

以體阻抗容積描記法與心電描繪法 計算脈搏傳導時間與血壓相關性

蔡國河
朝陽科技大學
資訊工程系
碩士生

劉省宏
朝陽科技大學
資訊工程系
教授

goodjoynice@gmail.com shliu@cyut.edu.tw

摘要

隨著科技的進步，許多生理監控的儀器逐漸轉換成穿戴式裝置，但目前市面上的血壓儀都是臂帶式的充氣壓力裝置，測量時的壓力讓使用者感到不適，為了減輕使用者的不適，且能用日常生活或運動時使用，本研究將進行體阻抗容積描記法的測量技術，配合心電描繪法，測量脈搏傳導時間，進而評估出血壓值。實驗中有 20 人參與，透過運動讓受測者的血壓產生改變，實驗結果顯示，收縮壓與脈搏傳遞時間的相關度為 $\gamma=0.67$ 。

關鍵詞：心電描繪法、體阻抗容積描記法、光容積描繪法、脈搏傳導時間。

Abstract

With the advancement of science and technology, many instruments of physiological monitoring are gradually converted into wearable devices. However, currently the blood pressure monitor on the market are cuff pneumatic pressure device. Users feel uncomfortable when they are measuring. In order to reduce the user's uncomfoting, and be used on daily life or exercise, in this study, we studied the impedance-plethysmography technique to measure the pulse transmission time (PTT) with an electrocardiography. Then, PTT could be used to evaluate the systolic blood pressure. Twenty subjects participated in this study. They were asked to do the exercise to arise their blood pressure. The results show the relation between PTT and systolic blood pressure was 0.67.

Keywords: Electrocardiography, Impedance-plethysmography, Pulse transmission time.

1. 前言

Poon et al. [1] 提到血壓與脈搏傳導間為負相關關係，當血壓越高脈搏傳導時間越短。他們提出利用光感測器測量血液體積的變化量(光容積描繪法)與心電描繪法計算脈搏傳導時間，進而估算血壓。Ram Dantu et al. [2]則使用手機的麥克風與攝像器，利用第一心音和光體容積描繪法作為脈搏傳導時間。

目前市面上已有許多運動手錶利用光感測器測量心率，以此考慮光感測器長期照射在同一部位上，人體皮膚會有產生皮膚病變的風險增加，進而可能對人體有害，因此，尋找一種可以取代傳統光容積的測量技術，來計算脈波傳遞時間，是值得研究的項目。

在本研究的目的是提出利用體阻抗容積描記法與心電描繪法計算脈搏傳導時間，進而評估出血壓值。人體的肌肉和組織等是恆定阻抗，而血流量隨著心率的變化產生可變阻抗，體阻抗容積描記法是利用歐姆定律原理，我們產生高頻定電流的載波訊號輸入人體，擷取阻抗訊號，藉由解調放大電路取得血流量的變化訊號[3]。由於高頻電流對人體不會有傷害，因此，以體阻抗容積測量法，取代光容積測量法，來評估出血壓值，就成為本研究的目的。我們將對受測者進行心電描繪法、光容積描繪法、體阻抗容積描記法和血壓的實測與相關分析，實證我們提出的脈搏傳導時間與 Poon et al. (2005) [1]的脈搏傳導時間和血壓的相關性。

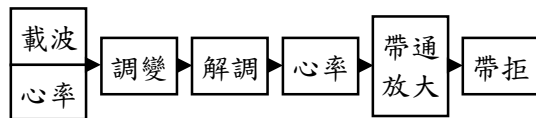
2. 研究方法

2.1 體阻抗容積描記法

2.1.1 類比電路設計

類比電路設計如圖一。利用韋恩震盪電路與定電流電路產生 90KHz，為載波用途。將載波輸入人體後，則會產出載波與心率的調變訊號。經由解調電路則可獲得心率的訊號，解調

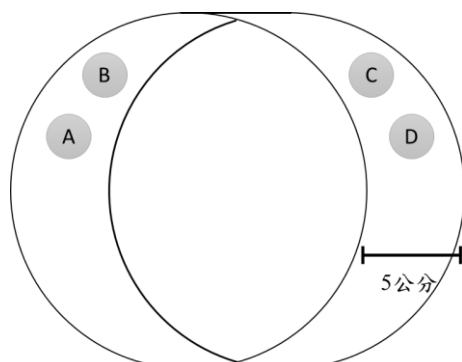
電路由乘法器與低通濾波器所組合。再經由 0.3Hz~40Hz 的帶通濾波器與 5,000 倍的放大器，將訊號放大。最後利用 60Hz 的帶拒濾波器將電源雜訊濾除。



