

# 月經週期階段對規律月經女性運動表現的影響：系統性回顧與統合分析

Kelly Lee McNulty<sup>1</sup> · Kirsty Jayne Elliott-Sale<sup>2</sup> · Eimear Dolan<sup>3</sup> · Paul Alan Swinton<sup>4</sup> · Paul Ansdell<sup>1</sup> · Stuart Goodall<sup>1</sup> · Kevin Thomas<sup>1</sup> · Kirsty Marie Hicks<sup>1</sup>

線上出版：2020 年 7 月 13 日 © 2020 原作者

## 摘要

**背景** 內源性性荷爾蒙濃度會隨月經週期（menstrual cycle, MC）而波動，這可能影響女性的運動表現。現有研究結果相互矛盾，尚無共識認為 MC 階段一定會改變運動表現。

**目的** 評估 MC 各階段對運動表現的影響，並為規律月經（eumenorrheic）女性提出循證的實務建議。

**方法** 本研究遵循 PRISMA 指南，在四大資料庫搜尋所有比較不同 MC 階段運動表現的實驗研究，納入至少於兩個或以上明確 MC 階段採樣的研究。所有結果採用以貝氏原理為基礎的多層統合模型進行統合分析。首先將早期濾泡期與其他所有階段（晚濾泡、排卵、早黃體、中黃體、晚黃體）進行成對比較；接續以網絡統合分析方式，整合直接與間接證據，並以 SUCRA 值（Surface Under the Cumulative Ranking curve）彙總結果。研究品質採改良版 Downs & Black 檢核表及 GRADE 框架評估。

**結果** 78 篇符合條件的研究中，51 篇可納入初步成對統合分析。三層階層模型顯示，早期濾泡期的運動表現相較其他時期略有下降，惟效應量屬「極小」等級（ $ES_{0.5} = -0.06$ ，95% 可信區間 [CrI]：-0.16 至 0.04）。73 篇研究的資料可納入網絡統合分析，其中早期濾泡期與晚濾泡期之間的差異最大（ $ES_{0.5} = -0.14$ ，95% CrI：-0.26 至 -0.03）。SUCRA 最低的是早期濾泡期（30%），代表其運動表現最差或次差的機率最高；其餘階段的 SUCRA 介於 53–55%。整體證據品質以「低」為主（42%）。

**結論** 證據顯示，早期濾泡期的運動表現可能略低於其他階段，但由於效應量極小、研究間差異大且多為低品質研究，尚不足以提出一般化的訓練建議；建議女性依自身於不同 MC 階段的反應情況，採取個人化調整策略。

## 關鍵要點

- 與其他 MC 階段相比，女性在早期濾泡期的運動表現可能會「略微」下降，但效應量屬可忽略等級，且研究間異質性極大。
- 目前的證據不足以制定「所有女性皆適用」的週期調整指南；最務實作法是依個體反應採客製化訓練與比賽安排。
- 既有研究品質普遍偏低，未來研究須改進設計、降低干擾變項，以更深入了解 MC 對運動表現的真實影響。

## 1 背景

過去 30 年來，女性參與運動（自休閒運動至菁英競技）的人數顯著增加，主因在於女性職業運動的持續發展與資源投入 [1–4]。女性在奧運會的參賽比例已由 1988 年首爾的 26% 上升至 2016 年里約的 45%，而 2021 年東京奧運預計達 49%，成為史上性別最平衡的賽會 [5]。然而，女性運動員相關的研究並未跟上參與人數的成長 [6, 7]。基於解剖、生理與內分泌差異，直接將男性研究結果套用於女性並不合宜 [4, 8–10]；因此，女性運動員需要考量生理特性的專屬研究與指引，其中 MC 的影響尤為重要 [8, 11]。

MC 是一項重要的生理節律，期間雌激素與黃體素（oestrogen, progesterone）呈現大幅且可預測之週期性變動 [12–14]。依荷爾蒙濃度組合，MC 常被劃分為三大階段：

