



打破窠臼的 義肢

義肢設計師挑戰功能與造型的極限，
讓使用者更能自在當自己。

撰文／湯普森 (Joanna Thompson)

翻譯／連育德

柯蘿德 (Dani Clode) 常常早上起床，
一隻手套上機器拇指，就這樣去
上班。她仔細研究大量的神經科學數據，
畫出新款義肢的構想，思考著如何才能
幫人體加分。柯蘿德的工作地點是協助研
究輔具神經科學的劍橋大學可塑性實驗室
(Plasticity Lab)。



但擔任專業人員的她也打造義肢，而且功能與造型往往顛覆傳統，有一款是透明的壓克力前臂義肢，內有節拍器，會跟穿戴者的心跳同步打節奏，另一款則是隨意排列組合的手臂，材質包括樹脂、拋光木、苔蘚、青銅、黃金、銻與軟木。

柯蘿德目前正在設計的是任何人戴了都能強化抓握力的「第三隻拇指」。這個裝置也是她工作的得力助手，動作靈活，以馬達驅動，由穿戴者鞋子裡的壓力感測器所控制。志願者經過學習後，已經會打開瓶子、喝茶，甚至彈吉他。她期許有那麼一天，無論是工廠工人還是外科醫生，各類職人都能受惠於第三隻拇指與類似裝置，工作更有效率，又能減輕身體壓力。



傳統上，義肢設計師習慣從人體尋找靈感。義肢過去被視為某個身體部位的替代品，超逼真的仿生腳與仿生手是眾人夢寐以求的目標。拜星際大戰這類科幻作品之賜，仿生裝置仍舊深植於大眾的集體想像。幸或不幸，它們也形塑了多數人對未來義肢的觀點。

但柯蘿德是另類義肢運動的一環，這股輔具科技趨勢訴求打破傳統、不求融入。她和同行設計師不希望裝置模仿「正常」手腳的外觀，而紛紛打造天馬行空的義肢，有的像蠕動的觸角、有的會發亮、有的甚至能發射亮片。其他非傳統設計則是針對特定工作，例如受到跑者青睞的刀鋒義肢。設計師認為，另類義肢可以讓使用者拿回自我形象的控制權，力量油然而生，同時粉碎社會對身障與四肢殘缺的汙名化。

即使另類義肢的能見度增加，還是抹煞不了一個不堪的事實：擁有義肢的人仍然只占一小部分。這個世界有很多人想要義肢卻買不起，因此倡導人士紛紛在尋求能夠兼顧成本、造型與實用性的方案。

義肢的發展歷史悠久，而且始終出於人性。已知最早的義肢是兩隻木雕腳趾，來自於2,500到3,000年前的古埃及，明顯看得出繫繩涼鞋的印記，其中一隻還綁在一具木乃伊的右腳。

古人製作與穿戴義肢的原因眾多，有的重實際、有的基於宗教、有的是歧視下的產物。多數義肢的設計以結合人體為主，但有些設計故意要脫穎而出。古羅馬將軍西魯斯（Marcus Sergius Silus）在第二次布匿戰爭（Second Punic War）斷了一隻手，據傳下令製造一隻鐵手當義肢。此外，中世紀的義大利至少有一人以刀子取代手。

對衛斯理大學（Wesleyan University）性別研究教授泰勒（Victoria Pitts-Taylor）而言，並不難理解對量身訂做的義肢的渴望。從文化、醫療、科學角度研究身體改造的她說：「無論我們怎麼改造身

體，都跟在社會的身分脫離不了關係。」以刺青為例，退伍軍人希望藉此致敬軍旅生活，藝術家則可能想嘗試不同顏色與圖案。

泰勒認為，人存在於社會，都會以某種形式改造身體，例如剪特定髮型或穿特定服飾。「能夠找到方法改造身體，反映出我們的個人風格與自我，感覺真的很好。」她說。

1960年代，美國興起民權運動與酷兒解放運動之際，身心障礙者權利運動亦開始起飛，過去幾十年持續推動社會對義肢的接受度。早期的維權分子走上街頭時，只戴著金屬滑鉤這種最基本的裝置，甚至什麼都不戴，後來的人則是把閃亮亮的迪斯可鏡球黏在義肢。「背後的概念是，不要為了符合傳統標準而改變自己的身體。」加州大學聖地牙哥分校的身障與設計歷史學家塞林（David Serlin）說。

