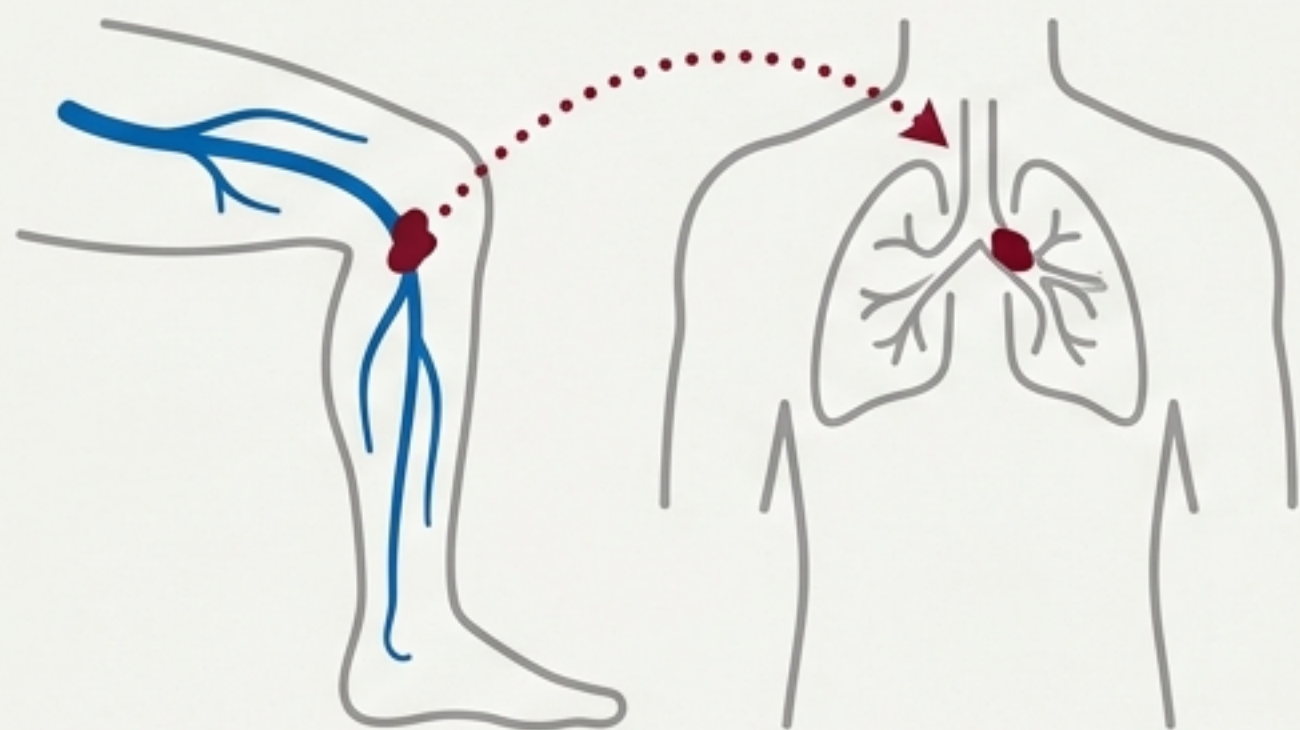


深層靜脈血栓 (DVT) 診斷的兩難： 如何在降低輻射劑量的同時，維持高診斷準確度？

一項比較低球管電壓電腦斷層靜脈攝影 (CTV) 與靜脈超音波 (US) 的回溯性研究



現行診斷流程中的核心挑戰



深層靜脈血栓 (DVT) 的風險

DVT 是肺栓塞 (PE) 的主要來源，尤其是膝上 DVT 可能導致致命性 PE。

一站式解決方案

CT 肺動脈血管攝影 (CTPA) 合併 CT 靜脈攝影 (CTV) 能在單次檢查中同時評估 PE 和 DVT。



主要缺點

傳統的 CTPA-CTV 檢查會讓患者暴露在顯著的輻射劑量之下。

臨床上的權衡


醫師必須在獲取全面診斷資訊與將輻射風險降至最低之間取得平衡。


一個充滿潛力的新方法：低球管電壓 CTV 併用疊代重建技術 (IR)

結合兩種先進技術以克服傳統限制。

技術一：低球管電壓 (Low Tube Voltage, 80 kVp)



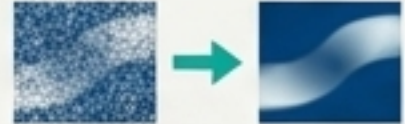
優點：增強血管對比度 


優點：有效降低輻射劑量 

原理：降低 X 光能量，可增強碘對比劑的顯影效果。

技術二：疊代重建技術 (Iterative Reconstruction, IR)