1. 早期濾泡期：雌激素與黃體素皆低；
2. 排卵期：雌激素高、黃體素低；
3. 中黃體期：雌激素與黃體素皆高 [17]。

雖然雌、黃體素主要功能在於生殖，但其濃度變動亦影響心血管、呼吸、代謝與神經肌肉系統 [12, 18, 19]，進而可能改變運動表現 [15, 20–23]。例如，雌激素被認為對骨骼肌具有同化作用 [24, 25]，並可提升肌糖原儲存與脂肪利用 [26]；黃體素則具抗雌激素效應 [21]。因此，不同階段的荷爾蒙配置理論上可能導致運動表現差異 [15, 20–23]。然而，實證結果不一：有研究指出早期濾泡期 [27–29]、排卵期 [30] 或中黃體期 [31, 32] 表現較佳，亦有研究未見差異 [33–39]。目前尚無一致結論，也未形成 MC 階段調整運動的實務指引。鑒此，本研究首度以統合分析方式，系統性檢視規律月經女性於不同 MC 階段的運動表現差異，並以嚴謹工具評估既有文獻品質，以便為運動員、教練與研究人員提供參考。

---

## 2 方法

本研究遵循 PRISMA 聲明（見補充資料 S1） [40]。

### 2.1 納入與排除標準（PICOS 框架）

#### 2.1.1 研究對象（Population）

- 健康女性，年齡 18–40 歲；
  - 規律月經（eumenorrheic）；
  - 未服用影響視丘-腦下垂體-卵巢軸（HPO）的荷爾蒙避孕或藥物；
  - 無月經相關功能障礙（如停經）或其他影響 HPO 的狀況（孕期、飲食失調等）；
  - 無妨礙運動的傷病。
- 活動水準與訓練背景不限。

#### 2.1.2 介入（Intervention）

無特定介入；受試者必須具有正常 MC，定義為一年內至少 9 次月經，且週期長度 21–35 天。

### 2.1.3 比較 (Comparator)

如圖 1 所示，將早期濾泡期（第 1–5 天）視為對照，與以下階段比較：晚濾泡期（第 6–12 天）、排卵期（第 13–15 天）、早黃體期（第 16–19 天）、中黃體期（第 20–23 天）、晚黃體期（第 24–28 天）。

### 2.1.4 結果 (Outcomes)

主要結果為運動測試表現，包括：總功、完成時間、極限時間、平均／峰值／比例輸出、用力速率與衰退、疲勞指標等。雖然最大攝氧量 ( $\dot{V}O_{2max}$ ／ $\dot{V}O_{2peak}$ ) 屬生理指標，亦列入分析，因其可反映表現潛力（完整清單見補充資料 S2）。依性質分為「耐力」（功率／容量）與「肌力」（最大力量／發力速率）兩大類，以利子群分析。

### 2.1.5 研究設計 (Study Design)

納入條件：

- 已完整發表於同儕審查期刊；
- 主要或次要目的為探討 MC 對運動表現的影響；
- 具組內比較；
- 至少於兩個明確 MC 階段收集結果。

排除：個案報告、綜述、研究計畫書、會議摘要。僅納入英文全文或有既有譯本的研究，出版年份不設限。

## 2.2 文獻搜尋策略

由 KLM 於 PubMed、CENTRAL、SPORTDiscus 與 ProQuest 進行系統性檢索，檢索式結合 MeSH、自由詞與相關文獻關鍵字 [15, 20–23]：

('menstrual cycle' OR 'menstrual phase' OR 'follicular phase' OR 'luteal phase')

AND

('strength' OR 'power' OR 'torque' OR 'force' OR 'neuromuscular' OR 'max\* voluntary contraction' OR 'isometric' OR 'isokinetic' OR 'skeletal muscle' OR 'muscular performance' OR 'aerobic' OR 'aerobic power' OR 'aerobic capacity' OR 'endurance' OR 'endurance power' OR 'endurance capacity' OR 'anaerobic' OR 'anaerobic power' OR 'anaerobic capacity' OR 'athletic performance' OR 'sports performance')

