



# 行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

國人膝關節在解剖學上之計測：股骨遠端與脛骨近端之幾何形狀變化

The anatomical anthropometry of knee joint of Chinese population: The allometry of distal femur and proximal tibia

計畫編號：NSC 89-2614-E-002-008

執行期限：89年08月01日至90年10月31日

主持人：劉華昌 臺灣大學醫學暨工學院醫學工程學研究所  
共同主持人：施庭芳 臺灣大學附設醫院影像醫學部  
王兆麟 臺灣大學醫學暨工學院醫學工程學研究所

## 中文摘要

在眾多老人常見的疾病中，膝關節的老化或多或少都影響了每一個老人。當保守治療無法有效的治療膝關節的老化時，最後的方法就是施行人工全膝關節置換術。目前國內每年約有七千例的全膝關節置換術，是骨科常見的手術之一。本計劃的目的在取得國人在股骨遠端、脛骨近端的橫切面幾何形狀及其尺寸大小以作為人工全膝關節之製造的設計基礎。本計劃搜集五十例病人的膝關節電腦斷層掃描影像加以分析，分析的重點在瞭解國人沿著股骨遠端及脛骨近端的軸向變異性。

## Abstract

The total knee replacement is the surgery for the treatment of late stage knee problem such as osteoarthritis or rheumatoid arthritis when the conservative treatments fail. The purpose of this project is to find the allometry, especially the cross sectional information, of distal femur and proximal tibia along the axis of long bone for the better design of artificial knee joint. We proposed to analysis the images from 50 subjects of normal and OA patient using of CT images.

## 研究計劃的背景

隨著高齡化社會的來臨，老人的照顧與看養逐漸形成社會上龐大的支出。在眾多老人常見的疾病中，膝關節的老化或多或少都影響了每一個老人。行動的不便不但造成了生理上的障礙，對老人心理的影響衝擊也很大。當保守治療無法有效的治療膝關節的老化時，最後的方法就是施行人工全膝關節置換術。目前國內每年有約七千

例的全膝關節置換術。本計劃的目的在取得國人在股骨遠端、脛骨近端的橫切面幾何形狀及其尺寸大小以作為人工全膝關節之製造的設計基礎。本計劃搜集五十例病人的膝關節電腦斷層掃描影像加以分析，分析的重點在瞭解國人沿著股骨遠端及脛骨近端的軸向變異性。

膝關節的解剖計測，自1975年起，就有相關的研究。Mensch (1975)研究了30個膝關節死體及53張的X光片，並利用兩種標準化的X光拍攝方法。他將X光片上量測到膝關節大小，與由屍體上量測到的數據作比較，計算出放大效果，以提供手術前的評估。Highgenboten(1987)研究高度、重量、性別及股骨的運動範圍是否和股骨骨髌的大小有關，以便在股骨的捐贈者與受贈者配對時提供快速的參考數據。結果顯示股骨的運動範圍對股骨骨髌大小的量測有負面的影響，而重量及性別可用來預測股骨骨髌的大小及有效地用來選擇受捐贈者。

股骨骨髌的幾何形狀是設計人工全膝關節的平滑運動時非常重要的參數，Rostlund (1989)對此有專注的研究，他歸納了外側股骨骨髌與內側股骨骨髌縱向切面的曲率 (paramedian sagittal curves) 的關係並依其大小分類。Matsuda(1997)更進一步的用核磁共振影像比較正常的與足部內弓的外側與內側股骨骨髌的形狀，並發現股骨骨髌橫剖面的後側切線是作人工全膝關節置換術時重要的參考依據。在有關脛骨與股骨的幾何形狀研究中，Ruff (1983,1984)研究現代人的股骨、脛骨長度與截面的形狀變化與股骨、脛骨的機械性質的關係，他發現截面積與彎矩、扭矩比截面積與軸

向力有更高的相關性。Gutkowski (1992)則利用電腦斷層掃描影像去重建脛骨與股骨的立體圖像並找到俱代表性的重要幾何參數。很可惜的是在這兩篇報告裏，都沒有股骨遠端、脛骨近端的橫切面詳細資料。

至於中國人的膝關節幾何形狀，王壽文(Wang 1992)分析了 105 個膝關節死體及 1100 張的 X 光片，去計算膝關節上 35 個幾何參數及 X 光影像的放大效果，並將這些係數與體重、身高等作迴歸計算。結果顯示：一、體重與膝關節大小有顯著相關外，二、膝關節的諸多幾何參數中都可以用股骨骨髁的寬度計算出來，他並建議以股骨骨髁為獨立變數作為人工膝關節設計的主要幾何參數指標。值得注意的是他並沒有將脛骨與股骨的沿著軸向的寬度與深度的變化考慮進去。國內陽明大學醫工所鄭誠功教授對國人脛骨的切面形狀有詳細的研究(Cheng 1999)，他發現國人膝關節的脛骨截面較西方人為方圓，因此西方人設計的人工全膝關節的幾何形狀並不適合國人使用，依據他們所研究得到的數據，他們開發設計了一系列適合國人使用的人工全膝關節。但是在股骨遠端、脛骨近端沿著軸向的變化，在該研究中並沒有加以討論。

