

精準人工關節置換

手術方法由「經驗導向」走向「數據導向」的時代

骨科主治醫師 陳健煜

過去我們常認為，一位優秀的外科醫師，是經由長時間累積的**臨床經驗與本能及直覺**所養成。然而，在當前醫療環境中，僅依賴經驗與主觀判斷，已難以完全滿足臨床需求。現今醫療所追求的，不再只是「手術做得不錯」，而是期望每一台手術都能穩定、可預期地達到理想結果。



A leading technology

MAKO Robotic-Arm Assisted Arthroplasty

從本質來看，傳統人工關節手術仍存在數項變數。

首先是精準度的問題。一般的手術因為靠醫師目測及手感可能會有 20~30% 尺寸、角度、擺位上的偏差。角度的偏差有時可能達到 5-7° 以上。

其次，軟組織的處理高度依賴醫師的個人經驗。關節韌帶的平衡多數仍仰賴術者的手感與主觀判斷，機器手臂手術則可以在術中得到**準確數據的回饋**而避免偏差。

當偏差值 (outliers) 大於 $\pm 5^\circ$ 常常會產生不良的臨床結果，造成日後需再次進行翻修手術的風險。

因此，臨床真正需要關注的，不僅是整體平均表現，更重要的是如何有效降低這些關鍵性的偏差。

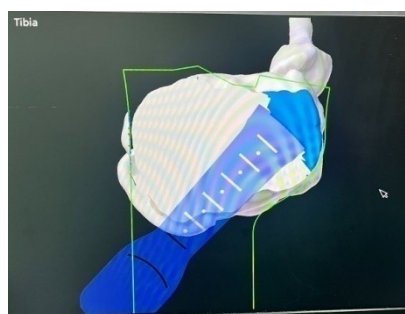
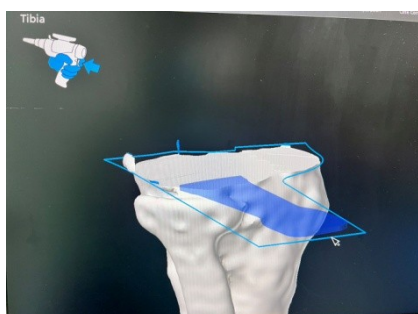
精準醫學通常建立於**三個核心基礎**：可測量 (measurable)、可預測 (predictable) 以及可重現 (reproducible)。

MAKO 機器手臂與電腦導航的導入，使精準醫學得以逐步落實於人工關節手術中。

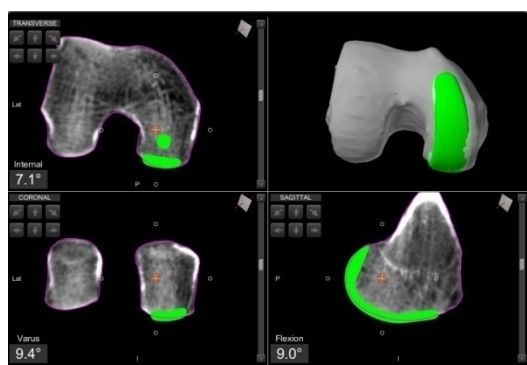
在技術應用上，電腦導航(Computer Navigation)主要透過紅外線或影像追蹤系統輔助定位，仍以醫師手動操作為主；而機器手臂系統則進一步結合術前 3D 建模與術中安全控制機制，由醫師依據數據規劃並操作系統完成精細修整。

其核心特點可歸納為三大面向：

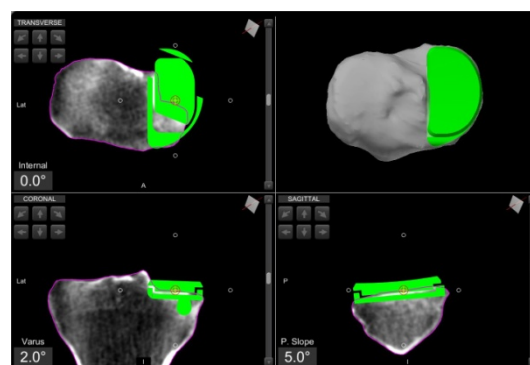
1. **3D 術前計畫**：提供植入物正確擺位、合適尺寸與理想角度的規劃依據
2. **動態關節平衡**：術中即時回饋關節壓力與活動狀態，使軟組織平衡得以量化
3. **安全手術界限 (Safe-zone boundary)**：限制骨切範圍，避免傷及周邊軟組織（如神經與血管）



