

血液動力學與臨床應用 ~Hemodynamics in Clinical Use

I. 血管動力學究竟是什麼?

一、定義

- √血管動力學是研究動態血液的一門學問。
- √用侵入性 (invasive) 和非侵入性 (noninvasive) 的方式來偵測病患的血管動力狀態
- √非侵入性的偵測方式可以查到心臟收縮壓 (systolic blood pressure), 心臟舒張壓 (diastolic blood pressure), 和平均血壓 (mean blood pressure)

二、血液循環系統的基本組織及構造

- √血液之流程: 心臟 (heart)→主動脈 (aorta; 血壓最高)→微血管 (capillaries)→大靜脈 (vena cava; 血壓最低)→心臟→肺動脈 (pulmonary arteries; 血壓高)→肺靜脈 (pulmonary vein; 血壓低)→心臟
- √動脈是具有彈性的血管 (含有膠原蛋白及彈性蛋白), 由內 (intima)、中 (media)、外 (adventitia) 三層結構組成, 外層由富含彈性纖維的結締組織組成, 使血管具有擴張和回彈的特性。中層則是含有平滑肌和彈性纖維, 因此當心臟舒張時, 動脈因為彈性而恢復原狀, 也因為具有彈性 (順應性), 所以當心臟收縮, 動脈充滿血液時, 血管才可以向外撐開而不會裂開。
- √淋巴系統的主要功能:
 - 將組織內多餘的液體送回循環系統
 - 抵禦疾病 (淋巴結處; lymph nodes)
 - 運送所吸收的脂肪及蛋白質

三、影響血液循環的原理與因素

- √肌肉活動度增加、氧氣含量增加、二氧化碳和其他代謝物濃度減小、交感神經興奮、腦垂線後葉激素 (如: ANP、ADH)、NO、溫度下降等, 會使動脈的平滑肌收縮, 管壁變小而阻力增, 血流量減少。反之, 當動脈的平滑肌舒張時, 血管阻力降, 血液流量上升。
- √血管內層則為簡單扁平細胞 (內皮細胞), 提供平滑管壁面, 而能降低血管阻力, 維持血管的結構和功能, 如同鐵氟龍附著於鍋子內面一般, 抑制血管平滑肌的生長、平衡血管舒張收縮、血栓形成、發炎、和氧化。
- √微血管因為只有內皮細胞為物質交換的場所, 氧氣透過擴散作用送進組織中, 二氧化碳則進入微血管中。組織間多餘的液體則從微血管壁相重疊的細胞間隙進入微血管。
- √控制血流的內在因素 (以下各點的例子為相反; antagonists)
 - 交感、副交感神經的活動 (sympathetic/parasympathetic nervous response)
 - 血管的收縮與舒張 (vasoconstriction/vasodilation)
 - 神經與荷爾蒙 (nerve signals & hormones)
 - Epinephrine/Norepinephrine
 - Vasopressin/Angiotensin II
- √張力與滲透壓 (Tonicity & Osmolarity) (※此張力不是表面張力的那個 Tension 喔)
 - 滲透壓: 比較細胞與環境 (血漿; plasma) 所有的溶質
 - 蛋白質 (proteins): 白蛋白 (albumin), 球蛋白 (globulin)
 - 電解質 (electrolyte): 鈉, 鉀, 氯... 等
 - 張力: 只有比較細胞與環境 可滲透 (permeable) 的溶質
 - 滲透壓比較的是溶質, 而張力是比較水勢
 - 高滲 (hyperosmolarity), 等滲 (isosmolarity), 低滲 (hypoosmolarity), 高張 (hypertonic), 等張 (isotonic), 底張 (hypotonic)
 - 例子: Solution A contains 2 mM of mannitol (impermeable) and 5 mM of urea (permeable); solution B contains 2 mM of mannitol (impermeable).
溶液 A 含有 2 mM 的甘露醇 (不可滲透) 和 5 mM 的尿素 (可滲透); 溶液 B 含有 2

mM 的甘露醇 (不可滲透)

→ 溶液 A 跟溶液 B 是高滲 (hyperosmotic) 的, 因為溶液 A 有比較多的溶質

→ 溶液 A 跟溶液 B 是等張 (isotonic) 的, 因為溶液 A 和 B 的不可滲透溶質濃是相等的; 沒有滲透壓和水勢

四、血管動力學之基本原則

√ 血流動力學參數在臨床上的使用:

- i. **血流量 (flow; Q)**, $Q = \frac{P}{R}$, 單位為 $\text{Volume}/\text{time}$
 P = 壓力差, R = 阻力
- ii. **速率 (velocity; v)** 單位為 m/s
- iii. **阻力 (resistance; R)**, $R = \frac{8L\eta}{\pi r^4}$, 單位為 $\text{mmHg} \times \frac{\text{time}}{\text{volume}}$
 L = 血管長度, η = 血液粘度, r = 血管半徑
- iv. **心臟收縮力 (myocardium contractility)**, 單位為 Ejection fraction %
- v. **壓力與壓力梯度 (pressure and pressure gradient)**, 單位為 cmH_2O 或 mmHg
- vi. **前負荷 (preload)**, $\text{Preload} = \frac{\text{LVEDP} \times \text{LVEDR}}{2h}$
LVEDP (left ventricular end diastolic pressure) = 左心室舒張末壓, LVEDR (left ventricular end diastolic radius) = 左心室舒張半徑, h = 左心室的厚度
→ 心臟再推出血液之前的最大血量, 前負荷↑ 血輸出量↑
- vii. **後負荷 (afterload)**
→ 心房心室收縮產生的張力
→ 收縮末期壓
→ 血壓

