

研究目標與資料來源

血清毛細管電泳及免疫減除（CZE-IS）的曲線判讀依賴經驗。本文把尖峰形狀、輕鏈比例與免疫球蛋白減除訊號寫成簡單公式，希望讓判讀更一致。研究使用林口長庚2023年4至9月的Sebia Capillarys 3 Tera儀器資料；每筆為 6×300 矩陣，包含原始P及anti-IgG、anti-IgA、anti-IgM、anti- κ 、anti- λ 五種抗血清曲線。300個時間點記錄200 nm吸光度；橫軸是遷移時間，不是蛋白質質量。

五類指標如何變成十個參考區間

五類指標是尖銳度、輕鏈、IgG、IgA與IgM，分別在 γ 與 β_2 區的選定峰位置評估，因此共有十個參考區間。建立區間使用4至8月的1000筆正常曲線，另外以9月20筆正常曲線驗證。至少兩位臨床病理醫師判讀參考樣本。這是依圖形正常與否作間接取樣，排除單株、多株及其他明顯異常曲線，不是由確認健康的一般人口隨機抽樣；因此不能直接推廣到所有病人或其他儀器。

尖銳度的有限差分與符號

採主文定義 $S(x) = 2P(x) - P(x-1) - P(x+1)$ ，即負的二階差分。教學例子[9,10,9]給 $S=2$ ，而同高度窄峰[6,10,6]給 $S=8$ ，說明峰高與尖銳度不同。主文正值 S 的 γ 參考區間為1至6， β_2 為3至17；附表A1卻列-6至-1及-17至-3，符號不一致，重現時必須核對。若相鄰點的獨立雜訊變異數皆 σ^2 ， S 的雜訊變異數為 $6\sigma^2$ ；這是公式推導，並非原研究估計值。

輕鏈比例及其數學限制

輕鏈指標 $Q = (P-K)/(P-L)$ ，在同一時間點比較 κ 與 λ 減除量。 γ 參考區間為1.06至2.71， β_2 為0.44至1.90。共同訊號縮放在比例中抵消，但分母接近零時，微小誤差可造成巨大變動； $P-L$ 恰為零時公式無定義。文章沒有完整交代近零處理規格。 Q 是曲線衍生指標，不是血清游離輕鏈檢驗的 κ/λ 比值，不能互換參考範圍，也不能當成絕對蛋白濃度。

免疫球蛋白指標是單點差值

定義 $\Delta G = P-G$ 、 $\Delta A = P-A$ 、 $\Delta M = P-M$ ，皆在選定峰位置計算，不是曲線面積積分。 γ 區IgG、IgA、IgM範圍依序為37至454、-9至41、-16至46； β_2 依序為-7至61、2至117、-12至35。低訊號與減除曲線重疊可造成負差值，不代表負的蛋白濃度。指標較高描述較大的相應減除訊號，單靠它並不能區分單株或多株型態。

參考區間與端點信賴區間不同

原文以D/R三分之一規則檢查極端離群值：D為極端值與相鄰值距離，R為樣本全距；D/R超過1/3則排除，再補足1000筆。接著以非參數2.5及97.5百分位數建立中央95%參考區間。參考區間描述個體分布，端點的信賴區間描述估計不確定性。方法章稱端點採90%雙尾信賴區間，附表註腳卻寫95%；本導讀保留這項出入，不把兩種水準混成同一結論。

20筆驗證不能改稱疾病準確率

依本文採用流程，20筆參考樣本中至多2筆超出區間可通過；5筆以上不通過，3或4筆需進一步測試。結果：尖銳度及輕鏈的 γ 各20/20、 β_2 各19/20在內；IgG與IgA兩區皆20/20；IgM為 γ 19/20、 β_2 20/20。因此所稱95%或100%是正常參考樣本的區間涵蓋率，並非疾病敏感度、特異度或整體診斷準確率。各指標涵蓋率也不能直接當成十項同時正常的比例。

三個病例說明指標如何互補

正常展示病例各項指標在參考區間內。IgG- κ 單株病例的尖銳度與輕鏈指標異常，但IgG仍在範圍內，說明不是每個指標都必須超標。IgG多株病例則有IgG升高，而尖銳度及輕鏈仍正常，表示訊號強度須與形狀及比例一起看。這三例是示範用途，沒有構成足夠的獨立疾病驗證集；本導讀不以單一指標推估疾病嚴重度或預後。

貢獻與後續研究問題

方法的價值在將可見曲線特徵寫成可手算、可檢查的數字，沒有訓練黑箱分類器。但研究未以控制實驗比較醫師使用前後的一致性，也未做機器學習模型的同資料比較。後續可設計盲性多讀者研究，評估一致性 κ 、敏感度、特異度及其信賴區間；另需跨中心、儀器及族群驗證。重現規格包括曲線對齊、區域與峰值選取、差分尺度、符號及近零分母處理。

來源與閱讀重點

Jia-Ruei Yu等十位作者，Improving Interpretation Consistency of Serum Capillary Electrophoresis by Development of Quantitative Graphic Indexes, International Journal of Molecular Sciences 25(22), 12240 (2024), doi:10.3390/ijms252212240。全文由PMC11594780取得；Richard H. W. Funk為學術編輯，非作者。原始資料需向作者申請，本導讀未獨立重算1000筆曲線。重點是理解公式、參考區間與驗證設計，讓數學推導與證據範圍相互對應。