

心 電 圖 學

原理與實用

(修訂本)

國立台灣大學醫學院

陳德輝醫師

合記圖書出版社 發行

18-10

心電圖學

原理與實用

國立臺灣大學醫學院

陳德輝醫師

編譯

1985年12月24日



合記圖書出版社發行

局版臺業字第0698號

臺內著字第 4452 號

版權所有翻印必究

六十年一月 初版

七十年十月 修訂版

七十三年一月 三版

心電圖學

(原理與實用)

(全一冊)實價 300 元正

編著者：合記圖書出版社編譯委員會

主編人：陳 德 輝

發行人：吳 富 章

發行所：合 記 圖 書 出 版 社

總經理：合 記 書 局 臺北市吳興街 249 號

郵政劃撥：6919號 電話：7019404號 (臺北醫學院對面)

印刷廠：三 文 印 刷 廠 臺北市柳州街168之5號

獻給

我們的双親

陳德輝
宋永魁

魏院長序

心電圖的臨床應用，早已不是心臟病學專家的專利。近年來高年級的醫學生都會判讀心電圖，一般開業醫師在日常臨床，和利用 X 光檢查一樣，也需要心電圖的幫助，做診斷的有力依據。

第二次世界大戰以後，醫學有飛躍性的進步，使許多國家的人民平均壽命延長至七十年前後。這是全球性，包括東方的開發中自由地區在內，尤於臺灣區最為明顯。同時因工業經濟發展，生活緊張，營養改變等，高血壓，糖尿病，心臟病等的發生率也就逐年增加，其死亡率也佔死亡原因的首位或次位。這些心臟脈管疾病的診治都要靠心電圖的檢查。另一方面戰後先天性心臟病的診斷和外科手術的矯正也有驚人的成就，而心電圖也是不可或缺的工具。

臺灣醫學發達，經濟工業進步，在治病上使用心電圖的機會越來越多。這個時候，臺大醫學院畢業的陳德輝醫師編譯『心電圖學，原理與實用』一冊，提供於醫界，可以說是最適宜的貢獻。如譯者自序說，主要譯自 Goldman 著的 Principles of Clinical Electrocardiography，並且參考數冊有關書籍追加補充的。

外國各方面之良書的翻譯，是應該鼓勵的，尤於醫學書籍的翻譯在臺灣有許多條件上的困難的時候，此書能得到合記圖書出版社吳先生的鼓勵和許多位醫師的幫忙，即時出梓，實難得可貴，特誌數言，祝其問世能獲一般醫師的歡迎。

魏 火 曜

61年元月

於臺大醫學院

寫在前面(代序)

如果早知道編成一本書要經過這許多辛苦的話，也許我就不會開始動筆了！一年多以前的一次宴會裏，合記書局的吳先生要我給他寫一本簡單的參考書，當時糊里糊塗地就答應了下來。過後仔細一想，實在是太冒失了些。不說自己肚子裏墨水太少吧。也該想到自己見不得人的拙筆，即使字字照譯也恐怕會走了樣呢。雖然一肚子後悔，却也只好硬著頭皮開始工作。就這樣，幾乎犧牲了我所有的私人生活。所有值班外的時間差不多全在寫這本書，用餐的時候想著心電圖，夜裏也夢著心電圖。在頻率已減至最少次數的陪伴未婚妻的時光裏，心裏也嚙咕著心電圖！不少時候爲了一些不能明白解析的疑點弄得食不甘味，寢不安枕，有的難題已順利地解決，有的仍舊是想起來就頭痛的死結。不管怎樣，總是暫時告一段落了，這本未經潤飾的草樣就要呈獻在各位的眼前。俗語說「敝帚自珍」。我雖自知敝陋，私底下還是衷心地期望它能成爲初學者入門的指引南針以及實用上便利的參考書。

必須聲明的是，這本書並不是我的原著，也不是我一個人完成的。第八、九、十等三章的原稿是宋永魁醫師執筆的，我只不過是在編排時作了一些細節上的竄改罷了。精彩的部分是宋醫師的大手筆，如有疵瑕則應怪我的編校不力以及畫蛇添足。

