RRPB89101489 (6 .P)

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

膝變形及膝損傷之立體影像重組與臨床運用(II)

Three Dimentional Image and Clinical Application for Injury and Deformity of the knee

計畫類別：☑個別型計畫　□整合型計畫
計畫編號：NSC 89－2314－B－038－057－M08
執行期間：89 年 08 月 01 日至 90 年 07 月 31 日

計畫主持人：謝銘勳
共同主持人：蔡明達、張文乾

本成果報告包括以下應繳交之附件：
- □赴國外出差或研習心得報告一份
- □赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- □出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- □國際合作研究計畫國外研究報告書一份

執行單位：台北醫學大學醫學系

中 華 民 國 90 年 07 月 31

行政院國家科學委員會專題研究計畫成果報告

膝變形及膝損傷之立體影像重組與臨床運用(II)

Three Dimentional Image and Clinical Application for Injury and Deformity of the Knee

計畫編號：NSC 89-2314 -B-038-057-M08
執行期限：89 年 8 月 1 日至 90 年 7 月 31 日

主　持　人：謝銘勳　台北醫學大學醫學系
共同主持人：蔡明達　中原大學資訊工程學系
共同主持人：張文乾　台北醫學大學牙醫學系

一、中英文摘要

解剖學上，膝之半月軟骨或十字韌帶之立體結構於臨床上具特殊重要性，且運動傷害、意外傷、老年人退化性皆有可能造成上述之損傷，一旦受傷不僅臨床上極疼痛之苦，甚或活動受限、不穩定性等。

受傷之平面X-ray及電腦斷層檢查及磁共振檢查，只能看出平面或斷面影像之損傷；甚或關節鏡也只能看到膝關節腔內之部份結構，且具侵犯性，若能得到三度空間之半月軟骨或十字韌帶，則於治療上，或治療計劃模擬，具實際之臨床莫大助益。

質言之：一、術前診斷出損傷部位之立體三度空間。二、術前之人工韌帶甚或人工半月軟骨(Collegen Template Regeneration of Meniscus)之再生模型板之製作半月軟骨或韌帶或其代替品。三、模擬骨骼肌肉系統之骨骼矯正截骨手術，如脛骨高位切骨術(High tibia corrective osteotomy)或骨切骨術應用於髖部(Coxa Varus or Coxa Valgus)或肘部(Cubitus Varus,或Cubitus Valgus)…等。

本研究是以現有之電腦斷層或磁共振之二度空間影像，直接連線於電腦影像畫面，重組出立體三度空間之立體影像。以求得實際臨床之模擬立體影像及臨床運用。

關鍵詞：三度空間影像、膝之半月軟骨、膝之十字韌帶、手術模擬

Abstract

Three dimentional image and Clinical application for meniscus tear, ligament rupture and deformity of the knee.

For diagnosing soft tissue injury of the knee (meniscus and ligament), MRI and arthroscope are the two most often employed methods. Both of them have a relatively accurate diagnostic rate. Because MRI is a planar image, what we can get is either ruptured or intact structure. Obviously, the answer that an MRI can offer is only "yes" or "no". Execpt for open arthrotomy, we can hardly identify the extent and shape of the tear. Although arthroscopes have some advantages over MRI, but they are invasive techniques.

On account of the above reasons, we tried to use three dimentional computerized clinical images (CT or MRI) to create a stereo architecture of the knee joint. So we can identify the extent and shape of the meniscus or ligament tear, and thus a higher successful rate of surgery can be expected.

With the same theory and procedure, we can assess the pre-operation, post-operation condition and operation simulation, such as “corrective osteotomy” for deformity of the knee (Genrus varus, Genrus valgus), the hip (Coxa varus, Coxa valgus) and the elbow (Cubitas varus, Cubitus valgus)…etc.

Similarly, we hope that this technique can also be applied to the knee prosthesis replacement, to facilitate modeling of the shape and size of the prosthesis, preoperatively.

Keywords: 3-D image, Meniscal tear, Ligament rupture, Osteotomy.

