



(21) 申請案號：110112702 (22) 申請日：中華民國 110 (2021) 年 04 月 08 日  
 (51) Int. Cl. : **A61B5/349 (2021.01)** **G06F17/18 (2006.01)**  
 (30) 優先權：2020/04/09 歐洲專利局 20169028.6  
 2020/04/09 美國 63/007,496  
 (71) 申請人：義大利商 J 波診斷股份有限公司 (義大利) J-WAVE DIAGNOSTICS S.R.L. (IT)  
 義大利  
 (72) 發明人：安納斯塔西亞 魯吉 ANASTASIA, LUIGI (IT)；克里斯堤 阿斯頓波伊 CHRISTY,  
 ASHTON BOYD (US)；西康特 古西普 CICONTE, GIUSEPPE (IT)；葛蘭特 艾  
 德華羅伯特 GRANT, EDWARD ROBERT (US)；梅洛 路克羅賓森 MELO, LUKE  
 ROBINSON (CA)；佩彭 卡羅 PAPPONE, CARLO (IT)  
 (74) 代理人：王彥評；賴碧宏  
 申請實體審查：無 申請專利範圍項數：26 項 圖式數：24 共 95 頁

(54) 名稱

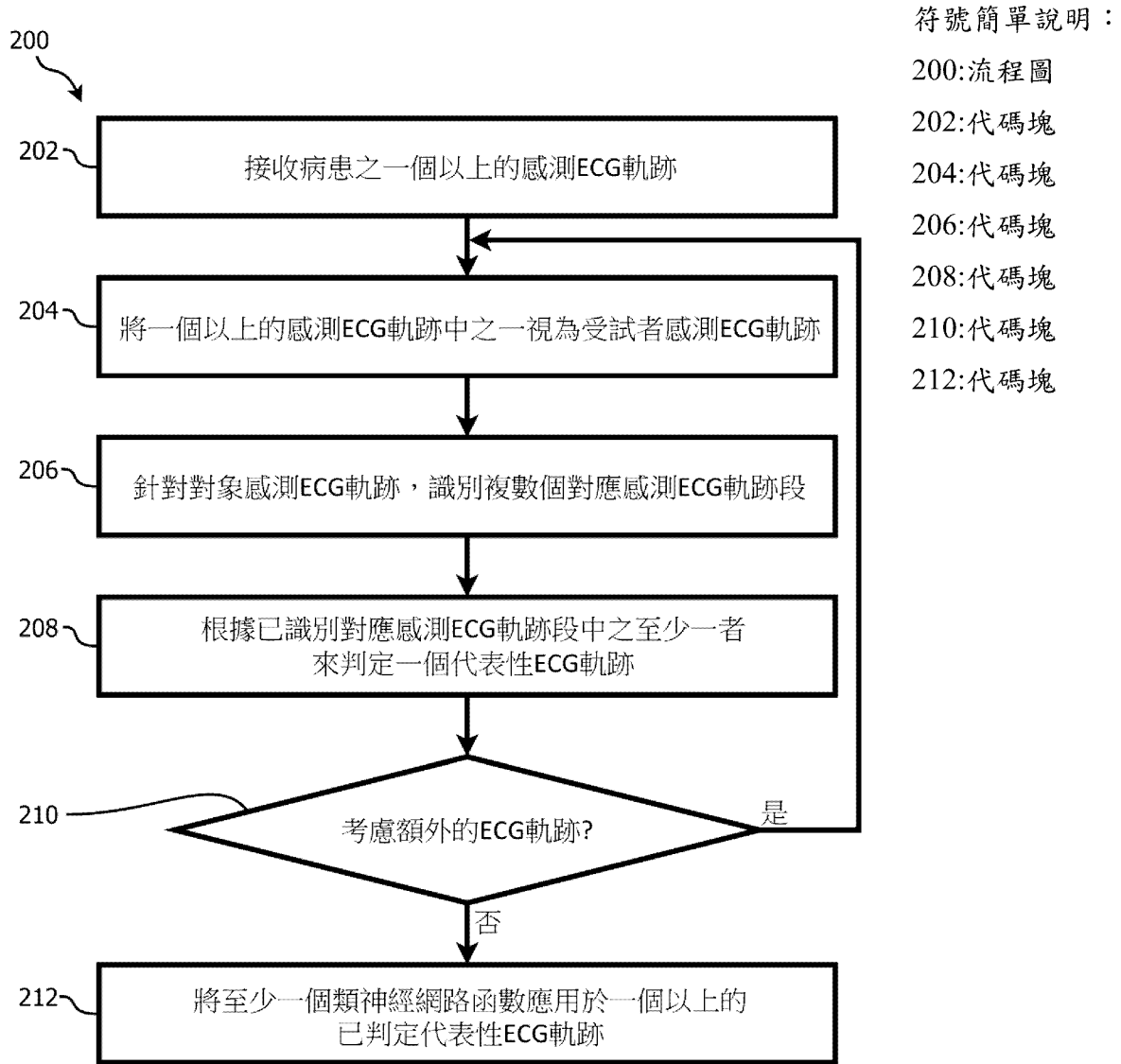
心電圖分析

(57) 摘要

一種輔助心電圖(「ECG」)分析之電腦實施方法，該方法包括：接收一病患之一個以上的感測 ECG 軌跡，該等感測 ECG 軌跡中之每一者表示在一段感測時間內之感測病患心臟活動；以及針對該一個以上的感應 ECG 軌跡中之每一者：識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，該等感測 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段感測時間中之一時段內該病患的感測病患心臟活動；以及根據該等已識別對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性 ECG 軌跡。該方法包括將至少一個類神經網路分類器應用至該一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與該病患的至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。揭露其它方法、系統及電腦可讀取媒體。

A computer-implemented method of facilitating electrocardiogram (“ECG”) analysis involves receiving one or more sensed ECG traces for a patient, each of the sensed ECG traces representing sensed patient heart activity over a sensed time period, and, for each of the one or more sensed ECG traces: identifying a plurality of corresponding sensed ECG trace segments, each of the sensed ECG trace segments representing sensed patient heart activity for the patient over a segment of the sensed time period, and determining a representative ECG trace based on at least one of the identified corresponding sensed ECG trace segments. The method involves causing at least one neural network classifier to be applied to the one or more determined representative ECG traces to determine one or more diagnostically relevant scores related to at least one diagnosis of the patient. Other methods, systems, and computer readable media are disclosed.