圖一 類比電路設計

2.1.2 手環感測器設計

O. A. Garcia et al. [3] 提到四點式電極訊號擷取比兩點式電極良好，因此我們採用四點式電極。由測試所得最佳極點位置如圖二，A 電極為載波輸入極；C 電極為接地極；B、D 電極為調變輸出極。 $\overline{AB}$ 相距 2.5 公分； $\overline{BC}$ 相距 8 公分； $\overline{CD}$ 相距 2.5 公分。

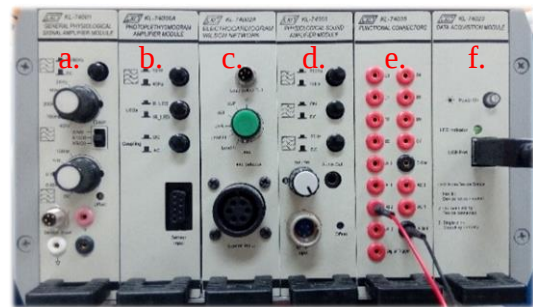


圖二 手環感測器設計。

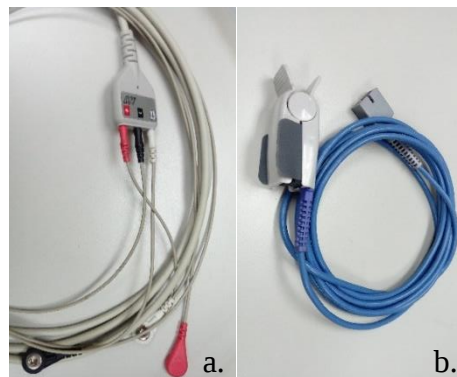
2.2 測量方法

我們對 20 位受測者進行心電描繪法、光容積描繪法、體阻抗容積描記法和血壓的測量。選取受測者的條件：1. 年齡範圍 18-23 歲之間；2. 必須沒有高血壓的症狀。

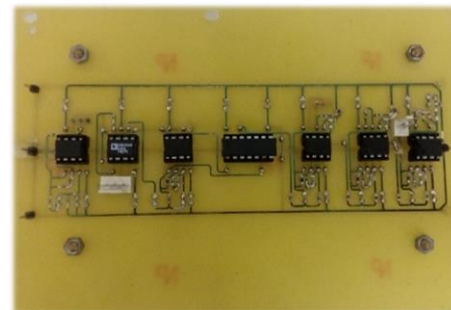
測量裝置：心電描繪法與光容積描繪法的測量裝置，我們採用生理訊號測量發展平台，如圖三(型號：KL-710)，連接圖四 a 心電描繪法電極感測器，成為心電描繪法測量裝置；連接圖四 b 光容積描繪法感測器，成為光容積描繪法測量裝置；e 為類比訊號接收通道，連接自製測量裝置，如圖五類比電路連接體阻抗感測器如圖六所示，成為體阻抗容積描記法測量裝置；f. 電腦連接埠，圖七為電腦中所記錄的即時波型。圖八為實際裝置配戴與實驗。