二、緣由與目的

十字韌帶及半月軟骨之傷害，可由意外傷，運動傷害，以及老年人之膝關節退行性變化造成；於全民之醫療保健具莫大相關性，不僅基礎醫學研究上，更於臨床診斷上，須以高科技提昇全民健康，包括傷害事故之防制，運動傷害之減低及傷害後之評估，進而由評估結果，給予病人最安全，最少侵犯性之檢查、預估及術前之計劃治療。

目前國外已有髖關節之影像重組，以作為髖部手術之模擬，如老年人之醫療保健上，因極易退行性關節炎變化或骨質疏鬆後之股骨頸骨折，須作全人工關節置換，可以以平面X-ray及電腦斷層重組髖部全人工關節立體影像之預估大小、形狀。我們希望膝關節也能如此作影像重組。另一方面，也可於全民健保後，提升醫療品質，以免全民健保之醫療浪費，及提昇全民健保之醫療品質。

目前，文獻上仍無膝部十字韌帶及半月軟骨之立體影像重組，即”模擬實體”，不管是正常或損

害後之半月軟骨、十字韌帶及膝關節。期望以現有之 CT 或 MRI 之軟體達到三度空間立體影像重組，以利臨床運用。

電腦斷層影像群的立體影像重建(3D imaging)已普遍應用到醫學臨床的各領域上。電腦斷層影像群的取得，乃是利用如電腦斷層造影(CT)或核磁共振影像(MRI)等。醫療器材連續地在病患的身體斷面上取得平面影像，而構成的每一個平面影像在電腦內實際上為一兩維(如 256X256)的樣點資料，而每一組平面影像群則形成一三維的樣點。此三維樣點稱之為容積(Volume)。每一樣點稱之為容積素(Voxel) 藉由容積可得到任一組織的單獨立體影像(Surface rendering)(文獻 1)成多組織的混合立體影像(Volume rendering)(文獻 2)

容積的立體影像重建的電腦軟體技術已發展多年，不少商用 CT 或 MRI 機器，也都裝上此類軟體。而我們也用二次曲面表現式來局部近似容積素附近的組織重建，發展了一套可得較高品質影像的立體影像重建軟體系統(文獻 3)。目前這類軟體對於小或薄的組織的立體影像重建，仍有相當的困難。其原因為代表組織結構的容積內之三維樣點間的距離不夠小，使得容積無法正確表現小或薄的組織結構，如內耳、或骨頭跟骨頭銜接處等。

所以膝肘等關節的接縫處，在一個體積不大而混合著骨頭，骨小板，韌帶，空氣以及肌肉等不少小而且形狀複雜的組織；很難用現行的立體影像重建技巧來建立其立體影像。所以雖然照了關節的斷層影像群，仍無法在電腦組成正確的立體影像，只得靠臨床醫師藉著肉眼觀察每一張斷層片，以推斷出關節的各組織的立體形狀及其受傷情況。

面對此類問題，日本東京大學資訊科學研究所的國井教授，提出了所謂的 Morse Theory(文獻 4,5)。利用每一張斷層片中欲觀察的組織結構之輪廓線資訊，配合該組織的解剖形狀資訊，以判斷出該組織的立體形狀。目前已能成功地重建出內耳蝸的立體形狀。但是關節處，各組織解剖形狀複雜，厚薄不一，要將 Morse Theory 套用於關節上，以求出各組織正確的立體形狀，仍需加以探討。

a.擴充現有軟體的功能，使其能從電腦斷層或核磁共振等機器中得到病患的　斷層影像群，轉換成三度空間的立體結構（24-25）。使其能在電腦中掌握各組織結構的空間相關位置及形狀。

b.預估各軟組織之立體形狀、大小、以作人工十字韌帶…等之手術預估方式或置入物之量測(包恬人工或自體之植入　物…)。

c.手術方式之預估，如半月軟骨切除之全部或部份切除…等

d.半月軟骨之再生研究(Regeneration of Collagen Prothesis)之半月軟骨 Template 大小之決定(立體影像重建決定)。

本計畫為整合北醫骨科、放射線科及中原大學資訊系所及孫逸仙醫院放射科、北醫牙科之整合計畫，由理論基礎到臨床實證，已累積經驗及深入之研究之繼續。

三、結果與討論

本年度之成果，含發表於EI、SCI等雜誌之論文：

1. Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Syan-Bin Jou Virtual Reality Orthopedi Surgery Simulator, Computers in Biology and Medicine, 31(8); 333-335,·2001 [A6]
2. Ming-Dar Tsai, Syan-Bin Jou, Ming-Shium Hsieh Volume Based Cuttng Force Simulation For Musculoskeletal Surgery, ICS, 12, 132-139, 2000 [A7]
3. Ming-Dar Tsai, Syan-Bin Jou, Ming-Shium Hsieh An Orthopedic Virtual Reality Surgical Simulator, ICAT, 10, 82-89, 2000 [A8]

