

計算流體力學於腦科學 相關之應用



周鼎羸

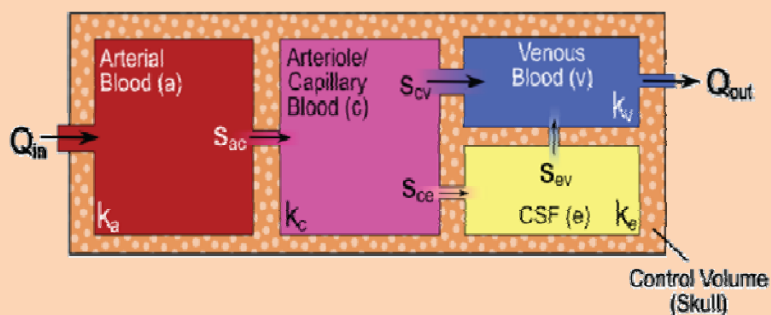
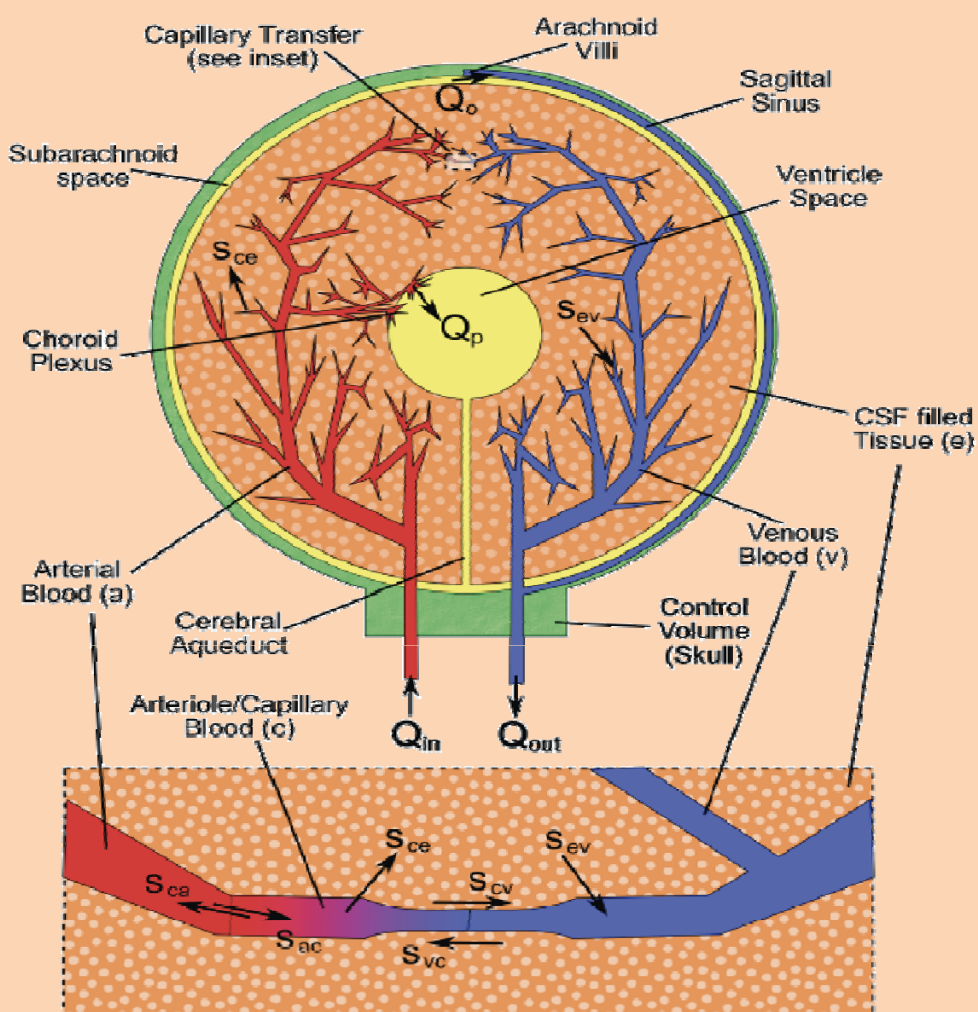
Dean Chou -Ph.D. Candidate