在術前階段，透過影像建立病人的三維模型，相當於建立一個「數位分身」，使醫師得以預先模擬植入物選擇、擺位與關節平衡，完成**個人化手術規劃**。



術中虛擬部份膝人工關節擺位

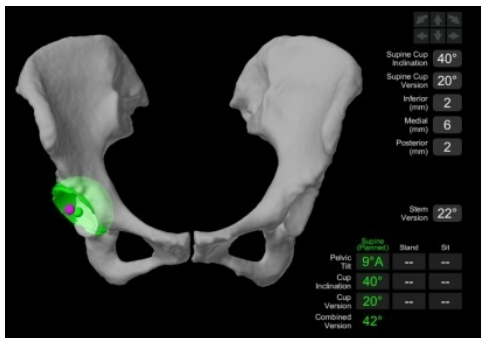


提供術中動態微調達成最佳擺位

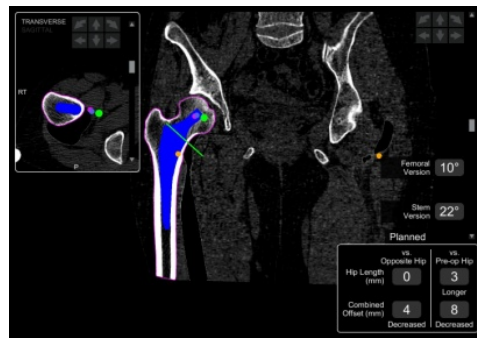
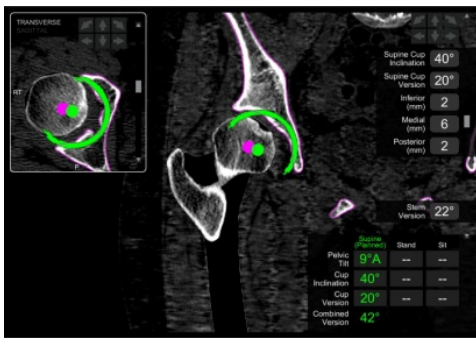
在術中階段，系統提供即時數據回饋，包括關節活動軌跡、擺位調整及軟組織張力評估，使手術決策由過去偏向主觀經驗，轉為客觀數據導向。

此外，**安全邊界(haptic boundary)**控制技術在骨切過程中提供精確限制，避免超出預設範圍，其目的並非取代醫師，而是在關鍵步驟中提供安全防護，降低操作誤差。

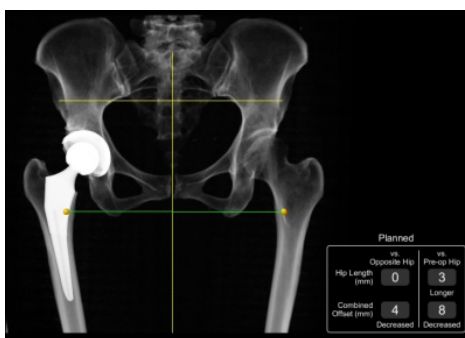
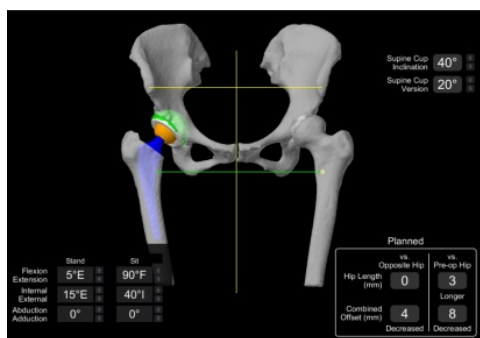
理想的人工關節擺位不僅是術中數據指標，更直接影響植入物磨損、鬆動、關節穩定性，甚至脫位風險（尤其是全髌關節置換，在國外有些關節中心 MAKO 的應用已經標準化成為常規）。



