

主動脈剝離現象之流場分析

蔡昆晃、溫志湧

E-mail: 9419525@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究以核磁共振影像 (MRI) 技術, 獲得正常人和主動脈剝離病患的血管外型及其三維速度的流場數據。接著將這些數據加以計算後求得各平面的速度合量, 再由血流速度與速度分佈之曲率變化判別出血管壁面的位置, 並觀察血液的流動情形及求得血管壁面剪應力值後進行分析。本研究主為探討在心臟一週期內, 各個時間點下, 主動脈壁面剪應力之分布情形及血液之流場中渦流 (vortex) 的產生對壁面剪應力的影響。接著再計算主動脈中各個位置於一個心臟週期內血液逆流的程度。最後將所分析的案例統計其血流及剪應力分布的趨勢。並希望能藉著核磁共振影像技術, 加上血液流場及壁面剪應力分析, 能夠提早發現病兆且接受治療, 使人類的健康更有保障。

關鍵詞: 磁振造像、主動脈剝離、壁面剪應力、渦流

目錄

目錄	封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	v	英文摘要	vi	誌謝	vii	目錄	viii	圖目錄	x	表目錄	xii	第一章 緒論	1	1.1 研究背景	1	1.2 文獻回顧	3	1.2.1 主動脈剝離	3	1.2.2 磁振造影之應用	7	第二章 研究架構與方法	11	2.1 MRI 影像	11	2.2 搜尋主動脈邊界之流程	13	2.3 B-Spline 曲線	15	2.4 速度與曲率變化	16	2.5 曲率值計算	18	2.6 剪應力計算	18	2.7 震盪剪應力指標計算	19	2.8 曲線平滑化	19	第三章 結果與討論	20	3.1 正常人	20	3.1.1 主動脈血管邊界	20	3.1.2 流場分析	22	3.1.3 剪應力分析	25	3.1.4 OSI 分析	28	3.2 內膜出血患者	37	3.2.1 主動脈血管邊界	37	3.2.2 流場分析	39	3.2.3 剪應力分析	42	3.2.4 OSI 分析	46	3.3 主動脈剝離患者	55	3.3.1 主動脈血管邊界	55	3.3.2 流場分析	57	3.3.3 剪應力分析	60	3.3.4 OSI 分析	65	3.4 WSS 及 OSI 之圖表總整理	78	3.5 使用者圖形介面	81	3.5.1 使用者圖形介面之流程控制	81	3.5.2 介面中圖形物件之簡介	82	第四章 結論	84	圖目錄		圖1 Debakey 等人之主動脈分類	5	圖2 主動脈剝離之Stanford 分類	6	圖3 Subpixel edge detection 方法	9	圖4 人體的三個切面	12	圖5 主動脈剝離病患之x、y、z 三軸速度分量灰階影像	12	圖6 正常人之x、y、z 三軸速度分量灰階影像	13	圖7 判別邊界之流程圖	14	圖8 (a) 於血管內選取適當控制點 (b) B-Spline 曲線	15	圖9 理想狀態之速度分布圖	17	圖10 OSI 計算示意圖	19	圖11 血管外側及內側之邊界	21	圖12 心臟週期 (T) 內之三軸絕對速度分布圖	23	圖13 心臟週期 (T) 內之二維血流流線圖	24	圖14 XY 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	26	圖15 YZ 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	27	圖16 XY 平面外側壁面各部位之剪應力分布	30	圖17 XY 平面內側壁面各部位之剪應力分布	32	圖18 YZ 平面外側壁面各部位剪應力分布	34	圖19 YZ 平面上內側壁面各部之剪應力分布	36	圖20 血管外側及內側之邊界	38	圖21 心臟週期 (T) 內之三維絕對速度分布圖	40	圖22 心臟週期 (T) 內之二維流線圖	41	圖23 X Y 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	44	圖24 YZ 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	45	圖25 XY 平面外側壁面各部位之剪應力分布	48	圖26 XY 平面內側壁面各部位之剪應力分布	50	圖27 YZ 平面外側壁面各部位之剪應力分布	52	圖28 YZ 平面內側壁面各部位之剪應力分析	54	圖29 血管外側及內側之邊界	56	圖30 心臟週期 (T) 內之三維絕對速度分布圖	58	圖31 心臟週期 (T) 內之二維血流流線圖	59	圖32 XY 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	61	圖33 YZ 面外側及內側壁面剪應力對位置的關係圖	62	圖34 心臟週期於0.2T 時, 主動脈流場全貌	63	圖35 上行主動脈之流場放大圖	64	圖36 下行主動脈之流場放大圖	64	圖37 XY 平面外側壁面各部位之剪應力分析	68	圖38 XY 平面內側壁面各部位之剪應力分析	71	圖39 YZ 平面外側壁面各部位之剪應力分析	74	圖40 YZ 平面內側壁面各部位之剪應力分析	77	圖41 各代號之相關位置	79	圖42 GUI 流程概念圖	81	圖43 主動脈流場分析之GUI	82	圖44 繪製剪應力對位置關係圖之GUI	83	表目錄		表1 德巴克主動脈剝離的分類	6	表2 MRI 影像設定參數	11	表3 各代號之簡介	78	表4 WSS 及 OSI 總表	80
----	------	-----	-----	-----	------	---	------	----	----	-----	----	------	-----	---	-----	-----	--------	---	----------	---	----------	---	-------------	---	---------------	---	-------------	----	------------	----	----------------	----	-----------------	----	-------------	----	-----------	----	-----------	----	---------------	----	-----------	----	-----------	----	---------	----	---------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	------------	----	---------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	-------------	----	---------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	----------------------	----	-------------	----	--------------------	----	------------------	----	--------	----	-----	--	---------------------	---	----------------------	---	-------------------------------	---	------------	----	-----------------------------	----	-------------------------	----	-------------	----	------------------------------------	----	---------------	----	---------------	----	----------------	----	--------------------------	----	------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	-----------------------	----	------------------------	----	----------------	----	--------------------------	----	----------------------	----	----------------------------	----	---------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	----------------	----	--------------------------	----	------------------------	----	---------------------------	----	---------------------------	----	--------------------------	----	-----------------	----	-----------------	----	------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	--------------	----	---------------	----	-----------------	----	---------------------	----	-----	--	----------------	---	---------------	----	-----------	----	-----------------	----