指定代表圖：



【圖 3】



202143915

## 【發明摘要】

### 【中文發明名稱】

心電圖分析

### 【英文發明名稱】

ELECTROCARDIOGRAM ANALYSIS

### 【中文】

一種輔助心電圖(「ECG」)分析之電腦實施方法，該方法包括：接收一病患之一個以上的感測 ECG 軌跡，該等感測 ECG 軌跡中之每一者表示在一段感測時間內之感測病患心臟活動；以及針對該一個以上的感應 ECG 軌跡中之每一者：識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，該等感測 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段感測時間中之一時段內該病患的感測病患心臟活動；以及根據該等已識別對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性 ECG 軌跡。該方法包括將至少一個類神經網路分類器應用至該一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與該病患的至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。揭露其它方法、系統及電腦可讀取媒體。

**【 英文 】**

A computer-implemented method of facilitating electrocardiogram (“ECG”) analysis involves receiving one or more sensed ECG traces for a patient, each of the sensed ECG traces representing sensed patient heart activity over a sensed time period, and, for each of the one or more sensed ECG traces: identifying a plurality of corresponding sensed ECG trace segments, each of the sensed ECG trace segments representing sensed patient heart activity for the patient over a segment of the sensed time period, and determining a representative ECG trace based on at least one of the identified corresponding sensed ECG trace segments. The method involves causing at least one neural network classifier to be applied to the one or more determined representative ECG traces to determine one or more diagnostically relevant scores related to at least one diagnosis of the patient. Other methods, systems, and computer readable media are disclosed.