去年，本研究群研究成果或初期研究包括(延續多年相關計劃)：A. New System of Diagnostic Image Computer-Aid 3D Rending Reconstruction Using CT and MRI.(有關研究 NSC85-2213-E-033-030)。B. 於 1995 Computer Graphics workshop 之 3D Image Based Computer Assisted Maxillofacial Diagnosis, Treatment Planing and Surgical Simulation System. P51-30 (NSC83-0422-E- 033-015)。C.於National Computer Symposium, R.O.C. 1995 發表 (1)Volume Visualization algorithms for Multiple Sets of Volume Data Coexisting in The Same Space. P.761-768, (NSC 85-2213-E-033-030)。(2)Volume manipulation Algorithms for Simulating Sophisticated Surgical Operations.P.786-793。D. 除上述附件三、四(論文發表)及附件二除(Pilot study)外，於中華民國骨科醫學會發表。

由理論研究基礎，而至臨床骨骼肌肉系統之實證研究(包括可行性、實際操作…統計分析等)，故作此專案研究計畫之討論與描述：

a. 資訊處理技術方面：斷層造影中同容積多組影像群之顯像技術開發，多片X光射影的立體顯像技術開發，從X光片及斷層造影資料結構中形狀資訊的粹取技術的開發。

b. 骨科及醫學臨床方面：應用資訊處理技術的醫療方法的規劃。

c. 影像醫學訓練方面：訓練課程之設計、修正、規劃、方法之研究…等。

d. 除本計劃進行之子計劃內之膝、脊椎、下肢…等之骨骼肌肉外，除改善已開發之軟硬體，提昇品質外，並作其他部位之評估。

e. 斷層造影立體顯像及X光片立體顯像之手術模擬技術之開發。依粹取的形狀資訊，在電腦中輔助評估運動力學、手術步驟等技術的開發。並將形狀評估技術納入立體顯像軟體中。

f. 以臨床問題測試並改進所開發之軟體。

g. 詳言之，於臨床上、於骨科或運動醫學之檢查診斷、治療、預後之評估皆能達到預估、參考、評估、及實際及時(Real Time)的應用(如手術當場之決斷方式，如置入何種大小之人工關節等)。並於術後作預後評估之參考等。

h. 於3D顯像重組上，由硬的骨骼結結構到軟的軟組織結構皆能由此新開發技術，而3D立體化、簡化檢查、診療治療及較號好之預後。

i. 國內尚未有軟組織顯像3D之開發及研究，可以深入學術理論外，更有提昇國內臨床水準及莫大的經濟效益，更也應用其他動物...等。

j. 由此研究，結合基礎之物理學、顯像放射學、以致於醫學臨床運用(如骨科學、運動醫學、手術等)。跨院際合作整合(北醫骨科、放射科，中原資訊系所、電算中心，孫逸仙醫院之放射科...等)。

k. 參與人員；不僅臨床人員之水準提昇，更可作基礎研究之放射、影像學、物理、資訊...等，提昇水準，改善CT及MRI之品質與設計...等。

＊附件三：Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Wen-Chien Chang...etc.利用二次近似表面的容積立體顯像演算法及其在醫學臨床上的應用3D Rendering algorithms based on quadratic approximated surface and the clinical applications, p-51, 1994 Computer Graphics Workshop

＊附件四：Ming-Dar Tsai, Xhur-Zhung Lin, Wen-Chien Chang; 3D Rendering algorithms for computing precise normai,Proceedings of AUTOMATION '94, Taipei, Taiwan, R.O.C. Vol. 6 61, July 1994.

四、計畫成果自評,達成目標及重要性

此研究之特點：

a)本計劃以MRI之影像達到骨骼肌肉系統之3D影像重建為主，最主要能解決目前CT形成之立體影像之瓶頸，CT無法解決軟組織之3D影像或更小而細之軟組織立體影像；本計劃以MRI達成上述目標；包括膝部十字韌帶，半月軟骨(第一年計劃)，脊椎之立體影像含Spinal cord、disc space、...等(第二年計劃)；同時，本計劃另一共同主持人中原大學資訊系所蔡明達教授，也已提出本年度工程處之另一子計劃，(Computer aided 3D Rendering from MRI/CT)而二計劃之study也正進行中。進行虛擬手術方法等(第三年計劃)。