然而，現代醫學體系並不會考量自我表達或自我認同。醫療裝置大廠現在研發輔具科技產品時，經常還是以「治療」為出發點，亦即所謂的生物醫療化（Biomedicalization）。

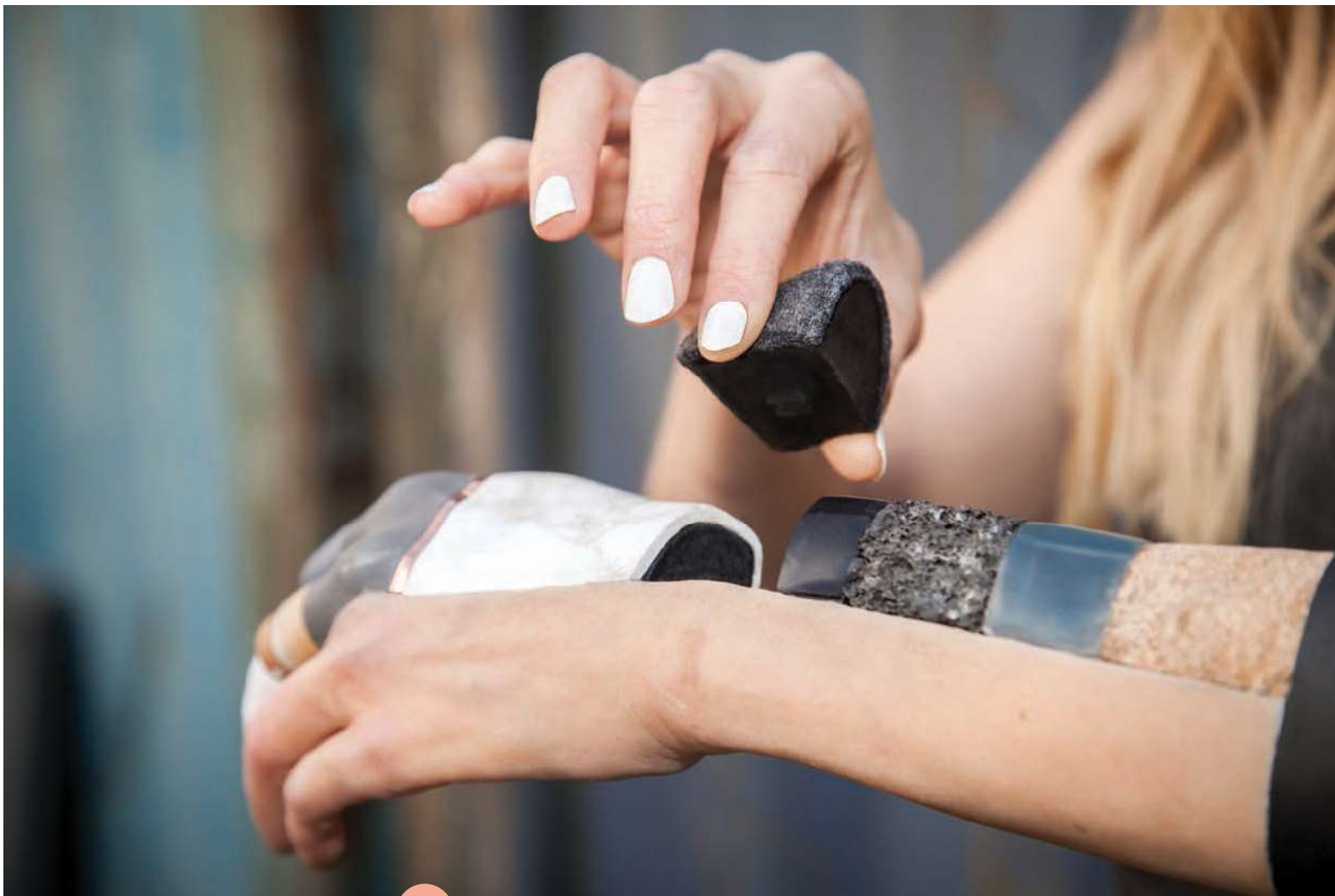
「生物醫療化的目標是把身體正常化。」泰勒說。其目的在於盡可能將人體達到「理想狀態」，但在歐美醫學中，這個理想狀態通常是白人的、性別化，以及身體健全的。

