

EECP 最適操作參數對末梢血管機能之探討

林 毓*

蔡玟純**

摘 要

本研究主要目的是探討體外反搏治療（Enhanced External Counter Pulsation, EECP）之設定參數對糖尿病患者末梢血管之影響。實驗設計將操作參數條件設定為時間 70 分鐘、24 次及壓力值 220 mmHg，對應血管硬度（Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity, baPWV）與狹窄（Ankle-Brachial Index, ABI）。結果：在操作參數條件為時間 70 分鐘、24 次及壓力值 220 mmHg 時，對 15 個案進行 24 次體外反搏治療，結果顯示，15 個案之 baPWV 與 ABI 平均數值由 1825 與 1.12，降至 1400 與 1.05 ($P < 0.05$)。結論：以體外反搏治療探討對糖尿病患者末梢血管治療與運用是可行。

關鍵字：糖尿病、實驗設計、體外反搏、血管硬度、血管狹

*康寧大學 護理科 助理教授

**恩主公醫院 護理部 主任（通訊作者）

電子郵件：10682@km.eck.org.tw

收稿日期：2025.11.12

修改日期：2026.04.13

接受日期：2026.05.08

Research on the effect of EECP optimal operating parameters on peripheral vascular function

Yu Lin*

Wen-Chen Tsai **

Abstract

The primary objective of this study was to investigate the effects of EECP(Enhanced External Counter Pulsation, EECP) therapy parameters on peripheral vascular function in patients with diabetes. The experimental design employed a 70-minute, 24-session, and 220mmHg pressure setting, corresponding to vascular stiffness (radial-Ankle Pulse Wave Velocity, baPWV) and stenosis (Ankle-Brachial Index, ABI). Results: Under the 70-minute, 24-session, and 220mmHg pressure setting, 15 patients underwent 24 EECP sessions. The results showed that the mean baPWV and ABI values decreased from 1825 and 1.12 to 1400 and 1.05 ($P < 0.05$). Conclusion: EECP therapy is feasible for the treatment and application of peripheral vascular function in patients with diabetes.

Keywords: Diabetes mellitus, Experimental design, External counter-pulsation, Vascular stiffness, Vascular stenosis

* Assistant Professor, Department of Nursing, University of Kang Ning

** Department of Nursing, En Chu Kong Hospital (correspondence author)

壹、前言

1965 年由 Tufts New England Medical Center(波士頓)之 Dr. Harry Soroff 和 William Birtwell 提出體外反搏的概念，而最早的體外反搏於 1970 年問世，當時的氣囊是尼龍做的，充的是水不是氣。1980 年，Dr. Cheng 等人改良成體外反搏治療裝置。FDA 於 2004 核准 EECP 療法適用於穩定及不穩定型的心絞痛、鬱血性心臟衰竭、急性心肌梗塞與心因性休克之病患。2006 年通過衛生署核准衛署醫器輸字第 014278 號。

體外反搏治療(Enhanced External Counter Pulsation, EECP)之原理，根據美國 FDA 網站上登載的「Decision Memo for External Counter pulsation (ECP) Therapy」文件中，說明：「體外反搏之目的是藉著跟患者心臟週期同部的充氣 / 放氣順序，期望增加冠狀動脈側支循環的發展，以及減少心臟的工作負荷，來增加舒張期的主動脈壓力。」體外加強反搏能有效地減少心絞痛復發的次數，加長運動時間及明顯地提升病患的生活質素。2006 年 Feldman 等人發表針對心衰竭報告指出(PEECH, Prospective Evaluation of Enhanced External Counter pulsation in Congestive Heart Failure)，EECP 治療輔以適當藥物治療可明顯改善運動耐受性至少 6 個月，改善最高攝氧量(peak VO₂)至少 3 個月雖然不明顯，明顯改善 NYHA(New York Heart Association)等級至少 6 個月，明顯改善生活品質至少 3 個月。若病患為缺血性或年齡超過 65 歲者更顯著。2007 年 Manchanda 等人於 JACC(Journal of the American College Cardiology) 發表研究文獻指出，對於 EECP 的實驗證實，EECP 療法可經由超過 1 個以上的機制作用來改善症狀和減少長期發病率；包括改善內皮細胞功能、改善周邊血管、增加心室功能、改進氧氣消耗量、減輕動脈粥狀硬化程度和如同周邊運動的復建作用。過去 20 年，許多臨床試驗顯示，EECP 療法對於難治型的心絞痛以及臨床疾病程度平均 70%-80%的病人來說是安全和有效的，更能維持五年時間。2010 年 Braith 等人發表於 Circulation 期刊研究證實 EECP 可改善冠狀動脈疾病病患內皮細胞功能。