術中虛擬全髌髌臼擺位 / 動態微調



術中虛擬全髌股骨幹擺位 / 動態微調

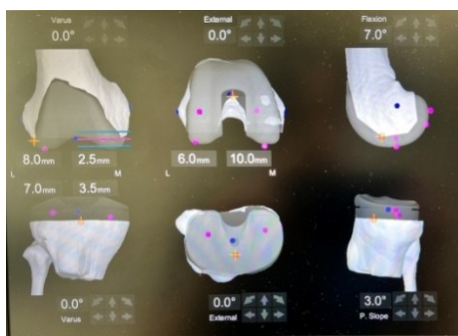
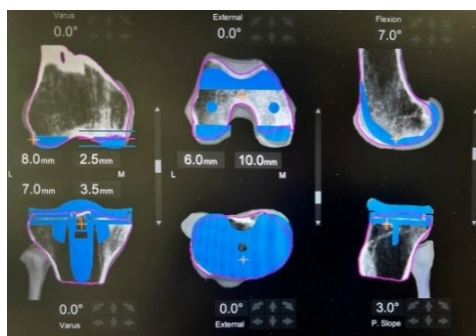


術中虛擬全髌人工關節術後 X 光

在傳統手術中，全髌人工關節植入位置落於理想範圍（safe zone）的比例約為 50–60%；而在機器手臂輔助手術中，該比例可提升至 90%以上，並可能進一步降低翻修手術的發生率。

另一項重要趨勢，是從標準化走向個人化(personalized)治療。

過去全膝人工關節置換多以機械軸線(mechanical alignment, 0°)為原則，強調一致性的標準設定；近年則逐漸發展出功能性擺位 (functional alignment) 與運動型擺位 (kinematic alignment) 等概念，強調符合個別患者的解剖與功能特性。



術中虛擬全膝人工關節擺位 / 動態微調



MAKO 機器手臂技術的應用，使醫師能根據患者的骨骼形態、軟組織張力與動態表現，設計更符合個體需求的擺位策略。

從臨床結果觀察，機器手臂輔助手術已呈現多項正向趨勢，包括**術後疼痛降低、恢復速度提升、住院時間縮短，以及併發症風險下降**。在當前強調快速康復與**當日出院 (same-day surgery)** 的醫療模式中，「精準」亦逐漸轉化為「安全」的重要指標。

MAKO 機器手臂應用在人工關節手術，在全世界已經使用超過 100 萬個以上的案例，很多高流量關節置換中心已經把這樣的術式標準化。以郵政醫院為例，自 2016 年起導入 MAKO (Stryker, USA) 機器手臂輔助手術，應用於部分膝關節、全膝關節及全髌關節置換，至今已累積近 1600 例臨床經驗，這項技術已經成為常規手術之一，超過 95% 的案例均達到良好臨床結果。

在 AI 的應用逐漸普及於各領域的時代，將此技術導入人工關節置換手術，不僅可協助醫師精確掌握植入物擺位，也能提升手術安全性。由於尺寸選擇、關節壓力與擺位不再僅依賴主觀判斷，手術過程得以透過即時且客觀的數據回饋進行調整，進而有助於**延長人工關節的使用年限**。

骨科專科醫師

陳健煜

台北郵政醫院院長

台北醫學大學骨科臨床教授

長庚醫院主治醫師

愛荷華大學 UIHC 骨科研究醫師

機器手臂人工關節重建認證及訓練醫師

1.電腦導航 Computer Navigation 關節重建

2.AI 智能(Mako)機器手臂髌及膝關節重建

3.成人膝 / 髌關節重建

郵政醫院: 台北市福州街 14 號 0961-360-665 Ms.張

和麗診所: 台北市和平東路 1 段 121 號 2 樓 02-2358-2650

Kenyoh Chen, MD

Taipei Postal Hospital, Director

Orthopedic & General Surgery, Board Certified Taiwan

Spine surgery, Fellowship trained, CGMH & UIHC

Attending Orthopedic Surgeon CGMH

Clinical professor of Orthopedics TMUH

MAKO Robotic Joint Arthroplasty Specialist & Trainer

1. Computer Navigation Total Knee arthroplasty

2.Mako SmartRobotics Hip & Knee reconstruction

3. Adult knee / hip Joint Reconstruction

Mobile: 0961-360-665 RN. Peggy Chang

Postal H: No. 14, Fuzhou St., Zhongzheng Dist., Taipei City 10078, Taiwan

Herly clinic: 2F, No. 121, Sec. 1, Heping E. Rd., Da'an Dist., Taipei City 106004, Taiwan