of Primary Prevention*, 35(1), 1–11. <http://doi.org/10.1007/s10935-013-0331-2>
 10. Bull, F. C., Al-Ansari, S. S., Biddle, S., Borodulin, K., Buman, M. P., Cardon, G., Cardon, G., Carty, C., Chaput, J.-P., Chastin, S., Chou, R., Dempsey, P. C., DiPietro, L., Ekelund, U., Firth, J., Friedenreich, C. M., Garcia, L., Gichu, M., Jago, R., Willumsen, J. F. (2020). World Health Organization 2020 guidelines on physical activity and sedentary behaviour. *British Journal of Sports Medicine*, 54(24), 1451–1462. <http://doi.org/10.1136/bjsports-2020-102955>
 11. Buman, M. P., Winkler, E. A. H., Kurka, J. M., Hekler, E. B., Baldwin, C. M., Owen, N., Ainsworth, B. E., Healy, G. N., & Gardiner, P. A. (2014). Reallocating time to sleep, sedentary behaviors, or active behaviors: Associations with cardiovascular disease risk biomarkers, NHANES 2005–2006. *American Journal of Epidemiology*, 179(3), 323–334. <http://doi.org/10.1093/aje/kwt292>
 12. Chahal, J., Lee, R., & Luo, J. (2014). Loading dose of physical activity is related to muscle strength and bone density in middle-aged women. *Bone*, 67, 41–45. <http://doi.org/10.1016/j.bone.2014.06.029>
 13. Charlson, M., Szatrowski, T. P., Peterson, J., & Gold, J. (1994). Validation of a combined comorbidity index. *Journal of Clinical Epidemiology*, 47, 1245–1251. [https://doi.org/10.1016/0895-4356\(94\)90129-5](https://doi.org/10.1016/0895-4356(94)90129-5)
 14. Chastin, S. F. M., Palarea-Albaladejo, J., Dontje, M. L., & Skelton, D. A. (2015). Combined effects of time spent in physical activity, sedentary behaviors and sleep on obesity and cardio-metabolic health markers: A novel compositional data analysis approach. *PLoS One*, 10(10), Article e0139984. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0139984>
 15. Chen, Y.-C., Nien, J.-T., Chen, D.-T., Chu, C.-H., & Chang, Y.-K. (in press). The reporting guideline of systematic reviews and meta-analyses: Introduction and application of PRISMA 2020 in sports research. *Physical Education Journal*.
 16. Chiba, I., Lee, S., Bae, S., Makino, K., Shinkai, Y., Katayama, O., Harada, K., Yamashiro, Y., Takayanagi, N., & Shimada, H. (2022). Isotemporal substitution of

