

# 新型 TLIF 脊椎微創撐開器設計與開發

## Design and Development of the Novel Minimally Invasive TLIF Lumbar Retractor

孔祥奕

明志科技大學創新科技應用  
於生物醫學暨醫療照護產品  
研發國際博士學位學程

明志科技大學機械工程系

陳炳宜

明志科技大學創新科技應用  
於生物醫學暨醫療照護產品  
研發國際博士學位學程

明志科技大學機械工程系

賴伯亮

林口長庚紀念醫院脊椎科

### 摘要

本研究設計並開發了一款創新的脊椎手術微創撐開器，該器械是一款微創手術工具，用於在脊椎手術進行時維持切口通道，使醫師得以對患部進行處置。為了使得本研究開發之器械更貼近實務需要，我們與林口長庚醫院脊椎科醫師合作，收集並探討臨床相關經驗、觀摩現有器械之使用與侷限，並提出更優之解決方案。

本研究開發之撐開器基於一種創新機械結構，即螺旋軸關節；該機械結構外型精巧、容易拆裝、靈活度高且具備單向止推功能。透過將該機械結構應用於微創手術，開發了一款具備尾端關節與套筒撐開關節之脊椎手術撐開器，得以對切口兩側以及撐開器整體進行任意角度調整，以更靈活地調整切口通道，並使器械得以更平貼於病患身體；且透過單向止推功能，可有效防止撐開器於操作時被軟組織推出。透過以上創新，使得微創撐開器的操作性能及操作流暢度皆得到顯著的提高。

本研究之涵蓋內容包含實務設計與製造這一新型撐開器原型，以豬隻脊椎進行手術模擬並結合脊椎科醫師問卷回饋，透過設計與製作加工、最後臨床評估，使得本器械得到完善，並申請發明型專利，進一步嘗試技術落地。

關鍵字：微創手術、腰椎撐開器、手術入路、手術器械人體工學、脊椎手術器械設計

## 1. 研究背景

### 1.1 臨床背景

本研究之臨床背景基於 TLIF (Transforaminal

Lumbar Interbody Fusion, 經椎間孔腰椎椎間盤融合術)，該手術為一種用於椎間盤疾病之手術方式，用於治療較為嚴重之椎間盤病變，包括椎間盤減

壓及融合術，以及人工椎間盤植入手術等。本研究基於實務臨床需求與意見收集，研發一款具有高操作靈活度的手術撐開器，該撐開器以 TLIF 手術入路為基礎進行開發與設計。在本章節中，將進一步闡明關於椎間盤病變以及其手術治療方式、手術入路及撐開器在手術中肩負之作用。

椎間盤是位於脊椎各節之間，具有彈性的軟組織，它的結構為纖維軟骨外層，以及凝膠狀髓核[1]，如圖1所示[2]。椎間盤對於脊椎而言有著至關重要的作用，它能夠吸收衝擊、支撐人體直立、並且使脊椎能夠以一定角度之內靈活運動，如彎腰、轉身等。

然而，椎間盤會因自然老化、外傷、施力不當或姿勢不良等因素而產生病變[3]，即纖維環因不堪負荷而失去韌性乃至破裂。椎間盤病變在前期可透過矯正姿勢、物理治療以及服藥治療以改善，嚴重時則須以手術方式進行減壓以移除部分突出組織，甚者可能需要將整個椎間盤內部掏空，並以替代元件取代之，圖2展示的即為椎間盤融合術的過程[4]。

通常，人體內的椎間盤從20歲開始就會開始隨時間老化，且在30~40歲即有可能開始誘發退化性脊椎疾病並逐漸產生相關症狀，直至50至60歲時，這種老化現象更為嚴重，例如纖維環將隨著老化加劇而更容易破裂，導致椎間盤突出。據統計[5]，近70%的人在一生中會受到椎間盤疾病所困擾，尤其當習慣不良時，例如坐姿與飲食不良，將使得椎間盤退化得更快，脊椎疾病也隨之更早發。目前為止，人口高齡化的趨勢，以及脊

椎疾病年輕化的趨勢，被公認為將使得脊椎手術相關需求逐年上升。且根據一項市場報告[6]指出，我國目前約70%的器械依然仰賴進口；而綜觀整體椎間盤手術市場，則有逐年上升趨勢，這和人口高齡化以及脊椎疾病年輕化有直接關聯，並進一步指出了對椎間盤手術器械的相關需求。

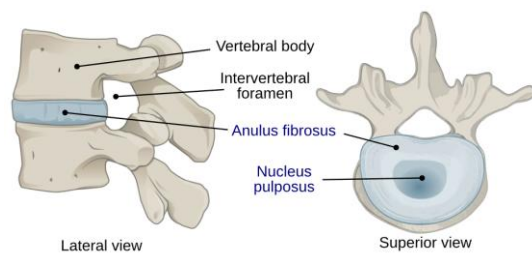


圖1 椎間盤的側視圖與俯視圖[2]