**【 指定代表圖 】**

圖 3

**【 代表圖之符號簡單說明 】**

200: 流程圖

202: 代碼塊

204: 代碼塊

206: 代碼塊

208: 代碼塊

210: 代碼塊

212: 代碼塊

【特徵化學式】

無。

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

心電圖分析

### 【英文發明名稱】

ELECTROCARDIOGRAM ANALYSIS

### 【技術領域】

【0001】本發明的實施例係關於心電圖分析，並且更具體地係關於用電腦來實施心電圖分析的輔助。

### 【先前技術】

【0002】心電圖(「ECG」)分析可用於病理學，以協助診斷症候群、疾病及/或異常。已知的 ECG 分析系統可能包括配置成通常提供原始 ECG 描繪的機器，並且可能需要專家檢視及分析原始 ECG，並僅依賴其專業判斷來進行診斷。然而，甚至專家亦無法識別出像一些已知 ECG 分析系統所提供之原始 ECG 軌跡的一些隱微特性，這些隱微特性可能表示特定的診斷。再者，與專家的聯繫可能受到限制及/或是昂貴的，並且將專家與已知的 ECG 系統一起使用可能會產生不一致的診斷結果。具體地，對於一些症候群、疾病及/或異常，例如，布魯格達氏症候群(Brugada Syndrome)分析，由一些已知系統顯示的原始 ECG 可能僅顯示大約三分之一病患的病症。其餘三分之二的病患可能患有非常隱性 ECG 異常，藉由人眼觀看由一些已知系統提供的原始 ECG 可能無法檢測到這些異常。再者，為了揭露 BrS 的診斷 ECG 型態，一些已知的 ECG 診斷方法要求病患在專家檢視原始 ECG

軌跡之前使用藥物，這可能會增強疾病固有的 ECG 異常，但可能給病患帶來危險。實際上，其中一些藥物可能具有潛在的心律不整的效應，這在測試期間可能導致危及生命的心律不整。於是，一些已知的 ECG 系統可能導致緩慢、昂貴、不安全及/或不準確的診斷。

**【發明內容】**

**【0003】**依據各種實施例，提供一種輔助心電圖（「ECG」）分析之電腦實施方法。該方法包括接收一病患之一個以上的感測 ECG 軌跡，該等感測 ECG 軌跡中之每一者表示在一段感測時間內之感測病患心臟活動；以及針對該一個以上的感測 ECG 軌跡中之每一者：識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，該等感測 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段感測時間中之一時段內該病患的感測病患心臟活動；以及根據該等已識別對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性 ECG 軌跡。該方法包括將至少一個類神經網路分類器應用至該一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與該病患的至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。

**【0004】**判定該代表性 ECG 軌跡可以包括識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段的一子集，該子集排除該複數個對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者；以及根據已識別的該子集來判定該代表性 ECG 軌跡。

**【0005】**識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段的該子集可以包括將主成分分析應用至該複數個對應感測 ECG 軌跡段，以判定與該等對應感測 ECG 軌跡段中之每一者相

關聯的一各自組的主成分分數；以及比較該等主成分分數，以識別要從該子集排除之該複數個對應感測 ECG 軌跡段中之該至少一者。

**【0006】**每組主成分分數可以包括一第一主成分分數及一第二主成分分數。比較該等主成分分數可以包括分別從該第一及第二主成分分數判定一第一信賴界限及一第二信賴界限；以及針對該等對應感測 ECG 軌跡段中之每一者，將與該感測 ECG 軌跡段相關聯之該第一及第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較。

**【0007】**將與該感測 ECG 軌跡段相關聯之該第一第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較可以包括判定該第一及第二主成分分數是否在具有由該第一及第二信賴界限設定之半徑的橢圓之外，以及如果是這樣，則識別要從該子集排除之該感測 ECG 軌跡段。

