

人體主動脈體外實驗的流場特性研究

卓泰儀、溫志湧

E-mail: 9512741@mail.dyu.edu.tw

摘要

在本研究中利用核磁共振影像 (3D-MRI) 技術, 獲得正常人的主動脈弓外型, 再利用快速成型 (Rapid Prototyping, RP) 技術製成人體主動脈弓模型。在體外主動脈弓實驗量測所得到的流量、壓力被使用作為計算流體力學 (Computational Fluid Dynamics, CFD) 的邊界條件。接著利用攝影機拍攝主動脈弓模型各區域之流場現象, 與CFD 模擬結果做比對, 達成一致性後。將利用MRI 技術取得體外主動脈弓實驗的血液流量分佈與CFD 作比對, 藉此確認MRI 分析結果的可信度。接著再將MRI 所得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, 並探討主動脈壁面剪應力之分布情形及不穩定的流場現象對壁面剪應力的影響。希望未來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: 核磁共振影像, 計算流體力學, 主動脈弓, 壁面剪應力

目錄

封面內頁 簽名頁 授權書 iii 中文摘要 iv 英文摘要 v 誌謝 vi 目錄 vii 圖目錄 ix 表目錄 x 第一章 諸論 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 磁振造影與計算流體力學之應用 8 第二章 研究架構與方法 2.1 心臟主動脈弓模擬設備 12 2.2 實驗方法與儀器 12 2.2.1 穩態流場 12 2.3 MRI影像 16 2.4 MRI影像的加工處理 18 2.4.1. B-Spline 曲線 18 2.4.2. 速度與曲率變化 19 2.4.3. 曲率值計算 21 2.4.4. 剪應力計算 21 2.5 理論分析 22 2.5.1 計算模型與網格分佈 22 2.5.2 基本假設與統御方程式 22 2.5.3 流體參數與邊界條件 23 2.5.4 數值演算法 23 第三章 結果與討論 3.1 穩態流場 26 3.1.1. 流量與壓力 26 3.1.2. 流場分析 27 3.1.3. WSS分析 29 第四章 結論 32

參考文獻

- [1] 行政院衛生署網站: <http://www.doh.gov.tw/statistic/index.htm> [2] <http://www.brands.com.tw/cms.www/main.aspx?sid=346> [3] DAVID A. STENINMAN1 and CHARLES A. TAYLOR2. Flow Imaging and Computing: Large Artery Hemodynamics Biomedical Engineering Society, pp. 1200-1704, 2005 [4] 陳中和、陳啟昌, 「磁振造影技術」, 中華民國磁性協會磁性技術手冊, 第三十六章, pp. 481-488, 2002 [5] 蔡志文、江志明、李三剛, 「磁振造影之應用」, 中華民國磁性協會磁性技術手冊, 第三十七章, pp. 489-499, 2002 [6] 脊髓損傷醫訊: 核磁共振攝影 (MRI) <http://www.cc.nctu.edu.tw/~hcsai/hospital/ins/mri.htm> [7] http://www.jah.org.tw/chinese/3_resources/1_branch/d/d04/PAPER/aadissection.htm [8] Takao Inamura, Hideki Yanaoka, Junichi Yamazaki and Nobuo Funakoshi, Visualization of blood flow in aortic arch by using PIV method [9] Debaeky 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 [10] Erbel R, Delert H, Meyer J. Effect of medical and surgical therapy on aortic dissection evaluated by transesophageal echocardiography: implications for prognosis and therapy Circulation, 87:1604-1615, 1993 [11] 陳宏一等, 心臟血管外科學, 合計圖書出版社, 民國九十年。
- [12] 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 [13] 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 [14] 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 [15] 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 [16] Serge Vulliamoz, Nikos Stergiopoulos, and Reto Meuli., Estimation of Local Aortic Elastic Properties With MRI, Magnetic Resonance in Medicine, Vol:47, 649-654, 2002 [17] 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。
- [18] 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 [19] 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 [20] 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 [21] 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。

[22] Shahcheraghi, H. A. Dwyer, A. Y. Cheer, A. I. Barakat, T. Rutaganira., Unsteady and three-dimensional simulation of blood flow in the human aortic arch. Journal of Biomechanical Engineering. Vol. 124, 378-387.2002 [23] Van Doormaal, J. P., and Raithby, G. D., “ Enhancements of The SIMPLE Method for Predicting Incompressible Fluid Flows, ” Numerical Heat Transfer, Vol. 7, pp. 147-163.,1984