

技術進步推動醫療服務 更大變革

■文：編輯部

人工智能、5G、智慧邊緣等轉折性技術處於前所未有的歷史交匯期，這些技術加速反覆運算更新並且相互融合，成為不同應用領域快速成長的驅動力。在於COVID-19 疫情博弈的數年中，“智慧”力量的不斷注入，正在深刻改變事關生命健康的醫療應用。

可穿戴診斷設備和醫療監測未來可期

Molex 和 Avnet 委託 Dimensional Research 在 2022 年 8 月對進行可穿戴診斷設備：醫療監測未來的全球調研。結果顯示，穿戴診斷設備使患者、護理人員和消費者能夠對健康狀況資料進行更為有效地監測和分析，消費者對於運動和健身、健康和醫療監測應用方面的可穿戴設備的使用和創新抱有很高的期望。

越來越多的宣導者鼓勵使用可穿戴診斷設備，其中以患者和消費者 (61%)、醫生及其他醫療專業人員 (47%)，以及家庭看護者 (44%) 為首。但保險公司、一大部分醫生和其他醫療專業人員，以及

醫療技術人員仍然對此持猶豫或反對態度。

而設計人員表示，在未來五年內，消費者可望直接採用支援肥胖控制 (61%)、姿勢感知與矯正 (59%)、呼吸疾病檢測 (51%)、生殖健康監測 (50%) 和傳染病監測 (49%) 的設備。

預計將在五年內推出的新型醫療可穿戴設備包括糖尿病追蹤設備、睡眠監測設備、步態分析設備、電腦斷層掃描移動設備、基因異常和視力減退偵測設備。

“血糖測試已有無創方案，但是相比有創方案，精度不能令人滿意，目前業內還沒有做到特別成熟的狀態。但 ADI 已經看到了具備更高精度的下一代無創血糖檢測的可能性，因為我們有支援更高信噪比的鏈路的解決方案，理論上來說達到有創血糖測試的精度是有可能實現的” ADI 中國產品事業部高級市場應用經理何源表示。

Molex 莫仕全球醫療總監 Tyson Masar 表示：“隨著醫療設備公司和技術創新者努力將行業顛覆性產品推向市場，整個可穿戴診

斷設備領域正在實現融合。新興的應用提出了新的要求，這就是為什麼從早期設備設計概念到大規模商業化之間的每一個階段，設計工程師都必須瞭解所有利益相關者的需 求，以及這些需求對整個產品生命週期中所做決策的影響。

設計人員的回饋表面，目前設計更小型的可穿戴設備方面仍然存在 5 大障礙，包括傳感組件的小型化 (40%) 和硬體 (如連接器) 的小型化 (39%)，以及動力管理 (32%)、信號品質 (29%) 和熱管理 (22%)。而為了進一步延長可穿戴設備的電池續航能力，大家不約而同將目光轉向能量收集技術，運動 (49%)、體溫 (35%) 和出汗 (13%) 是最可行的能量收集來源。

智慧手錶引領健康市場

在目前全球經濟前景不太明確的情況下，智慧手錶是少有的在消費市場保持穩步上升的細分領域，這表示人們對健康的關注度日益提升。從 2020 年到 2021、2022 年，智慧手錶總出貨量呈兩位數增長，品牌占比有所增長，與

幾年前的 TWS 耳機市場具有非常相似之處。

2022 年第一季度，智慧手錶作為健康資料全天候監測設備和手機功能的延展平臺，一季度全球市場實現 9.1% 增長，佔據可穿戴市場 28% 的份額，其中中國市場居首位，占比 28%。

能夠搜集生命體征資訊的感測器，作為這類可穿戴設備的核心部件，是實現可穿戴設備精準識別參數並實現智慧反應的必要技術，也是消費電子產品差異化的重要原件，開始受到產業鏈越來越多的關注。

亞馬遜貝索斯曾經說過：很多人關注的是未來十年什麼會變化，他們去追變化的東西，但是他更多問自己的是未來十年什麼不變。

何源表示，從可穿戴產品來

看，人類自身對於健康的追求是不變的，健康一定是大趨勢。除了運動追蹤，現在的手錶可以測心率、血氧飽和率，甚至初級的情緒、壓力、健康狀態，以及測體脂率等等。包括人類五大健康指標：心率、血氧、血壓、呼吸、體溫，這些未來都會一一被可穿戴產品攻克。