優點：主動減少影像雜訊 

優點：確保影像品質 

原理：一種先進的影像重建演算法，能主動控制並減少影像中的雜訊。



最終成果：高品質、低劑量的診斷影像

本次研究的核心問題與設計



研究問題

這項新技術的診斷能力，能否媲美現行的黃金標準——靜脈超音波 (US)？

研究方法概覽

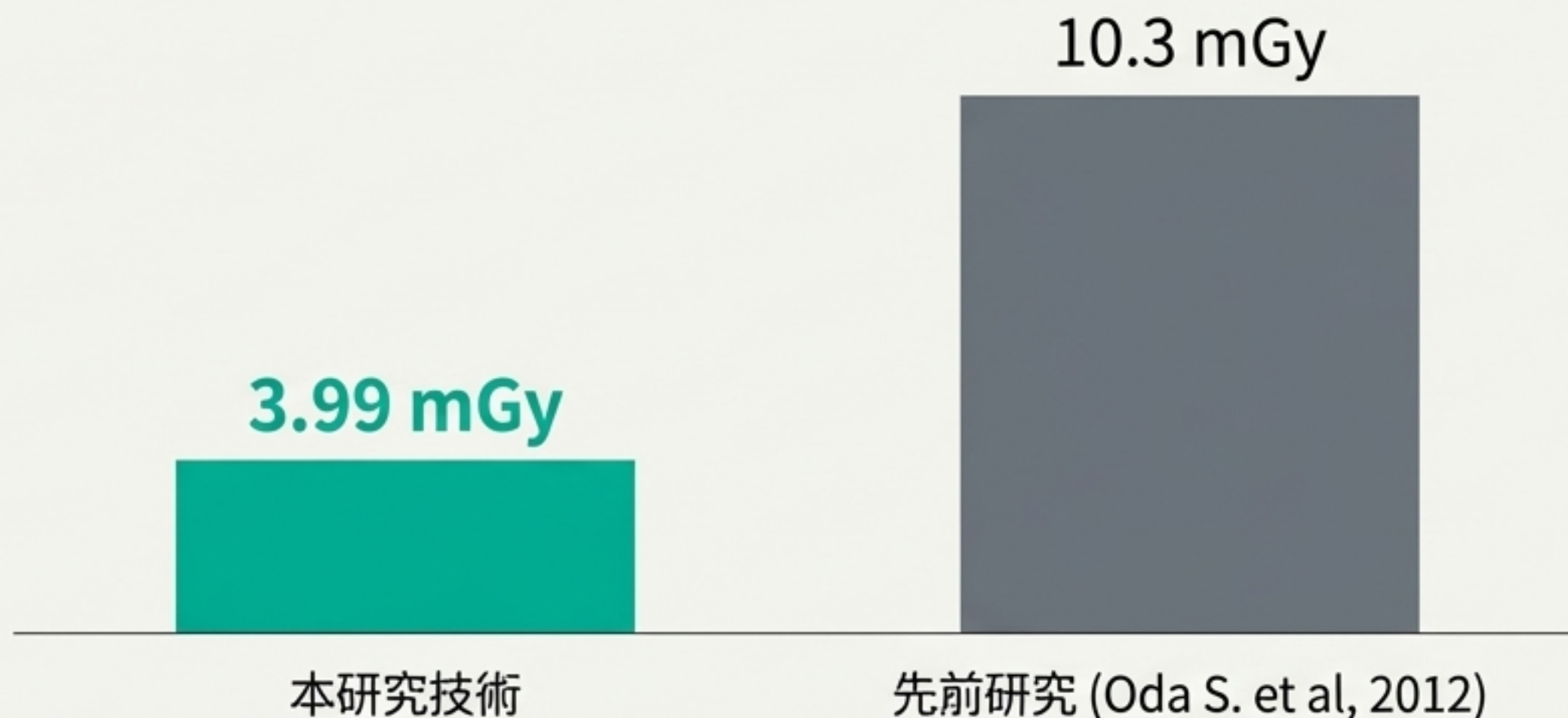
- 設計：回溯性研究
- 對象：55 位同時接受低劑量 CTV 與 US 檢查的 DVT 或 PE 疑似患者
- 評估單位：將下肢靜脈分為 10 個節段進行分析 (共 534 個節段納入評估)
- 參考標準：以靜脈超音波 (US) 的結果作為參考標準



第一個關鍵發現：病患安全的重大突破

平均體積 CT 劑量指數 (CTDIvol) 比較

本研究平均 CTDIvol
3.99 mGy



結論：輻射劑量減少超過 50%，同時維持了足夠的影像品質。

診斷表現報告卡：一個技術，兩種結果

整體而言，診斷表現呈現出明顯的區域差異。

膝上 (股靜脈-膈靜脈區段)

敏感度 (Sensitivity)

90.0%

特異度 (Specificity)

93.2%

評級: **表現優異 (Excellent Performance)**

膝下 (小腿靜脈區段)

敏感度 (Sensitivity)

71.1%

特異度 (Specificity)

87.2%

評級: **需謹慎判讀 (Requires Caution)**

深入分析：膝上區段的卓越表現

敏感度 **90.0%**、特異度 **93.2%** 的表現，與文獻中傳統管電壓 CTV 的結果相當。

這證實了在輻射劑量大幅降低後，診斷能力並未犧牲。

與傳統 CTV 文獻比較 (膝上區段)