- sedentary behavior with moderate to vigorous physical activity is associated with lower risk of disability: A prospective longitudinal cohort study. *Physical Therapy & Rehabilitation Journal*, 102(5), Article pzac002. <http://doi.org/10.1093/ptj/pzac002>
17. Diaz, K. M., Duran, A. T., Colabianchi, N., Judd, S. E., Howard, V. J., & Hooker, S. P. (2019). Potential effects on mortality of replacing sedentary time with short sedentary bouts or physical activity: A national cohort study. *American Journal of Epidemiology*, 188(3), 537–544. <http://doi.org/10.1093/aje/kwy271>
 18. Dohrn, I. M., Kwak, L., Oja, P., Sjöström, M., & Hagströmer, M. (2018). Replacing sedentary time with physical activity: A 15-year follow-up of mortality in a national cohort. *Clinical Epidemiology*, 10, 179–186. <http://doi.org/10.2147/clep.S151613>
 19. dos Santos, C. E. S., d’Orsi, E., & Rech, C. R. (2020). Association between different cutoff points for objectively measured moderate-to-vigorous physical activity and cardiometabolic markers in older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 91, Article 104238. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104238>
 20. Ekelund, U., Steene-Johannessen, J., Brown, W. J., Fagerland, M. W., Owen, N., Powell, K. E., Bauman, A., & Lee, I.-M. (2016). Does physical activity attenuate, or even eliminate, the detrimental association of sitting time with mortality? A harmonised meta-analysis of data from more than 1 million men and women. *Lancet*, 388(10051), 1302–1310. [http://doi.org/10.1016/s0140-6736\(16\)30370-1](http://doi.org/10.1016/s0140-6736(16)30370-1)
 21. Farrahi, V., Rostami, M., Nauha, L., Korpisaari, M., Niemelä, M., Jämsä, T., Korpelainen, R., & Oussalah, M. (2023). Replacing sedentary time with physical activity and sleep: Associations with cardiometabolic health markers in adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(6), 907–920. <http://doi.org/10.1111/sms.14323>
 22. Fishman, E. I., Steeves, J. A., Zipunnikov, V., Koster, A., Berrigan, D., Harris, T. A., & Murphy, R. (2016). Association between objectively measured physical activity and mortality in NHANES. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(7), 1303–1311. <http://doi.org/10.1249/mss.0000000000000885>
 23. Füzéki, E., Engeroff, T., & Banzer, W. (2017). Health benefits of light-intensity physical activity: A systematic review of accelerometer data of the national health and nutrition examination survey (NHANES). *Sports Medicine*, 47(9), 1769–1793. <http://doi.org/10.1007/s40279-017-0724-0>
 24. Gebel, K., Ding, D., Chey, T., Stamatakis, E., Brown, W. J., & Bauman, A. E. (2015). Effect of moderate to vigorous physical activity on all-cause mortality in middle-aged and older Australians. *JAMA Internal Medicine*, 175(6), 970–977. <http://doi.org/10.1001/jamainternmed.2015.0541>
 25. Grgic, J., Dumuid, D., Bengoechea, E. G., Shrestha, N., Bauman, A., Olds, T., & Pedisic, Z. (2018). Health outcomes associated with reallocations of time between sleep, sedentary behaviour, and physical activity: A systematic scoping review of isotemporal substitution

- studies. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *15*, Article 69. <http://doi.org/10.1186/s12966-018-0691-3>
26. Hernán, M. A., & Robins, J. M. (2020). *Causal inference: What if*. Chapman & Hall/CRC.
 27. Hofman, A., Voortman, T., Ikram, M. A., & Luik, A. I. (2022). Substitutions of physical activity, sedentary behaviour and sleep: Associations with mental health in middle-aged and elderly persons. *Journal of Epidemiology and Community Health*, *76*(2), 175–181. <http://doi.org/10.1136/jech-2020-215883>
 28. Hsueh, M.-C., Lin, C.-Y., Lai, T.-F., Yu, Y.-C., Chang, S.-H., Bae, J.-Y., & Liao, Y. (2021). Is achieving 7,000 steps/day cross-sectionally and prospectively associated with older adults' lower-extremity performance? *BMC Geriatr*, *21*, Article 359. <http://doi.org/10.1186/s12877-021-02289-5>
 29. Hsueh, M.-C., Rutherford, R., Chou, C.-C., Park, J.-H., Park, H.-T., & Liao, Y. (2020). Objectively assessed physical activity patterns and physical function in community-dwelling older adults: A cross-sectional study in Taiwan. *BMJ Open*, *10*(8), Article e034645. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-034645>
 30. Ikram, M. A., Brusselle, G., Ghanbari, M., Goedegebure, A., Ikram, M. K., Kavousi, M., Kieboom, B. C. T., Klaver, C. C. W., de Knegt, R. J., Luik, A. I., Nijsten, T. E. C., Peeters, R. P., van Rooij, F. J. A., Stricker, B. H., Uitterlinden, A. G., Vernooij, M. W., & Vernooij, T. (2020). Objectives, design and main findings until 2020 from the Rotterdam study. *European Journal of Epidemiology*, *35*, 483–517. <https://doi.org/10.1007/s10654-020-00640-5>
 31. Kahlmeier, S., Wijnhoven, T. M. A., Alpiger, P., Schweizer, C., Breda, J., & Martin, B. W. (2015). National physical activity recommendations: Systematic overview and analysis of the situation in European countries. *BMC Public Health*, *15*, Article 133. <http://doi.org/10.1186/s12889-015-1412-3>
 32. Kandola, A. A., del Pozo Cruz, B., Osborn, D. P. J., Stubbs, B., Choi, K. W., & Hayes, J. F. (2021). Impact of replacing sedentary behaviour with other movement behaviours on depression and anxiety symptoms: A prospective cohort study in the UK Biobank. *BMC Medicine*, *19*, Article 133. <http://doi.org/10.1186/s12916-021-02007-3>
 33. Kmet, L. M., Lee, R. C., & Cook, L. S. (2004). *Standard quality assessment criteria for evaluating primary research papers from a variety of fields*. Alberta Heritage Foundation for Medical Research.
 34. Kufe, C. N., Goedecke, J. H., Masemola, M., Chikowore, T., Soboyisi, M., Smith, A., Westgate, K., Brage, S., & Micklesfield, L. K. (2022). Physical behaviors and their association with type 2 diabetes mellitus risk markers in urban South African middle-aged adults: An isotemporal substitution approach. *BMJ Open Diabetes Research & Care*, *10*(4), Article e002815. <http://doi.org/10.1136/bmjdr-2022-002815>
 35. Lai, T.-F., Liao, Y., Lin, C.-Y., Huang, W.-C., Hsueh, M.-C., & Chan, D.-C. (2020). Moderate-to-vigorous physical activity