感知生命體徵的技術不斷升級

隨著生命體徵監測逐漸深入到非醫學領域，多種生命體徵監測產品不斷湧現，PPG 手環、ECG 等皮膚接觸式生命體徵傳感設備，各種新的技術交織在一起，改善人們的健康水準。

(1) 光電配合偵測體徵

現在的智慧手錶透過光（血管的收縮膨脹會有變化，對反射光採集資訊做判斷）檢測心率，且不需要很高信噪比，可以較低成本實現。但設計人員並未停步不前。已經很多研究機構想通過光的方式測血液裡面的更多資訊，比如測血糖、血常規的相關項目，甚至血液中異樣的蛋白質等等，都可以通過光的方式去捕捉。

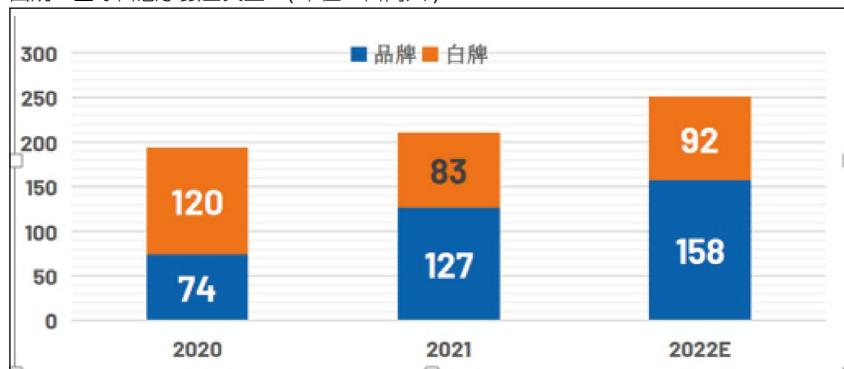
除了採用光反射資訊採集方式，傳統一點的電極方式（醫療級別的心電圖資料獲取），同樣是提供人體資料生命體徵資料的重要技術。

技術難點在於，每一個人都有著不同的生命體徵特點，比如大齡用戶皮膚比較鬆弛，影響資料收集精度，寒冷的冬季皮膚比較乾燥，也難以得到有用資料。因此要找出真正有用的資料，有點像螺螄殼裡做道場，這就要這些可穿戴設備不僅要搜集到足夠精確的資料，還需要軟體演算法進行處理，過濾掉大量干擾資訊。

(2) 沉睡了一百多年的 BCG 技術關“心”健康

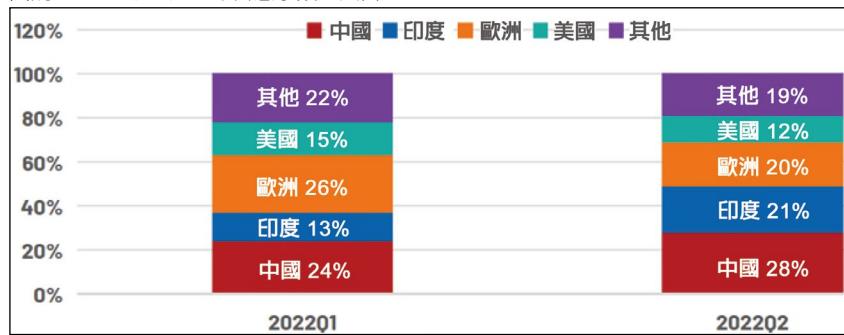
1877 年提出的心衝擊圖概念 (Ballistocardiography, BCG)，是心臟搏動、動脈血流動導致的人體表面對外壓力的微弱變化，是心臟的力學特徵，能夠為醫生提供重要的參考資料，但因 BCG 信號自身十分微弱，且易受到呼吸、身體運動、工頻雜訊的干擾，導致直接測量得到的 BCG 信號常常淹沒在

