

# 行政院國家科學委員會專題研究計劃成果報告

## 新臨床爬樓梯症候群之膝關節振動訊號的數學模式

Mathematical modelling of the vibration signals of knee joint in a new stair-climbing syndrome

計劃編號：NSC88-2314-B002-259

執行期限：87年8月1日至88年7月31日

計劃主持人：江清泉 教授

### Abstract

Anterior knee pain is one of the most common problems in orthopedic outpatient service, and the degenerative osteoarthritis and the patellofemoral maltracking or the overuse syndrome (e.g. staircase-climbing, mountain-climbing, squat, etc.) are the two major causes of anterior pain of the knee. Because most of the patients with anterior knee pain live on the 3<sup>rd</sup> to 5<sup>th</sup> floor of the old departments, we define this problem as staircase-climbing syndrome. Degenerative osteoarthritis is usually ended up with the erosion of the cartilage, but patellofemoral maltracking does not always induce the cartilage erosion. Because the clinicians can only decide the most appropriate therapy after they have thoroughly understood the causes, what we need is a diagnostic tool which can separate the staircase-climbing syndrome without cartilage erosion from the degenerative osteoarthritis. The diagnostic tools used for the detection of the knee joint disorders are either invasive in nature or unable to diagnose the cartilage erosion effectively.

The knee joint could produce vibration signals during normal flexion-extension motion, and the vibration arthrometry (VAM) could diagnose the disorders of the knee joint by analyzing these vibration signals. Because VAM is a noninvasive diagnostic tool, it has great potential. From the previous studies we know that VAM can detect the integrity of the patellofemoral cartilage effectively. In this study we will apply VAM to the patients of the degenerative osteoarthritis and staircase-climbing syndrome to establish the

segmentation, and try to find out the characteristic parameters of the vibration signals in these two diseases. We have found that the vibration signal emitted by the knee joint under rapid motion ( $67^\circ/\text{sec}$ ) can be used to separate the normal volunteers from the patients of the degenerative osteoarthritis and staircase-climbing syndrome and the vibration signal under slow motion ( $2^\circ/\text{sec}$ ) can be used to separate the patients of the degenerative osteoarthritis from the normal volunteers and the patients of the staircase-climbing syndrome. Appropriate therapy can be given to the patients with correct diagnosis.

Keywords: degenerative osteoarthritis, staircase-climbing, VAM, PPC

### 摘要

前方膝痛是骨科門診時最常見的問題之一，而退化性膝關節炎與髕-股軌道不正或是過度使用症候群(例如爬樓梯，爬山，蹲姿等)則是造成前方膝痛的兩大原因。由於後者的病患多半是居住在出入必須要爬樓梯的老式公寓的三至五樓，因此我們特別定義這一群病人為爬樓梯症候群。退化性膝關節炎是由於關節軟骨磨損所引起的，而髕-股軌道不正則不一定會造成軟骨磨損，由於臨床醫師必須在了解病因後才能夠決定適合的治療方式，因此我們需要一種能夠將單純是因為髕-股軌道不正而關節軟骨並無磨損的爬樓梯症候群從退化

性膝關節炎中區分出來的診斷工具。目前被用來診斷膝關節病變的工具不是具有侵襲性就是無法有效地診斷出早期的軟骨病變。

膝關節在擺動下會產生振動訊號，vibration arthrometry (VAM) 即是藉由分析此一振動訊號來診斷膝關節的病變。由於 VAM 是一種非侵襲性的檢查工具，因此極具發展潛力。從之前的研究結果得知 VAM 能有效地診斷出關節軟骨的狀況，因此本研究即應用 VAM 在退化性膝關節炎以及爬樓梯症候群的振動訊號上，經由可適區段後建立訊號的數學模型，在與臨床發現對照後找出上述兩種疾病的特徵參數。我們發現膝關節於快速擺動下所產生的振動訊號可以用來區分正常者與退化膝關節炎節炎的患者以及正常者與爬樓梯症候群的患者，而慢速擺動下的振動訊號可以區分正常者與退化性膝關節炎的患者以及退化性關節炎的患者與爬樓梯症候群的患者。將純粹的爬樓梯症候群與退化性膝關節炎加以區分的意義在於臨床醫師可因此而決定適合的治療方法。藉由選用適當的治療方式，不僅解除了病患的痛苦，也可以避免醫療資源的浪費。