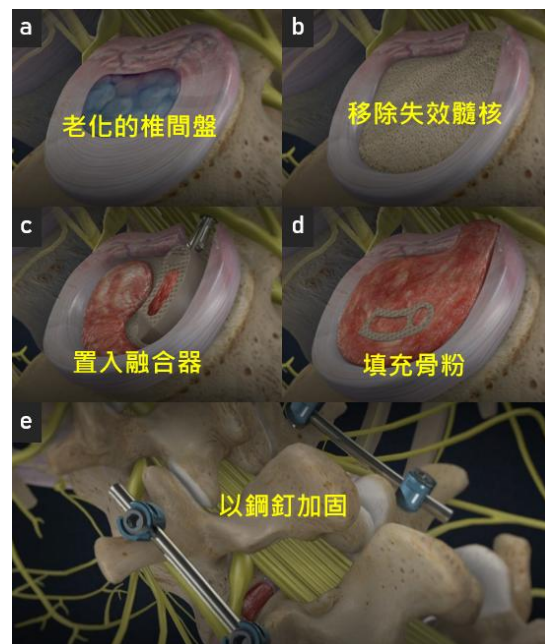


圖2 椎間盤手術示意圖[4]。其中 (a)為病變之椎間盤 (b)為手術步驟之移除該病變椎間盤髓核部分 (c)為將椎間盤融合器植入進挖空之椎間盤中 (d)為在植入元件後以骨填充物填補 (e)為植入後輔以骨釘加固。

## 1.2 研究動機

脊椎手術於現今已為成熟且普及的常見手術，臨床使用之手術器械亦五花八門、不斷更迭，制式的手術方式也使得這些器械更加標準化，除特殊的專用設計以外，目前的商用器械大多具備較為標準的規格以及大同小異的外型與功能。以撐開器為例，隨著微創手術逐漸成為顯學，大多新式的脊椎手術撐開器皆被設計為具備兩葉張開功能的直筒型，並根據不同手術入路所要面臨的肌肉厚度與阻力，以及需要搭配的原件、配件等以選擇不同的機械結構。

然而，這也使得現有的撐開器往往將設計重心著墨於實現功能本身，對醫師在實際操作時的人體工學考量則較為欠缺。我們與臨床醫師討論後，得知現有的器械在操作過程中依然有諸多待改善之不便之處。例如，現有撐開器的尾端幾乎直接與固定裝置鎖死，缺乏一傾斜自由度，這使得手術操作時往往需以紗布將器械尾端墊高；又例如，現有器械為實現手術通道調整的功能，往往會在器械兩臂存在較高之突起形狀，使得手術過程中，醫師的手或器械經常與之碰撞，影響手術時的操作舒適度。除此之外，於機械製造角度而言，現有器械幾乎皆有著較為複雜且仰賴先進加工技術的零件，而該因素亦導致了手術器械長久以來一直難以有本土廠牌。

因此，本研究嘗試開發一款用於脊椎手術之微創撐開器，主要目標為改善醫師在操作時遭遇的種種不便，並以此為基礎，期望進一步提升器

械之操作靈活度，並以實務生產考量，在設計上降低該器械的製造難度。

## 1.3 脊椎手術入路

手術入路(surgical approach)為手術過程中器械與工具進入的方位與通道，不同的手術入路之入口與途中經過的組織、肌肉與器官皆有差異。手術醫師通常根據病患本身的健康狀況，以及如手術施作節數、元件尺寸等因素而選用不同手術入路以及對應的工具。

在臨床實務中，TLIF (經椎間孔腰椎融合術)從背部斜後方進入人體，經由單側或雙側椎孔抵達椎間盤。這一術法避免了對椎板和關節突的破壞，減少了對背部肌肉的損傷，對欲植入元件之形狀等也並未有特殊限制，因此在脊椎手術中最為常用。根據合作醫師的實際臨床經驗，TLIF 屬於較常用之手術方式，因此本研究選擇以開發 TLIF 器械作為目標。