對於心電圖學，我只不過是在門牆裏張望過了一兩回的過客，談不上什麼「登堂入室」的深入了解。當初冒冒然答應下來原只打算將 Goldman 的 Principles of clinical electrocardiography 譯成中文。開始動筆後，却總覺得有許多言猶未盡未能令人滿意的地方。因此改變主意，綜合幾本心電圖學（見參考書目）編成了這本書。爲了尊重各原著者的意見，我儘可能保留精華所在，因此書中前後所述的診斷標準偶有差異，這是本書的一個先天性的缺點。至於編排方面，自第一章至第十二章是由最基本的常識起，將心電圖學作入門性的介紹。第十三章以後則是專爲對心電圖已有初步認識的人而寫的。第十三章將心電圖學的要點作鳥瞰式的複習；自十四章至十八章則分別以各種心電圖的異常變化爲著眼點，作種種鑑別診斷的考慮。第十九章及二十章則簡單地介紹小兒心電圖學與先天性心臟病的心電圖變化。附錄中選印了三十幾張心電圖，我杜撰了一些問題附於圖下，一方面提醒各位注意各誘導上的異常變化，一方面由此引導出心電圖診斷，也算是野人獻曝吧！

自然，這本書還有許多缺點，例如許多譯名還有相當商榷的餘地，此外這本書也缺少向量心電圖學的介紹。前者有待於各位先進的寶貴意見，以便集思廣益，擬定適切的譯名。後者則因我所知太少，不敢冒然編入，以免自誤誤人。如果這本書能有再版的機會，或許我會嘗試選譯，補全這本書的不足。其他的缺點則有賴於各位讀者諸君的批評指教，則筆者幸甚！

最後我必須向幾位幫助我完成這本書的朋友們表示謝意。宋永魁醫師在百忙中惠賜幾章書的原稿，紀連華醫師曾貢獻不少寶貴的意見，郭志雄先生繪製及修改書中的插圖。沒有他們的幫助，這本書可能遲遲無法問世。我也應該向合記書局的吳先生表示謝意，即使經過四五次排校，他仍然耐心地讓我再作一些修訂。自然，我更應該感謝李淑玉教授，如果不是她的諄諄教誨，恐怕我至今還在心電圖學的門外徘徊呢！

陳德輝 謹誌

六十年十月二十八日

於臺北

主要参考書

1. Mervin J. Goldman
Principles of Clinical Electrocardiography (第 7 版)
2. Bernard S. Lipman & Edward Massie
Clinical Scalar Electrocardiography (第 5 版)
3. Alan E. Lindsay & Alberto Budkin
The Cardiac Arrhythmia (第 1 版)
4. Best & Taylor
Physiological Basis of Medical Practition (第 8 版)
5. Michael C. Ritola.
Diagnostic Electrocardiography (第 1 版)
6. Sidney R. Arbøit, Ira L. Rubin, Harry Gross
Differential Diagnosis of Electrocardiography (第 1 版)
7. J. Willis Hurst & Robert Myerburg
Introduction to Electrocardiography (第 1 版)
8. Travis Winson
Electrocardiographic Test Book (第 1 版)

目 錄

第一章	心電圖基本知識	1
	Introduction to electrocardiography	
第二章	心向量與正常的心電圖	19
	Cardiac vectors and normal electrocardiogram	
第三章	心臟的電力位置	45
	Electrical position of the heart	
第四章	心臟肥大	67
	Hypertrophy of the heart chambers	
第五章	束枝傳導阻滯	91
	Bundle branch block	
第六章	冠狀動脈疾病：心肌缺氧	113
	Coronary artery disease: myocardial anoxia	
第七章	冠狀動脈疾病：心肌梗塞	125
	Coronary artery disease: myocardial infarction	
第八章	心臟的節律與房性不整脈（宋永魁醫師執筆）	169
	Normal cardiac rhythm and the atrial arrhythmias	
第九章	房室傳導障礙（宋永魁醫師執筆）	187
	Disturbances of atrioventricular conduction	
第十章	心室性不整脈（宋永魁醫師執筆）	197
	Ventricular arrhythmias	
第十一章	其他各種不整脈	211
	Miscellaneous arrhythmias	
第十二章	各種不正常的心電圖	223
	Miscellaneous abnormal electrocardiogram	
第十三章	心電圖的判讀	247
	Interpretation of the electrocardiogram	