**【0008】**判定該第一及第二信賴界限可以包括分別將 Hotelling  $T^2$  統計量應用至該第一及第二主成分分數。

**【0009】**將 Hotelling  $T^2$  統計量應用至該第一及第二主成分分數可以包括在至少約 95% 的信賴度下使用 F 分佈的臨界值。

**【0010】**根據已識別的該等對應感測 ECG 軌跡段中之該至少一者來判定該代表性 ECG 軌跡可以包括平均在該子集中包括之該等對應感測 ECG 軌跡段。

**【0011】**識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段可以包括識別在該等感測 ECG 軌跡段中之各自共同特徵；以及相對於已識別的該等共同特徵，識別該複數個感測 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間。

【0012】識別該等各自共同特徵可以包括識別該等感測 ECG 軌跡段的每一者中之各自 R 尖峰波。

【0013】該方法可以包括產生表示該一個以上的診斷相關分數之信號，以便使至少一個顯示器顯示該一個以上的診斷相關分數之表示。

【0014】該至少一個類神經網路分類器可以包括一 BrS 類神經網路分類器。

【0015】該方法可以包括訓練該至少一個類神經網路分類器，該訓練包括接收複數組訓練 ECG 軌跡，其中每組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內複數個訓練病患中之各自相關訓練病患的感測心臟活動；針對每組訓練 ECG 軌跡，接收與該組訓練 ECG 軌跡相關聯之該訓練病患的一各自診斷；以及針對該等訓練 ECG 軌跡中之每一者：識別複數個對應訓練 ECG 軌跡段，該等訓練 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段訓練時間中之一時段內的病患心臟活動；以及根據已識別的該等對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性訓練 ECG 軌跡。該訓練可以包括使用該等代表性訓練 ECG 軌跡及該等診斷來訓練該至少一個類神經網路分類器。

【0016】依據各種實施例，提供一種輔助心電圖（「ECG」）分析之電腦實施方法，該方法包括接收複數組訓練 ECG 軌跡，其中每組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內複數個訓練病患的各自相關訓練病患之感測心臟活動；針對每組訓練 ECG 軌跡，接收與該組訓練 ECG 軌跡相關聯之該訓練病患的一各自診斷；以及針對

該等訓練 ECG 軌跡中之每一者：識別複數個對應訓練 ECG 軌跡段，該等訓練 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段訓練時間中之一時段內的病患心臟活動；以及根據該等已識別對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性訓練 ECG 軌跡。該方法包括使用該等代表性訓練 ECG 軌跡及該等診斷來訓練至少一個類神經網路分類器，該至少一個類神經網路分類器配置成輸出與至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。

**【0017】**判定該代表性訓練 ECG 軌跡可以包括識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段的一子集，該子集排除該複數個對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者；以及根據已識別的該子集來判定該代表性訓練 ECG 軌跡。

**【0018】**識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段的該子集可以包括將主成分分析應用至該複數個對應訓練 ECG 軌跡段，以判定與該等對應訓練 ECG 軌跡段中之每一者相關聯的一組相應主成分分數；以及比較該等主成分分數，以識別要從該子集排除之該複數個對應訓練 ECG 軌跡段中之該至少一者。

**【0019】**每組主成分分數可以包括一第一主成分分數及一第二主成分分數，以及比較該等主成分分數可以包括分別從該第一及第二主成分分數判定一第一信賴界限及一第二信賴界限；以及針對該等對應訓練 ECG 軌跡段中之每一者，將與該訓練 ECG 軌跡段相關聯之該第一及第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較。

【0020】將與該訓練 ECG 軌跡段相關聯之該第一第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較可以包括判定該第一及第二主成分分數是否在具有由該第一及第二信賴界限設定之半徑的橢圓之外，以及如果是這樣，則識別要從該子集排除之該訓練 ECG 軌跡段。