治療方式是病患只需放鬆平躺在特製的醫療床上，下肢、臀部製氣囊套，以心電圖 R 波為觸發信號；在心臟舒張早期，氣囊由遠至近依序加壓，驅動下肢血液向主動脈返流，提高主動脈舒張壓，從而改善心臟、大腦等重要器官的液供應。在心縮期前，氣囊迅速排氣，受壓的肢體血管開放，使主動脈收縮壓下降，從而減少外周循環阻力，減輕心臟負荷。目前建議之 EECP 療程為每次 1 小時，一周 5 次，持續 7 周，共 35 次 (Arora, et. al., 1999)。而治療範圍，主要應用在缺血性疾病，包括：冠心病、心絞痛、心肌缺血、陳舊性心肌梗塞、心肌炎後遺症、腦動脈硬化、腦血不足、椎基底動脈供血不足、缺血性腎臟病。無法開刀、體內有導管等心臟病，或是具有糖尿病等心血管疾病、小血管疾病等患者。EECP 主要功能是增加心及全身各臟器血液的灌注、提升血液供應量，改善缺血的情形；且在壓力的作用下，血液流速增加，降低血液的黏稠度，抑制動脈粥樣硬化動脈粥樣硬化等病變的發生。EECP 在治療初期可能產生肌肉的痠痛，類似運動過後的肌肉痠痛不適，患者在治療用加壓帶包裹的部位，偶爾會出現輕微的皮膚刺激感或者感到肌肉或關節不適，只有極少數很瘦的病人可能因為加壓的關係而造成皮膚擦傷、起水泡及肌肉痠痛。相關治療禁忌如顯著的主動脈瓣關閉不全；全身或局部有出血傾向；瓣膜病、心肌病、先天性心臟病等血流動力學障礙不可能通過反搏療法獲得改善，多次心肌梗塞，彌漫心肌纖維化，特別是伴有 III 級心功能不全者，接受體外反搏療法時靜脈受壓，回心血量增加、心臟前負荷加重時、有可能誘發左心衰竭，

故不宜反搏；下肢有感染、靜脈炎或血栓形成；血壓過高時（收縮壓超過 170mmHg，舒張壓超過 100mmHg）(Loh, et .al., 2008)。

因此，本研究目的主要是利用實驗設計來探討 EECP 對糖尿病患者之末梢血管硬度與血管狹窄之影響，瞭解 EECP 在標準操作參數值設定值，對末梢血管機能的影響與評估。

貳、研究方法

一、實驗設計

本研究係由安搏生股份有限公司所提供 EECP 設備（A/ECP_A1，衛部醫器製字第 007426 號）。並經國防醫學院人試驗委員會 EECP-IRB 編號 C202205103R3 申請許可，進行 15 個案試驗與統計分析。

二、實驗模組

使用時間(X1)、次數(X2)及壓力(X3)等三個條件變數之組合，依據 Box and Behnken (1960) 之三變數三層階的中心可旋轉之反應曲面設計，各因子所採用的條件層次係經由實驗操作而訂定上、下限及中心點，X1 之上限、中心點及下限分別為 60、70、80 分鐘，X2 分別為 12、24 及 36 次，X3 分別為 180、220 及 260 mmHg。反應性狀之指標測定包括 baPWV 及 ABI 如表一所示。

三、統計分析與最適條件之決定

利用 MINITAB17 版本統計軟體來進行反應曲面法分析，找出三變數之二次多項方程式，再由此進行最適化，找出最佳之操作組合之條件。由操作條件變數(X_i) 之轉換值的試驗組合，以及反應性狀 (Y) 所得之結果，求出三變數之二次多項方程式如下：

$$Y = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2 + \beta_3 X_3 + \beta_{12} X_1 X_2 + \beta_{13} X_1 X_3 + \beta_{11} X_1^2 + \beta_{22} X_2^2 + \beta_{33} X_3^2$$