範例完整檢索式 (PubMed, 14/01/2019) 詳見補充資料 S3。資料庫檢索自建庫以迄 2019 年 2 月；同年 4 月再以相同策略更新至 2020 年 4 月。並以人工方式檢閱相關文獻與綜述之參考文獻，以補遺漏。

## 2.3 資料篩選、萃取與研究品質評估

### 2.3.1 研究篩選

三位審查者 (KLM、KMH 及 KES) 分別使用 Covidence 系統性文獻回顧軟體 (v1251, Veritas Health Innovation, 澳洲)，獨立審閱所得文獻的標題、摘要與全文，並刪除重複項目。所有檢索均採兩階段篩選策略：

1. 第一階段—先依預先訂定的納入與排除條件審查每篇手動與電子檢所得文獻的標題與摘要。若文獻明顯不符合納入條件或符合至少一項排除

條件，則於此階段淘汰。

2. **第二階段**—對第一階段通過者取回全文，再次依相同標準進行審查。若審查者之間對研究納入與否有分歧，則由三位審查者（KLM、KMH、KES）召開共識會議討論決議。

### 2.3.2 資料萃取與管理

一位審查者（KLM）以預先試行之表格萃取資料，並由兩位審查者（KMH、KES）獨立核對；若有歧異，則回查原文並於共識會議討論（必要時諮詢第四位審查者 ED）解決。

- 若資料僅以圖形呈現而無數值，使用 Digitizeit 軟體（v2.3，德國）將圖形轉換為數據。
- 若資料不完整，則聯繫作者索取；給予四週回覆期限，逾期末回覆且無法自論文取得所需資料者，該研究即排除。

### 2.3.3 納入研究之品質評估

一位審查者（KLM）依據 **GRADE** 工作小組建議，先對個別研究進行品質評估，再由兩位審查者（KMH、KES）獨立覆核。**GRADE** 將證據品質分為五大面向：偏倚風險、間接性、不一致性、不精確性與出版偏倚證據。本研究首先以修改版 **Downs & Black** 檢核表（見補充資料 S4）對單篇研究評分，涵蓋五大領域共 15 項目，滿分 16 分，並將品質分級為：高（14–16）、中（10–13）、低（6–9）、極低（0–5）。

接著再根據下列兩項與月經週期（MC）判定直接相關的問題，決定是否降級：

- **\*\*Q1\*\*** 是否以血液樣本確認週期階段？若有，維持原評級；若無，降級一層。
- **\*\*Q2\*\*** 是否以尿液排卵檢測試紙確認週期階段？若有，維持 Q1 後之評級；若無，再降級一層。

故未以血清分析或尿檢確認週期階段者，最高僅能評為「低」品質。先前研究已證實此兩項方法之重要性 [10, 17]。一致性根據統合分析結果，以效應量與信賴區間重疊程度及異質性統計檢定判斷；不精確性則視可用結果數（< 5 筆即降級）及信賴區間寬度而定；出版偏倚以 **Egger** 檢定與漏斗圖視覺判讀。最終依上述流程將每項結果歸類為高、中、低或極低品質。品質評分不作為排除依據，但會於敏感度分析中僅保留「高」或「中」品質研究。若評分有歧見，則於共識會議（KLM、KMH、KES）或必要時諮詢第四位審查者（ED）解決。

---

## 2.4 資料合成

本研究同時納入組間與組內設計之研究。對於每個研究中的配對比較，使用平均差除以合併標準差計算效應量；其變異數依常態分配假設計算 [43]。所有統合分析皆採 **貝氏框架** 進行，相較於傳統頻率論方法，可透過主觀機率提供更直觀之解讀 [44]，並避免僅以 p 值判斷「有／無」效果。

- 採用三階層階層模型，以處理同一研究內多重結果之共變 [45]。

- 主要分析將**早期濾泡期**視為「對照」階段，與其他所有階段（晚濾泡、排卵、早黃體、中黃體、晚黃體）進行比較。
- 以測試類別（耐力或肌力）做統合回歸；若無差異，再合併兩類以增加樣本估計模型。
- 事先設定效應量  $\pm 2$  為離群閾值；主要分析排除離群值，並另做完整資料之敏感度分析。
- 另進行僅納入「高」或「中」品質研究之敏感度分析。
- 出版偏倚以多層次 Egger 檢定評估 [46]。

