

理大運用數學模型分析足部數據

3D打印鞋墊 提升運動效能



一套好的運動裝備，能顯著提升運動員在賽場上的成績。對於田徑、跳高等運動員而言，一雙科學鞋墊既可以保證運動性能，例如更易給到運動員起步的爆發力，又可以保護其腳、膝蓋、骯關節等多個部位。

香港理工大學生物醫學工程學系系主任張明教授近日接受《大公報》專訪時透露，團隊一直在研究個性化增材製造（3D打印）矯形鞋墊等多種體育裝備，除了運動員外，他們希望將來服務於普通市民。張明表示，「增材製造技術在鞋墊上的應用起步非常早，基本流程和技術設備都相對成熟。關鍵是在收集到足部數據後，如何利用數學模型設置鞋墊的參數，這是我們一直在研究的，也是生物力學的課題。」

大公報記者 湯嘉平（文） 林少權（圖）

製作省時 成本大減

現時市面上賣的鞋墊，設計幾乎千篇一律。然而，每個人腳的特徵和形態各有不同，有的扁平足，有的足弓過高，有的足部嚴重外翻……。如果有合適的鞋墊和鞋，便能改善足部本身的問題。隨着社會對穿戴類產品的要求提升，個性化設計成為眾多業界人士研究的方向。

「十幾年前的個性化設計鞋墊，是把石膏裹在腳上，然後脫模，再去設計，這樣成本高、耗時長。」張明教授說，這跟殘障人士的個性化假肢的設計原理一樣，當年他們團隊專門負責培養這樣的假肢設計師。「現時香港的假肢設計師，基本都是從我們這裏出去的。」他說。

後來，業界把目光轉移到增材製造上，全面革新個性化設計產品的技術。增材製造，俗稱3D打印，是一種使用3D數據創建對象的技術。與傳統製造業相比，增材製造大大地減少了材料浪費、縮短了製造周期，並省去大多數基於技能的手動操作。

解決人體姿勢異常問題

張明教授現時研究的矯形鞋墊，就是通過增材製造技術製作。「傳統的石膏鑄模技術，開一個模具起碼半個月到一個月；而3D打印只需幾個小時。」張教授團隊成員、資深研究員張博文博士說道。

矯形鞋墊的設計是根據足部生物力學特徵設計，根據人體足踝、膝關節、脊柱等部位具體的姿勢特徵、結構特徵及足底壓力特徵，有針對性地在

常見
足病

矯形鞋墊改善拇趾外翻

拇趾外翻、扁平足、高足弓、足底筋膜炎、足踝過度旋轉等都是足部的常見疾病。

拇趾外翻常用拇外翻角度來衡量，小於16°為正常足，介於16°至30°之間為輕度拇趾外翻，大於30°為重度拇趾外翻，成人中特別是女性的患病率高達33%。

拇趾外翻主要表現為第一跖列位置不正、跖趾關節內側粗隆突出、跖骨部位壓力增大，影響了第一跖趾關節的機械轉位，進而造成第一跖列、第二跖骨頭下的疼痛、位置不穩等併發症的產生。

拇趾外翻無法自體修復，矯形鞋墊可通過改變拇指兩側壓力改善第一跖趾關節形變及受力，為跖骨部位提供支撐，重新分配跖骨處過多的壓力。

足前掌、足弓和足後跟三個主要部位做出調整，解決人體由於外界因素、下肢生物力學異常及代償等引起的各關節及人體姿勢異常等問題。代償是指人體某些器官因疾病受損後，機體調動未受損部分和有關係的器官、組織或細胞來替代或補償其代謝和功能，使體內建立新的平衡的過程。

張明教授表示，現時增材製造技術相對成熟，但如何設計好打印參數，是團隊正在研究的問題。「我們通過不同的數學模型，分析用家的足部特徵，從而設置好參數，讓3D打印機打印出來。」

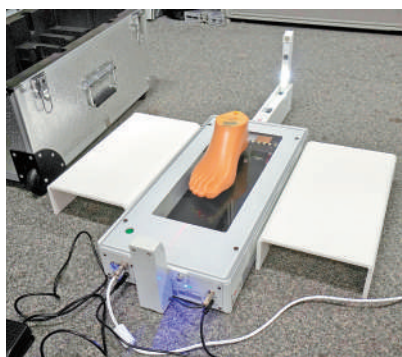
首先，用家需赤足站在「足底三維掃描系統」上，讓系統收集足部在靜態下的數據，團隊分析後會設置不同參數。