研究 (年份)	敏感度 (%)	特異度 (%)
本研究 (低劑量)	90.0	93.2
Duwe et al (2000)	89.0	94.0
Loud et al (2001)	97.0	100.0
Cham et al (2000)	100.0	96.0

重要觀察

在 45 位當天完成 CTV 與 US 檢查的患者中，膝上區段的敏感度達到了

100%

唯一的偽陰性案例發生在 CTV 檢查晚於 US 一天，顯示即時檢查的重要性。

探究膝下診斷的落差：問題出在哪裡？

膝下區段的敏感度 (71.1%) 與特異度 (87.2%) 均遜於膝上區段。

膝下各靜脈特異度 (Specificity) 比較



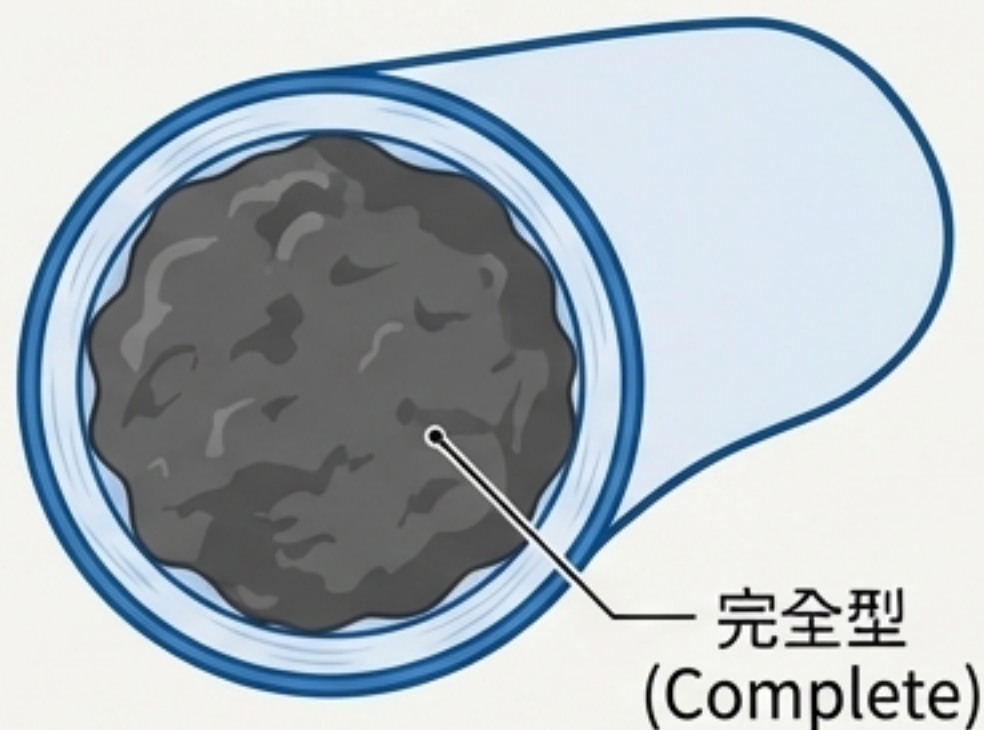
初步結論

偽陽性案例主要集中在肌肉靜脈，其特異度顯著偏低，是拉低整體膝下診斷準確度的關鍵。

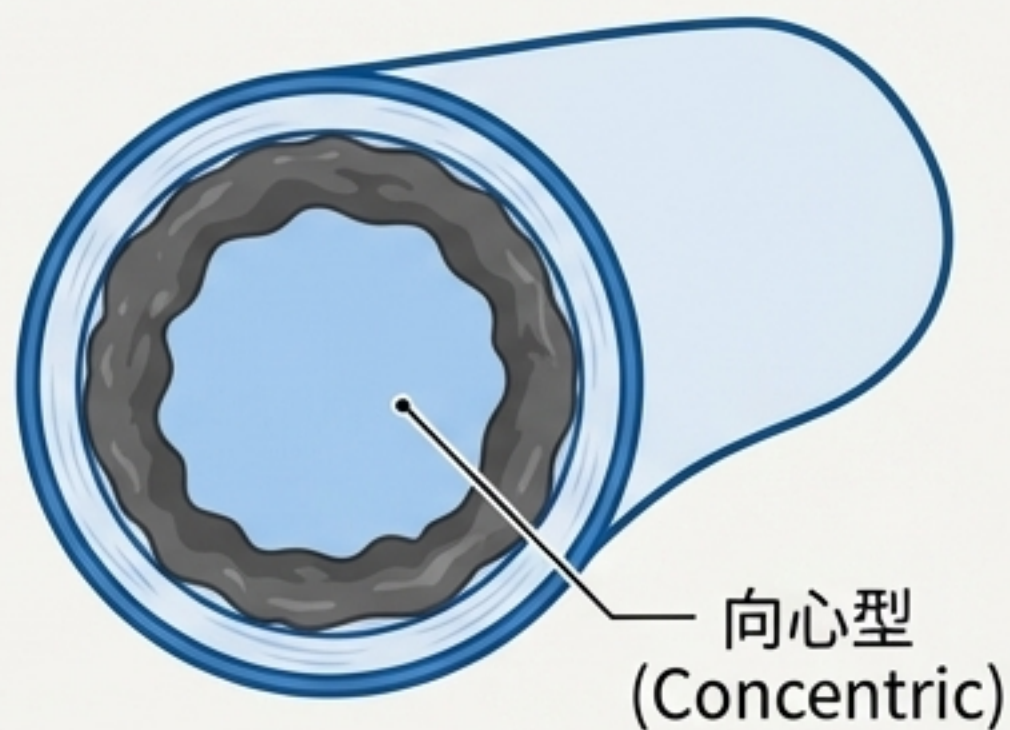
調查的轉捩點：鎖定偽陽性的主要元兇

分析方法: 我們將 CTV 上的 DVT 形態分為三種類型，以釐清偽陽性的來源。

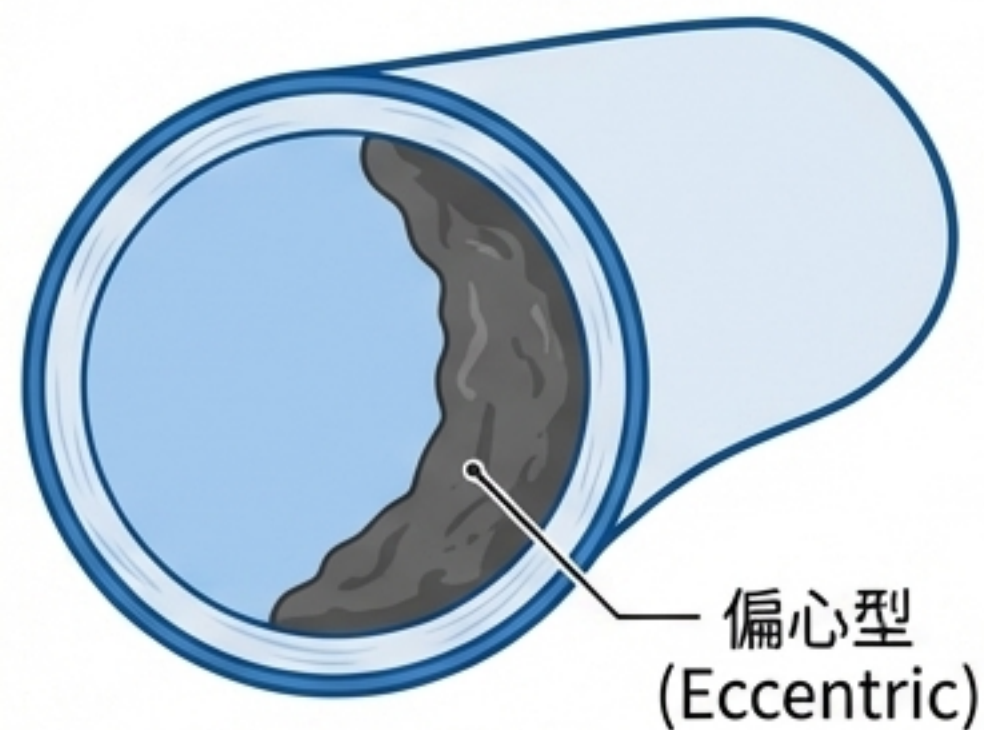
完全型 (Complete)



向心型 (Concentric)



偏心型 (Eccentric)