### 研究方法

本研究由台大醫院骨科選取經醫師判定需接受全人工膝關節置換手術之退化性膝關節炎的病患，在手術前接受膝部的電腦斷層掃描，並記錄病人的年齡、身高、體重等資料。刪除病灶太嚴重使得骨頭邊緣難以偵測及資料不全的病人，共有 50 位受試者，其中男性 11 人，女性 39 人，平均年齡介於 47 到 83 歲之間。受試者仰躺於電腦斷層掃描台上(GE HiSpeed CT/I Image Systems)，雙腳並攏保持在自然解剖位置(neutral position)。以關節線(joint line)為基準，以上及以下各取 20~25 mm 範圍的影像，每隔 2 mm 取一張影像。所取得的 DICOM 格式的電腦斷層影像利用共享軟體 AccuLite DICOM viewer (V3.9, AccuImage Diagnostics Corp., USA)轉換成 bmp 的圖檔格式，以便用於個人電腦分析。所有的影像資料都在個人電腦上以 Matlab 套裝軟體(Mathwork, Inc., USA) 做

離線分析。先將 RGB 的圖檔影像轉換成灰階值。利用這些灰階值找出骨頭影像的輪廓。在參數的量測部分設計一個半自動的量測程式，根據所得輪廓上的點資料，分別找出股骨的寬、兩個股骨髁的前後大小、脛骨的寬與深度以及髌骨的寬度與深度。各項參數的定義見(1)。

### 結果

針對量測的結果分別比較在正常膝關節與不正常膝關節中，寬度、深度在性別上的差異，並比較正常膝關節與不正常膝關節在尺寸上的差異。由於臨床上，首次進行全人工膝關節置換術時，截骨的厚度大約為 6, 8, 10 mm，而重做膝關節置換術(revision)時截骨的厚度大約為 12, 14, 16 mm，因此也將比較在此範圍內尺寸沿著軸向變化的情形。另外，亦針對外側股骨髁與內側股骨髁的深度差異做比較。此外，脛骨深度與寬度的比值對於脛骨端植入物的設計有重要的意義，因此，最後會針對脛骨深度與深度的比值進行比較。

股骨髁寬度與深度沿著軸向的變化：股骨骨髁的寬度在正常膝關節與不正常膝關節中皆有顯著的性別差異( $P < 0.05$ )。在距關節線 6~16 mm 的範圍內，正常膝關節與不正常膝關節男性比女性平均分別約大了 7.39% (SD 2.97) 和 8.02% (SD 0.73)。在距關節線 6~16 mm 的範圍內，女性的股骨骨髁寬度沿著軸向有增加的趨勢，越遠離關節線則寬度越大，並有顯著的差異( $P < 0.05$ )。而在男性方面，僅有不正常膝關節的股骨骨髁寬度有顯著的差異 ( $P < 0.05$ )。正常膝關節與不正常膝關節的股骨骨髁寬度有顯著的差異( $P < 0.05$ )，在距關節線 6~16 mm 範圍內，不正常膝關節的股骨骨髁寬度比正常膝關節的股骨骨髁寬度平均大了約 4.23% (SD 2.02)。

外側股骨骨髁的垂直深度在正常的膝關節中，性別上並無顯著的差異，而在不正常的膝關節中，垂直深度在性別上則有顯著的差異( $P < 0.05$ )，在距離關節線 6~16 mm 的範圍中，男性約比女性平均約大了 3.68% (SD 2.09)。在距離關節線 6~16 mm 的範圍中，外側股骨骨髁的垂直深度有沿著軸向變化的趨勢，越遠離關節線則深度

越大。其中，在正常的膝關節中，女性外側股骨骨髌的垂直深度沿著軸向有顯著的差異( $P<0.05$ )，而男性則無。在不正常的膝關節中，女性及男性的外側股骨骨髌的垂直深度沿著軸向皆有顯著的差異( $P<0.05$ )。