「量身訂造的鞋墊離不開各種參數的收集和調整，例如足弓處應該設計得高或低，腳後跟內外翻的傾斜度如何等。」張明教授說，鞋墊材料的密度亦可調整，而密度的高低會影響鞋墊的軟硬程度。「現在我們有兩種鞋墊，一個足弓處是硬的，另一個是軟的。軟的壓力分布更均勻，舒適性更好，同時它的彈性也很好；但是過軟的話會減少衝擊力，你可能就不能夠走得很快。所以運動員的話，可能就不能做得太軟，因為他動作要快，而硬的就可以保證運動性能。但若是市民一般出行的話，可能前者更適合。」

取形是生物力學研究的基礎，在收集完足部靜態情況下的數據後，還需要收集動態足部數據。張明教授說，將來用家需要到「足底壓力分布與步態分析跑台系統」上走路及跑步，讓系統錄得足底壓力的變化數據。

對於項目下一步的計劃，張明教授表示，現時設計的3D鞋墊算是基底支撐，對於運動員來說，還需要給它一個表面材料，讓其感到舒服、吸汗，而且還有緩衝能力。目前團隊已購得聚氨酯（PU），張明教授說，接下來將繼續完善鞋墊設計。他透露正在跟香港體育學院等機構溝通，希望3D鞋墊獲得更多應用機會。

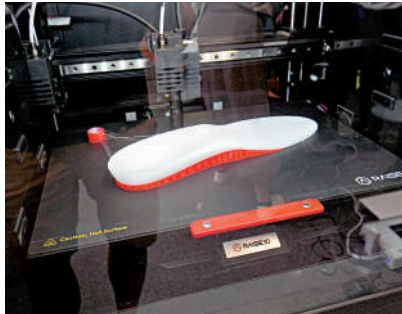
3D個性化鞋墊設計流程



1 取形，即取得用家的足部形狀和特徵



2 軟件分析及轉化3D



3 選擇3D打印材料和技術

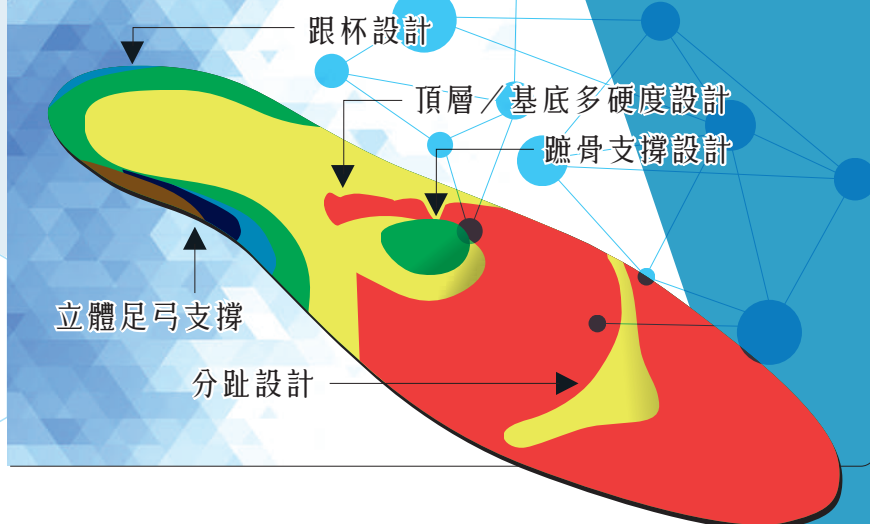
4 產品檢測

大公報記者林少權攝



▲張明教授介紹3D鞋墊時表示，現時增材製造技術相對成熟，但如何設計好打印參數，是團隊正在研究的問題。

矯形鞋墊設計圖



個人化假肢接受腔 助殘奧健兒奪佳績

優化設計

跟個性化矯形鞋墊一樣，個性化的假肢接受腔亦是生物力學界關注的課題之一。

為了讓殘疾運動員獲得與殘肢表面及內部骨骼具體特徵相融合的假肢接受腔，以在殘運會上發揮得更好，理大生物醫學工程學系系主任張明教授團隊於早幾年參與國家科技部重點研發計劃項目「假肢矯形器的個性化設計與增材製造應用示範」，開發了可適用於增材製造小腿假肢接受腔的個性化產品設計系統。張明教授表示，該項目於去年結題，團隊亦正在把研究成果和輔助技術用到香港殘奧運動員身上。