- duration is more important than timing for physical function in older adults. *Scientific Reports*, *10*, Article 21344. <http://doi.org/10.1038/s41598-020-78072-0>
36. Lai, T.-F., Liao, Y., Hsueh, M.-C., Lin, K.-P., Chan, D.-C., Chen, Y.-M., & Wen, C.-J. (2023). Effect of isothermal substitution of sedentary behavior with different intensities of physical activity on the muscle function of older adults in the context of a medical center. *BMC Geriatrics*, *23*, Article 130. <http://doi.org/10.1186/s12877-023-03819-z>
37. Lai, T.-F., Liao, Y., Hsueh, M.-C., Yen, H.-Y., Park, J.-H., & Chang, J. H. (2022). Substituting sedentary time with physical activity in youngest-old to oldest-old community-dwelling older adults: Associations with body composition. *Frontiers in Public Health*, *10*, Article 837213. <http://doi.org/10.3389/fpubh.2022.837213>
38. Liu, Y.-T., Liao, Y., Hsueh, M.-C., Yen, H.-Y., Park, J.-H., & Chang, J. H. (2023). Domain-specific physical activity and the risk of all-cause mortality among middle-aged and older adults in Taiwan: A prospective cohort study. *Journal of Epidemiology*, *33*(11), 574–581. <http://doi.org/10.2188/jea.JE20220105>
39. Loprinzi, P. D., & Loenneke, J. P. (2017). Mortality risk and perceived quality of life as a function of waking time in discretionary movement-based behaviors: Isothermal substitution effects. *Quality of Life Research*, *26*(2), 343–348. <http://doi.org/10.1007/s11136-016-1385-4>
40. Matthews, C. E., Keadle, S. K., Troiano, R. P., Kahle, L., Koster, A., Brychta, R., van Domelen, D., Caserotti, P., Chen, K. Y., Harris, T. B., & Berrigan, D. (2016). Accelerometer-measured dose-response for physical activity, sedentary time, and mortality in US adults. *The American Journal of Clinical Nutrition*, *104*(5), 1424–1432. <http://doi.org/10.3945/ajcn.116.135129>
41. Matthews, C. E., Moore, S. C., Sampson, J., Blair, A., Xiao, Q., Keadle, S. K., Hollenbeck, A., & Park, Y. (2015). Mortality benefits for replacing sitting time with different physical Activities. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, *47*(9), 1833–1840. <http://doi.org/10.1249/mss.0000000000000621>
42. Mekary, R. A., Willett, W. C., Hu, F. B., & Ding, E. L. (2009). Isothermal substitution paradigm for physical activity epidemiology and weight change. *American Journal of Epidemiology*, *170*(4), 519–527. <http://doi.org/10.1093/aje/kwp163>
43. Miatke, A., Olds, T., Maher, C., Frayssse, F., Mellow, M. L., Smith, A. E., Pedisic, Z., Grgic, J., & Dumuid, D. (2023). The association between reallocations of time and health using compositional data analysis: A systematic scoping review with an interactive data exploration interface. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, *20*, Article 127. <https://doi.org/10.1186/s12966-023-01526-x>
44. Moher, D., Liberati, A., Tetzlaff, J., Altman, D. G., & The PRISMA Group. (2009). Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Medicine*, *6*(7), Article e1000097. <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000097>
45. Oja, P., & Titze, S. (2011). Physical