內側股骨骨髌垂直深度在正常的膝關節中，並無顯著的性別差異。而在不正常的膝關節則有顯著的性別差異( $P<0.05$ )，在距離關節線 6~16 mm 的範圍中，男性約比女性平均約大了 5.05% (SD 0.92)。在距離關節線 6~16 mm 的範圍中，女性的內側股骨骨髌的垂直深度在正常與不正常的膝關節中沿著軸向皆有顯著的差異 ( $P<0.05$ )，而男性則皆無。而就正常的膝關節與不正常的膝關節比較，在外側股骨骨髌的垂直深度上並無顯著的差異，而內側股骨骨髌的垂直深度則有顯著的差異 ( $P<0.05$ )，在距離關節線 6~16 mm 的範圍內，不正常的膝關節的內側股骨骨髌垂直深度較正常膝關節大了約 3.22%(SD 1.49)。

外側股骨骨髌與內側股骨骨髌的垂直深度，在正常膝關節中有顯著的差異，在距離關節線 6~16 mm 的範圍內，外側股骨骨髌較內側股骨骨髌長，平均約相差 2.94% (SD 1.05)。而在不正常的膝關節中，外側股骨骨髌與內側股骨骨髌的垂直深度並無顯著的差異。

脛骨的寬度在正常膝關節與不正常膝關節中皆有顯著的性別差異( $P<0.05$ )。在 6~16 mm 的範圍中，正常膝關節與不正常膝關節的脛骨寬度男性比女性平均分別約大了 6.12% (SD 0.89)和 7.11% (SD 3.87)。在 6~16 mm 的範圍中，不論是正常或不正常的膝關節，男性、女性脛骨寬度沿著軸向皆無顯著的差異。脛骨的寬度就正常的膝關節與不正常的膝關節比較，在尺寸上有顯著的差異( $P<0.05$ )，在距離關節線 6~16 mm 的範圍中不正常膝關節約比正常膝關節大了 2.29% (SD 1.43)。

脛骨深度在正常的膝關節中並無顯著的性別差異，而在不正常的膝關節中，則有顯著的性別差異，在 6~16 mm 的範圍中，男性的脛骨深度比女性大了約 7.16% (SD 4.46)。在 6~16 mm 的範圍中，僅有男性不正常的膝關節其脛骨深度沿著軸向有顯著的變化( $P<0.05$ )。脛骨深度在正常膝關

節與不正常膝關節中有顯著的差異 ( $P<0.05$ )，距關節線 6~16 mm 的範圍中，不正常膝關節約比正常膝關節大了 3.50% (SD 1.79)。

正常膝關節與不正常膝關節，脛骨深度與寬度的比值(AP/ML ratio) 並無顯著的差異，且沿著軸向亦無顯著的差異。在距關節線 6~16 mm 的範圍中，正常膝關節的 AP/ML 比值約為 67.65% (SD 4.22)，而在不正常膝關節中，AP/ML 比值約為 68.23% (SD 5.54)。

髌骨的寬度及深度是由每個樣本連續的量測結果中取最大值而得，平均而言，髌骨的寬度男性約為 44.22 mm (SD 5.65)，女性約為 41.62 mm (SD 3.65)，而深度男性約為 22.00 mm (SD 2.91)，女性約為 20.99 mm (SD 2.09)。其深度與寬度的比值 (AP/ML ratio) 男性約為 49.88% (SD 3.61)，女性約為 50.53% (SD 3.67)。

#### 討論

股骨骨髌的寬度及深度在設計全人工膝關節植入物時是非常重要的參數，為了設計可符合不同尺寸的膝關節，股骨端植入物必須要確保比正常膝關節小以避免植入物太過突出。以往針對股骨骨髌尺寸的研究結果都顯示西方人的尺寸確實較東方人大，然而在許多研究中並未將性別的差異考慮進去。遠端股骨在手術時截骨的厚度是依據植入物的厚度所決定，由本研究結果顯示，遠端股骨的尺寸有沿著軸向改變的趨勢，因此，截骨的多寡除了對於植入物厚度的選擇上有影響外，對於寬度、深度上的選擇也必須加以考慮。而以屍體為樣本或 X 光上量測時，量測的位置不同也會造成尺寸量測上的差異。此外，遠端股骨沿著軸向改變的趨勢中深度的變化又較寬度的變化為大，此結果與 F.H. Low 等所說的亞洲人的股骨骨髌在寬度的尺寸變化較少，因此，股骨端植入物在深度尺寸上符合，但在寬度方向的尺寸則會太寬了。

Cheng(1999)的研究結果指出，國人的脛骨切面有較大的 AP/ML 比值，也就是說國人的脛骨切面較西方人方正。此外，AP/ML 的比值與手術時切除的部位有關，以全人工膝關節置換術而言，切除的脛骨