圖說：全球智慧手錶出貨量（單位：百萬只）



圖片來源：ADI

圖說：2022 Q1/Q2 全球智慧手錶出貨占比



圖片來源：ADI

表：正在使用和研究中的針對生命體徵演算法（編輯部整理）

人體模型演算法	採集參數名稱	應用狀況
HRM	心率演算法（包含動態、靜態）	已普及
ISpo2	血氧飽和度演算法	已普及
IECG	電極前端演算法	已普及
IBFR	體脂率演算法（包含 BMI, FFM 去脂體重等）	已普及
IBMR	基礎代謝率演算法	已普及
IICW/ECW/TCW	體內含水量	已普及
ISM	骨骼肌	已普及
CNIBP	連續無袖帶式血壓監測	研發階段
IGSR	更精密的心理狀態監控	研發階段
IBG	無創血糖	研發階段

雜訊中，無法獲得其包含的心率、呼吸等生理特徵資訊。因為這些原因，BCG 技術被塵封在實驗室。直到 21 世紀初，隨著科學技術的進步，特別是在信號鏈技術中降噪技術的進步，收集有效 BCG 信號成為可能，這項技術才又再度復蘇。

BCG 信號採集裝置由感測器和一衆信號調理電路組成。如果將高精度感測器“隱藏”在適配的體重秤、枕頭、床墊、桌椅中，即可在非接觸且不打擾使用者正常作息的情況下進行生命體徵監測。而這些以往再尋常不過的家庭日常用品，也可以在 BCG 技術的加持下，化身為高精尖“生命健康監測儀”。

基於“壓電式被動傳感技術”為核心的 BCG 傳感設備能精準感知人體在靜息或睡眠場景下的心臟與呼吸胸腹振動力，測量心搏間期、呼吸等重要生命體徵信號。如果借助心搏間期及呼吸波動特徵提取與建模技術，還可實現非接觸場景下的阻塞性、中樞性睡眠呼吸暫停事件檢測，真正做到未雨綢繆，在疾病發生之前對健康狀況即時監測。

(3) 毫米波—具有隱私保護功能的生命體徵雷達

人類的平均預期壽命不斷增加。世界上幾乎每個國家 / 地區的老年人口規模和比例都在增長，65 歲及以上的人口總數預計到 2050 年將翻一番，達到 15 億。與此同時，為了應對這一老齡化發展趨勢，必須擴大居家照護或護理設施的規模。

疾病控制與預防中心的資料顯示，每年有近 25% 的老年人跌倒，老年人跌倒是美國創傷性入院的主要原因。瞭解跌倒或其他與健康相關的事件何時發生，並能夠快速做出反應，有助於確保患者得到

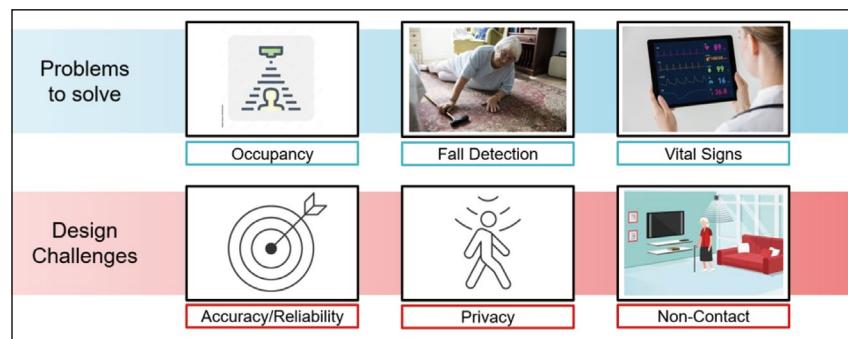
所需的護理。

借助毫米波技術，醫用感測器連接技術的創新正幫助老年人在家中過上正常的生活，並確保在發生意外時能夠及時提供幫助。這些醫用感測器通常基於加速計來檢測跌倒等運動特徵，並可自動呼叫家人或護理人員尋求幫助。

傳統的防跌倒可穿戴設備，需要老年人在脖子或手腕上佩戴電池供電裝置；將他們佩戴在身體上有助於感測器識別諸如跌倒等宏觀運動，並使用連接節點聯繫家人或護理人員。感測器需要非常準確區分跌倒事件和日常活動。當一個人快速坐下或拍手時，當前的感測器往往會誤判。某些類型的感測器（如光學攝像頭中使用的感測器）放置在家中時，也會產生隱私問題。