√ 其他基本的血流動力學參數

- ⇨ **心臟收縮速率 (heart rate)**, 單位為 $\text{beats}/\text{minute}$
- ⇨ **搏出量 (stroke volume; SV)** – 心臟一次推動血液量
- ⇨ **心輸出量 (cardiac output; CO)**, $\text{CO} = \text{stroke volume} \times \text{heart rate}$
- ⇨ **中心靜脈壓 (central venous pressure)** – 右心房壓, 右心室前負荷
- ⇨ **肺動脈壓 (pulmonary artery wedge pressure)** – 左心房壓, 左心房前負荷
- ⇨ **周圍血管阻力 (peripheral vascular resistance; PVR)**
- ⇨ **肺血管阻力 (pulmonary vascular resistance; PuVR)**
- ⇨ **血壓 (blood pressure; BP)**, $\text{BP} = \text{CO} \times \text{PVR}$
 - 心臟收縮壓 (systolic blood pressure) = 波形之峰值 正常值為 90~140 mmHg
 - 心臟舒張壓 (diastolic blood pressure) = 波形之最低點; 正常值為 60~90 mmHg
 - 平均血壓 (mean arterial pressure)

$$\text{mean blood pressure} = \frac{\text{systolic blood pressure} + (2 \times \text{diastolic blood pressure})}{3}$$

$$\text{平均血壓} = \frac{\text{心臟收縮壓} + 2 \times \text{心臟舒張壓}}{3}$$

II. 血管動力學之觀測方式

一、非侵入式偵測

√ 血壓袖套與波的形式

- ⇨ **觸診處 (sights of palpation)**
 - 手腕內側脈搏 (radial pulse)
 - 頸動脈 (carotid pulse)
 - 股動脈搏動 (femoral pulse)
 - 臍脈衝 (popliteal pulse)
 - 腳背脈搏 (pedial pulse)

⇒使用儀器 = 血壓計 (sphygmomanometer)

⇒偵測方式 = 用袖套套在手肘上方, 用電子血壓計或水銀血壓計測量。

二、侵入式血流動力學偵測

√侵入式偵測的目的:

- 提供檢測者心血管功能立即有效的資訊
- 提供早期的評估並立即對潛在的病症做進一步的預防或治療
- 評定檢測者對治療的即刻反應

√侵入式偵測的儀器所需的元件

- 感測器 (transducer): 將壓力變化轉換成電子信號
- 放大器 (amplifier): 將感測器的電子信號放大
- 記錄器 (recorder): 顯示以及紀錄數據

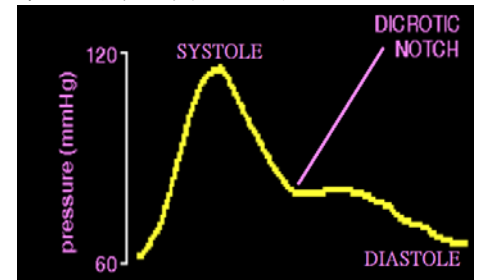
√**Phlebostatic Axis**: 胸口上的參考準現作為未來追蹤血液動力的記號; 為感測器放置點; 大約於心房之位置

√侵入式偵測的方式

- 動脈內導管 (intra-arterial catheter; A-line)
 - ⇒內部導管放置在組織動脈中並連接到血液動力偵測系統
 - ⇒提供組織動脈血壓連續輸出資料
 - ⇒提供動脈血液回流的血管通道
 - ⇒使用 A-line 的患者屬性
 - 接受血管點滴連續性注射的患者 (vasoactive IV infusions)
 - 病患擁有不穩定血壓者 (unstable blood pressure)
 - 需要頻繁血液氣體分析 (arterial blood gas; ABG) 或血液檢測實驗的患者

⇒動脈血壓波形 (右圖)

- 快速的升程 = 收縮 (systole)
- 重搏切跡 (dicrotic notch) = 主動脈瓣關閉 (aortic valve closure); 收縮完成, 舒張開始
- 正定結束 (definite end) = 舒張最低點的波形 (diastole)



- 中心靜脈導管 (central venous pressure catheter; CVP)
 - ⇒內部導管嵌入鎖骨下靜脈、頭靜脈、股骨靜脈、大靜脈進右心房
 - ⇒連接到血液動力偵測系統
 - ⇒顯示右心房與右心室末端舒張壓
 - ⇒使用 CVP 的患者屬性
 - 有潛在或則已變形流體狀態的病患
- 肺動脈導管 (pulmonary artery catheter; PA or Swan Ganz)
 - ⇒具有數個內腔和熱組計導管放置於肺動脈中
 - ⇒肺動脈 (pulmonary artery; PA) 到右心室 (right atrium; RA) 的出口端連接至血液動力偵測系統
 - ⇒偵測肺動脈壓 (pulmonary artery pressure; PAP), 右心房壓 (right atrial pressure; RAP), 右心室壓 (right ventricular pressure; RV), 肺動脈楔壓 (pulmonary artery wedge pressure; PAWP or PCWP) 和心臟輸出及心肺功能