

一滴血十分鐘 就知道是 否有鉛中毒

◎林口長庚臨床毒物中心主任 顏宗海

檢 驗鉛中毒有突破性研究！林口長庚、台北科技大學和長庚大學利用互補式金屬氧化物半導體 (CMOS) 技術結合微機電系統 (MEMS)，開發出一種橋狀薄膜型奈米力學晶片，可即時檢測血液中的鉛濃度，只要一滴血十分鐘，就可以知道病人是否有鉛中毒。研究成果已發表於 2024 年 12 月國際知名期刊「分析化學學報 (Analytica Chimica Acta)」。

國人鉛暴露的原因包括來源不明的草藥、鉛水管、含鉛油漆、使用含鉛顏料的瓷器或玩具等。鉛中毒會造成全身器官皆會受到損害，尤其是造血系統 (如貧血)、消化系統 (如腹部絞痛)、神經系統 (如過動兒)、循環系統 (如心血管疾病) 和泌尿生殖系統 (如慢性腎臟疾病、不孕) 等。



現職
專長

林口長庚腎臟科系副系主任
長庚大學醫學院教授
腎臟學、毒理學、食品安全

鉛中毒只能仰賴血鉛濃度的檢驗。國際上認為血鉛異常的標準為，成年人血中鉛濃度高於 $10\mu\text{g/dL}$ ，或者孩童血鉛濃度高於 $3.5\mu\text{g/dL}$ 。傳統的血鉛檢測方法，如原子吸收光譜或感應耦合電漿質譜儀，雖然具有高靈敏度和準確性，但通常需要在實驗室進行，操作複雜、成本高昂且耗時，難以滿足即時檢測的需求。

為了解決這些問題，長庚紀念醫院暨臺北科技大學學術合作

專題研究計畫，由筆者、台北科技大學機械工程系顏毅廣副教授和長庚大學電子工程研究所楊家銘教授，共同開發出一種結合氧化鋅奈米棒與 PEDOT:PSS(3,4-乙烯二氧噻吩單體的聚合物：聚苯乙烯磺酸鹽)的新型橋狀薄膜型奈米力學感測裝置，相較於單純的 PEDOT:PSS 感測層，新型奈米複合材料感測器對鉛離子的靈敏度提高了 7 倍。

橋狀薄膜型奈米力學感測晶片，是利用標準化的 CMOS 結合 MEMS 製程製造。當感測層與血樣中的鉛離子接觸時，會產生表面應力變化，進而引起橋狀薄膜結構的形變。位於橋式結構兩端的壓阻器會將這些微小的形變，轉換為可測量的電阻變化，計算出血液中的鉛離子濃度，且可以

測到的最低濃度達 0.012ug/dL，可說是一種相當靈敏的檢測方法。此外，團隊也對感測器進行了臨床驗證，同時和林口長庚原子吸收光譜法的數據進行比對，結果顯示所開發的感測器是可信的。

奈米力學感測感測器的優點是低成本、高靈敏度、一次性使用，而且只需一滴血(約 5uL)的少量檢體，就可以快速偵測出血鉛濃度。同時其可攜式的特性，還能減少檢體收集與運輸過程中的誤差，減少檢測結果的等待時間，以及方便患者隨時隨地檢測。臨床上當病人的血鉛濃度偏高，且合併有鉛中毒症狀時，臨床醫師就可以開立鉛中毒的螯合劑來治療中毒患者，大幅提升醫療效率，及時挽救病人。💡



▲ 研究團隊合影，前排左起：顏宗海主任、顏毅廣副教授、楊家銘教授