而毫米波則不存在這些問題，本質它是一部雷達，用來進行“目標”觀測，配合合適的演算法，能夠輕易發現老年人跌倒的問題，由於波長較短，毫米波雷達的精度極高，能夠偵測到亞毫米級的細微動作，如呼吸、心跳引起的人體微動等。更重要的是，毫米波雷達由於不會採集任何影像資訊等敏感性資

圖說：毫米波雷達感知跌倒情況的發生



圖片來源：ti.com

料，因此特別適合在對隱私要求較高的居家環境中使用。

心跳、打鼾等生命體徵，可廣泛應用於嬰幼兒監護、睡眠品質監測、老年人養老護理等場景。在AI和機器學習技術的幫助下，各種感測技術在生命體徵監測領域快速成長，為數位醫療體系提供準確地資料，也讓包括可穿戴設備在內的醫用和消費級產品在未來有很強的潛力和發展空間。

藍牙技術促進醫療資源管理

分析機構的資料顯示，2021-2026年，藍牙設備的年出貨量將增長1.5倍。其中位置服務將成為增長最快的解決方案領域，未來五年的年複合增長率將達到25%。2022年今年，藍牙資產跟蹤設備年出貨量將達到1.28億台。其中，包括醫療在內的商業即時定位系統(RTLS)占比最大。預計到2025年，藍牙醫療監測設備的年出貨量將達6,400萬台，醫療機構中的藍牙位置服務設備部署量也將廣泛增長。

一些醫療機構由於缺乏合理的流程規劃，醫療資源的供不應求和閒置浪費往往同時存在。研究表明，醫院裡可能有58%的醫療設備處於閒置狀態，10%的設備會在醫院庫存中過期。而藍牙技術可以說明優化設備追蹤和庫存控制，提高運營效率，進而最大限度地減少浪費。這一應用已經在現實場景中得到驗證並不斷推廣，比如一些機構通過使用藍牙資產跟蹤系統快

速定位重要設備，從而平均每週節省人力多達40個小時。

除了醫療資源追蹤，即時監測解決方案、遠端醫療診斷工具、非處方藥和醫用可穿戴設備，以及遠端傳感設備等滿足患者和護理人員健康安全需求的解決方案則會持續受到高度關注。通過提供高效的治療前後解決方案，藍牙技術已成為患者護理全過程中不可或缺的一部分。

藍牙技術聯盟高級市場發展總監Chuck Sabin表示：“疫情凸顯了對患者監測和治療解決方案的迫切需求，以提升護理人員的健康與安全。我們看到許多成員公司已經開始使用藍牙技術，來提供在治療前中後不同環節的解決方案。”

Kontakt.io企業物聯網解決方案總監Kapil Asher表示：“藍牙即時定位系統(RTLS)追蹤器有助於最大程度地減輕員工壓力、優化工作流程、改善空間佔用管理並提升醫療機構內的設備跟蹤表現，從而更有效集中地護理患者。面對疫情造成的工作時間延長和人員短缺，低功耗藍牙信標(beacon)提供了一種經濟高效、易用且靈活的解決方案，有效改善醫療設施，進而提供先進的患者護理服務。”

醫療同樣也是資訊安全的“災區”

2022年10月份，趨勢科發佈報告稱，曾經遭到勒索病毒襲擊的全球醫療機構(Global Healthcare Organizations, HCOs)

當中有86%都出現過營運中斷的情況。

全球大部分(57%)的醫療機構都坦承曾在過去三年當中遭到勒索病毒襲擊。在這些機構當中，有25%表示被迫全面停擺，另有60%表示有部分業務流程受到衝擊。大部分的受訪機構平均都在幾天內(56%)或幾週內(24%)恢復正常運作。然而，勒索病毒對醫療產業帶來的嚴重影響並不只侷限於營運。有五分之三(60%)的受訪醫療機構表示駭客還會外洩他們的機敏資料，進一步影響其法規遵循與商譽損失，另外衍生調查、矯正、清除的成本。

目前，絕大部分的醫療機構(95%)都會定期修補更新漏洞，另有91%會限制電子郵件附件來降低惡意程式帶來的風險。許多受訪機構還會使用偵測及回應工具，包括：網路(NDR)、端點(EDR)以及多層式(XDR)方案。不過，這份研究也特別點出一些潛在的問題，包括：