在這樣的側重點下，義肢長期以來效果不佳或穿戴不舒服，無法符合個人需求，更無助於自我認同。比方說，義肢手通常只分成男性、女性與小孩3種尺寸範圍，但很多人的尺寸介於三者之間，甚至完全不適用。

礙於選擇有限，義肢與殘肢可能出現不吻合的警扭情況。對有色人種來說，挑選義肢可能更是難堪，因為有些義肢廠商提供診所與醫院的膚色選項只有少數幾款。

柯蘿德說，義肢使用者也不應該被等同視之。每個人的觸覺敏感度不同，取決於殘肢的神經集中程度，以及身障者是否有幻肢（Phantom Limb）現象。這些因素會大大影響身障者忍受義

柯羅德和同行設計師不希望裝置模仿「正常」手腳的外觀，而紛紛打造天馬行空的義肢，有的像蠕動的觸角、有的會發亮、有的甚至能發射亮片。



柯羅德戴著名為「物質化」的手臂，上半部由可隨意排列的區塊所組成，採用另類素材如樹脂、拋光木、苔蘚、青銅、黃金、銻與軟木。

肢的意願與能力，因為義肢必須緊貼著殘肢的敏感區。

此外，如果是天生四肢殘缺，可能會與截肢者的使用體驗截然不同。長大後才失去手腳的人，穿戴輔具可能會更放心，反觀許多天生沒有手臂的

人，用殘肢就能輕鬆搞定生活大小事，戴著笨重的義肢甚至反而礙事。

阿馬爾（Jules Amar）是功能型義肢的設計先驅，其服務對象是在第一次世界大戰中斷手斷腳的士兵。他的設計有別於傳統，專為特定功能而生，



例如他設計出鉗子型義肢，以期協助飽受戰爭摧殘的士兵重返社會，從事生產。根據大多數記載，他的策略奏效，許多退伍軍人得以找到農場與工廠的工作，只是當時也有部分人士認為這樣有剝削身障勞工之虞。

時至今日，義肢可以搭配肌電裝置等高科技，變成電動義肢，將殘肢肌肉的電訊號轉化成動作。然而，很多人放棄有如機器人的精密義肢，選擇類似阿馬爾設計的功能型義肢，例如運動員的刀鋒腳板，或是自體驅動、可以更換末端的「活動導向手臂」。「我就有一個，主要是用來健身。」加州大學柏克萊分校的科技作家與博士後選人楊恩（Britt H. Young）說：「從很多方面來看，使用這類義肢的滿意度更高。」

回顧醫療器材的發展史，有很長一段時間的假設是：符合大腦預期的義肢自然更容易使用，亦即專家所謂的「身體化」（Embodiment）。

「身體化是指義肢接近我們的人體樣版。」劍橋大學認知神經科學教授馬金（Tamar Makin）說。她與柯蘿德密切合作，研究大腦如何適應義肢。研究證實義肢使用者長期以來的直覺，亦即大腦其實非常有彈性，能夠適應新義肢。

義肢似乎介於「物品」和「自我」之間。根據2020年發表於《PLOS生物學》（PLOS Biology）期刊的一篇論文，馬金的實驗室以功能性磁共振造影機（fMRI）掃描義肢使用者與非使用者的大腦，想要知道大腦的特定區域對義肢有何反

應。研究人員以義肢、真手、日常工具做測試，起初以為受測者會有類似的反應模式，但實際情況並非如此。

「義肢造成的反應不同於人手。」馬金說：「但也跟工具不一樣。」義肢似乎會觸發一種特別的神經標誌（Neural Signature），不是手也不是

工具，而是以前未知的反應。這些反應模式出現在不同使用者，顯示多數人能夠輕易適應各種不同的義肢設計，只要在日常生活依舊實用就可以。

看起來不像人腳的下肢義肢，慢慢受到社會的認同，尤其是在運動領域，穆林斯（Aimee Mullins）與里博（Blake Leeper）等運動員擁有高知名度，有助於刀鋒義肢成為鎂光燈的焦點。反觀失去上肢的人還是面臨社會壓力，不管合不合身，還是覺得有必要戴上高科技、有5根手指的仿生義肢。