University of Oxford

Department of Engineering Science
Institute of Biomedical Engineering

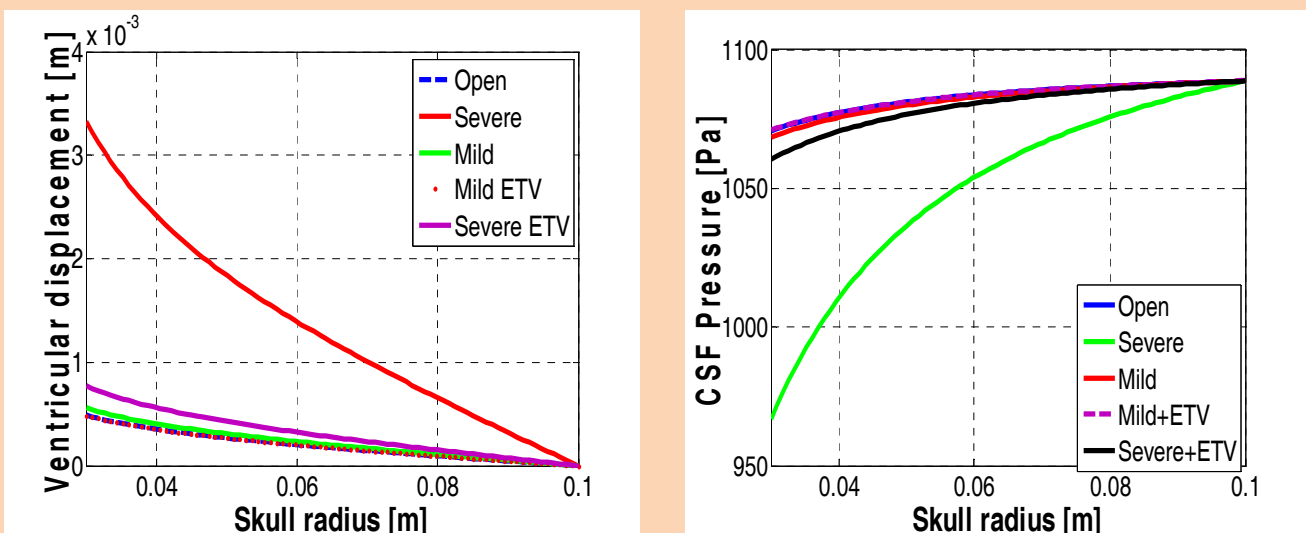
許多大腦方面的疾病與腦內水分調節功能的失調息息相關。現今在台灣社會結構趨於高齡化的過程中，不僅老年相關疾病愈發普及，伴隨現代文明病相關之腦神經科學研究亦趨重要。例如：腦瘤可能造成循環阻塞，影響腦脊髓液 (CSF) 於腦內的吸收性。中風及腦創傷可能導致的水腫 (oedema)，稱為腦水腫 (hydrocephalus) 疾病。在腦室或循環通道產生的畸形，稱為奇阿裡 (Chiari) 疾病。顱內的壓力上升亦可能會造成缺血性痴呆 (ischemic dementia)。在上述各種腦神經方面疾病中，無論是一般或罕見、慢性或急性條件下，對於顱內水分的調節皆扮演舉足輕重之角色。

然而，近年來許多當代先進神經科學研究團隊，皆嘗試對於水通道 (water channels) 或者水蛋白 (aquaporins) 進行深入之研究。水通道於2003年被諾貝爾化學獎 (Nobel Prize in Chemistry) 得主，彼得·阿格雷 (Peter Agre) 與羅德里克·麥金農 (Roderick MacKinnon) 共同發現並確認存在。此後，一系列相關研究多從分子動力學，或生物化學角度出發進行相關之探討。