第十四章	不整脈的鑑別診斷.....	273
	Differential diagnosis of the arrhythmias	
第十五章	QRS波異常的鑑別診斷	303
	Differential diagnosis based upon abnormalities of QRS	
第十六章	ST間段異常的鑑別診斷.....	337
	Differential diagnosis based upon abnormalities of ST segment	
第十七章	T波異常的鑑別診斷.....	349
	Differential diagnosis based upon abnormalities of T waves	
第十八章	連續心電圖變化的鑑別診斷.....	355
	Differential diagnosis based upon serial changes	
第十九章	小兒心電圖學.....	385
	Pediatric electrocardiography	
第二十章	先天性心臟病	393
	Congenital heart diseases	
附 錄		417
索 引		455

第一章

心電圖基本知識

INTRODUCTION TO ELECTROCARDIOGRAPHY

1. 心電圖 Electrocardiogram

心電圖（簡稱 Ecg, ECG, 或 EKG）就是用圖形描記與心臟搏動有關的電位變化。心肌有自動規律地收縮的特性。在每一心搏前由特有的傳導系統（Conduction System）發生激動（Impulses），這些激動引起全部心肌的興奮而收縮。這些激動的產生及傳導生成微弱的電流而傳至全身。把電極附在身上不同的部位並連接在心電計上，就可記錄得心電圖。一般是以心電圖上向上的偏折代表正的電位變化，而以向下的偏折代表負的電位變化。

2. 心電圖的用處

心電圖在下列各種臨床問題上有很大的價值：

- (1) 心房或心室肥大 Atrial or Ventricular hypertrophy。
- (2) 心肌梗塞 Myocardial infarction：單極肢誘導（unipolar extremity leads），胸誘導及食道誘導提高很多正確診斷率。
- (3) 不整脈 Arrhythmia：除了得到正確診斷外，還大大增加了我們對不整脈的來源及其傳播的基本了解。
- (4) 心囊炎 Pericarditis。
- (5) 全身性疾病引起的心臟變化。
- (6) 心臟藥物的影響：如毛地黃 digitalis 及奎尼丁 quinidine 等。
- (7) 電解質代謝的不平衡；尤其鉀離子 K^+ 的問題。

注意：心電圖只是實驗室檢查的一種，絕不可以作心臟病診斷的唯一根據。一個有器官性心臟病的人可能有完全正常的心電圖，而一個完全正常的人也可能有一些非特化性的（nonspecific）變化。心電圖的判讀必定要和臨床病狀配合，不能因為一些心電圖的異常就認定一個人有心臟病，更不能以一張正常的心電圖就否定有心臟病的可能。因此，心電圖的最好判讀者就是直接診治病人的醫師。

3. 心電計 Electrocardiograph

最初的心電圖描記器（簡稱心電計）是 Einthoven 在1903年發表的弦線電流計 String galvanometer，由一副強電磁鐵和一條鍍有白金的金細石英玻璃纖維放在兩磁極間作成。根據電磁效應的原理，弦線通電後將產生運動。將運動描記成圖形，使電流由陽極流向陰極時的圖形偏向上方，反之則偏向下方，就成為簡單的心電圖描記器。目前使用的心電計雖經改良，但仍然是根據這個原理。最新的心電計則是利用真空管放大器和陰極射線振動示波器 Cathode-ray oscilloscopy 構成的。

4. 肌電生理的實驗

休止狀態的肌細胞其細胞膜表面的電位是零，細胞膜內側的電位則約比表面低90毫伏（mV，1毫伏=1/1000伏特），即細胞內電位為-90毫伏。胞膜外側表面分布有陽游子，內側面則分布有等值的陰游子，如圖 1-1 之最上圖，稱為極化或分極現象 Polarization。

將心肌條（Isolated myocardial strip）的表面放上陽極與陰極，如圖 1-1。在休止狀態下的肌表面各處的陽電荷相等，電位差為零，因此所描記得的圖形是在零點的水平直線。

如在肌條的左端（接近陰極處）給予刺激，這段肌肉的極化現象立刻消失（去極化或毀極化 depolarization），肌細胞內外不再有電位差（因陽游子迅速進入細胞內之故）。因此另一端肌表面相對的成為高電位。電流計就描記得向上的偏折。當興奮逐漸傳向右端時，更多的正電位被描記下來，偏折更高。直到整個肌條完全被毀極化後，肌表面不再有電位差，圖形的正向偏折就急速地下降回到零點。