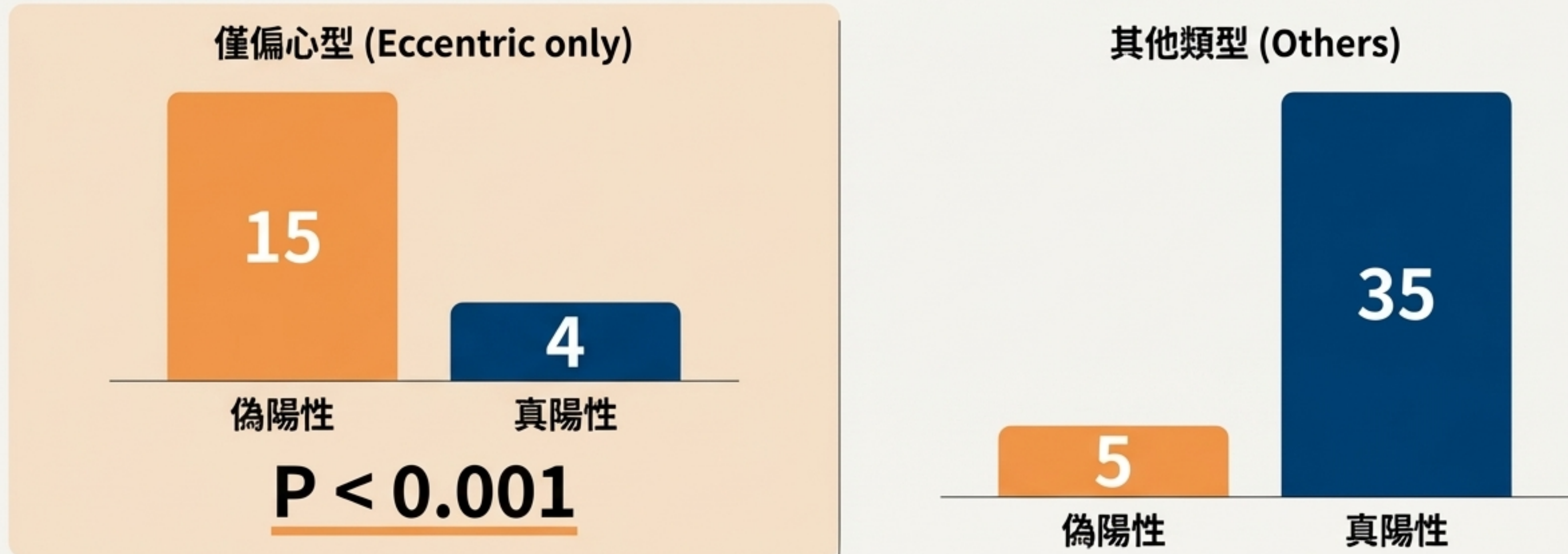


核心發現：分析顯示，絕大多數的偽陽性案例，在 CTV 上都呈現為「偏心型」填充缺損。

數據證據：揭示「偏心型血栓」與偽陽性的高度關聯

統計分析 (Fisher's Exact Test)：比較「僅偏心型」與「其他類型」血栓的真陽性與偽陽性比例。

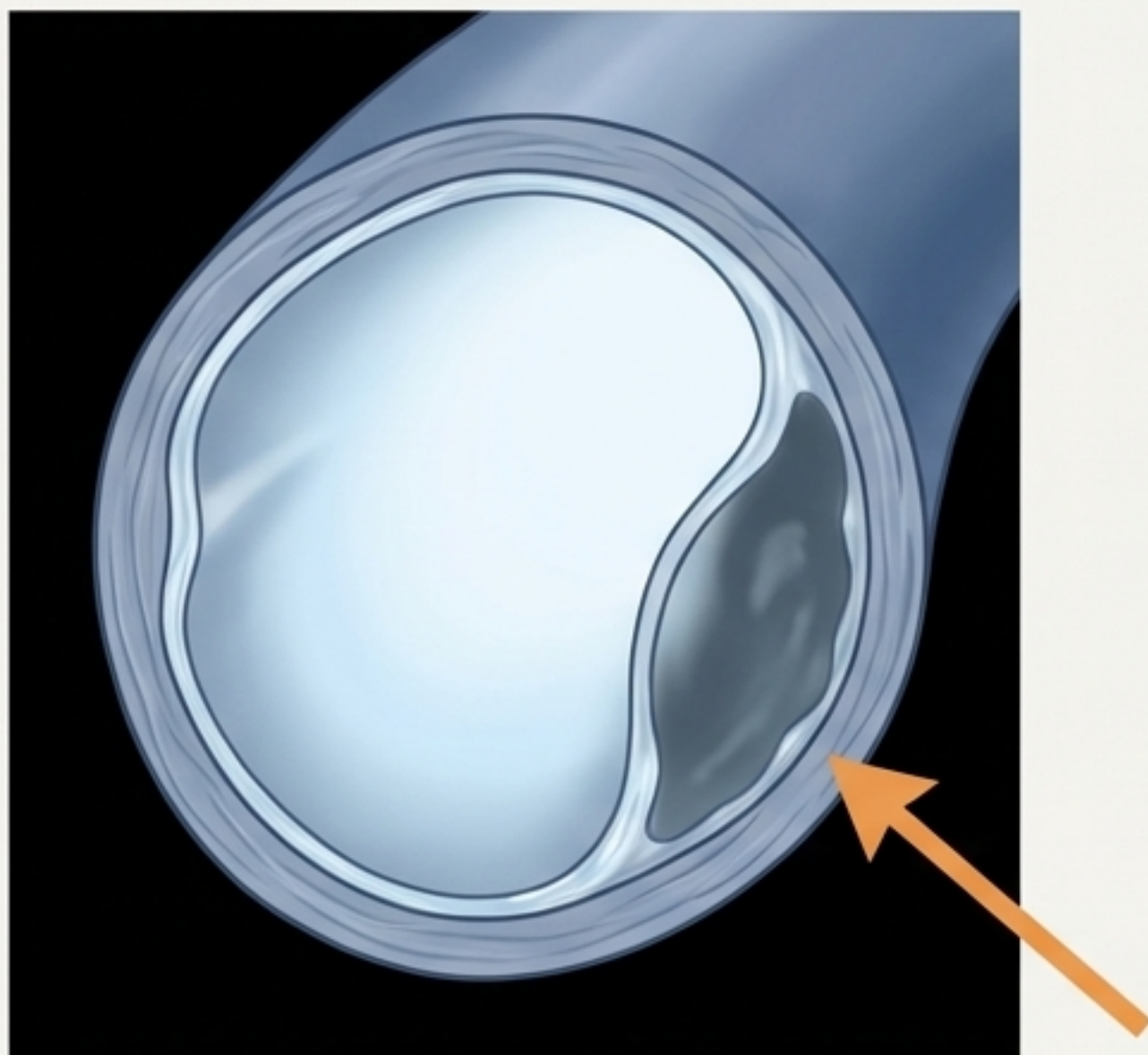
Muscular Vein Segments



數據解讀：CTV 上呈現為「僅偏心型」的血栓，有極高的統計學顯著性被證實為偽陽性（即 US 結果為陰性），此現象在肌肉靜脈中尤其嚴重。

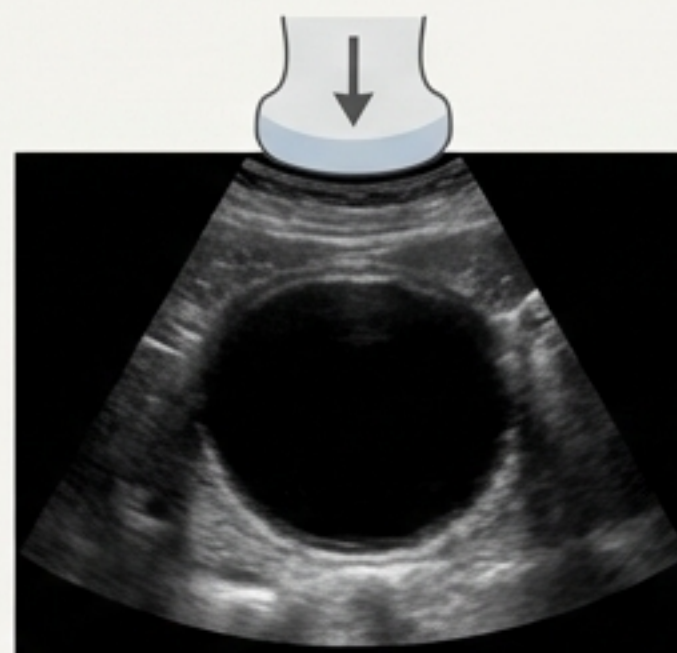
影像證據：為何偏心型缺損容易誤導 CTV 判讀？

CTV 影像



CTV 顯示一個明顯的『偏心型』填充缺損。

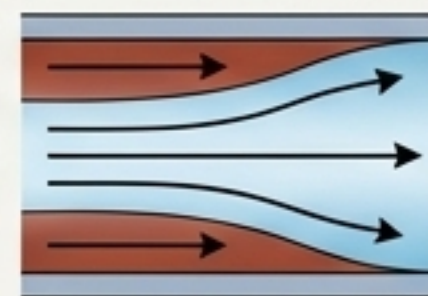