有鑑於此，由物理的力學角度出發之跨尺度虛擬大腦模型於現行腦神經醫學領域中，可望成為一種新興並擁有無限潛能的研究工具。吾人於此研究中，嘗試採用多重網絡多孔彈性理論 (MPET)，圖一，模型應用於此模型中，用以研究顱內環境中的腦脊髓液伴隨離子調空及類澱粉蛋白(A β)傳輸現象。目前多孔彈性理論已廣泛地被應用於模擬生物軟組織模型上。此理論早在1941年時由必歐 (Biot) 所提出，當時是用以描述多孔彈性介質中流體傳輸以及固體顆粒沈降的過程，其於機械工程與土木工程上，有相當廣泛之應用性，如二相流、大地工程。基於該理論在生物軟組織模型上擁有成熟且廣大之發展性，因此就巨觀而言，可合理地考慮將此理論應用於顱內環境模型中，描述腦脊髓液與各腦室組織及水導管 (aqueduct) 間之調節行為。在顱內環境中，腦脊髓液之主要成份已被廣為熟知，其乃為影響大腦及中樞神經系統(CNS)的因素。然而，就微觀角度而言，神經膠細胞及水蛋白為腦脊髓液中之成分，其可能是用來調控腦脊髓液及顱內環境平衡之重要因子，此因子被推測為可能與尚待確認之神經病理機制有密切關係，例如失智症(Dementia)、常壓性水腦 (NPH)、多發性硬化症 (MS) 及阿茲海默症 (AD)。

若將MPET模型利用水腦患者的MRI資料及其他相關參數加以計算模擬，可得到圖二結果 (模擬病人條件)：

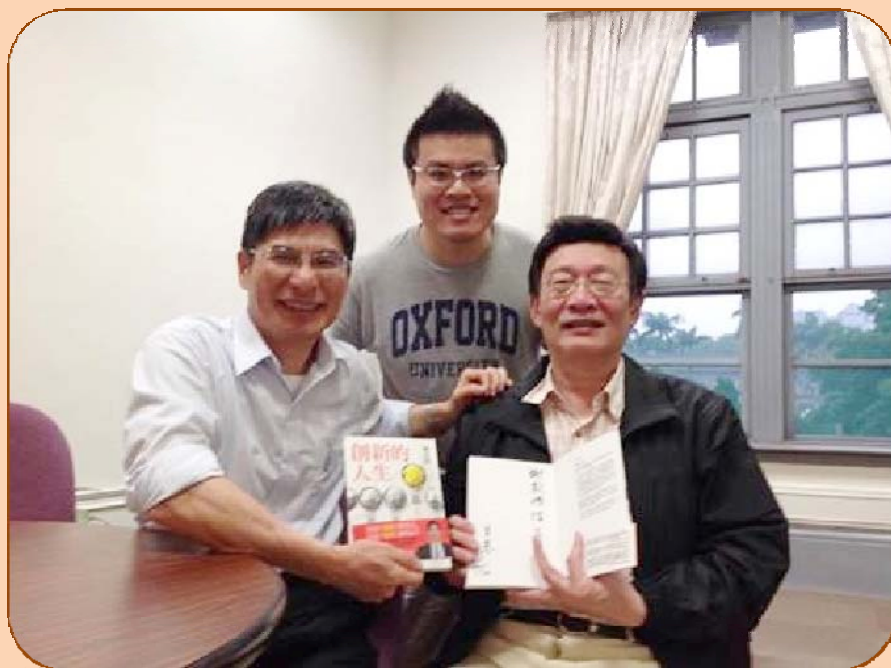


圖二、不同水腦程度於腦室的影響，及術後的腦室恢復情況。

展望計算力學模型應用於腦科學領域研究尚有很多相關題目可以探討並加以應用，例如，對於大型梗塞出血轉移或沒轉移 (**large infarct with/without hemorrhage transformation**) 之患者中，多使用抗凝血 (**anticoagulation**) 概念治療。加上在臨床端，多半僅有一次腦部影像，而少有持續性追蹤影像資料。因此多數病患均在資料訊息很少甚至是未知的狀況下，持續服用抗血小板治療，直到病況變差，才會再去追蹤腦部影像，若藉此電腦模擬技術，得知那些病患或預測何時容易轉移 (**transformation**)，將有助醫師於臨床採取適合的治療策略，並同時降低病患風險，甚至減少醫療資源使用次數。若能朝此一目標邁進，此類型計算軟體工程亦能替台灣生物醫學產業提供另外一個國際商機。



2014.04.21
演講後於元定食用餐



2014.04.30 於陳良基副校長室



2014.04.21 於臺大醫學院202教室