b)本計劃重建方法與可能的困難：以MRI多組容積之立體影像重組(傳統之CT立體影像重組，只以一組形成）；即至少可Axial、 Sagittal、coronal section之多組容積形成MRI之3D影像；MRI之磁場不均問題，可以Disarticulation方法解決（CT是用Threshold方法），經MRI而形成之立體3D影像，與原始結構須盡量可能減少誤差。

c)3D MRI 在於把病灶以立體呈現 ，本研究目的在於比較 3D MRI 與關節鏡對病灶的呈現的診斷性。在國內運動傷害以膝關節較多，同樣地 MRI 受檢者也以膝關節為多，而 2D MRI 的難點在於不易辨別不同種類的 vertical and horizontal tears 的 patterns 。3D MRI 有助於增進此 subclassification。此點對於決定 primary meniscal repair versus partial meniscectomy 具影響(註1)。質言之；共同主持人蔡明達開發的 3D 顯像方法乃就現有的電腦軟體方法做學理上的改進。這些新方法在 CT 上可就得很好的效果(如原申請計劃之附件三、四的內容)。而在本計劃中而驗証其在 MRI 上，尤其是軟組織的顯像效果。另外，目前台灣各醫院所用的第三代 MRI 皆能對同一定位的病患取不同角度的斷層影像。此功能對薄而細長(如膝關節的半月板)特別有效，因為我們可在不同角度的斷層片子觀察到其他角度所不能觀察到的部位，以得更完整的資訊。而目前並無此類利用不同角度所取得的斷層組來做立體顯像的方法。而共同主持人及主持人在附件四提出了這種特殊的立體顯像法的夠構想，而且申請了國科會計劃("同容積多組容積素的立体顯像法"，工程處)以執行開發此立體顯像法。無疑地，此軟體方法乃因 MRI 的特殊功能始有意義，需和本計劃的實施做相互驗証。

d)・MRI在關節的使用。0.5VS1.5 tesla診斷率相若(註2)・使用C型surface coil・用axial T1W或gradient echo波序，sagittal dual echo和T1W波序，coronal T1W波序。層厚4-5mm，間隔 6mm，間距1mm，FOV 20-25cm，matrix 192-256x 256。・_@'71scanner轉換成像的目的「如使用於不同MRI廠牌的影像」。另一方面，雖然我們可以直接從CT或MRI的電腦中取得影像資料。但大多數醫院並無此能力。為了推廣本計劃成果於一般醫院中。在此必須檢查經由Scanner轉換所導致的誤差(可和從CT及MRI的電腦中直接取得影像的結果相比較)，在計劃中也探討如何降低此誤差。

e)臨床應用如(1)所述。3D MRI 的目的必須要選擇特殊需求之病人來應用，而非常規使用，假如本研究的結果顯示 3D MRI與關節鏡所見的立體構造診斷性相若，且3D MRI更能關察整個膝關節病灶與周圍解剖結構的關係，術前對特定病例應有顯著的幫助(註3)。應可提升醫療品質，包括：正確診斷，最佳治療(如手術模擬，為本計劃之深入研究計劃之一)，更好之預後，而避免日後的醫療浪費。

f)本研究之主持人，共同主持人謝銘勳，蔡明達(中原大學資訊系所)為數年來共同研究及合作同仁，彼此同心協力；醫學與電腦學互為表裡，電腦、影像理論，醫學臨床應用共同研究。相關於上述研究之成果文獻已發表如下；

[A1] Ming- Dar Tsai, Wen-Chien Chang, Ming -Shium Hsieh, Shaou-Kai Wang; Volume Manipulation Algorithms for Simulating Musculoskeletal Surgery, Pacific Graphics'96.

[A2] Ming-Dar Tsai, Zhur-Zhung Lin, Wen-Chien Chang,; 3D rendering Algorithms for computing Precise Surface Normal; The Third International Conference on automation Technology, July 1994; Vol.6, pp.61-67.

[A3] Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Lii -Churng Yang, Gordon Koh,; Volume

Visualization Algorithms For Multiple Sets of Volume Data Coexisting in The Same Space; Proceedings of National Computer Symposium 1995; pp.761-768.

[A4] Ming-Dar Tsai, Lii-Churng Yang, Ming-Shium Hsieh, Wen-Chien Chang; 3D Rendering Algorithms Based on Quadratic Approximated Surface and The Clinical Applications; 1994 Computer Graphics Workshop; pp.51-54.