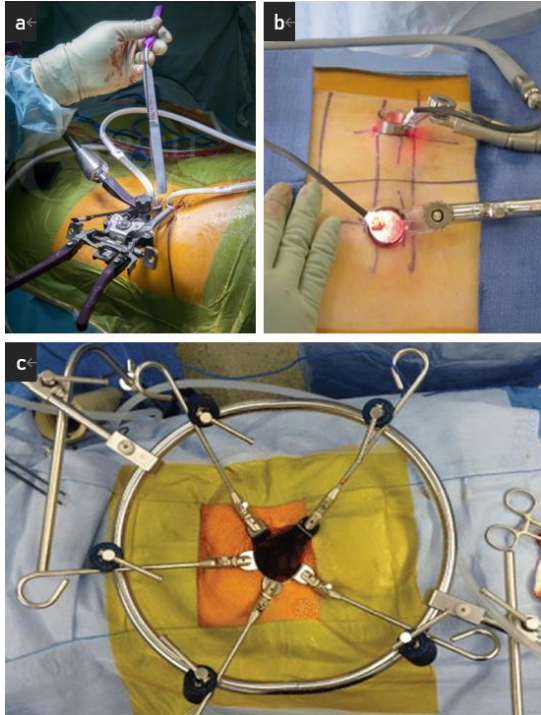


圖4 脊椎手術各手術入路之實際照片[7~9]，其中 (a)為 OLIF 側腹部入路，(b)為 TLIF 背部經椎孔入路，(c)為 ALIF 腹部正前方入路

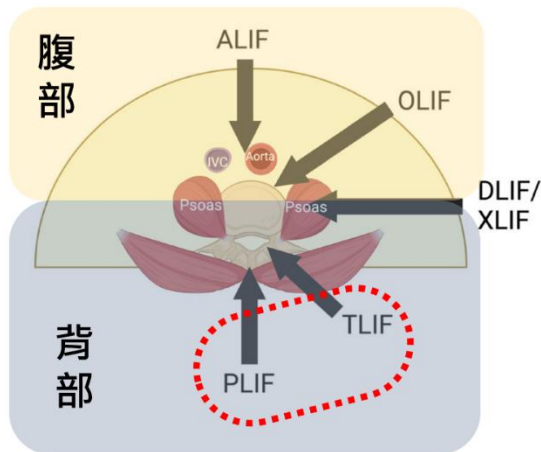


圖5 脊椎手術各手術入路之截面示意圖[10]

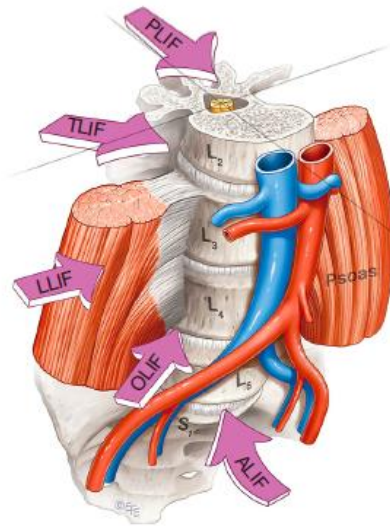


圖6 脊椎手術各手術入路之立體示意圖[11]

#### 1.4 撐開器與手術切口

撐開器在手術中用於撐開並維持切口，使得醫師在手術中得以將器械伸入患部進行操作，在臨床上該切口範圍簡稱為術野。

傳統的開放式切口通常以手術刀直接切開表皮，然後剝開並固定肌肉等組織。這一做法能確保患部清晰可見，且手術操作不受阻礙。然而，開放式切口會在術中造成較大的出血量，使病患面臨，疼痛、感染、恢復時間長等問題。

因此，微創手術應運而生，藉由圓筒狀的撐開器，可以製造出一個通往患部的通道。避免對人體組織造成過多的傷害，有助於術後的恢復。

不過，微創手術的圓筒狀撐開器亦容易使得醫師操作不便，例如術野及照明受限、切口範圍無法視情況微調、甚至植入物與工具亦受到圓筒直徑的限制。因此，具可調整功能的微創手術撐開器在近年來被開發並受到臨床醫師青睞。

新一代的撐開器致力於改善醫師的操作手感，

提供了術野範圍可以調整的功能。出於不同考量，各品牌設計之撐開器在外型、結構、乃至操作方式等皆有相當大的差異。對於臨床醫師而言，基於其操作習慣、以及對病患的考量等，會有各自青睞的選擇。如何在不同的需求之間取得一個有效的平衡點，會是此器械設計時需要克服的最大挑戰，亦是設計出創新器械的關鍵。

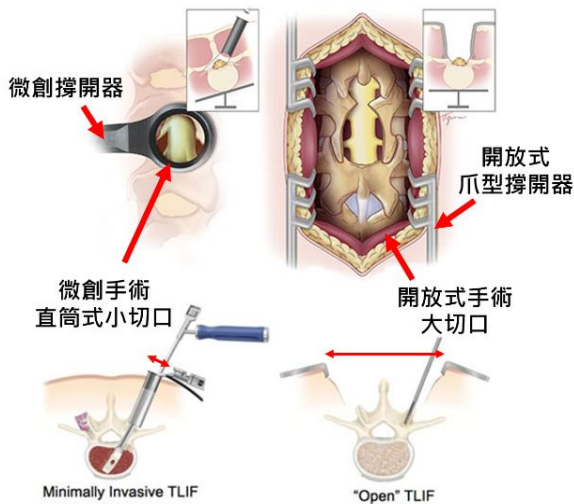


圖7 開放式手術與微創手術切口比較圖[12~13]



圖8 術野可調整之微創手術撐開器[14~16]，其中 (a)為直筒型 TLIF 微創撐開器，(b)為可調整式之二葉直筒型 TLIF 微創撐開器，(c)為 OLIF 微創撐開器，其較粗壯的外型係用於幫助撐開厚實的腰部肌肉

## 2. 研究方法

### 2.1 新設計說明

我們與林口長庚醫院脊椎科醫師合作進行新型微創撐開器的開發，以獲得更多臨床建議和回饋。在這期間，我們實際觀摩了醫院當下所使用的器械，並進一步理解了臨床實務上現存的問題與相應的改進需求，以設計出符合臨床需求之成品。據此，為了解決撐開器的角度調整靈活度低、或撐開器體積較大，可能阻礙醫師視野並影響器具操作等先前技術之問題，本發明提供一種包含獨創之手術用具之螺旋軸關節機構，係具有此等功效：

1. 螺旋軸關節設計可精確且連續地調整任意角度，亦具有止推功能防止傷口處之軟組織推回手術撐開器。
2. 雙線螺紋設計可縮短手術器械撐開時間。
3. 具備該螺旋軸關節機構之脊椎微創手術撐開器水平厚度薄，佔用空間小且不具有複雜的機械結構，方便醫師觀察及操作器具。