圖三 生理訊號測量發展平台(型號：KL-710)四通道。



圖四 a. 為心電描繪法的電極；b. 為光容積描繪法感測器。



圖五 體阻抗容積描記法類比電路。

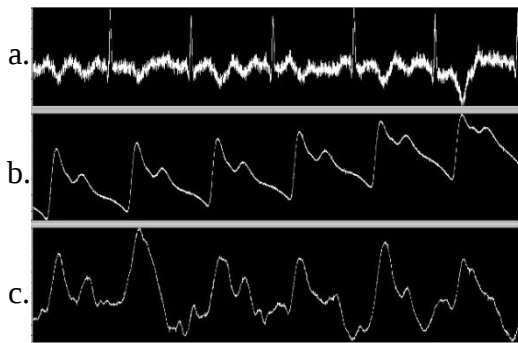


圖六 體阻抗容積描記法感測器。

表一 基本資料與四次紀錄

受測者	基本資料				第一次(血壓穩定後)					第二次(血壓提升後)					第三次(血壓穩定後)					第四次(血壓提升後)				
	性別	年齡(year)	身高(cm)	體重(kg)	收縮壓(mmHg)	舒張壓(mmHg)	心率(n/min)	PTT(ms)	PTT'(ms)	收縮壓(mmHg)	舒張壓(mmHg)	心率(n/min)	PTT(ms)	PTT'(ms)	收縮壓(mmHg)	舒張壓(mmHg)	心率(n/min)	PTT(ms)	PTT'(ms)	收縮壓(mmHg)	舒張壓(mmHg)	心率(n/min)	PTT(ms)	PTT'(ms)
01	男	20	163	50	108	61	84	300	300	145	66	109	297	221	114	54	84	232	281	144	62	118	247	222
02	男	25	176	77	121	68	79	314	227	135	69	81	322	219	106	63	78	286	223	114	54	84	283	210
03	男	23	179	69	108	55	74	292	235	126	57	82	295	213	110	50	70	285	266	131	58	77	286	259
04	男	20	168	65	124	60	73	306	289	142	58	112	303	242	125	60	82	264	275	146	61	129	235	228
05	女	23	167	52	108	63	81	312	296	146	78	124	304	236	102	63	98	237	297	141	74	128	236	258
06	女	21	161	54	92	62	67	335	285	137	73	100	326	231	95	66	73	258	285	141	73	114	262	229
07	男	23	177	69	114	71	76	335	309	156	82	110	341	246	123	68	76	270	312	156	82	116	263	241
08	女	22	151	44	105	61	72	325	292	146	67	127	304	227	105	58	91	222	265	130	63	121	249	227
09	女	24	165	50	113	62	107	274	243	135	50	141	235	206	104	53	128	211	224	133	56	141	213	198
10	女	20	159	52	111	61	73	317	264	136	53	111	300	222	115	50	91	256	242	140	52	129	232	213
11	女	20	154	72	108	65	82	356	286	162	79	126	310	184	115	62	96	278	256	145	74	116	253	204
12	女	21	173	65	108	60	94	287	257	142	64	128	293	203	109	64	103	233	264	152	70	130	260	228
13	女	22	160	65	107	65	72	363	253	136	67	131	303	182	121	65	97	227	213	147	74	125	240	184
14	女	26	153	58	124	61	69	283	253	145	77	102	281	221	117	64	71	250	232	149	72	103	249	199
15	男	24	175	72	112	61	87	311	278	155	76	102	305	221	125	68	81	262	260	165	75	103	252	220
16	女	22	158	40	123	65	75	289	292	144	60	122	314	212	110	60	91	262	263	149	63	136	263	218
17	男	20	178	73	112	70	79	344	338	164	79	130	347	200	118	70	90	260	276	161	76	153	234	184
18	男	20	178	63	91	48	64	348	279	140	64	72	352	228	96	58	63	313	272	127	51	65	308	209
19	男	20	178	68	115	62	93	310	254	137	75	107	295	231	118	68	87	254	234	144	79	112	258	231
20	男	20	170	60	113	66	89	309	267	153	69	100	286	224	119	64	85	235	261	147	71	110	240	226

數據以四捨五入表示



圖七 a. 心電描繪法訊號；b. 為光容積描繪法訊號；c. 為體阻抗容積描記法訊號。



圖八 實際裝置配戴與實驗。

測量實施步驟：

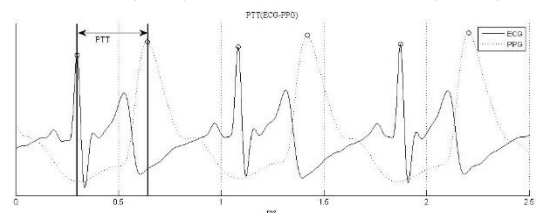
1. 受測者到場測量記錄前，需休息 5 至 10 分鐘，讓血壓能夠獲得穩定；
2. 測量受測者左手及右手手臂壓力，為左右手臂血壓差計算；
3. 安裝心電描繪法、光容積描繪法和體阻抗容積描記法的測量裝置。以及臂帶式血壓儀，血壓計型號：OMRON(HEM-7210)；
4. 進行第一次記錄，測量 40 秒。此時為血壓穩定後狀態；