如果將陽極改放在肌條的中間，仍在左端給予刺激，圖形仍然是向上的偏折，直到興奮波經過陽極下時。此後因陽極所在的肌表面已是負端，原來正向的偏折急速降下而變成負向偏折。當整個肌條完全毀極化後，肌表面不再有電位差時，圖形的偏折也回到零點。以上的現象經 Craib 作多次的實驗後，認為可以用雙極 Dipole 的移動來解釋。

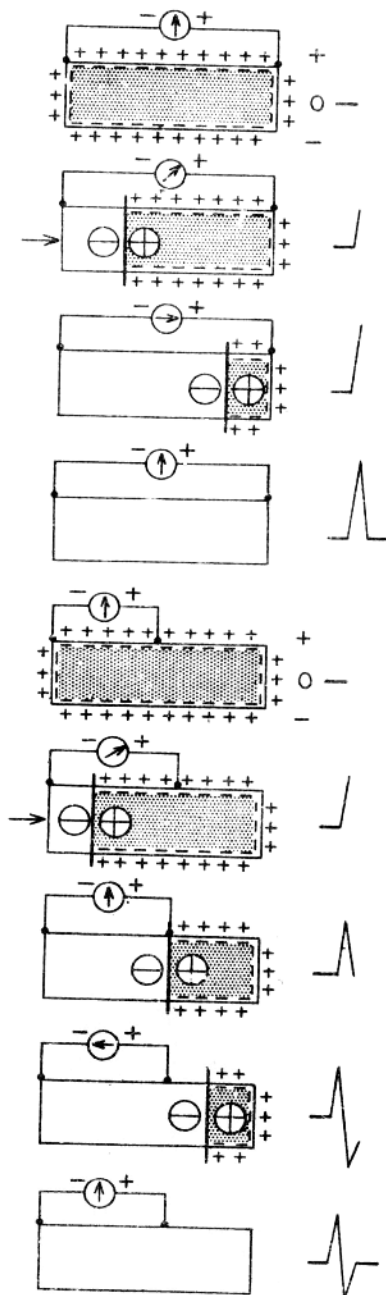


圖 1-1. 電極直接附在單一肌條上記錄得的毀極化過程。

5. 體導體與雙極 Volume Conductor and Dipole

所謂體導體 Volume Conductor 就是電在三個向度均能傳導的介質。(一般所見的導線是只在一個向度內傳導。)最好的例子就是一個大容器內盛生理食鹽水溶液或任何游子的水溶液。人體由其體液的化學成分也可以算是 Volume Conductor。

如將一陽極和一陰極無限接近地放在 Volume Conductor 內，就形成一個雙極 Dipole。相對兩極間的電流要看介質的導性而定。如介質的導性極高，則電流將從一極如直線般流向另一極，就像沿銅線流過一般；而在周圍的介質則全無電流或電位的變化。如介質稍有阻性且分布均勻，則電流無法在兩極間直接流動，而必須沿另一更遠更複雜的走向，如圖 1-2 所示。周圍的電位變化如圖 1-3 所示。

電位的變化可以在 Volume conductor 的表面測得，在經過兩極點的直線上所測得的電位變化最強，而在經過兩點中點垂直於這直線的平面上的電位則為零。在介質內各點的電位強度是和它與極點的距離平方成反比的。把相同電位的點聯起來就形成無數的等電位線 Isopotential line，圖 1-3 所示只是代表性的幾條等電位線，愈近內圈的正的電位（或負的電位）則愈強，反之則愈弱。

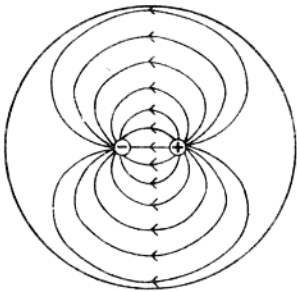


圖 1-2.