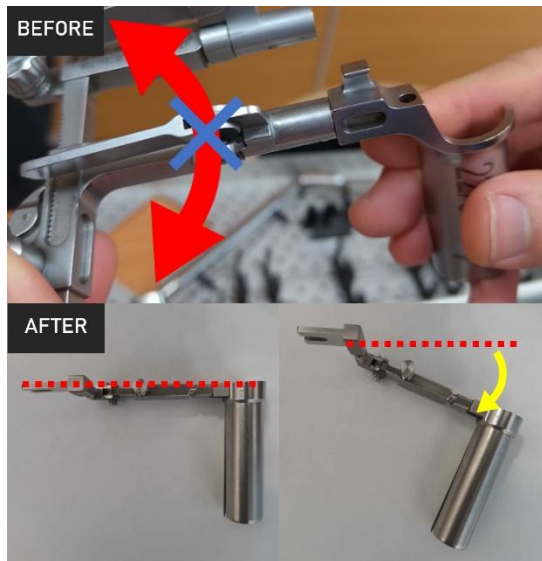


圖9 器械改良前後比較。現有工具尾端無法調整角度，架設時無法微調角度，只能以紗布墊高。我們提供的新設計在尾端增設額外的可動關節，其機械結構簡單且厚度僅8mm。



圖10 器械改良前後比較。現有工具兩臂存在較高之突起特徵，操作時工具和手容易與之碰撞，阻礙操作動線。我們提供的新設計整體厚度縮減至8mm，並且於手術操作範圍內無突起形狀，確保術中各器械操作不受阻。

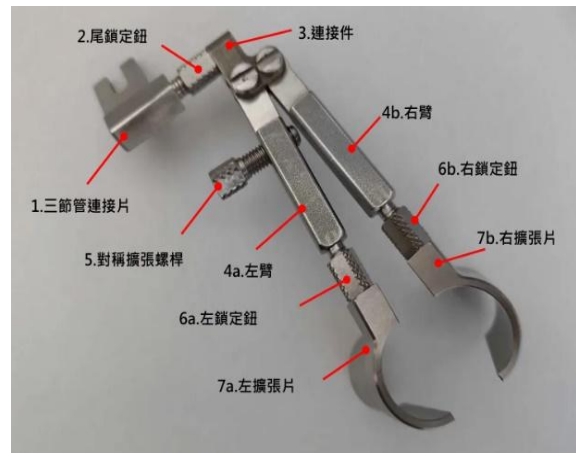


圖11 撐開器各部位及功能布局

- 1.三節管連接片：將撐開器固定於手術台。
- 2.尾鎖定鈕：鎖定撐開器之整體傾斜角度 3.連接件：用於將尾端、兩臂連接之構件。
- 4.左臂及右臂：連接擴張片，撐開並支撐手術切口範圍。
- 5.對稱擴張螺桿：調整並維持兩臂張開角度。
- 6.左右側鎖定鈕：用於鎖定擴張片角度。
- 7.左右擴張片：手術切口所在，用於保持手術入路通道暢通。

## 2.2 螺旋軸關節

本研究提供了一種創新的關節機構，其由一個階級螺桿軸、一個鎖定螺帽和一個可轉動件組成，我們將其命名為螺旋軸關節如圖12-13所示。這一機構可以使位於最前端之可轉動件自由轉動至任意角度，並藉由鎖定螺帽使其固定於該角度。

該機構的另一特徵是它的鎖定是單向的，即當操作者將其鎖定後，可限制該轉動件只被單向轉動，如圖14所示。撐開器的擴張片在被鎖定後，

透過施力可使其繼續向外轉動以擴張切口，但向內施力則無法使其轉動，除非醫師主動將其解鎖。

這一機制能有效符合臨床手術的實務應用，於手術過程中，撐開器會持續地受到肌肉組織之推力，不斷地試圖將擴張片向內推動。而若要與該阻力對抗，不僅器械本身須藉由固定桿(如三節管或蛇形管)鎖固於手術台，器械自身的各個可動件也必須被鎖定妥當，以避免術野在手術過程中意外坍塌並產生不可控的後果。

基於螺旋軸關節機構，本研究得以開發這款用於椎間盤手術的新型的微創手術撐開器。該撐開器擁有相當輕薄之外型尺寸，厚度及單臂寬度皆為8mm，臂長80mm，全長則為111mm。整體而言，尺寸與現有器械相近，但長度、寬度及厚度都有些許減小，且結構精簡、無任何突起或複雜結構。

該器械共應用了三組螺旋軸關節機構，其一位於器械尾端，另外兩組則位於與圓筒型擴張片連接處。尾端之旋軸關節使得本器械擁有現有器械普遍不具備的傾斜度調整功能，使器械更貼平於人體。位於兩臂前端，與擴張片相連之兩側螺旋軸關節則用於使擴張片可以被調整至任意角度，包括非整數角度，本設計甚至允許醫師將擴張片調整至向內之角度，以更靈活地應對不同之臨床使用情境。