## 二、計畫緣由與目的

Vibration arthrometry (VAM) 是藉由分析關節的振動訊號來診斷膝關節的病變，經由已發表的文獻報告我們可以發現 VAM 是一種極具發展潛力的非侵襲性診斷工具。在之前的研究中，我們也曾經利用 VAM 將退化膝關節炎區分為三種 types[1]，而這三種 types 在臨床上分別代表三種不同的髌股骨磨損的狀況，因此它可以有效地診斷出軟骨的磨損。

本研究係將加速規置於髌骨外面中心點的皮膚表面，以量測膝關節在快速  $67^\circ/\text{sec}$  與慢速  $2^\circ/\text{sec}$  擺動下的振動訊號。在快速擺動下的振動訊號我們稱為 Vibration arthrometry signal (VAM 訊號)，至於在慢速擺動下的振動訊號即是所謂的髌股顫振 (Physiological patellofemoral crepitus, PPC)。對於量測到的振動訊號經由可適性區段後建立其數學模型，以尋找能夠用來區分正常與退化性關節炎、正常與爬樓梯症候群以及退化性膝關節炎與爬樓梯症候群的特徵參數。藉由特徵參數以量化各群組之間的差異，提供一客觀的診斷工具。我們所使用的數學模型為 autoregressive model。

## 三、結果與討論

VAM 訊號的分析結果歸納出以下的結論：正常者與退化性膝關節炎可以藉由 VAM 訊號的內部群組距離，以及在 100 Hz 以下與 1000 Hz 以下的主極點功率比來加以區分，正常者與爬樓梯症候群則可以利用 VAM 訊號在 100 Hz 與 1000 Hz 以下的主極點功率比來加以區分，而在這些特徵參數中，又以在 100 Hz 以下的主極點功率比最具有統計上的意義(亦即具有最大的 F 值)。基於以上的結論，我們推測爬樓梯症候群的 VAM 訊號應該具有與退化性膝關節炎類似的性質，顯示不論是骨頭之間作快速磨擦發出的訊號或是髌-股軌道不正的關節在快速擺動下所產生的振動訊號都具有相當程度的高頻成分。而另一方面正常的 VAM 訊號其能量分布則主要是集中在低頻的部分，顯示軟骨之間在快速磨擦下所產生的訊號其本質上是屬於低頻的訊號。

PPC 訊號的分析結果，我們歸納出以下的結論：正常與退化性關節炎以及退化性膝關節炎與爬樓梯症候群都可以利用 PPC 訊號的內部群組距離以及在 100 Hz 以下與 100 Hz - 450 Hz 這兩個頻帶內的主極點功率比來加以區分，但是無法利用 PPC 訊號來區分正常者與爬樓梯症候群。基於以上的結論，我們可發現爬樓梯症候群的 PPC 訊號具有與正常者類似的性質，既然 PPC 訊號可以反映出關節軟骨的情況，因此我們推測，就整體而言，爬樓梯症候患者應該具有與正常人一樣完好的膝關節軟骨。

#### 四、計畫成果自評

在本報告中，我們嘗試將訊號處理的方法應用在膝關節振動訊號上，以找出能夠區分出正常者與退化性膝關節炎、正常者與爬樓梯症候群以及退化性膝關節炎與爬樓梯症候群的特徵參數。我們得到以下的結論：正常者與爬樓梯症候群可利用 VAM 訊號加以區分，退化性膝關節炎以及爬樓梯症候群則必須利用 PPC 訊號來區分。

及爬樓梯症候群患者。圖 1 是一個可以用來區分正常者、退化性膝關節炎患者與爬樓梯症候群患者的流程圖。將純粹的爬樓梯症候群與退化性膝關節炎加以區分的意義在於臨床醫師可因此而決定適合的治療方法。藉由使用適當的治療方法，不但可以解除病人的痛苦，也可避免醫療資源的浪費，對於全民健保具有相當正面的意義。

本研究另一個重要的意義即在於結合臨床醫師以及訊號處理專家從事醫學工程的研究，藉由雙方面分別貢獻自己的專

長以及兩者之間緊密的互動，以達到事半功倍的效果。展望未來，我們期待相關的研究能夠繼續進行，將膝關節振動訊號的分析技術普遍地應用在其餘常見的膝關節病變上，且持續地收集病例以充實現有的資料庫，完成我們建立具有自動診斷能力的專家系統的最終目標。

#### 五、參考文獻

C.C Jiang, Y.J. Liu, K.M. Yip and E. Wu, "Physiological patellofemoral crepitus in the joint disorders" Bulletin Hospital for Joint Disease, 53, 22-26, 1995.

圖 1：