- activity recommendations for public health: Development and policy context. *EPMA Journal*, 2(3), 253–259. <http://doi.org/10.1007/s13167-011-0090-1>
46. Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., McGuinness, L. A., Stewart, L. A., Moher D. (2021). The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, Article n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
 47. Ren, P., Zhang, X., Du, L., Pan, Y., Chen, S., & He, Q. (2022). Reallocating time spent in physical activity, sedentary behavior and its association with fear of falling: Isotemporal substitution model. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(5), Article 2938. <http://doi.org/10.3390/ijerph19052938>
 48. Rethorst, C. D., Wipfli, B. M., & Landers, D. M. (2009). The antidepressive effects of exercise: A meta-analysis of randomized trials. *Sports Medicine*, 39(6), 491–511. <http://doi.org/10.2165/00007256-200939060-00004>
 49. Sánchez-Sánchez, J. L., Mañas, A., García-García, F. J., Ara, I., Carnicero, J. A., Walter, S., & Rodríguez-Mañas, L. (2019). Sedentary behaviour, physical activity, and sarcopenia among older adults in the TSHA: Isotemporal substitution model. *Journal of Cachexia, Sarcopenia and Muscle*, 10(1), 188–198. <http://doi.org/10.1002/jcsm.12369>
 50. Schmid, D., Ricci, C., Baumeister, S. E., & Leitzmann, M. F. (2016). Replacing sedentary time with physical activity in relation to mortality. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 48(7), 1312–1319. <http://doi.org/10.1249/mss.0000000000000913>
 51. Thomas, J. R., Nelson, J. K., & Silverman, S. J. (2015). *Research methods in physical activity* (7th ed.). Human kinetics.
 52. Tremblay, M. S., Aubert, S., Barnes, J. D., Saunders, T. J., Carson, V., Latimer-Cheung, A. E., Chastin, S. F. M., Altenburg, T. M., & Chinapaw, M. J. M. (2017). Sedentary behavior research network (SBRN)-terminology consensus project process and outcome. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 14, Article 75. <http://doi.org/10.1186/s12966-017-0525-8>
 53. Tremblay, M. S., Carson, V., Chaput, J.-P., Gorber, S. C., Dinh, T., Duggan, M., Faulkner, G., Gray, C. E., Gruber, R., Janson, K., Janssen, I., Katzmarzyk, P. T., Kho, M. E., Latimer-Cheung, A. E., LeBlanc, C., Okely, A. D., Olds, T., Pate, R. R., Phillips, A., Zehr, L. (2016). Canadian 24-hour movement guidelines for children and youth: An integration of physical activity, sedentary behaviour, and sleep. *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 41(6 Suppl. 3), S311–S327. <http://doi.org/10.1139/apnm-2016-0151>
 54. Tully, M. A., McMullan, I., Blackburn, N. E., Wilson, J. J., Bunting, B., Smith, L., Kee, F., Deidda, M., Giné-Garriga, M., Coll-Planas, L., Dallmeier, D., Denking, M., Rothenbacher, D., & Caserotti, P. (2020). Sedentary behavior, physical activity, and mental health in older adults: An isotemporal