其中 β_i 表示各項之係數，利用 Minitab 17.0 統計軟體（Minitab LLC, State College, PA, USA）Design-Expert System 11.0（Stat-Ease Inc., Minneapolis, MN, USA）軟體所得之多項式進行繪圖，再由此找出最適操作組合之條件。

Table 1. 5 sets of EECP experimental operation condition combinations designed using STATISTICA

NO	Time/min	Second-rate/day	mm/Hg	baPWV	ABI
1	(1) 80	(1) 36	(0) 220	1479	1.08
2	(1) 80	(-1)12	(0) 220	1486	1.12
3	(-1)60	(1) 36	(0) 220	1482	1.12
4	(-1)60	(-1)12	(0) 220	1475	1.13
5	(1) 80	(0) 24	(1) 260	1332	0.97
6	(1) 80	(0) 24	(-1)180	1482	1.05
7	(-1)60	(0) 24	(1) 260	1372	1.372
8	(-1)60	(0) 24	(-1)180	1483	1.09
9	(0) 70	(1) 36	(1) 260	1367	0.98
10	(0) 70	(1) 36	(-1)180	1821	1.03
11	(0) 70	(-1)12	(1) 260	1357	1.01
12	(0) 70	(-1)12	(-1)180	1486	1.07
13	(0) 70	(0) 24	(0) 220	1409	1.05
14	(0) 70	(0) 24	(0) 220	1421	1.09
15	(0) 70	(0) 24	(0) 220	1413	1.10

X₁ : (-1)60、(0)70、(1)80 (min)

X₂ : (-1)12、(0)24、(1)36 (Second-rate)

X₃ : (-1)180、(0)220、(1)260 (mmHg)

baPWV: Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity (肱踝脈搏波速度, 單位: cm/s)

ABI: Ankle-Brachial Index (踝肱血壓指數)。

四、血管機能評估測定

肱踝脈搏波速度 (Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity, baPWV) 為評估動脈硬化程度和血管彈性的非侵入性指標, baPWV 藉由測量從上臂到踝部的脈搏波速度, 來評估動脈血管的彈性狀態。有彈性的血管血流速度平緩, 硬化的血管血液流速加快。baPWV 正常值為 1400cm/s 以下, 其 baPWV 數值愈高, 動脈硬化愈嚴重, 罹患心血管疾病的風險增加 (Lee, et. al., 2014)。因此, baPWV 已被廣泛應用於臨床中作為心血管風險的評估工具, 特別是在高血壓、糖尿病和老年人等高風險人群中 (Tomiyaama, et. al., 2016)。

上下肢血壓比 (Ankle-Brachial Index, $ABI = \frac{\text{Ankle Blood Pressure}}{\text{Arm Blood Pressure}}$), 它是一項有效又簡便的非侵入性周邊血管疾病的檢查工具。正常情形時下肢血壓會高於上肢血壓, 如果下肢的血壓比手臂的血壓低就表示可能有周邊動脈疾病, 此時需要及早給予促進末梢血液循環藥物治療, 以預防併發症的發生。baPWV 及 ABI 檢查不需禁食或其他特殊準備, 使用歐姆龍

(HBP8000)依照步驟於運動介入前後測得踝肱血壓指數。只需要約十五分鐘，檢查當中會同時測量手腳四肢的血壓，健康的人，腳踝的血壓會高於上臂的血壓。若腳部動脈因血脂肪等黏稠物質堆積而使血流狀況變差，腳踝的血壓就會低於上臂的血壓，所以 ABI 的數值就會變低。正常值為 0.90～1.30；輕度-中度阻塞為：0.50～0.90；而嚴重阻塞為 0.00～0.40 (Firnhaber & Powell,2019)。透過同時檢測 baPWV 和 ABI 兩項參數。其中通過 baPWV 則可評估心血管疾病的發生風險，ABI 可判斷有無下肢動脈的阻塞，通過檢測可以把握血管的僵硬度和彈性 (Bramwell & Hill, 1922)。