假肢接受腔是容納截肢患者殘肢的腔狀部件，用於連接殘肢和假肢，實現身體與假肢之間機械負荷的傳遞。相對於假肢和矯形器的商業即售產品，個性化定製產品的成本更高。

在參與「假肢矯形器的個性化設計與增材製造應用示範」的過程中，張明教授和其他科研團隊完成了眾多科研工作，包括開發了基於多相機的3D肢體快速取形系統、低成本肢體掃描器、無線足底壓力監測系統、軟組織力學特性測量四個系統，構建了殘肢表面與內部骨骼配準及多源數據融合方法，研究了活動特徵對假肢矯形器功能適配的影響，亦基於人體生物力學和假肢矯形器接觸界面的生物力學研究，建立了五種假肢矯形器理論分析模型，開發了可適用於增材製造小腿假肢接受腔和矯形鞋墊個性化產品設計系統。

張明教授說，增材製造的假肢矯形器，成本比傳統製造的低許多，如腳趾矯形器的增材製造成本會比傳統製造低50%。他希望在技術成熟後，能為香港殘疾運動員提供更好裝備。



▲張明教授表示，用增材製造的假肢矯形器，成本比傳統製造的低好多。大公報記者林少權攝

特製護足籃球鞋 內置三軸傳感器

兩地合作

除了特殊鞋墊，張明教授亦與內地合作推出特製的籃球鞋，幫助打籃球人士保護足部。該課題是關於籃球鞋內三維足底區域性受力，開發一種鞋底內置三軸傳感器，以分析籃球切向運動中足底的垂直和剪切力的方向和大小分布。該研究啟發並指導了提升前掌舒適性的籃球鞋鞋底功能設計。

近年來，體育界對裝備的要求愈來愈高，運動員身上的其他裝備亦與普通人有分別，而靠裝備取勝，在國際賽事上並不新鮮。以鞋為例，舉重運動員需要穿專門的舉重鞋，

而這種鞋的重量比一般鞋重很多。其抗壓力超過一噸，具有極強的支撐性、穩定性，承受極大重力也不易形變。相比堅若磐石的舉重鞋，拳擊鞋則是身輕如燕，超輕鞋體僅有150克，止滑性能甚至優於普通跑鞋在乾燥地面的止滑能力。

2017年5月，肯尼亞馬拉松跑手傑基（Eliud Kipchoge）便穿着一雙俗稱「超級釘鞋」的跑鞋，以2小時25秒的佳績跑完馬拉松，遠超當時的男子世界紀錄。據悉，該雙「超級釘鞋」是Nike於同年推出的首雙Vaporfly系列跑鞋，以飛機隔離所用的物料製成的鞋墊，配上中間夾着的一整塊碳纖維板，能大大提升高端長途選手的表現。



▲2017年5月，肯尼亞跑手傑基穿着一雙俗稱「超級釘鞋」的跑鞋，以2小時25秒跑完馬拉松，遠超當時的男子世界紀錄。

成立體育科研院 為大眾健康服務

創科發展

為了加強本港體育科研實力，促進體育領域的跨學科合作，讓影響深遠的研究能得以推行，香港理工大學於今年六月成立體育科技研究院（RISports），屬於「理大高等研究院（PAIR）」旗下的16所研究院及研究中心之一。出任體育科技研究院院長的張明教授表示，該研究院服務領域包括大眾健康、競技體育和運動康復，為體育運動提供科學理據和解決方案。

為殘疾及長者提供輔助器具

張明教授表示，除了先進體育科技，該研究院也會注重傳統強項，「即康復工程方面，對於殘疾人、老年人這些需要特殊服務的人，如何給他們提供運動方面的建議，或者輔助器具。」他透露，體育科技研究院現暫定明年二月舉行開幕典禮，冀有更多的理大青年研究者加入隊伍。