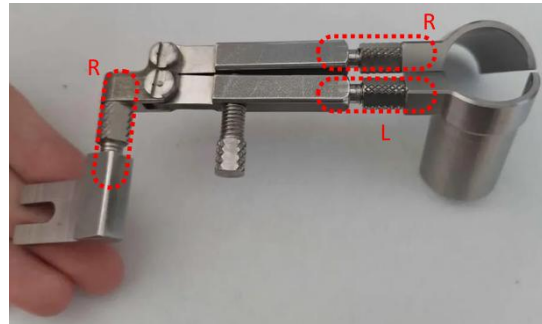


圖12 撐開器之螺旋軸關節佈置

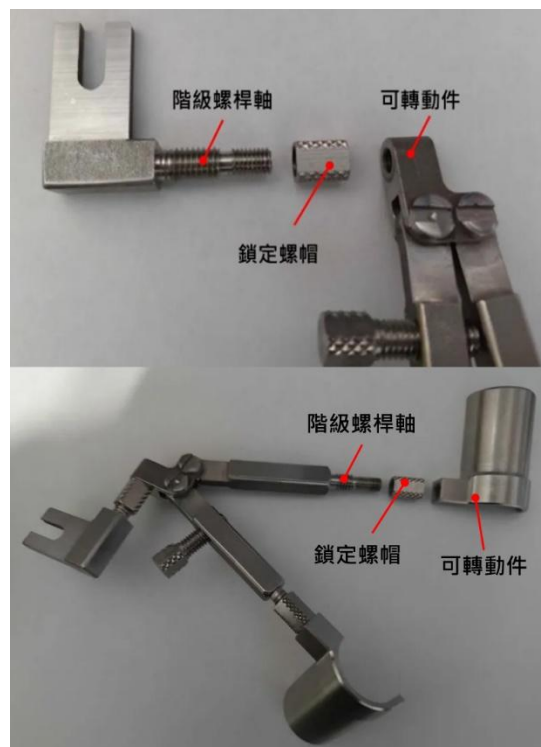


圖13 螺旋軸關節機構分解圖



圖14 螺旋軸關節機構單向鎖定示意圖

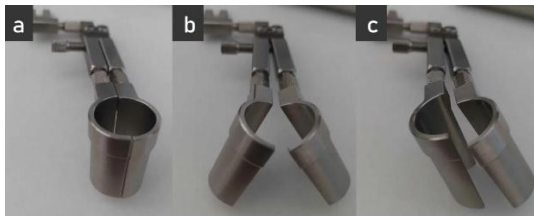


圖15 微創手術撐開器切口調整示意圖，該器械兩葉可自由調整任意角度（相較於現有商用器械多只可選擇30、45、60等整數角度）。其中 (a) 為未調整, (b) 為外張, (c) 為整體通道傾斜