- substitution model. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 30(10), 1957–1965. <http://doi.org/10.1111/sms.13762>
55. United Nations Department of Economic and Social Affairs, Population Division. (2022). *World population prospects 2022: Summary of results*. United Nations.
56. Veen, J., Montiel-Rojas, D., Kadi, F., & Nilsson, A. (2022). Effects of reallocating time spent in different physical activity intensities on sarcopenia risk in older adults: An isotemporal substitution analysis. *Biology*, 11(1), Article 111. <http://doi.org/10.3390/biology11010111>
57. Ware, J. E., Kosinski, M., & Keller, S. D. (1996). A 12-item short-form health survey: construction of scales and preliminary tests of reliability and validity. *Medical Care*, 34(3), 220–233. <https://doi.org/10.1097/00005650-199603000-00003>
58. Yasunaga, A., Shibata, A., Ishii, K., Inoue, S., Sugiyama, T., Owen, N., & Oka, K. (2018). Replacing sedentary time with physical activity: Effects on health-related quality of life in older Japanese adults. *Health and Quality of Life Outcomes*, 16, Article 240. <http://doi.org/10.1186/s12955-018-1067-8>
59. Yasunaga, A., Shibata, A., Ishii, K., Koohsari, M. J., & Oka, K. (2018). Cross-sectional associations of sedentary behaviour and physical activity on depression in Japanese older adults: An isotemporal substitution approach. *BMJ Open*, 8(9), Article e022282. <http://doi.org/10.1136/bmjopen-2018-022282>
60. Yasunaga, A., Shibata, A., Ishii, K., Koohsari, M. J., Inoue, S., Sugiyama, T., Owen, N., & Oka, K. (2017). Associations of sedentary behavior and physical activity with older adults' physical function: An isotemporal substitution approach. *BMC Geriatrics*, 17, Article 280. <http://doi.org/10.1186/s12877-017-0675-1>

A Review of Isotemporal Substitution Model Analyzing the Impact of Physical Activity Replacing Sedentary Time on Health Outcome

Yu-Hui Wang¹, Yong Liao², Ming-Chun Hsueh^{1,*}

¹ Graduate Institute of Sport Pedagogy, University of Taipei

² Graduate Institute of Sport, Leisure and Hospitality Management, National Taiwan Normal University

*Corresponding Author: Ming-Chun Hsueh

Address: No. 101, Sec. 2, Zhongcheng Rd., Shilin Dist., Taipei City 111, Taiwan (R.O.C.)

E-mail: boxeo@utapei.edu.tw

DOI:10.6167/JSR.202406_33(1).0002

Received: March, 2024 Accepted: April, 2024

Abstract

Humans spend a certain and limited amount of time every day in sedentary behavior, physical activities, and sleep. Most research has focused on the relationship between health status and time spent on a particular behavior, often overlooking how these activities might interact and collectively influence health. The isotemporal substitution model addresses this gap by examining the health effects of reallocating time among behaviors within a 24-hour activity cycle. To provide clearer guidelines for active living, this systematic review consolidated studies pertaining to health status analyses using the isotemporal substitution model. The 21 studies were from the US ($n = 6$), Japan ($n = 4$), Taiwan ($n = 2$), Sweden ($n = 2$), Spain ($n = 1$), the UK ($n = 1$) five European nations ($n = 1$), South Africa ($n = 1$), the Netherlands ($n = 1$), Finland ($n = 1$) and China ($n = 1$). A majority of these studies used the Cox proportional hazards model and Multiple Linear Regression to analyze, while 1 used Simple regression analysis and 1 used Logistic regression to analyze other health indicators. The primary health indicators in the studies were all-cause mortality ($n = 6$), physical function ($n = 1$), obesity indicators ($n = 1$), sarcopenia ($n = 2$), depression ($n = 4$), quality of health ($n = 2$), lower risk of disability ($n = 1$), fear of falling ($n = 1$), body composition ($n = 1$), cardiometabolic health markers ($n = 1$), type 2 diabetes mellitus risk markers ($n = 1$) and muscle function ($n = 1$). Findings generally indicate that after excluding sleep duration and other confounding factors, substituting 10, 30, or 60 minutes of sedentary time with light or moderate-to-vigorous physical activity in older adults was associated with lower mortality risk and better outcomes in several physical and mental health indicators. However, outcomes

varied based on the specific isotemporal substitutions and health indicators. Future research could involve longitudinal studies to examine the long-term health effects of the isotemporal substitution of sedentary behavior with physical activity. Alternatively, the isotemporal substitution model can be applied through experimental approaches to examine the changes in sedentary behavior and analyze the health benefits of altered physical activity behavioral patterns.

Keywords: 24-hour behavior, behavior substitution, sedentary behavior, literature review, accelerometer