對應的 US 檢查與可能原因



對應的 US 檢查顯示血管通暢，無血栓。

可能原因

血流偽影：在肌肉靜脈等血流較慢或有瓣膜的區域，對比劑與血液混合不均勻，可能產生層流（laminar flow）或停滯，形成類似偏心型血栓的偽影。

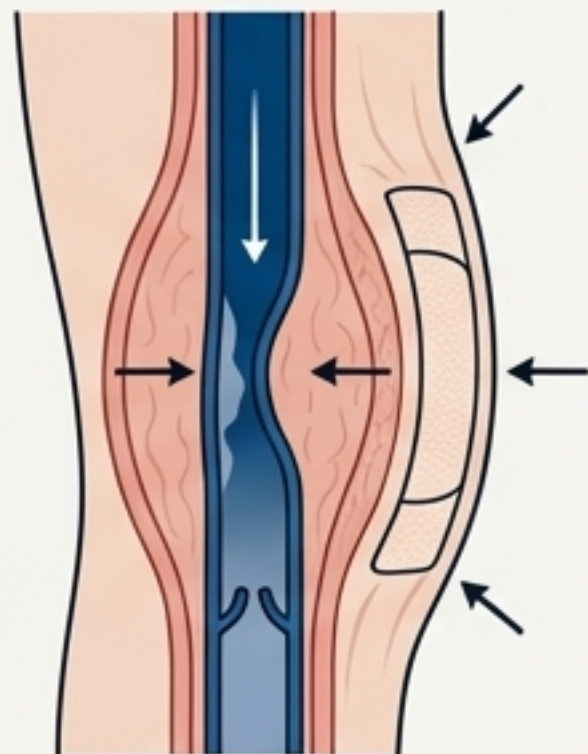


CTV 的過度診斷：CTV 對於這種細微的血流現象極為敏感，容易造成過度診斷。

全面檢討：其他影響準確度的因素

Accent Amber

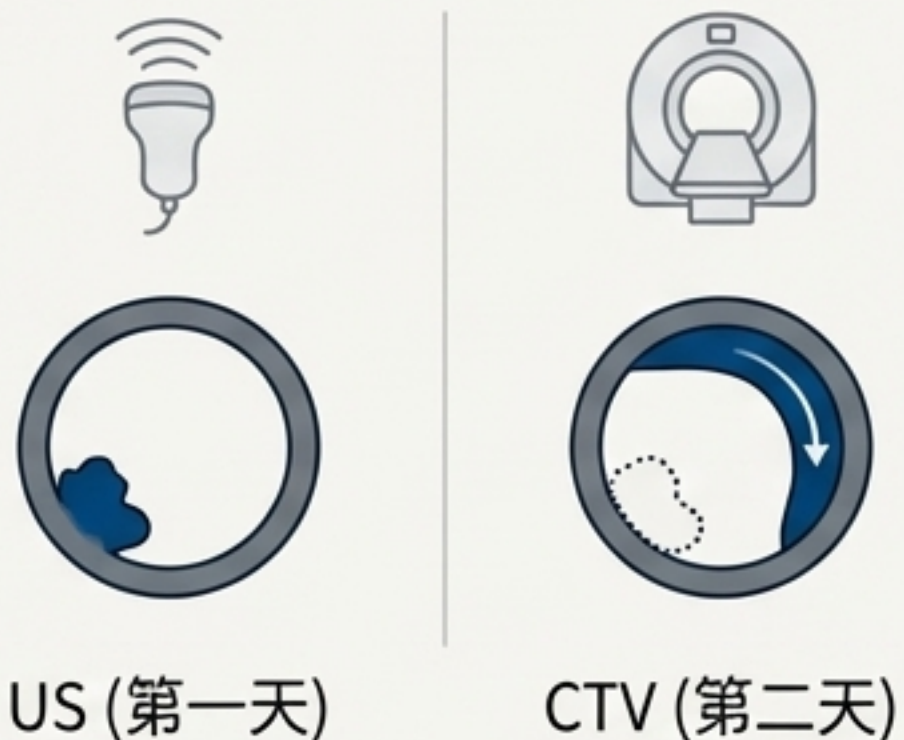
偽陽性：術後血管壓迫



手術後外部壓迫導致的顯影不佳，可能被誤判為血栓。

Neutral Gray

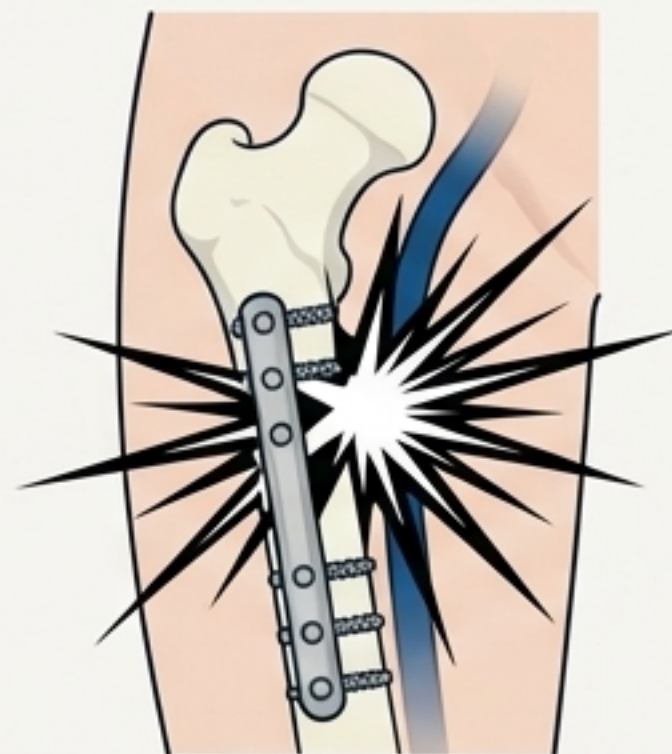
偽陰性：時間差



CTV 檢查晚於 US，微小的壁上血栓可能已溶解或移位。

Neutral Gray