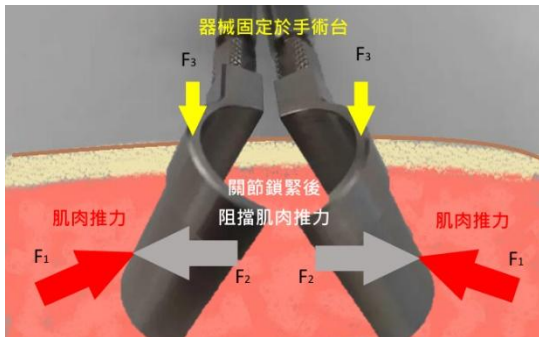


圖16 人體肌肉推力作用於撐開器之示意圖

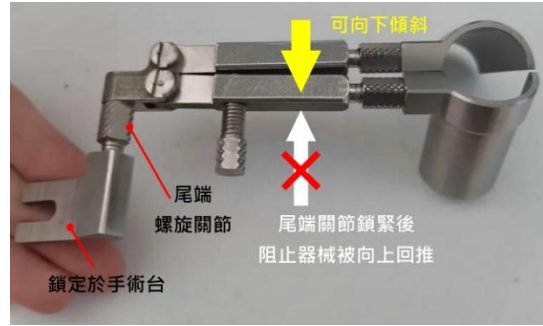


圖17 撐開器尾端關節示意圖

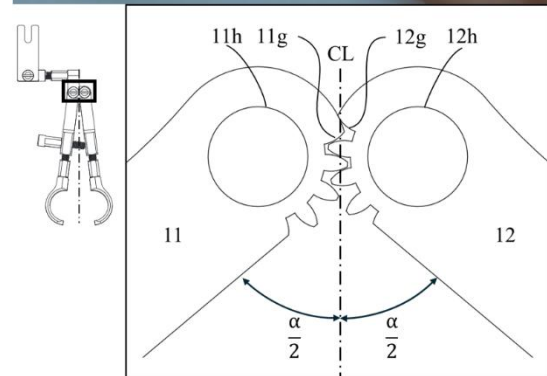


圖18 撐開器尾端設有齒型嚙合以對稱擴張



圖19 各長度之擴張片組，由左至右分別為 40mm，60mm 與80mm，直徑皆為 24mm

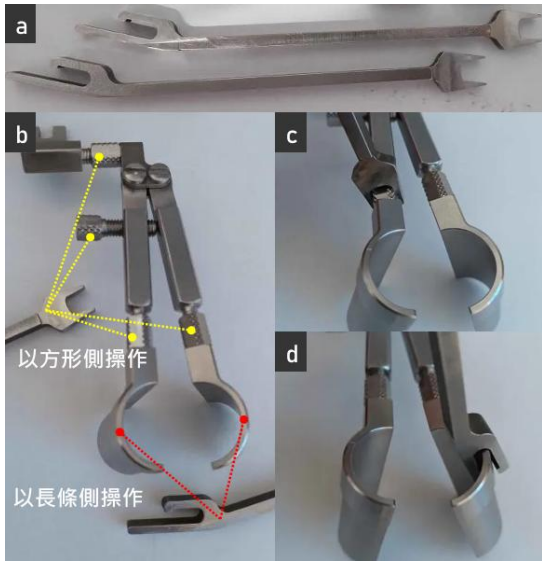


圖20 器械操作示意圖，本器械之所有調整皆透過兩扳手進行。

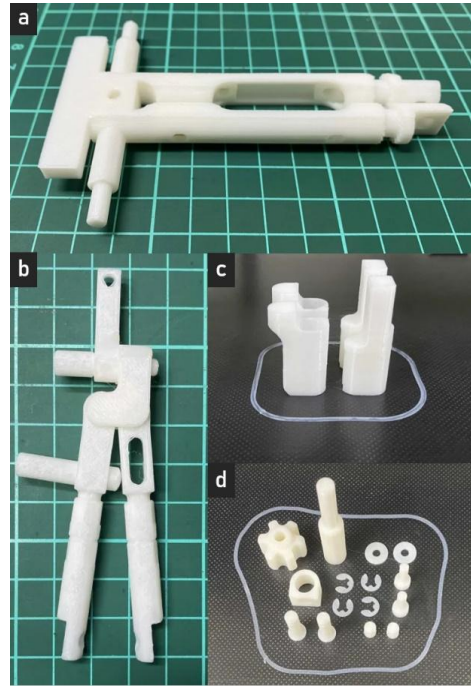


圖22 加工前用於初步評估之3D 列印模型



圖21 器械操作示意圖

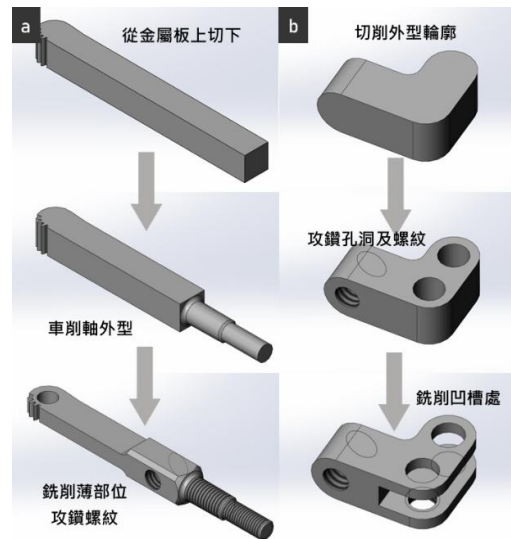


圖23 微創撐開器零件加工流程示意圖

### 2.3 製造方式

在設計初期，本研究大量使用了積層製造以製作測試模型，如圖22所示。設計初步完成後，為降低製造及生產難度，我們針對各零件進行重新設計，使其得以透過線切割、車銑加工及鑽孔四大加工步驟進行製造，以利於本研究後續之實務應用。

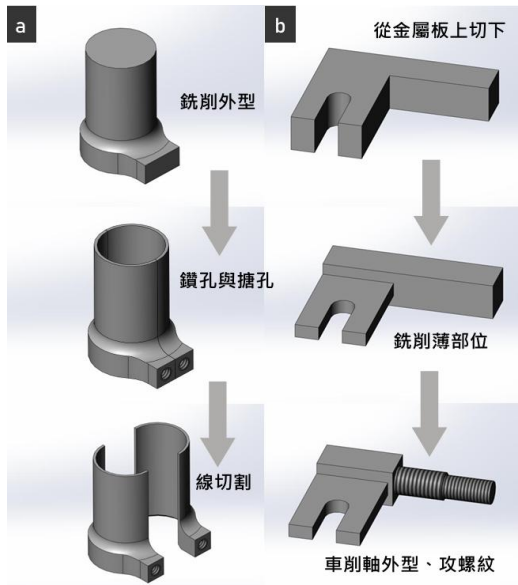


圖24 微創撐開器零件加工流程示意圖

### 3. 實驗結果

為了驗證研發之撐開器實際效果，我們與醫師共同執行進行了手術模擬，以逐一驗證撐開器各項機能，包括進入切口時的順暢程度、切口擴張的極限尺寸及容易程度，以及撐開器兩側圓筒型擴張片的角度調整機能等。

手術模擬實施於豬隻的一段背部，該範圍包含腰椎之骨骼、以及背後之完整肌肉、表皮，而本次模擬所使用之器械工具，如三節管、照明燈、手術刀與欲植入之椎間盤融合器等，則皆為臨床手術流程中會使用的工具。

為有效地收集對原型的可行性意見以及使用意願，我們則邀請醫師根據模擬後的實際感受進一步填寫意見回饋問卷，以更精確地對工具造型、性能、是否符合臨床習慣、以及使用意願等進行驗證。