圖 1-2 均勻介質內雙極的正負兩極間電流的流向

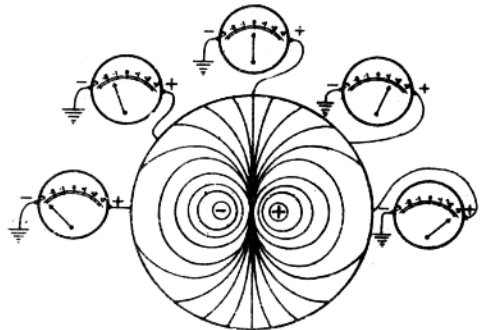


圖 1-3 介質內的電位分佈情形。

(其電流流向如圖 1-2 所示時。)

如將單一肌條放入 Volume Conductor 內，如圖 1-4。在肌條的一端給予刺激，如箭頭所示。受刺激的部分表面電荷完全失去，為電中性；但對肌條的其他部分而言則為負電。因此，毀極化 depolarization 與極化部分的分界面正好可以看作間隔陰陽兩極的分界面，而毀極化波 depolarization wave 的傳播則可以看作是雙極掃過整個肌條一般。當雙極逐漸接近誘導電極時，與電極相交的等電位線，其電位愈來愈高，因此所記錄得正向偏折就愈來愈高。當雙極最靠近誘導電極時，所描記的正向偏折即為最高。肌條完全毀極化後，因肌表面不再有電位差異，雙極立刻消失，圖上之偏折也立刻回到零點。

圖 1-5 是將心電計的陽極放在靠近受刺激的一端或靠近肌條中點記錄的情形，同樣可用雙極掃過肌條的現象來說明。如電極 E，放在刺激開始的同側時，首先交切到內圈的等電位線，而記錄得最低的負向偏折。其後當雙極逐漸遠離，電極逐漸交切到外圈的等電位線，故偏折逐漸回升。當毀極化完成的瞬間，因肌表面已全無電位差異，雙極消失，圖形中的偏折也回到零點。同理可以說明電極放在肌條中段時圖形偏折發生的變化。

毀極化完成後的肌細胞，逐漸恢復到休止狀態的過程稱為復極化 Repolarization。復極化主要是由原先進入細胞內的陽游子再回到胞膜外側，形成原來的分極狀態。復極化需經複雜的新陳代謝過程，因此比毀極化緩慢，但原有細胞膜內外之電位差則必完全恢復。因其過程緩慢，故在肌細胞的各部分可能同時有不同程度的復極化在進行中。因此復極化的圖形無法用單純的雙極波的掃描來說明。但如果復極化進行的方向和毀極化時為同方向的話，綜合而成的雙極適與毀極化時之雙極電力方向相反，故可