增強型體外反搏 (Enhanced External Counter Pulsation, EECP)(Sharma, et. al., 2013)EECP 體外反搏治療系統包含三組可充放氣包覆小腿大腿到臀部的壓脈帶，依心臟循環週期同步施以外部壓力,當心臟在舒張（放鬆）時，電腦控制的加壓帶會逐步充氣，由小腿往大腿的順序開始施壓，造成動脈血流從週邊流向了心臟，增加冠狀動脈血流壓脈帶的連續充氣動作會產生提高舒張壓的逆向壓力波，進而升高冠狀動脈的灌流壓力與靜脈回流至右心的血量，壓脈帶的壓力會持續加壓以達最大舒張壓增強。心電圖上的波形偵測於 T 波峰值周圍處提供一個觸發信號打開小腿充氣閥，50 毫秒後，打開大腿充氣閥隨後是臀部 50 毫秒後，增加心臟的能量供應，改善心輸出量，同時減少心臟的工作量，隨著 P 波峰值周圍所有放氣閥門同時打開，使得接受從心臟射出血液的周邊血管空間增加，從而減少心臟收縮工作量，增加心室的射血量當心臟開始收縮（下一個心動週期開始之前），三組壓脈帶同時排氣，使得接受從心臟射出血液的下肢血管空間增加，從而大幅減少心臟工作量壓脈帶充氣 /放氣的活動由系統的微處理器依據心電圖信號不斷進行心律監測和充氣 /放氣的活動協調，隨著每個心動週期同步啟動充氣和放氣如圖一所示。

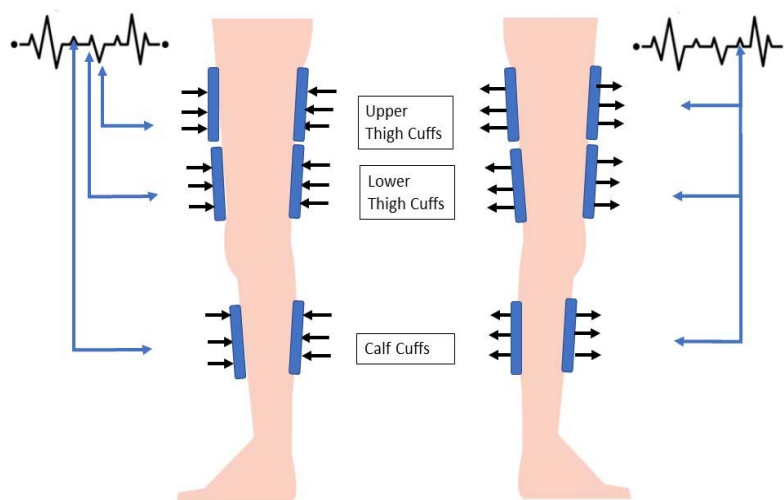


Figure 1. The leg compression cuffs inflate and deflate sequentially at the end of the cardiac systole and diastole

參、結果與討論

一、操作時間、操作次數及壓力值之統計分析與等高線圖

對血管硬度與狹窄而言，影響血管功能變化最大因素為血壓，血壓升高則會對血管壓力風險，而血管壓力降低則會增加血管硬度的風險。因此，在檢測時所設定參數指標包括操作時間、次數及加壓值三種因子可旋轉反應曲面設計製作，並對應血管硬度與血管狹窄二項次反應性狀統計分析與評估。在操作時間、次數及加壓值之混合因子對應血管之影響結果，如表二所示。另經由反應曲面法所得迴歸係數方程式如(2)與(3)及統計迴歸分析值，如表三所示。由表二得知各個反應性狀對迴歸模式可解釋的變異度(R²) 分別為操作時間 70 分鐘、操作次數 24 及操作壓力參數 220 mmHg，其中 baPWV 與 ABI 之 R² 較高，且三者理論契合度 (Lack of fit，模型適配不足 F 檢定，P>0.05 表示模型無顯著不適配) 為 0.096，表示由反應曲面模式所得之可靠性與最適化，並由所得之方程式繪圖。

另由各變數對模式之總合作用變方分析結果如表三，無論是 baPWV 與 ABI，壓力設定參數對應 baPWV 與 ABI 模式具有極顯著影響 (P < 0.05)。因此，本研究選擇操作時間(X₁)與次數(X₂)設定參數作為對模式假設具有影響力的因子，並將操作壓加值(X₃) 中心點層階分別代入迴歸方程式中求得指標三變數二次多項方程式如式 (2)與(3)所示：

$$\text{ABI}(Y)=0.25 - 0.0241X_1 - 0.0055X_2 + 0.01728X_3 + 0.0001X_{11} + 0.000156X_{22} - 0.00005X_3X_3 - 0.00006X_1X_2 + 0.00005X_1X_3 + 0.000005X_2X_3 \quad (2)$$

$$\text{baPWV} (Y)=793 + 22.7X_1 + 16.8X_2 - 1.0X_3 - 0.122X_{11} + 0.544X_{22} + 0.0094X_{33} - 0.029X_1X_2 - 0.0244X_1X_3 - 0.1693X_2X_3 \quad (3)$$