臨床醫師對於本器械於功能靈活性、外型滿

意度、清潔與維護與臨床使用意願評估均有認可，惟操作流暢度仍有一定改善空間。由於目前本器械之機構均依賴螺紋進行動作，並且需以扳手輔助；於實務操作時，相關之鎖定旋鈕、螺桿等，需要旋轉多圈方能達到。因此，本研究亦針對這一限制提出了相應之改良方案。目前，本器械之全部螺紋特徵目前皆為一般單線螺紋，若將本器械所有螺紋特徵改為雙線螺紋，則能夠在不影響其結構強度之前提下，將調整器械所需之旋轉圈數減半，進一步地減少操作時間。本器械後續嘗試技術落地時，將以此為基礎進一步進行改進。



圖25 手術模擬過程其一，該步驟係將撐開器固定於與手術台連接之三節管上，並設定其平貼受試樣品表面。



圖26 手術模擬過程其二，該步驟透過扳手調整撐開器兩側之擴張片，以將切口尺寸擴大。



圖27 手術模擬過程其三，擴大完成後之切口，根據模擬之元件尺寸，我們將切口寬度調整至40mm



圖28 手術模擬過程其四，切口擴大完成後，手術部位變得清晰，得以進行下一步操作。

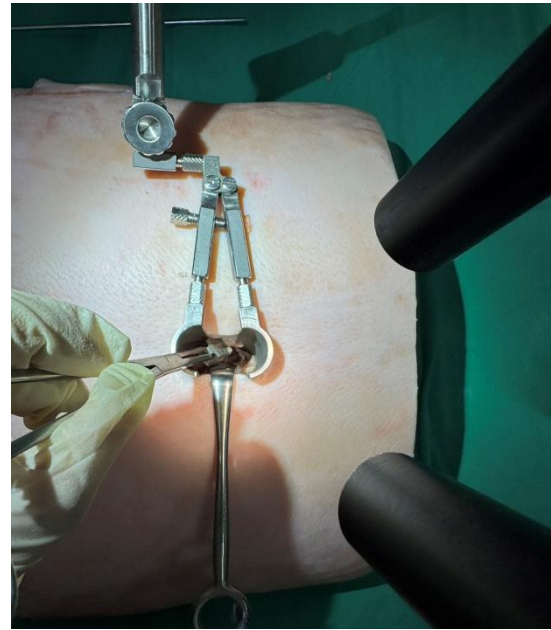


圖29 手術模擬過程其五，將椎間盤融合器元件植入於受損之椎間盤。

<b>1.功能與靈活性</b>	<b>5</b>	<b>3.外型滿意度</b>	<b>5</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 附加意見 整體結構具多段式撐開功能，操作精準，並考慮到鎖定機構避免撐開葉片回縮。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 附加意見 外觀精巧，有不同尺寸撐開葉片可以選擇。</li> </ul>	
<b>2.操作流暢度</b>	<b>4</b>	<b>4.清潔與維護</b>	<b>5</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 附加意見 螺旋推進設計操作直觀，但使用時需扭轉固定角度，多一步驟。</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 附加意見 可拆解模組化設計，結構簡潔便於清洗死角。</li> </ul>	
		<b>5.臨床使用意願</b>	<b>5</b>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>■ 附加意見 操作手感與維護便利性，臨床採用意願高，適用於微創 TLIF/MIS TLIF 手術。</li> </ul>	

圖30 手術模擬後醫師回饋之意見

#### 4. 結論

本研究以新型螺旋軸關節為基礎，開發出一款具有高靈活度與更輕便外型之微創撐開器，使術野能達成高可控度的角度調整，並且以簡潔的外型最大化操作空間，避免對手術操作動線的阻擋。經由與臨床醫生共同進行的手術模擬，本研究確認了該器械在操作靈活度、結構穩定性與操作體感等方面均符合研究目標，且具有良好表現。

此外，手術範圍可調整之微創手術撐開器亦

已被證實可有效提升椎間盤融合術的成功率，如一篇近期的研究[17]指出，使用具可調整切口範圍的脊椎手術撐開器並搭配新式的椎間盤融合器元件，能有效地提升融合手術的成功率。另一篇研究[18]亦設計了一款具可調整功能之脊椎手術撐開器，亦透過臨床實驗證實了可調整功能在不對手術造成負面影響的狀況下，能使手術更加便利並降低醫師的操作與學習難度。此二者皆展示了這一基於新理念之脊椎微創手術撐開器的發展前景與在臨床實務的重要性。而本研究則以可調整為基礎，進一步改善了器械的操作手感與製造難度，並以功效及安全性等效於現有撐開器為前提，又額外提供了更高的操作靈活度。

目前，本研究發明之微創撐開器亦已申請了發明型專利，並主張以下之特點：

1. 螺旋軸關節設計，可精確、靈活且連續地調整任意角度，且具有止推功能防止傷口處之軟組織推回手術撐開器。
2. 撐開器所有螺紋特徵採雙線螺紋設計，可有效縮短手術器械的操作時間。
3. 透過螺旋軸關節機構，大幅減薄撐開器的寬度以及厚度，使操作空間最大化，器械不受阻，並為未來可能搭配之輔助工具預留架設空間。

未來，本研究可進一步拓展至臨床領域，並評估長期使用之可行性；此外，本器械亦預留了額外配件安裝空間，搭配後續開發之輔助工具、元件等，以進一步進行實務技術落地。

## 5. 參考文獻

[1] Urban, Jill PG; Roberts, Sally (11 March 2003).