所有推論以 **馬可夫鏈蒙地卡羅** 方法取後驗樣本，並報告中位數（ES0.5）與 95% 可信區間（CrI）。依 Cohen [47] 標準：0.8 以上為大效應，0.5–0.8 中效應，0.2–0.5 小效應， $< 0.2$  為可忽略效應。

在此初步分析後，再以**網絡統合分析**（NMA）比較所有六個週期階段相互間之運動表現 [48]。NMA 可利用共同對照產生間接證據，補足缺乏直接比較的組合。

- 每項研究可納入最多 5 個比較臂，效應量假設服從多變量常態分布。
- 以不一致模型檢測與基準模型之配適度差異，驗證網絡一致性假設。
- 透過 **SUCRA**（Surface Under the Cumulative Ranking curve）值（百分比表示）比較各階段提升運動表現之可能性 [49, 50]；平均 SUCRA 為 50%。
- 統計分析於 R 環境，使用 R2WinBUGS [51] 與 brms [52]；以 **Gelman–Rubin R-hat**  $< 1.1$  確認收斂 [53]。

### 3 結果

#### 3.1 文獻檢索

文獻檢索與篩選流程如 **圖 2**（PRISMA 流程圖）所示。

#### 3.2 研究特徵

最終納入 78 篇研究 [19, 27–39, 54–117]，共 1193 名受試者；詳細列於補充資料 S5。

#### 3.3 方法學品質

##### 3.3.1 納入研究之品質評估

品質分布見 **圖 3**。整體而言，78 篇研究的證據品質以「低」為主（8% 高、24% 中、42% 低、26% 極低），顯示「對效應估計的信心有限，真實效應可能與估計值有實質差異」[118]。原先 71% 評為「中」品質之研究，在加上週期驗證問題後僅 24% 維持「中」品質。

##### 3.3.2 月經週期階段之判定與驗證

78 篇研究中，用於判定週期階段的方法多樣：

1. **多重方法（無尿檢）**：如日數計算、基礎體溫（BBT）、症狀評估、週期史、卵泡超音波等（45%）。
2. **多重方法＋尿液排卵檢測**（31%）。

3. 僅日數計算（10%）。
4. 僅週期史（4%）。
5. 僅基礎體溫（4%）。
6. 僅尿液排卵檢測（1%）。
7. 未說明（5%）。

驗證方式：59% 以血清雌、孕激素回溯驗證；4% 以唾液、2% 以尿液驗證；其餘 35% 未說明驗證方式。

### 3.4 結果

#### 3.4.1 分析 1：成對統合分析

共有 51 篇研究 [19, 27–29 ... 116]（模式品質＝低）符合條件，比較早期濾泡期與其他週期階段，產生 362 組效應量（240 肌力、122 耐力），涵蓋 709 名受試者。排除 9 項離群值後，三階層模型顯示早期濾泡期運動表現略低且屬微小效應： $ES0.5 = -0.06$ （95% CrI：-0.16 至 0.04），研究間變異大（ $\tau0.5 = 0.26$ ）。肌力與耐力結果無差異，故合併分析。Egger 檢定未見出版偏倚。僅納入高／中品質研究之敏感度分析得  $ES0.5 = -0.01$ （95% CrI：-0.11 至 0.08）。

#### 3.4.2 分析 2：網絡統合分析

圖 5 為六個週期階段之比較網絡。共有 73 篇研究（模式品質＝低）納入，涵蓋 954 名受試者、220 項運動表現指標，兩階段比較 87 組、三階段 93 組、四階段 27 組、五階段 10 組、六階段 3 組。後續 NMA 結果將以 SUCRA 值呈現各階段提升運動表現之相對可能性。