[A5] Ming -Dar Tsai, Wen-Chien Chang, Bor-Jyh Lin, Ming-Shium Hsieh; 3D Image Based Computer Assisted Maxillofacial Diagnosis, Trestment Planning and Surgical Simulation System; 1995 Computer Graphics Workshop; pp.88-90.

[A6] Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Syan-Bin Jou; Virtual Reality Orthopedi Surgery Simulator, Computers in Biology and Medicine, 2001,31(8); 333-335.

[A7] Ming-Dar Tsai, Syan-Bin Jou, Ming-Shium Hsieh; Volume Based Cuttng Force Simulation For Musculoskeletal Surgery, ICS, 2000,12, 132-139.

[A8] Ming-Dar Tsai, Syan-Bin Jou, Ming-Shium Hsieh; An Orthopedic Virtual Reality Surgical Simulator, ICAT, 2000,10, 82-89.

[A9] Ming-Dar Tsai, Wen-Chien Chang, An-Chen Deng, Ming-Shium Hsieh; Volume Manipulation Algorithms For Simulating Sophisticated Surgical Operations; Proceedings of National Computer symposium 1995; pp.786-793.

[A10] Ming-Shium Hsieh; Chou-Wen Hsu; Ming -Dar Tsai; Preliminary Study of Computer - Aided 3-D Rendering of MRI/CT.

[A11] Koh, G., Hsieh, M.S., Chang, W.C., Tsai, M.D., Chan, W.P., 1995, A New System of Diagnostic Image; Computer-Aided 3D Rendering Reconstruction using CT and MRI, 中華民國骨科醫學會八十四年大會, PP.152.

[A12] Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh ...etc. 1996, Volume Manipulation Algorithms for Simulating Musculoskeletal Surgery, Pacific Graphics, p.220-234

所以本計劃之統合及實驗研究配合，由電腦學、影像學之理論計劃(另一子計劃，工程處 NSC85-2331-B-038-016-M08)，進而是醫學臨床上之實質、實用研究，以達成科技整合研究及臨床、理論結合、開創之研究及探討。

[A10] 本人與共同主持人蔡明達教授,另提出[A10]計畫申請87年度國科會計畫(由中原大學向工程處提出申請)，與本計畫為基礎理論及臨床應用之實驗(附件[A10])

註1: Chan WP, Martin V, Philipp L, et al: Three -dimensional display in magnetic resonance imaging Chapter 4, In Chan WP(Ed), W. B. Saunders Company 1994.

註2: Stoller DW, Lingquist TR: Three- dimensional rendering and classification of meniscal tears disarticulated from three- dimensional fourier transform images. Radiology 177(p):263, 1990。

註 3: Fischer S, Fox J, Pizzo W, et al: Accuracy of diagnoses from magnetic resonance imaging of the knee. J Bone Joint Surg 73:2. 1991.

五、參考文獻

1.Tiede, et al., 1990, Investigation of Medical 3D-Renlering Algorithm. CG&A, Vol 10, NO. 2, PP.41-53.

2.Ney, D.R., Fishman, E.K.Magid, D., Derbin, R.A., 1990, Volumetric Rendering of Computed Tomography Data: Principles and Techniques, IEEE, CG&A Vol.10, NO.3, pp.24-32.

3.Tsai, Ming-Dar 1994, 3D rendering algorithus for computing precise Surface Normals, 3rd International Conference Automation '94 Taipei.

4.Shinagawa, Y., Kunii, T., 1991, Surface Coding Based on Morse Theory, IEEE, CG&A, Vol.11, No.5, pp66-78.

5.Yoshihisa Shinagawa et al., 1991, Constructing a Reeb Graph Automatically from Cross Sections", CG&A, No.6, pp44-51.

6.Brantigan, O.C.: Clinical Anatomy. McGraw-Hill Book Co., New York, 1963.

7.Burman, M.S.: Arthroscopy of the direct visualization of joints: An experimental cadaver study. J. Bone and Joint Surg., 13: 669-695, 1931.

8.Burman, M.S.: Arthroscopy of the knee joint. J. Bone and Joint Surg., 16: 255-268, 1934.

9.Ota, H.: Anatomical study of the posterior part of the knee. J. Kumamoto Med. Soc., 32: 496-511,1958.

10.Watanabe, M.: Arthroscopy: The present state. Orthop. Clin. North Amer., 10: 505-522, 1979.

11.Whipple, T.: Arthroscopic examination of the knee.J.Bone and Joint Surg., 60-A: 444-453, 1978.