記得一反向的偏折。圖形雖異，但其包含的面積則必相等，不過實際臨床心電圖所記得的正常復極化波形則常與去極化時同向。這個現象還未有適當的解釋。

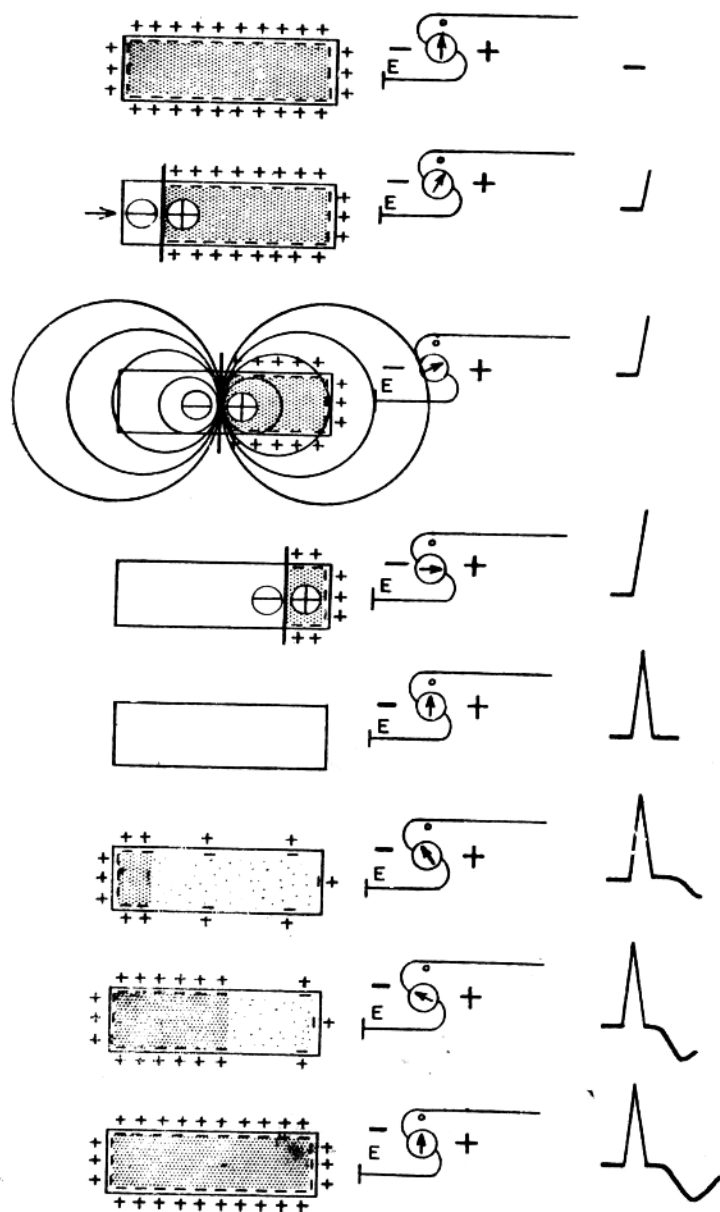


圖1-4 心肌條置於體導體 (Volume Conductor) 內的毀極化與復極化過程。
電極係連於心電計的陽極。自肌條另一端給予刺激。

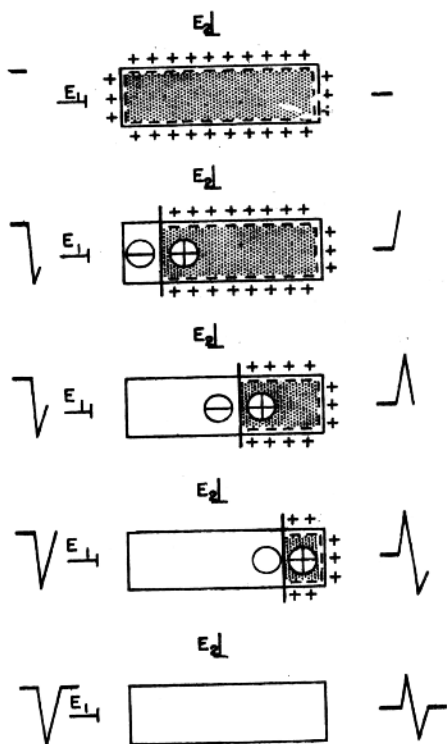


圖1-5 同圖 1-4，但電極 E_1 與刺激的開始在同一端， E_2 則置於肌條的中段

6. 幾個簡單原則：

毀極化波

A 單一肌條

- 1) 正向波：如興奮係朝向電極傳播，記錄得向上偏折的正向波。
- 2) 負向波：如興奮係背向電極傳播，則圖形為向下偏折的負向波。
- 3) 雙相波：如電極置於肌條之中段，則最初之偏折向上，興奮波通過後之偏折則向下，形成雙相波。

B 一對肌條

- 1) 當兩肌條之大小相近時，如刺激起於兩肌條之中間，則在兩肌條之表面均可記得相等大小之向上偏折波形。（如圖 1-6）

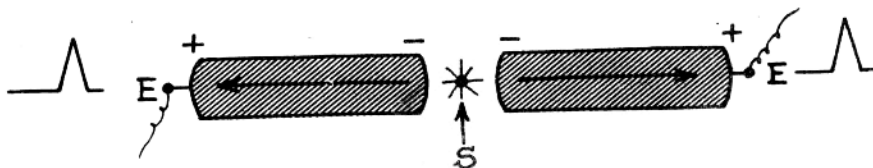


圖1-6 兩肌條體積相等時的毀極化波。

以上所述，係由單一肌細胞或剝離之肌肉條實驗所得。心臟可以看作是這樣的千萬條肌條的綜合體，各肌條的變化綜合而成就是心臟的變化。心臟位在體內，可以看作一個位在 Volume conductor 中心的發電體一般。心肌特有傳導系統所發生的規律性的激動及其傳播至整個心臟，就是毀極化與復極化作用的一再交替出現。把心電計的電極附在體表，作不同的聯接，就可記錄得我們臨床所見的心電圖。

- 2) 當兩肌條之大小相差甚鉅時，（如左右心室之對比，）則在大肌條表面可記得高大的向上偏折波。而在小肌條之表面，則記得以微小向上偏折開始而以大而深的向下偏折結束的雙相波，或僅記得向下的偏折波。（圖 1-7）