"Degeneration of the intervertebral disc". *Arthritis Res Ther.* 5 (3): 120-30. doi:10.1186/ar629. ISSN 1478-6354. PMC 165040. PMID 12723977.

[2] Jmarchn. 13 October 2020. Lateral and superior view for the intervertebral disc. Wikimedia Commons. URL

[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:716\\_Intervertebral\\_Disk.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:716_Intervertebral_Disk.svg)

[3] Moore, Keith L. Moore, Anne M.R. Agur; in collaboration with and with content provided by Arthur F. Dalley II; with the expertise of medical illustrator Valerie Oxorn and the developmental assistance of Marion E. *Essential clinical anatomy 3rd.* Baltimore, MD: Lippincott Williams & Wilkins. 2007: 286. ISBN 978-0-7817-6274-8.

[4] Precision Brain, Spine & Pain. (n.d.). Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF)<https://www.precisionhealth.com.au/healthcare-services/advanced-neurosurgery-spinal-surgery/procedures-and-surgery/transforaminal-lumbar-interbody-fusion-tlif/>

[5] Teraguchi M, Yoshimura N, Hashizume H, Muraki S, Yamada H, Minamide A, Oka H, Ishimoto Y, Nagata K, Kagotani R, Takiguchi N, Akune T, Kawaguchi H, Nakamura K, Yoshida M. Prevalence and distribution of intervertebral disc degeneration over the entire spine in a population-based cohort: the Wakayama Spine Study. *Osteoarthritis Cartilage.* 2014

- Jan;22(1):104-10. doi: (Creative Commons). Case study, 10.1016/j.joca.2013.10.019. Epub 2013 Nov 14. Radiopaedia.org (Accessed on 02 Dec 2025) PMID: 24239943. <https://doi.org/10.53347/rID-92100>
- [6] Global Lumbar Disc Herniation Treatment Market – Industry Trends and Forecast to 2029, May 2022, <https://www.databridgemarketresearch.com/reports/global-lumbar-disc-herniation-treatment-market>
- [7] ORTHORACLE. (n.d.). eXtreme Lateral Interbody Fusion (XLIF) – Nuvasive. <https://www.orthoracle.com/library/extreme-lateral-interbody-fusion-nuvasive/>
- [8] NHRCC. (n.d.). MINIMAL INVASIVE SPINE SURGERY. <https://www.nhrcc.in/minimally-invasive-spine-surgery/>
- [9] ALIF Retractor Options for Anterior Lumbar Access Surgery DOI:10.1007/978-3-031-48034-8\_10
- [10] The Evolution of Lateral Lumbar Interbody Fusion: A Journey from Past to Present - Scientific Figure on ResearchGate. Available from: [https://www.researchgate.net/figure/Graphic-illustration-of-the-OLIF-approach-in-comparison-to-various-other-lumbar-interbody\\_fig1\\_378430961](https://www.researchgate.net/figure/Graphic-illustration-of-the-OLIF-approach-in-comparison-to-various-other-lumbar-interbody_fig1_378430961) [accessed 2 Dec 2025]
- [11] Knipe H, Lumbar interbody fusion diagrams
- [12] Weill Cornell Medicine. (Paul Park, MD. July 2024.). Leaders in Minimally Invasive TLIF Spine <https://neurosurgery.weillcornell.org/service/spine-surgery/leaders-minimally-invasive-tlif-spine-surgery>
- [13] Inspiredspine. (n. March 5, 2024.). Overview of Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF)<https://inspiredspine.com/2024/03/overview-of-transforaminal-lumbar-interbody-fusion-tlif/>
- [14] Tedansurgical Innovations. (n. d.). Phantom ML MIS Lumbar Surgical Tube Access Systems <https://tedansurgical.com/transforaminal-lumbar/phantom-ml-mis-lumbar-surgical-tube-access-systems>
- [15] Nexon medical. (n. d.). MIS Posterior Retractor <https://nexonmedical.com/cages/mis-posterior-access-and-retractor/>
- [16] Orthofix. (n. d.). Orthofix Expands Solutions for Minimally Invasive Spine Procedures with the Full Commercial Launch of Two Access Retractor Systems <https://orthofix.com/blog/orthofix-expands-solutions-for-minimally-invasive-spine-procedures-with-the-full-commercial-launch-of->

[two-access-retractor-systems/](#)

- [17] Stienen MN, Bertulli L, Fischer G, Bättig L, Yildiz Y, Feuerstein L, Kissling F, Schöfl T, Stengel FC, Gianoli D, Motov S, Schonfeld E, Veeravagu A, Martens B, Hejrati N. Transforaminal Lumbar Interbody Fusion (TLIF) with Expandable Banana-Shaped Interbody Spacers-Institutional 5-Year Experience. *J Clin Med.* 2025 Jul 31;14(15):5402. doi: 10.3390/jcm14155402. PMID: 40807019; PMCID: PMC12347699.
- [18] HuanAn Liu, JiaQi Li, XianZheng Wang et al. A comparative study of new-type-retractor-assisted wiltse approach TLIF, MIS-TLIF and traditional PLIF in the treatment of single- level lumbar degenerative diseases, 18 November 2021, PREPRINT (Version 1) available at Research Square [<https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-1069628/v1>]