### 4 討論

本研究旨在檢視月經週期（MC）階段是否會影響規律月經女性的運動表現。結果顯示，平均而言，與其他 MC 階段相比，早期濾泡期的運動表現可能會輕微下降；而其餘各階段間的表現大致相當。除了平均效應量僅屬「極小」外，統合模型亦呈現顯著的研究間差異，意指研究設計、受試者特徵及測試項目種類都可能左右結果。此外，本統合分析納入的大多數研究被評為「低品質」，因此本研究證據的可信度亦相對有限，解讀時宜審慎。綜觀「極小」的效應量、顯著的研究間差異以及低品質研究比例偏高，目前仍無法提出適用於大眾的 MC 階段運動指引；較可行的作法是依個體於自身 MC 各階段的反應，採取個人化策略。

早期濾泡期雌激素與黃體素濃度較低，可能透過以下機轉帶來負面影響：

1. 雌激素的同化效應與抗氧化／細胞膜安定作用減弱，導致肌肉保護力降低與炎症反應增加；
2. 雌激素對自願性動員與神經興奮性的提升作用不足；
3. 黃體素具抗雌激素特性，當兩者同時升高（如中黃體期）時，雌激素的潛在益處可能被抵銷。

本研究發現早期濾泡期與晚濾泡期之間的差異最大，或許反映了「雌激素上升而黃體素尚未升高」的荷爾蒙組合對表現較有利。值得注意的是，我們針對口

服避孕藥（OC）使用者的姊妹統合分析亦顯示，OC 使用者（其內源性雌激素與黃體素均大幅下降）相比規律月經女性，運動表現稍弱 [119]。兩者結果都暗示當卵巢激素處於低濃度時，部分女性的運動表現或受抑制。

過去文獻最常比較早期濾泡期與中黃體期，因為這兩階段的激素組合差距最大；但此「雙相比較」忽略了雌激素高而黃體素低的晚濾泡與排卵期。本研究的網絡分析顯示，若不納入這兩個階段，可能錯過觀察雌激素單獨作用的機會。故未來研究宜比較「多個 MC 階段」，以探討不同雌／孕激素比例對表現的影響；然而，**階段越多、樣本需求也越大**。

雖然本系統性回顧共納入 78 篇研究、1193 名女性（平均樣本數僅 14 人），但「中」或「高」品質研究極少（分別佔 24% 與 8%）。品質評估重點放在 MC 階段的**鑑別與驗證方法**：

- **日曆法**與**\*\*基礎體溫（BBT）\*\***單獨使用皆屬間接指標，易受個人差異與外部因素干擾；
- **建議方法**應結合日曆法＋尿排卵檢測以確定排卵，再以血清雌／孕激素驗證階段 [10, 17]。

缺乏血液確認將難以確定實際荷爾蒙狀態，也降低研究間結果的可比較性。為減少低品質研究的影響，我們以「中／高」品質研究進行敏感度分析，結論仍顯示平均效應量趨近於零，與主分析一致，支持「若存在效應，其幅度亦屬極小」。

本研究指出的**研究間變異**可能來自：

- 不一致的設計（MC 階段比較組合不一）；
- MC 鑑別與驗證方法不足；
- 受試者活動背景差異大（久坐至菁英運動員不等）；
- 運動表現指標種類繁多。

在研究**廣度**快速擴張而**深度**仍不足的情形下，欲為大眾提出具體且可套用的結論，仍有難度。

## 5 結論

本統合分析首度系統性檢驗 MC 階段對規律月經女性運動表現的影響。整體顯示，早期濾泡期的運動表現**平均可能僅略低於**其他階段；然而，因效應量極小且異質性大，對大多數族群的實務影響可能微不足道。對於競技層級的運動員而言，即使微小差異也可能關係勝負；**建議教練與運動科學從業者以個體化方式，觀察並因應每位女性在 MC 各階段的表現變化**。未來研究應：

1. 採用嚴謹的方法（特別是以生化指標確認 MC 階段）；
2. 控制干擾因素；
3. 探討哪些因素導致少數女性在早期濾泡期表現下降，以及可行的監測與調整策略。