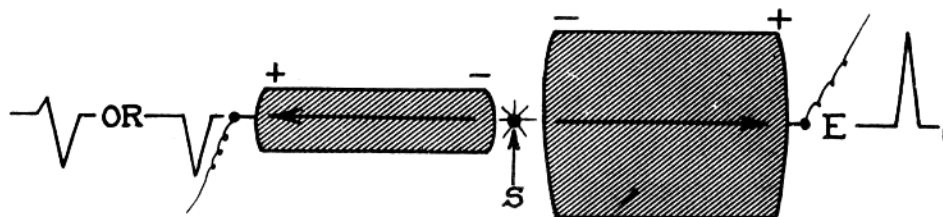


圖 1-7. 兩肌條體積相差甚鉅時的毀極化波。

復極化波

- 1) 如復極化進行的方向與毀極化時相反，則所記得的波形同方向。
- 2) 如復極化進行的方向與毀極化時相同，則所記得之波形為反方向。

7. 標準雙極誘導 Bipolar Standard Leads I, II, and III.

把人的軀幹當作 Volume conductor，右肩，左肩與左腿的根部三點約正好在一等邊三角形的三頂點上，而心臟則幾乎是在此正三角形的中心。這是 Einthoven 先生最初的構想。皮膚是這個 Volume Conductor 的表面，右手，左手與左腿則只是這個導體延伸出來的「導線」而已。通常是將心電計的電極連在腕部與踝部，但如將電極連在四肢的根部，例如左股切除的病人，所記得心電圖仍然相同。

右足則通常連接於地線，以減少干涉現象。

將左臂電極 (LA lead)，右臂電極 (RA lead)，及左腿電極 (LL lead) 如圖 1-8 所示聯於心電計上，就構成標準雙極誘導。

雙極誘導所代表的是兩特定點間的電位差，而不是那一點的真實電位變化。如第 I 誘導 (Lead I，有時省略誘導之名而逕稱 lead 幾，或只寫出代號 I，II，或 V 等。) 是左臂的電位減去右臂的電位。

即：

$$\begin{aligned} \text{Lead I} &= \text{LA} - \text{RA} \\ \text{Lead II} &= \text{LL} - \text{RA} \\ \text{Lead III} &= \text{LL} - \text{LA} \end{aligned}$$