12.Yajima, K., Maeda, Y., & Nagai, H. : Arthroscopic removal of a loose body in the shoulder joint. Arthroscopy, 7: 19-24,1982.

13.Lorensen, W.E. and H.E. Cline. Marching cubes; A high resolution 3D surface reconstruction algorithm, Compur. Graph. 21(4): gid. B.R., Mandelbaum, et al. Multiplanar (MPR) imaging of the hip. Radio Graphics 6:7-54(1986).

15.Magid. D., E.K. Fishman, W.W. Scort. Jr., et al, Femoral head avascular necrosis: CT annchmemx with muitiplanar reconstruction, Radialagy 157; 751-756 (1985).

16.Fishman. E.K. D. Magid. D.D. Roberrson, A.F. Brooker, Jr., P.J. Weiss and S.S. Siegelmiln. Metallic hip implants: CT with multiplanar reconstrocrion. Radiolvgy 160: 675-681 (1986).

17.Magid. D., E.K. Fishmam. A.F. Brooker. Jr., and L.H. Riley. Jr. Volumetric three-dimensional image processing: An introduction to orthopaedic applications, Cimiemp. Orthop. 16(2): 29-34(1988).

18.Fishman. E.K., R.A. Drebin. R.H. Hruban, D.R. Ney. and D. Magid. Three-dimensional reconstruction of the human body. AJR 18(1): 53-59 (1988).

19.Burk D., D. Meurs. W.Kennedy. L.Cooperstein. and D. Herben. Three-dimensional computed tomography of acerabular fractures, Radiology 155: 183-186 (1985).

20.Robertson, D.D., P.S. Walker. J.W. Granhotm. P.C. Nelson, P.J. Weiss. E.K. Fishman, and D. Magid. Design of custom hip stem prostheses using three-dimensional CT modeling, J.Comput. Assist. Tonmgr. 11(5): 804-809 (1987).

21.賴文福、謝銘勳等, 鄂額關節之膠原蛋白板再生，國科會補助之計劃， NSC84-2331-B-038-012- M08，北醫生物醫學材料研究室.

22.謝銘勳、賴文福等, 利用膠原蛋白模版再生關節組織及治療關節病變研究，國科會補助之計劃，NSC84-2331-B-038-014 -M08，北醫醫學系骨科.

23.William O. ...etc. TIbial meniscal dynamics using three-dimensional reconstruction of magnetic resonance images, AJSM, Vol. 19, No. 3, 1991

24.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Wen-Chien Chang...etc. 利用二次近似表面的容積立體顯像演算法及其在醫學臨床上的應用 3D Rendering algorithms based on quadratic approximated surface and the clinical applications, p-51, 1994 Computer Graphics Workshop.

25.Ming-Dar Tsai, Xhur-Zhung Lin, Wen-Chien Chang; 3D Rendering algorithms for computing precise normal, Proceedings of AUTOMATION '94, Taipei, Taiwan, R.O.C. Vol. 6 61, July 1994.

26.Ming-Dar Tsai; Ming-Shium Hsieh…etc.; 1994 3D Rendering Algorithms based on quadratic approximated surface and the Clinical applications, Computer Graphics Workshop. P.51-54. NSC85-2213-E-033-030.

27.Ming-Dar Tsai; Ming-Shium Hsieh…etc.; 1995, Volume Manipulation Algorithms for Simulating Sophisticated Surgical Operations; Proceedings of National Computer Symposium 1995 Republic of China Vol.2; P.786-793.

28.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh…etc.; 1995, Volume Visualization Algorithms for Multiple Sets of Volume Data Coexisting in The Same Space; Proceedings of National Computer Symposium 1995 Republic of China Vol. 2, P.761-768. NSC-85-2213-E-033-030.

29.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh…etc.; Volume Manipulation Algorithms for Simulating Sophisticated Surgical Operations, Journal of Computer Graphics, (in prepare), 1995. NSC85-0422-E-033-019.

30.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh…etc.; Nov. 1995, 3D Image Based Computer Assisted Maxillofacial Diagnosis, Treatment Planning and Surgical Simulation System; Computer Graphics Workshop. P.88-90.

31.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh...etc. 1996, Volume Manipulation Algorithms for Simulating Musculoskeletal Surgery, Pacific Graphics, p.220-234.

32.Ming-Dar Tsai, Ming-Shium Hsieh, Chih-Ming Huang, 1997, A Surface Rendering Method for Multiaxial Cross Sections, Proceedings of National computer Symposium 1997, p.163-168.