參考文獻

- [1] 行政院衛生署網站: <http://www.doh.gov.tw/statistic/index.htm> [2] http://health99.doh.gov.tw/em/cr1_4.htm [3] <http://www.wedar.com/library4/wedar/wedar031006.htm> [4] <http://www.cgmh.com.tw/new1/new8906-302.htm> [5] Joseph S. Alpert, 馮鈞瀚編譯, 簡明心臟學, 合記圖書出版社, 民國九十年。
- [6] Dale JR, Pape LA, Cohn LH,.: Dissection of the aorta pathogenesis, diagnosis, and treatment . Prog Cardiovasc Dix, 23:237-242, 1980 [7] Debakey ME, McCollum CH, Crawford ES,., Dissection and dissecting aneurysms of the aorta: twenty year follow-up of five hundred twenty seven patients treated surgically Surgery, 92: 1118-1134 ,1982 [8] Erbel R, Delert H, Meyer J,.: Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography : implications for progogonosis and therapy . Circulation ,87:1604-1615,1993 [9] 陳宏一

等，心臟血管外科學，合記圖書出版社，民國九十年。

- [10] Keren A, Kim CB, Hu Bs.: Accuracy of biplane and multiplane transesophageal echocardiography in diagnosis of typical acute aortic dissection intramural hematoma. *J Am Coll Cardiol*,28:627-636,1996 [11] Hugo G., Bogren, MD and Michael H. Buonocore, MD,4D Magnetic Resonance Velocity Mapping of Blood Flow Patterns in the Aorta in Young vs. Elderly Normal Subjects. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Vol:10, 861-869,1999 [12] Oyre S., Pedersen E. M., Ringgaard S., Boesiger P. and Paaske W. P., In vivo Wall Shear Stress Measured by Magnetic Resonance Velocity Mapping in the Normal Abdominal Aorta. *Eur J Vasc Endovasc Surg* 13, 263-271,1997 [13] James E. Moore Jr., Chengpei Xu, Seymour Glagov, Christopher K. Zarins, David N. Ku. Fluid wall shear stress measurements in a model of the human abdominal aorta: oscillatory behavior and relationship to atherosclerosis. *Atherosclerosis* 110, 225-240,1994 [14] Serge Vullie ' moz, Nikos Stergiopoulos, and Reto Meuli., Estimation of Local Aortic Elastic Properties With MRI, *Magnetic Resonance in Medicine*, Vol:47, 649-654 ,2002 [15] 廖大煜，利用連續磁振造影及壓力換能器發展一套左心腔室之體積與壓力量測系統，國立臺灣大學醫學工程學研究所碩士論文，民國九十一年。
- [16] Zhao S.Z., Xu X.Y., Hughes A.D., Thom S.A., Stanton A.V., Ariff B.,Long Q., Blood flow and vessel mechanics in a physiologically realistic model of a human carotid arterial bifurcation, *Journal of Biomechanics*, Vol:33, 975-984,2000 [17] 朱偉光，人體主動脈剪力分佈之數值模擬與分析，私立中華大學機械與航太研究所碩士論文，民國九十一年。
- [18] Uwe Kohler, Ian Marshall, Malcolm B. Robertson, Quan Long,X. Yun Xu, and Peter R. Hoskins, MRI Measurement of Wall Shear Stress Vectorsin Bifurcation Models and Comparison With CFD Predictions. *Journal of Magnetic Resonance Imaging*, Vol:14, 563-573,2001 [19] Lanne T., Stale H., Bengtsson H., Gustafsson D., Bergqvist D., Sonesson B., Lecerof H. and Dahl P.. Noninvasive measurement of diameter changes in the distal abdominal aorta in man. *Ultrasound in Med. & Biol.* Vol. 18, no. 5, pp. 451-457,1992 [20] Meier D.,Maier S., and Bosiger P.. Quantitative flow measurement of phantoms and on blood vessels with MR. *Magnetic resonance in medicine* 8, 25-34,1988 [21] Hugo G., Bogren, MD, Richard H. Klipstein, MB, PhD, David N. Firmin, BSc, Mphil, Raad H. Mohiaddin, MB, MSc, S. Richard Underwood, DM, MRCP, R. Simon O Rees, FRCP, FRCR, and Donald B. Longmore, FRCS. London, England, *American Heart Journal*, vol. 117, no. 6, pp.1214-1222,1989 [22] Hugo G. , Bogren, MD, Raad H. Mohiaddin, MB, MSc, Richard H. Klipstein, MB, PhD, David N. Firmin, PhD, Richard S. Underwood, MD, MRCP, Simon R. Rees, MA, FRCP, FRCR, and Donald B. Longmore, FRCS. Sacramento, Calif., and London, England, *American Heart Journal*, vol. 118, no. 2, pp.234-247,1989 [23] 莊家銘，二維圖樣特徵偵測-以磁振左心室影像及其特徵搜尋為案例，私立大葉大學工業工程學系碩士論文，民國九十年。
- [24] 陳文哲，二維影像輪廓自適性分割與三維影像流向重建—以磁振肝門靜脈影像處理為案例，私立大葉大學工業工程學系碩士論文，民國九十一年。
- [25] Oyre, Sten; Ringgaard, Steffen; Kozerke, Sebastian; Paaske, William P.; Erlandsen, Mogens;. Accurate noninvasive quantitation of blood flow, cross-sectional lumen vessel area and wall shear stress by three-dimensional paraboloid modeling of magnetic resonance imaging velocity data. *Journal of the American College of Cardiology*. Vol: 32, Issue: 1, pp. 128-134, 1998 [26] 曾啟育，人體解剖學-圖解與綱要，合記圖書出版社，民國八十九年。
- [27] Murray R. Spiegel , *Vector Analysis* , 滄海書局，民國八十五年。