三個標準雙極誘導的關係為： $\text{II} = \text{I} + \text{III}$ 。

因此標準雙極誘導所記錄得的曲線，實際上是兩種曲線的混合，判讀上相當困難。

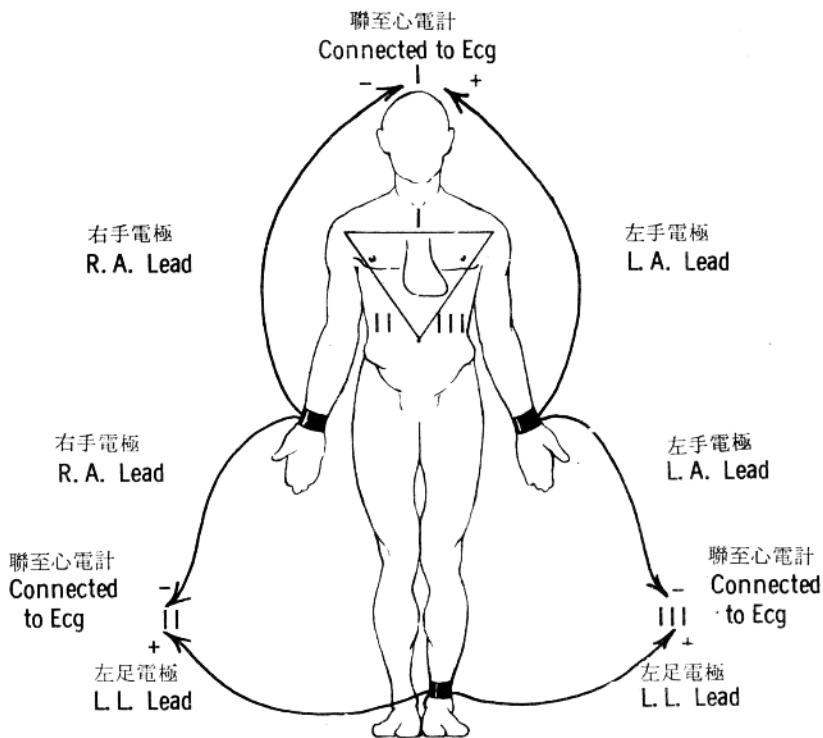


圖 1-8. 標準双極誘導

根據 Kirchoff 定律：在一封閉電路上所有電位差的代數和是零。如將 lead II 反向，使 lead II' = RA - LL。則很明顯可以看出 lead I, II', III 正好構成一封閉的電路。今將其各點的電位差作代數和，則 $LA + RA + LL = 0$

即如用導線將 LA, RA, LL 各電極連接至一中心末端 Central terminal，則此中心末端之電位應為零。（實際測得約為 0.3 mV）。將此中心末端作為「無作用極」Indifferent lead，（不對心電圖之波形產生影響，）連在心電計之陰極，而以陽極作探測極 Exploring electrode，則可作種種的單極誘導。

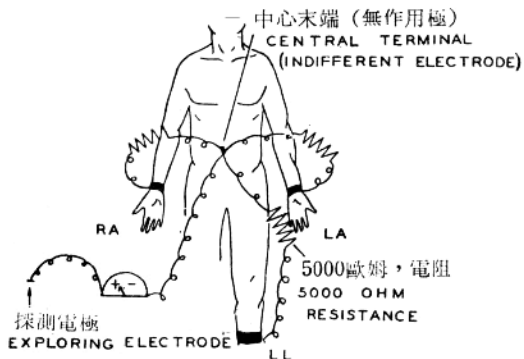


圖 1-9. 單極肢誘導的中心末端

8. 單極誘導 Unipolar Leads

單極誘導理論上是代表探測極所在部位所記得的「真實」電位變化。但有一點必須闡明，即任何一種誘導所測得的變化都是整個心臟所引起電位變化的綜合而非心臟某一特定部位的局部電位變化。

單極誘導主要分單極肢誘導 Unipolar extremity leads 與單極心前或胸誘導 Unipolar precordial or chest leads 兩種。單極肢誘導又分未加壓 (nonaugmented) 與加壓 (augmented) 兩類。所有的單極誘導一般都以“V”代表。

A. 單極肢誘導——未加壓；

如圖1-10所示，將探測極與所需要探測的肢端連接，而另將所有肢端電極連於中心末端成為無作用極即成。

VR：單極右臂誘導

VL：單極左臂誘導

VF：單極左足誘導

以 VR 為例，其電位為 $RA - O = RA$ ，即 $VR = RA$ 。

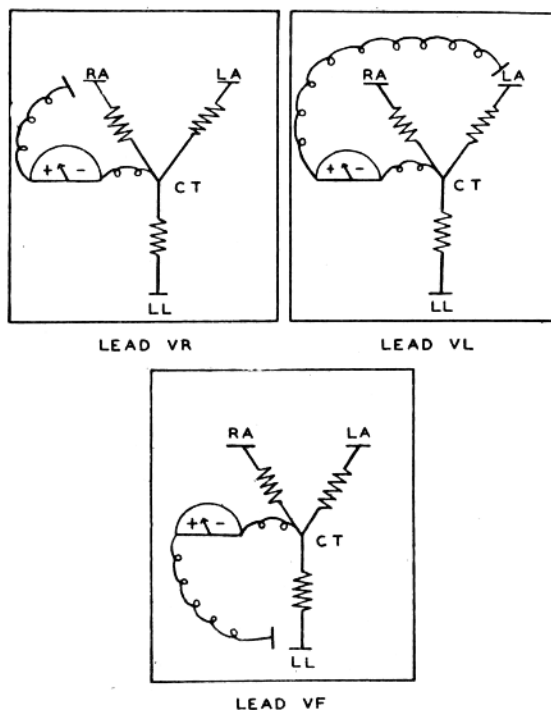


圖1-10 單極肢誘導，（未加壓）

CT：中心末端。所得波形振幅減低

B. 單極肢誘導——加壓：

因上述應用中心末端的單極肢誘導所記得的波動振幅較低，不易判讀。因此改良成為加壓單極肢誘導 Augmented extremity leads。所用的方法是將所欲探測的肢端電極與中心末端的連