丘厚度約為 8 mm，在此 level 有較高的 AP/ML ratio 脛骨。本研究的結果與此結果相吻合。因此，脛骨端植入物基底(baseplate)的 AP/ML ratio 可作為選擇脛骨端植入物尺寸的主要參考指標。

以往在膝關節尺寸量測方面大多是由屍體上取下的膝關節為樣本，然而根據本研究結果發現，正常膝關節與不正常膝關節有尺寸上的差異，因此，在設計人工膝關節時應以不正常的膝關節尺寸作為考量，會比較符合實際的大小。在本研究中，由於男性受試者較少，且大多是雙側膝關節的退化性關節炎，因此正常男性膝關節的樣本數很少，造成數值的變動較大，準確性較低，在寬度及深度的尺寸上也較不具有明顯的變化趨勢。

綜合以上的量測及統計結果，膝關節的尺寸大小確有沿著軸向變化的趨勢。然而本研究的結果，對於髌骨的尺寸大小並無法提出一個有效的預測模式，其原因可能在於髌骨的變異性太大，由於退化性關節炎發生初期大多由髌股後側的關節面開始，因此在髌骨部分的關節面較不規則，造成 CT 影像上較難得到完整的骨頭輪廓，而造成量測上的困難。

## 結論

由本研究的結果可知，遠端股骨及近端脛骨的尺寸大小有沿著軸向變化的趨勢，其中，在距離關節線 6~16 mm 的範圍中，股骨骨髁的寬度沿著軸向有增加的趨勢，越遠離關節線則寬度越大。而股骨骨髁的深度沿著軸向亦有增加的趨勢，越遠離關節線則深度越大。脛骨寬度及深度沿著軸向並無顯著的變化。關於性別上的差異，在各個量測的參數上皆有明顯的差異。其中，股骨骨髁寬度、外側股骨髁深度和內側股骨髁深度在不正常的膝關節中有顯著的性別差異。脛骨的寬度在性別上的差異，在不正常的膝關節中有較顯著且一致性的差異，而脛骨深度則是在不正常的膝關節中，有較大的差異。而比較正常膝關節與不正常膝關節在尺寸上的差異，股骨骨髁的寬度、內側股骨髁、脛骨的寬度、深度在靠近關節線的部位有顯著的差異。

## 限制與未來的展望

由於電腦斷層掃描並無提供矢狀面的影像，因此並無法得到股骨骨髁的曲率及半徑資料，而這兩個參數對於人工膝關節的設計也是極重要的依據。此外，許多重要的參數例如：遠端股骨、近端脛骨的截面積、股骨骨髁的髁間寬度以及髌骨後側的曲率等都沒有量測到。因此，未來可增加更多參數的量測，以提供人工膝關節設計時更多的參考依據。

## 參考文獻

1. 張廖美玲, Master Thesis, National Taiwan University, The allometry of distal femur, proximal tibia and patella of Chinese population and its implication on designing artificial knee prosthesis.
2. Cheng CK, Lung CY, Lee YM, Huang CH: A new approach of designing the tibial baseplate of total knee prosthesis. *Clinical Biomechanics* 14(2), 112-117, 1999.
3. Gutkowski LM, Raftopoulos DD, Williams G, Computer techniques for in vivo determination of geometric properties of human femur and tibia. *Med. & Biol. Eng. & Comput.*, 33:341-347, 1995.
4. Highgenboten CL, Jackson A, Aschliman M, and Meske NB, The estimation of femoral condyle size. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, No.246:225-233, 1989.
5. Matsuda S, Matsuda H, Miyagi T, Sasaki K, Iwamoto Y, and Miura H, Femoral condyle geometry in the normal and varus knee. *Clinical Orthopaedics and Related Research*. No.349: pp.183-188, 1998.
6. Mensch JS, and Amstutz HC, Knee morphology as a guide to knee replacement. *Clinical Orthopaedics and Related Research*, No.112:231-241, 1975.
7. Röstlund T, Carlsson L, Albrektsson B and Albrektsson T, Morphometrical studies of human femoral condyles. *Journal of Biomedical Engineering*. Vol.1:442-448, 1989.
8. Ruff CB and Hayes WC, Cross-sectional geometry of pecos pueblo femora and tibiae—A biomechanical investigation: I. Method and general patterns of variation. *Am. J. of Physical Anthropology*, 60:359-381, 1983.
9. Ruff CB, Allometry between length and cross-sectional dimensions of the femur and tibia in *Homo sapiens sapiens*. *Am. J. of Physical Anthropology*, 65:346-358, 1984.
10. Wang SW, Feng CH and Lu HS, A study of Chinese knee joint geometry for prosthesis design. *Chinese Medical Journal*, 105(3):227-233, 1992.