經由 Box Behnken 實驗設計，baPWV 的數值範圍從小於 1300 到大於 1700 顯示出不同的血管的健康狀態，在 baPWV 模組的線性項次中，加壓值的 P 值為 0.011 顯示其對 baPWV 的影響顯著，而時間與次數的 P 值分別為 0.883 與 0.165，顯示這兩項因子對 baPWV 的影響不顯著，但在 2-way 交互作用中，操作次數對應加壓值的 P 值為 0.83，是有接近顯著水平。而 ABI 模組的線性項次中，壓力的 P 值為 0.007 顯示其對 ABI 的影響顯著，而時間與次數的 P 值分別為 0.553 與 0.188，同樣顯示這兩項因子對 ABI 的影響不顯著。整體而言，baPWV 與 ABI 統計分析，只有對操作加壓值具有顯著影響，模組中 R-squared (決定係數) 值 0.92 如能顯示更高，更可進一步的研究相關其他異常值的影響，並探索其他可能因素。

如上列方程式經 Design-Expert System 軟體繪圖，繪出反應曲面圖，圖二及圖三所示。當以操作參數壓力值由 260 降至 220 mmHg 指標時，操作次數達到 24 次時，其反應性狀之等高線圖顯示，baPWV 值可由 1700 趨往 1400 中心點靠近。而 ABI 值可由 1.12 趨往 1.05 中心點靠近。結果顯示，當操作參數達 20 次時，baPWV 與 ABI 陡升路徑會開始往參數中心點靠近；當以操作參數壓力值為 220 mmHg 指標時，操作時間為 70 分鐘，操作次數為 24 次時，其 baPWV 與 ABI 陡升路徑都會趨往參數中心點靠近。

綜合以上結論，當操作參數時間為 70 分鐘，操作次數達 24 次時，操作壓力值為 220 mmHg 時，為本模組之最佳組合參數很接近本研究所選之最適混成中心點。

肆、結論

EECP 經由本研究將各項操作參數進行實驗設計與調整後，未來可進一步探討糖尿病個案接受 EECP 介入後，在改善醣化血色素、末梢神經病變及輔助復能運動需求方面的效益，亦可降低併發症發生並預防肌少症。透過本研究採用之實驗設計方法，將有助於更精準地建構 EECP 標準化操作參數，進而提升其在實證研究及臨床應用上的價值，未來亦值得持續進行相關人體臨床試驗與人工智慧系統的開發。本研究結果可應用於臨床 EECP 操作參數標準化，未來可將此最適參數組合作為糖尿病患者血管功能介入之基準，亦可整合至智慧醫療系統，輔助臨床決策，提升照護品質。本研究限制包括樣本數（ $n=15$ ）較少，可能影響統計檢力；研究對象限於特定醫院之糖尿病患者，推論至其他族群需謹慎。未來建議擴大樣本數、納入多中心收案，並透過隨機分組設計以減少潛在偏差，使研究結果更具代表性與可推論性。

Table 2. Total interaction analysis of operational time, frequency, and pressure value parameters' responsiveness.

sources	df	Adj SS	Adj MS	F-Value	P-Value
Model	9	155178	17242.0 ⁺⁺	3.06	0.116
Linear	3	104056	34685.4 ⁺⁺	6.15	0.039
X1	1	136	136.1	0.02	0.883
X2	1	14878	14878.1	2.64	0.165 ⁺
X3	1	89042	89042.0	15.78	0.011 ⁺⁺
2-Way interaction	3	26836	8945.2	1.59	0.830 ⁺
Lack of fit	3	28139	9379.6	251.24	0.096 ⁺
Pure error	2	75	37.3		
R-Square		0.8462	0.8670		
Total	14	183391			

+,++ 分別表示 LSD 在 5%及 1% 水準差異顯著。

Table 3. Regression analysis of three factors: operational time (X_1), frequency (X_2), and pressure value (X_3) in a central composite experiment.

