

第五章 結論與未來工作

(一)各項參數(轉彎，靜壓，頻率)對徑向振動傳輸動能的影響

我們對主動脈弓180度的轉彎做討論，利用Latex軟管於週期波輸入端將軟管轉彎(圓弧直徑=8cm)，模擬人體主動脈弓的幾何構造，我們固定週期波頻率輸入Latex軟管，來證明當固定週期波頻時，軟管轉彎的確會使系統徑向傳輸能量的增大；

我們對靜壓做討論，當靜壓從20(cm-H₂O)到120(cm-H₂O)時，我們發現當靜壓越高時，壓力波的振幅會越大，系統徑向傳輸能量也增大，若血液循環是靠血液流體動能傳遞的話，那人體裡有舒張壓，是很不利於血液傳導能量[2]，林玉英教授與王唯工教授的理論觀點來看，以人類來說，平均靜血壓約100mmHg，這對血管壁來講，是一股可將動脈管徑向繃緊的力量，從物理的觀點來看，先使得傳遞橫波的介質能夠有先伸緊的狀態是一個很聰明的設計；所以我們可以印證在動物自然演化過程的設計上：主動脈弓180度的轉彎、升高穩定的血壓[17]，是喜歡擁有較大的徑向動能。林玉英教授與王唯工教授提出脈壓的生理的目的要把動脈壁保持在穩定徑向振動。

而橫向振動的好處有：

1. 大部分的能量是經由管壁的振動及血壓波的能量傳送，軸向流體流動的動能則變很少，這樣可以減少因流體流動時血液黏滯造成的熱

- 量損耗;當血液從左心室打出馬上碰到彎曲 180 度的主動脈弓，則是為了將大部分血液流動的動能轉換成管壁的彈性能，使血液軸向動能變小以減小熱量損耗
2. 軸向流體血液的流量不只是由壓力梯度力所引起，也會受伴隨的面積梯度力影響[18]。因為，在動脈系統中靜態的壓力梯度力是很小的[19]，而動脈管壁上大的徑向振動才是引起面積梯度力的主要原因，同時也是形成壓力梯度力的主因。
 3. 大多數連接主要動脈與器官的分支動脈都與主要動脈垂直，最大的脈壓才能將最大的脈動血流與能量打進分支動脈中[20]。
 4. 在動脈系統中另外，先將動脈腔內的壓力充到一定的壓力時，將更有助於管壁的振動，這從物理的角度來看，傳遞橫波的介質，適當的拉緊時，橫波的傳遞會越好。以人類來說，平均靜血壓約 100mmHg，這對血管壁來講，是一股可將動脈管徑向繃緊的力量。

(二)另外，我們還對天然頻的匹配做討論，我們利用 Latex 軟管管長的不同天然頻也會不同[21]，我們固定週期波頻率輸入 Latex 軟管，來證明當固定週期波頻率與天然頻的匹配，剛好是系統徑向傳輸能量的最大值；我們同時利用系統軟管的材質的不同，天然頻也會不一樣 [方程式(2-11) (2-14) (2-18) (2-27) (2-33) (2-5-5)][21]，我們

就 tygon 管，latex 管來探討頻率匹配對系統徑向傳輸能量的影響，也利用了得出頻率的匹配，對頻率匹配對系統徑向傳輸能量鉅有最大的影響力[23]。林玉英教授與王唯工教授的理論觀點來看，將身體上的動脈系統及分支部份，看成一個彈性系統，在整個彈性系統就會一組共振頻，當輸入的來源頻率與系統天然頻相匹配時，整個系統徑向傳輸能量會增大。[3,4,5,6,9,10]

(三)探討拉長對徑向振動傳輸動能的影響

另外，我們還對拉長對徑向振動傳輸動能的影響做討論，我們利用 Latex 軟管有不同伸長量時，天然頻也會不同[方程式(2-11) (2-14) (2-18) (2-27) (2-33) (2-5-5)]，我們固定週期波頻率輸入 Latex 軟管，發現當固定週期波頻率與天然頻的匹配，不一定剛好是系統徑向傳輸能量的最大值，因為系統徑向傳輸能量[方程式(2-34)]除了考慮壓力波的振幅，還要另外考慮 E_p (pressure-strain elastic modulus)， E_p 也是另一個很重要的參數。

理論與實驗結果可以完整的對照生理的現象，未來主要工作可利用週期波(與心臟輸出的週期性脈衝)，在活體豬血管模擬，並加大靜壓 P_0 (增加至靜壓與人體舒張壓100mmHg的大小)，再考慮複雜系統如分支管、動脈系統與器官和循環系統末梢的環狀動脈的影響等等，

這些都有待繼續深入探索。