- 約有五分之一(17%)的受訪機構並未採取遠端桌面協定(RDP)管控。
- 很多醫療機構都不會與合作夥伴(30%)、供應商(46%)或所屬生態系(46%)分享任何威脅情報。
- 有三分之一(33%)不會與執法單位分享任何資訊。
- 僅有一半或更少的醫療機構目前有在使用NDR(51%)、EDR(50%)或XDR(43%)。
- 令人擔憂的是，僅有少數受

訪機構能偵測駭客橫向移動(32%)、首次入侵(42%)或使用Mimikatz和PsExec這類資安工具(46%)。

趨勢科技技術總監Bharat Mistry表示：「在網路資安領域，我們經常抽象地談論著資料外洩和網路入侵的問題。但在醫療產業，勒索病毒對現實世界的衝擊卻是真實又危險。因為醫院一旦營運中斷，很可能將危及病患的生命安全。我們無法祈求駭客改變作為，所以醫療機構必須提升自身的偵測及回應能力，並與合作夥伴適當分享一些情報來維護供應鏈安全。」

Palo Alto Networks公司認為，在醫療保健領域，網路安全是優先事項。醫療保健機構迫切需要採取有效措施保護其應用程式、基礎架構和患者資料的安全。作為新一代網路安全防護理念，零信任是醫療保健機構提升網路安全的強有力策略，使其能夠有效管理風險、保護敏感性資料、改善患者體驗，並支持以患者為中心的持續創新。

例如，在遠端患者監測應用中，通過監測患者、捕獲並分析即時醫療資料來深入瞭解治療和效果是醫療領域最值得關注的創新和增長點之一，但挑戰也隨之而來：確保合規性、保護患者隱私和大量設備的安全，以及保證醫務工作者和患者的安全訪問也不容忽視。通過將零信任原則應用於支持居家辦公、遠端臨床體驗、遠端醫療(包括醫務工作者和患者雙方)、數位前門解決方案，醫療保健機構可以建立安全強大的數位體驗。現代

化、整體性的方法能夠降低由單點解決方案引起的複雜性和安全威脅蔓延問題。

價值醫療時代來臨了？



照片人物：ADI公司數位醫療健康高級副總裁Patrick O'Doherty

ADI公司數位醫療健康高級副總裁Patrick O'Doherty在《價值醫療時代終於到來了嗎？》一文中指出：“在美國，醫療健康成本一直以超過GDP和通貨膨脹的速度持續增長，美國醫療健康支出占其GDP的百分比是經合組織(OECD)成員國平均水準的兩倍，但是這些支出卻與醫療健康服務的改善幾乎

遠端醫療服務場景

毫無關聯，因為統計顯示，人們的平均壽命遠低於預期水準，本可避免的死亡人數反而更多，慢性疾病發病率也高於平均水準。”

有別於按服務收費(FFS)的傳統醫療服務方式，15年前出現了一種新的模式，即價值醫療(VBC)。VBC顛覆了FFS模式，將經濟關注點從手段(花費的努力)轉向結果(在品質、治療效果和成本方面創造的價值)。自出現以來，這種模式的受歡迎程度一直穩步上升。除了直接帶來的經濟效益外，價值醫療還有望將醫療模式從以治療疾病為主的被動模式轉變為以預防和管理為主的主動模式。儘管價值醫療受到患者的歡迎，但是其發展十分緩慢，主要是其中存在各種障礙，包括技術、人員以及法規和監管等等。

直到COVID-19疫情的出現……

在疫情肆虐的前幾個月，醫療健康提供者和支付方開始提供遠端醫療，以降低當面看診帶來的傳染風險。在疫情爆發以前，遠端醫療以前一直是保健服務領域的一種



圖片來源：ADI

例外情況，在大多數患者和醫生看來只是一種輔助的手段。

Patrick O'Doherty 指出，現在遠端醫療正成為一種非常受歡迎的模式。智慧手機、高速互聯網連接、Zoom 和其他協作工具，以及醫療健康門戶都推動了這種新模式的發展，而且醫療健康提供者和患者發現，許多健康問題都可以通過遠端方式安全、有效、便利、輕鬆地得到解決。當支付方意識到遠端醫療不會增加其風險時，他們也願意加入進來。此外，在疫情期間，許多醫療健康提供者發現他們的收入並沒有因為選擇性治療數量的減少而中斷，進而發現了按患者收費（與FFS 相反）這種模式的經濟優勢。