巴恩斯（Jason Barnes）希望有個與眾不同的上肢義肢。住在美國亞特蘭大市的他，是一名音樂製作人與樂手，從小熱愛打鼓，無奈在2012年發生工作意外，22,000瓦的電流貫穿右臂，手肘以下只好截肢。

出院後幾個星期，他在繃帶末端用膠帶綁了一支鼓棒，重新學習打鼓。沒多久，他開始從零到有打造內建鼓棒的義肢。「我壓根沒有頭緒怎麼做，所以摸索了很久。」他說。他最終找到適合的設計，也就是在鼓棒義肢裝上平衡器，讓他可以用肩膀和手肘控制，跟阿馬爾的功能型義肢有異曲同工之妙。不久之後，他考進亞特蘭大音樂與媒體學院（Atlanta Institute of Music



哈利爾設計出一系列義肢護套。最上面的義肢腳護套取材至經典科幻恐怖片《異形》，內建LED燈。

失去上肢的人還是有社會壓力，不管合不合身，
還是覺得有必要戴上高科技、有5根手指的仿生義肢。



莫德絲塔穿著錐形腳，擺出時尚的姿勢，
其設計來自於她的夢境。

and Media) 的打擊樂課程。

不過，巴恩斯偶爾還是覺得力不從心。為了演奏不同曲風（例如從複雜的爵士樂轉換到搖擺樂節奏），他必須停下來把義肢綁緊或鬆開。他想要追求更無縫接軌的體驗。

他後來認識喬治亞理工學院（Georgia Tech）的音樂科技教授溫伯格（Gil Weinberg），後者帶著團隊與巴恩斯合作，研發出新型的肌電型打鼓義肢，能夠讀取他的肌肉運動，執行更精細的打鼓動作。

他們接著更進一步，在義肢加上第二支鼓棒，搭配機器學習軟體，可以察覺樂團中其他樂手的節奏。「構想是讓第二支鼓棒有時隨興打擊，不由巴恩斯控制。」溫伯格說，這樣可以在樂手之間營造出「奇特又親密的連結」。

拜這款新手臂之賜，巴恩斯化身打鼓超級英雄，超越人體極限，打出地表無人能及的節奏。他在2019年甚至寫下金氏世界紀錄，成為全世界打鼓速度最快的人。但過了不久，他發現只用一支鼓棒還是比較簡單。

「從技術面來看，一隻手能有兩支鼓棒是很好。」巴恩斯說：「但從鼓手的角度來看，意義其實不大。」巴恩斯尚未完全放棄高科技打鼓輔具，他和溫伯格目前正在設計一款新型肌電手臂，一方面有雙鼓棒義肢的精細度，一方面又有自體驅動義肢的創意自主性。他使用哪個義肢，會看當天狀況與打擊曲目。

並非每款非典型義肢都是完全功能導向，有時則是走時尚路線。出生於拉脫維亞的創作歌手



莫德絲塔（Viktoria Modesta），長期醉心於科幻故事與復古未來主義美學。剛開始配戴義肢時，她便決定一舉拋開傳統窠臼。「我覺得這樣可以拿回掌控權，改變輿論風向。」她說。

莫德斯塔的左腳在出生時受傷，動了好幾年的手術，也頻頻出現併發症。她在20歲那年選擇截

肢，心情幾乎隨即如釋重負。

還沒有動手術之前，她便已經開始想像義肢的模樣。手術後，她與威克森（Tom Wickerson）和芭拉塔（Sophie de Oliveira Barata）合作，兩人是設計倡議活動「另類四肢計畫」（Alternative Limb Project）的成員（柯蘿德亦是其中一分子）。三人