5. 受測者戴上口罩並進行第一次腳踏車踩踏，維持 5 分鐘的踩踏動作；
6. 進行第二次記錄，測量 40 秒。此時為血壓提升後狀態；
7. 受測者靜止休息 5 分鐘；
8. 進行第三次記錄，測量 40 秒。此時為血壓穩定後狀態；
9. 受測者戴上口罩並進行第二次腳踏車踩踏，維持 5 分鐘的踩踏動作；
10. 進行第四次記錄，測量 40 秒。此時為血壓提升後狀態。

分析方法：利用簡單迴歸分析脈搏傳導時間與收縮壓的相關性。脈搏傳導時間計算方法：
1. 用心電描繪法 R 波與光容積描繪法最高峰波計算脈搏傳導時間(PTT)；2. 用心電描繪法 R 波與體阻抗容積描記法最高峰波計算脈搏傳導時間(PTT')。

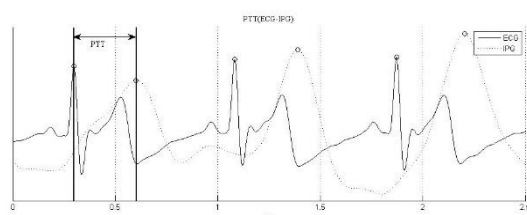
3. 結果

脈搏傳導時間的計算結果如圖九為心電描繪法(ECG)和光容積描繪法(PPG)計算脈搏傳導時間(PPT)；與圖十心電描繪法(ECG)和體阻抗容積描記法(IPG)計算脈搏傳導時間(PTT')。



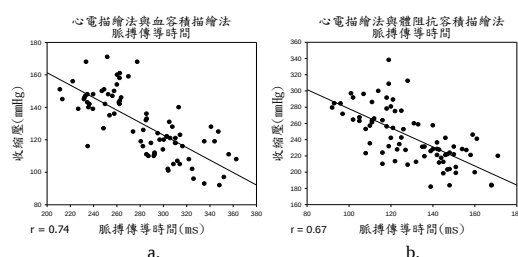
圖九 心電描繪法(ECG)和光容積描繪法

(PPG)計算脈搏傳導時間(PPT)。



圖十 心電描繪法(ECG)和體阻抗容積描記法(IPG)計算脈搏傳導時間(PTT')。

受測人數 20 位，四次紀錄，如表一共 80 個樣本數，圖十一為脈搏傳導時間與收縮壓的線性相關圖。心電描繪法和光容積描繪法的脈搏傳導時間與收縮壓的相關係數 $\gamma = 0.74$ ；心電描繪法和體阻抗容積描記法的脈搏傳導時間與收縮壓的相關係數 $\gamma = 0.67$ 。



圖十一 a. 心電描繪法與光容積描繪法的脈搏傳導時間；b. 心電描繪法與體阻抗容積描記法的脈搏傳導時間。脈搏傳導時間與收縮壓的線性相關圖。

4. 結論

從分析結果證實心電描繪法與體阻抗容積描記法的脈搏傳導時間與收縮壓呈負相關。當血壓(收縮壓)越高，脈搏傳導時間越短；當血壓(收縮壓)越低，脈搏傳導時間越長，表示體阻抗容積描記法能取代光容積描繪法的應用。

參考文獻

- [1] Poon CCY, Zhang YT, editors., “Cuff-less and Noninvasive Measurements of Arterial Blood Pressure by Pulse Transit Time,” **2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference**; 2005 17-18 Jan. 2006.
- [2] Vikram Chandrasekaran, Ram Dantu*, Srikanth Jonnada, Shanti Thiyagaraja, and Kalyan Pathapati Subbu., “Cuffless Differential Blood Pressure Estimation Using

Smart Phones,” **IEEE Transactions On Biomedical Engineering**, Vol. 60, No. 4, April 2013.

- [3] O. A. Garcia, J. A. Pérez, P. S. Luna and C. Alvarado., “Impedance Plethysmography Detection with Mobile and Concealed Devices,” **IEEE Latin America Transactions**, Vol. 14, No. 4, April 2016.