Patrick O'Doherty 表示，證明醫療服務可以不必受限於中央醫療設施，這是推動廣泛採用價值醫療模式的關鍵第一步，因為它證明瞭，醫療健康經濟並不一定要依賴醫院的使用情況或位置。遠端患者監測 (RPM) 創新技術的不斷發展在推動 VBC 採用方面起著同樣重要的作用。例如，基於智慧手錶的血氧計和其他測量血氧水準的家用設備可以說明患者和醫生在診室之外監測新冠肺炎的治療情況。從根本上來說，RPM 讓醫生能夠通過虛擬方式診治居家治療的患者，而不只是通過現有的遠端醫療技術與他們通信。

技術層面，要達到醫療級別的精度，仍然需要很多努力。比如：Apple 和三星手錶、Garmin、Casio 和 Fitbit 這些產品從最初測量步數和心率，到現在能夠提供血氧、血壓、睡眠監測等等功能，取

得了長足進步但它們的精度、準確性和可靠性還遠遠沒有達到醫療測量標準的要求。

“智能手錶漏測了一兩次心跳，這沒什麼大不了的。但是，如果以 RPM 系統為基礎進行治療，而 RPM 系統給出的測量結果不正確，這就是大問題了。要想利用遠端患者監測設備來在家中實施有效的急性和亞急性或慢性疾病管理，這類設備必須能夠提供與醫院設備相當的臨床級測量結果。” Patrick O'Doherty 強調。

文中提到，除了精度外，感測器集成也非常重要。與獨立感測器相比，互相連接和集成的傳感器具有更大的優勢。例如，將用於測量心電圖、胸阻抗和體溫的不同感測器的異源輸出連接起來時，可以實現協同增效效應，讓人們不必直接進行測量，就能瞭解患者的身體機能狀況。通過結合使用集成式感測器、邊緣處理、人工智慧和雲端分析，醫療健康提供者能夠在家裡獲得豐富的診斷資訊，從而在患者進入急性發病階段之前及時做出臨床決策。

此外，在遠端持續監測應用中，工作流程的問題也不可忽視。醫療健康服務的提供仍然受限於提供者的服務能力，因此，遠端患者監測系統必須足夠智慧，通過演算法、人工智慧和機器學習精簡其輸出資料，讓醫生和護士能夠只關注影響最大的問題，而將影響較小的問題留給機器或其他人。

Molex《可穿戴診斷設備現狀和醫療監測未來的全球調研報告》

也指出了類似問題，儘管對智慧醫療持樂觀態度，但幾乎所有受訪者都指出了設計方面存在的挑戰，例如消費者對易用性的期望 (42%)、對簡易使用者介面和完整記錄的需求 (41%)、非受控的家庭護理環境中的設計難點 (40%)，以及監管批准流程的複雜性 (34%)。阻礙設計過程的領域還包括成本 (38%)、耐用性 (37%)、動力 (35%)、小型化 (33%)、資料收集 (30%) 和連線性 (30%)。其中，四分之三的受訪者表示，連接限制影響了當前收集相關資料以跟蹤和分析健康狀況的能力。

“許多醫療健康提供者和支付方已經開始考慮疫情之後如何在醫療領域採用更多創新的技術。雖然部分醫療機構可能會回到傳統的醫療模式，但採用 VBC 的許多障礙已經消失。” Patrick O'Doherty 表示

對醫事服務機構和患者來說，價值醫療將是雙贏的局面，因為醫事服務機構可以跟高效率服務更多患者，而借助大量“智慧”醫療技術，患者可以讓醫生更早對疾病進行干預，發現潛在的問題或者控制並改善已有的病症，讓更多人享受健康的生活。

參考資料：

- ADI：《價值醫療時代終於到來了嗎？》
- AVNET：《數位化技術深度賦能，讓智慧健康觸手可及》
- Molex：《可穿戴診斷設備現狀和醫療監測未來的全球調研》
- TI：《毫米波感測器如何為獨立的輔助生活創造技術優勢》 CTA