偽陰性：金屬偽影



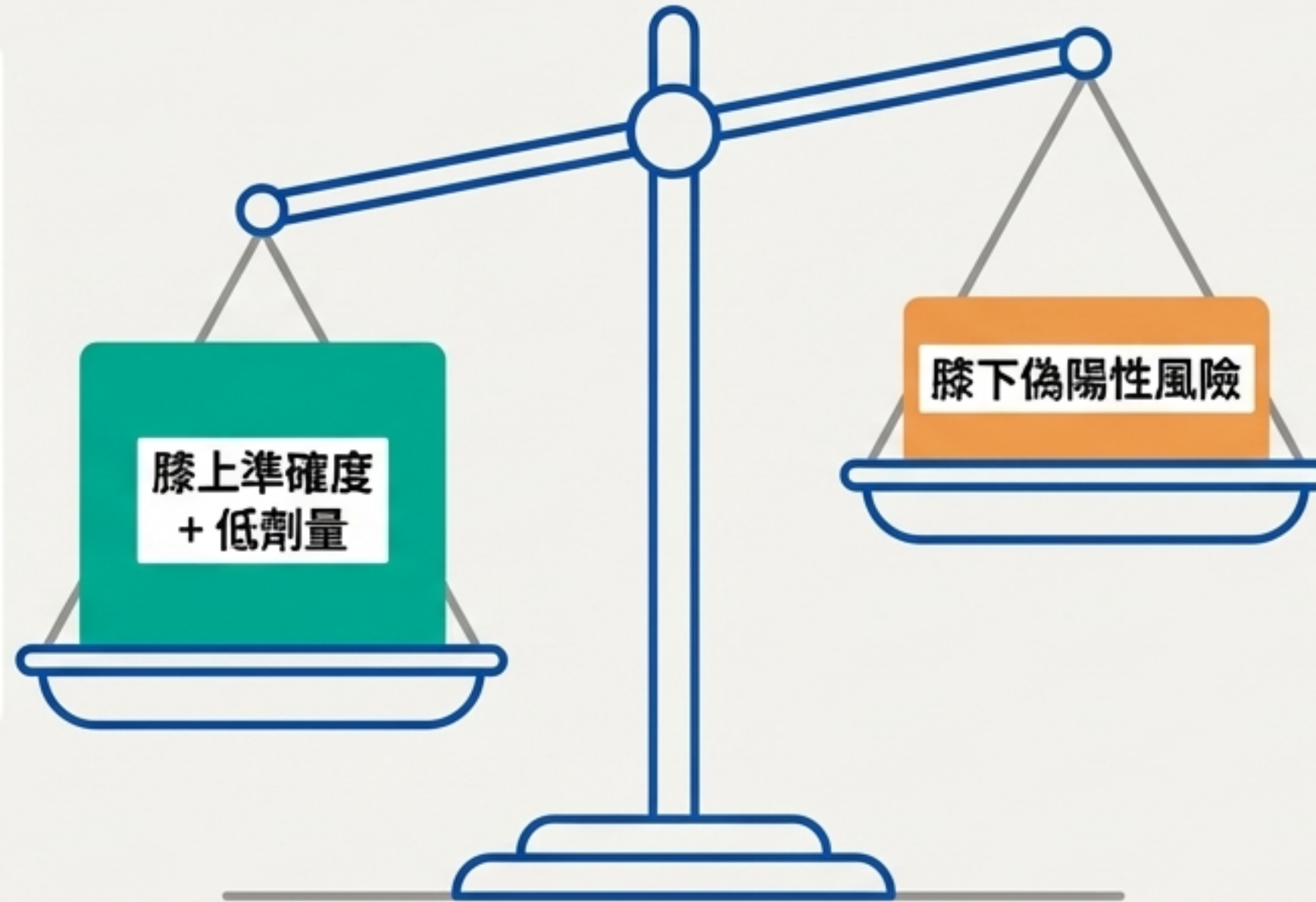
術後金屬植入物產生的嚴重偽影，可能遮蔽真實的血栓。

結論：雖然偏心型缺損是主要問題，但臨床情境（如手術史）和檢查時機也是判讀時的重要考量。

最終結論：一個強大但有明確適用範圍的診斷工具

正面評價 (膝上)

低球管電壓 CTV 併用 IR 技術，在診斷膝上 DVT 方面，其準確度與傳統 CTV 相當，但輻射劑量顯著降低。它是一種安全且可靠的選擇。



警示 (膝下)

該技術在診斷膝下 DVT，尤其是肌肉靜脈血栓時，並不可靠。

其高偽陽性率主要源於對「偏心型」血流偽影的過度診斷。

善用其長處，避開其短處。

對臨床實務的具體建議



1. 採用 (Adopt)

對於疑似 PE 且需評估膝上 DVT 的患者，**應考慮採用**低劑量 CTV 併用 IR 技術，以在不犧牲診斷準確度的前提下，大幅降低輻射劑量。



2. 警惕 (Be Cautious)

判讀膝下（特別是肌肉靜脈）的 CTV 影像時，**必須格外謹慎**，切勿僅根據 CTV 結果做出診斷。



3. 確認 (Confirm)

若 CTV 僅顯示「偏心型填充缺損 (eccentric filling defect)」，**應高度懷疑其為偽陽性**，並強烈建議以靜脈超音波 (US) 進行確認。



4. 同步 (Synchronize)

為最大化診斷準確性，**應盡可能安排在同一天**執行 CTV 與 US 檢查，以減少因時間差造成的判讀誤差。

研究背景與未來展望

研究的限制

- 回溯性設計
- 相對較少的案例數
- 未能排除檢查時間差之間的治療介入影響

潛在影響與未來方向

提升 PE 診斷

類似 PIOPED II 研究，準確的膝上 DVT 診斷（如此技術所提供）可能提升合併 CTPA-CTV 對 PE 的整體診斷敏感度。

未來研究

需要進一步的研究來確立評估膝下靜脈（特別是肌肉靜脈）的最佳影像策略。