巴恩斯穿著新款肌電義肢彈奏鍵盤，這款義肢由他和溫伯格在喬治亞理工學院的實驗室共同設計。

「人不應該只嘗試不同穿搭而已，
也要能在四肢、能力與所有事物上做實驗。」

實現了她的願景，以安德森童話《冰雪女王》為發想，打造出一款鑲有寶石的下肢義肢。「我的腳從無期徒刑變成了愛與渴望的產物。」她回憶道。

從那時起，身兼音樂家、模特兒與自稱仿生流行歌手等身分的莫德絲塔，讓大家看到許多未來主義風的義肢。她出現在勞斯萊斯的廣告，義肢脛骨部分竄動著電流，她曾穿著鍍鉻的義肢走伸展台，也曾穿上有如金屬觸手的義肢，以微重力漂浮。她在2014年拍攝的音樂錄影帶《原型機》爆紅，裡頭戴的是她最經典的錐形腳。她說，這款黑曜岩製成、宛如銳劍的設計，來自於她的夢境。

掌握了義肢造型，讓莫德絲塔得以全然接納她的身體，也認為每個人都應該有這樣自我表達的權利。「人不應該只嘗試不同穿搭而已，也要能在四肢、能力和所有事物上做實驗。」她說。但她知道，儘管義肢的普及度緩慢改善，但對全球許多人來說，量身訂做的義肢仍舊遙不可及。

義肢屬於高單價產品，即使有好保險，義肢腳的價格少至5千美元，高至8萬美元以上，依設計複雜程度而定。此外，義肢零件磨損後必須汰換，又得多花費幾千美元，有些產品光是膝關節就要3萬美元。「有些保險會理賠一部分，」楊恩說，但多數保險業者「不會給付很多」。

這還不包括個人化造型。比方說，義肢製造商奧托博克（Ottobock）提供不同膚色的義肢給診所，但旗下網路商店的選擇更多，而且以裝潢色卡的方式呈現，更加賞心悅目。但位於密西根的義肢認證技術人員哈利爾（Nicholas Harrier）說，網路商店才有的膚色必須訂製，通常保險不給付。

哈利爾小時候罹癌，後續感染導致他在20幾歲時失去一隻腳，他希望能夠打開一扇門，讓造型美觀的客製化義肢更加普及。他的靈感起源於10年前左右，他當時偶然看到「另類四肢計畫」為莫德絲塔設計的幾款義肢，出於好奇而聯絡該計畫，卻始終沒有收到回音。他決定動手自製義肢護套，第一個樣本就是自己的義肢腳。

最後的成品彷彿出自科幻小說，有未來主義風格的線路，中間還有五顏六色的原形LED燈。一完成最後裝飾，他便立刻開始幫別人製作客製化護套，到現在已經累積幾十款作品，材質包括壓克力與矽膠、金屬與樹脂、油漆、燈光等。

每款護套都獨一無二，針對個人所設計。有一款釘滿蒸汽龐克風（Steampunk）的發條裝置，有一款仿效DC漫畫的鋼骨人（Cyborg）。護套只讓義肢更有造型，無法改變功能。哈利爾的原則，是所有護套皆可免費訂製。他自掏腰包購買材料，也因為老闆願意讓他彈性工作，他才有辦法進行。「我不會收錢。」哈利爾說。他期許，未來像他這樣的服務能夠成為義肢診所的標準做法，「有必要把這個推動成為常態，因此免費提供很重要。」

幾家規模較大的公司也致力於提升造型護套的普及度。包括英國「開放仿生」（Open Bionics）在內的企業，正在研發價格親民的3D列印護套，例如圖案從漫威電影取材的「英雄手臂」。許多護套的行銷瞄準兒童，希望藉此建立起兒童的自尊。

根據世界衛生組織（WHO）數據，全球缺肢人口只有1成左右有取得義肢的管道。此外，各族群的需求也不盡相同。以美國為例，黑人的截肢率將近是白人的4倍。

楊恩認為，只要有民眾想要有任何類型的義肢，購買與維護都應該不必花大錢。「要對義肢發揮最大的影響力，不在創新設計，而是醫療裝置改革。」她說，但同時也不應該劃地自限，要持續設法改善義肢的設計。「大家必須對自己的身體感到自在，這是一種人權。」她說。

改革義肢產業牽涉眾多面向，包括提升普及度、研發符合個人需求的輔具、維護基本尊嚴等。「重點不只是功能或美觀。」塞林說：「理想狀態是兩者兼顧。」■

湯普森（Joanna Thompson）是一名自由科學記者，駐於紐約市。

Copyright©2023, Technology Review. All Rights Reserved.