Term	Effect	Coef	SE Coef	T	P
Constant		1414.3	43.4	32.61	0.000
X1	-8.3	-4.1	26.6	-0.16	0.883
X2	86.3	43.1	26.6	1.62	0.165
X3	-211	-105.5	26.6	-3.97	0.011 ⁺
X1*X1	-24.3	-12.2	39.1	-0.31	0.768
X2*X2	156.7	78.3	39.1	2	0.101
X3*X3	30.2	15.1	39.1	0.39	0.715
X1*X2	-7	-3.5	37.6	-0.09	0.929
X1*X3	-19.5	-9.7	37.6	-0.26	0.806
X2*X3	-162.5	-81.3	37.6	-2.16	0.083

⁺ : Significant ($P < 0.05$)

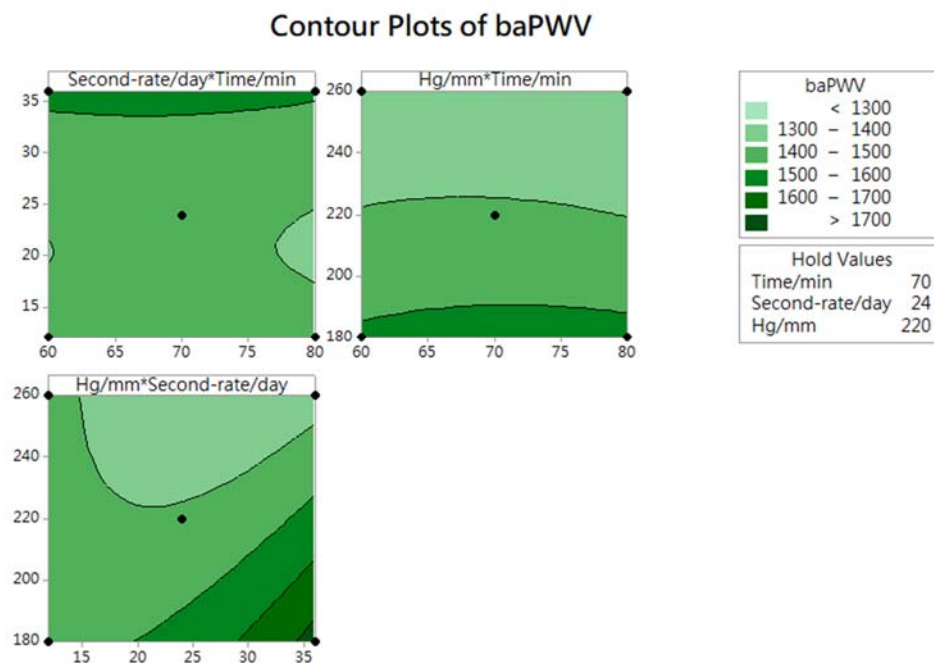


Figure 2. Contour map of the responsiveness of operational time, frequency, and pressure value parameters corresponding to baPWV (Brachial-Ankle Pulse Wave Velocity).

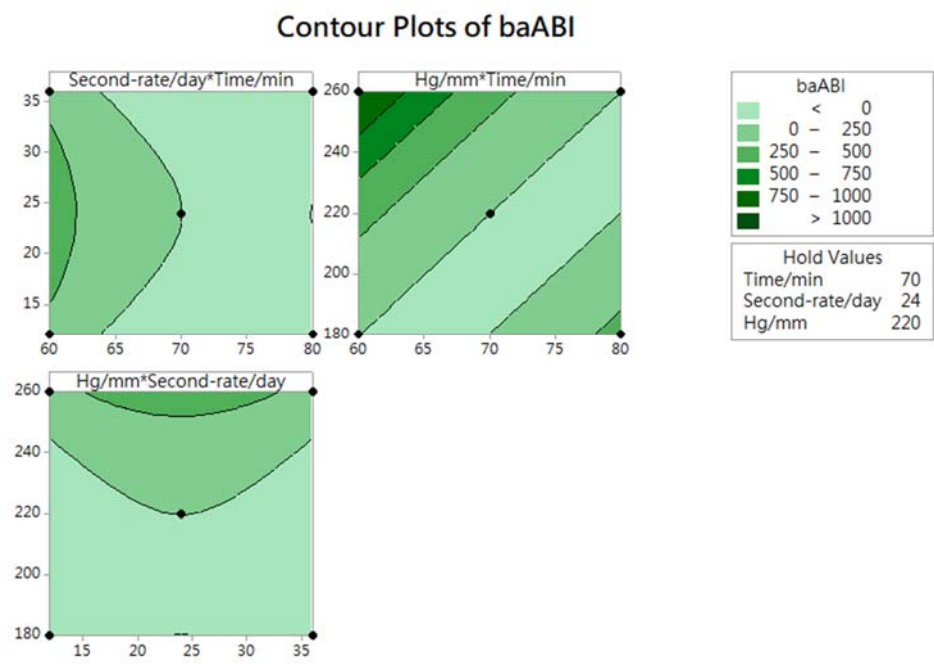


Figure3. Contour map of the responsiveness of operational time, frequency, and pressure value parameters corresponding to ABI(Ankle-Brachial Index).

伍、誌謝

感謝行天宮醫療志業財團法人恩主公醫院與康寧大學護理科產學合作計畫之補助，並感謝安搏生股份有限公司團隊之支持，提供 EECF 設備（A／ECP_A1，衛部醫器製字第 007426 號）。另特別感謝朱基銘教授之協助指導，使本研究得以順利完成並發表。

陸、參考文獻

- Arora, R. R., Chou, T. M., Jain, D., Fleishman, B., Crawford, L., McKiernan, T., & Nesto, R. W. (1999). The multicenter study of enhanced external counterpulsation (MUST-EECP): Effect of EECP on exercise-induced myocardial ischemia and anginal episodes. *Journal of the American College of Cardiology*, 33, 1833-1840. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0735-1097\(99\)00140-0](https://doi.org/10.1016/S0735-1097(99)00140-0)
- Box, G. E. P., & Behnken, D. W. (1960). Some new three level designs for the study of quantitative variables. *Technometrics*, 2, 455-475. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/00401706.1960.10489912>
- Bramwell, J. C., & Hill, A. V. (1922). Velocity transmission of the pulse wave and elasticity of arteries. *The Lancet*, 199(5149), 891-892. Retrieved from [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(00\)95580-6](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(00)95580-6)
- Butrous, H., & Hummel, S. L. (2016). Heart failure in older adults. *Canadian Journal of Cardiology*, 32(9), 1140-1147. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.cjca.2016.05.005>
- Feldman, A. M., Silver, M. A., Francis, G. S., Abbottsmith, C. W., Fleishman, B. L., Soran, O., de Lame, P. A., & Varricchione, T. (2006). Enhanced external counterpulsation improves exercise tolerance in patients with chronic heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 48, 1198-1205. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2005.10.079>
- Firnhaber, J. M., & Powell, C. S. (2019). Lower extremity peripheral artery disease: Diagnosis and treatment. *American Family Physician*, 99(6), 362-369.
- Lee, Y. B., Park, J. H., Kim, E., Kang, C. K., & Park, H. M. (2014). Arterial stiffness and functional outcome in acute ischemic stroke. *Journal of Cerebrovascular and Endovascular Neurosurgery*, 16(1), 11-19. Retrieved from <https://doi.org/10.7461/jcen.2014.16.1.11>
- Loh, P. H., Cleland, J. G. F., Louis, A. A., Kennard, E. D., Cook, J. F., Caplin, J. L., Barsness, G. W., Lawson, W. E., Soran, O. Z., & Michaels, A. D. (2008). Enhanced external counterpulsation in the treatment of chronic refractory angina: A long-term follow-up outcome from the International Enhanced External Counterpulsation Patient Registry. *Clinical Cardiology*, 31(4), 159-164. Retrieved from <https://doi.org/10.1002/clc.20117>
- Manchanda, A., & Soran, O. (2007). Enhanced external counterpulsation and future directions: Step beyond medical management for patients with angina and heart failure. *Journal of the American College of Cardiology*, 50, 1523-1531. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.jacc.2007.07.024>
- Sharma, U., Ramsey, H. K., & Tak, T. (2013). The role of enhanced external counterpulsation therapy in clinical practice. *Clinical Medicine & Research*, 11(4), 226-232. Retrieved from <https://doi.org/10.3121/cmr.2013.1169>
- Tomiyama, H., Matsumoto, C., Shiina, K., & Yamashina, A. (2016). Brachial-ankle PWV: Current status and future directions as a useful marker in the management of cardiovascular disease

and/or cardiovascular risk factors. *Journal of Atherosclerosis and Thrombosis*, 23 (2), 128-146. Retrieved from <https://doi.org/10.5551/jat.31943>