【0021】判定該第一及第二信賴界限可以包括分別將 Hotelling  $T^2$  統計方程式應用至該第一及第二主成分分數。

【0022】將 Hotelling  $T^2$  統計方程式應用至該第一及第二主成分分數可以包括在至少約 95% 的信賴度下使用 F 分佈的臨界值。

【0023】根據已識別的該等對應訓練 ECG 軌跡段中之該至少一者來判定該代表性 ECG 軌跡包括平均在該子集中包括之該等對應訓練 ECG 軌跡段。

【0024】識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段可以包括識別在該等訓練 ECG 軌跡段中之各自共同特徵；以及相對於已識別的該等共同特徵，識別該複數個訓練 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間。

【0025】識別該等各自共同特徵可以包括識別該等訓練 ECG 軌跡段的每一者中之各自 R 尖峰波。

【0026】該至少一個類神經網路分類器可以包括一 BrS 類神經網路分類器，以及其中所接收的每個診斷皆包括一 BrS 診斷。

【0027】依據各種實施例，提供一種用於輔助心電圖（「ECG」）分析之系統，包括至少一個處理器，其配置成用於執行上述任何一個方法。

【0028】依據各種實施例，提供一種非暫時性電腦可讀取媒體，在其上儲存有代碼，該等代碼在由至少一個處理器執行時使該至少一個處理器執行上述任何一個方法。

【圖式簡單說明】

【0029】在示例本發明的實施例之附圖中，

圖 1 係依據各種實施例之用於輔助心電圖（「ECG」）分析或分類的系統之示意圖；

圖 2 係圖 1 所示之系統的 ECG 分析儀之示意圖，ECG 分析儀包括依據各種實施例的處理器電路；

圖 3 係描繪依據各種實施例之用於指示圖 1 中所示之系統的 ECG 分析儀執行輔助的 ECG 分析功能之代碼塊的流程圖；

圖 4 係依據各種實施例之可以使用在圖 1 所示的系統中之例示性感測 ECG 軌跡記錄的表示；

圖 5 係描述依據各種實施例可以包含在圖 3 所示之代碼塊中的代碼塊之流程圖；

圖 6 係依據各種實施例之可以使用在圖 1 所示之系統中的例示性 R 尖峰波識別符記錄之表示；

圖 7 係依據各種實施例之可以使用在圖 1 所示之系統中的例示性感測 ECG 軌跡段記錄之表示；

圖 8 係描述依據各種實施例可以包含在圖 3 所示之代碼塊中的代碼塊之流程圖；

圖 9 係描述依據各種實施例可以包含在圖 3 所示之代碼塊中的代碼塊之流程圖；

圖 10 係顯示依據各種實施例之可以在圖 1 所示之系統中的信賴橢圓之繪圖的表示；

圖 11 係依據各種實施例之可以使用在圖 1 所示之系統中的例示性代表性 ECG 軌跡記錄之表示；

圖 12 係依據各種實施例之可以使用在圖 1 所示之系統中的 BrS 診斷類神經網路分類器的表示；

圖 13 係依據各種實施例之用於輔助包含類神經網路訓練的 ECG 分析之系統的示意圖；

圖 14 係依據各種實施例之包括處理器電路的圖 13 所示之系統的 ECG 類神經網路訓練器之示意圖；

圖 15 係描繪依據各種實施例之用於指示圖 13 所示之系統的 ECG 類神經網路訓練器執行輔助的 ECG 類神經網路訓練功能之代碼塊的流程圖；

圖 16 係依據各種實施例之可以使用在圖 13 所示之系統中的例示性訓練 ECG 軌跡記錄之表示；

圖 17 係依據各種實施例之可以使用在圖 13 所示之系統中的例示性診斷記錄之表示；

圖 18 係依據各種實施例之可以在圖 13 所示之系統中的例示性代表性訓練 ECG 軌跡記錄之表示；

圖 19 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示；

圖 20 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示；

圖 21 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示；

圖 22 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示；

圖 23 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示；以及

圖 24 係依據各種實施例之病患的基準 ECG 及在考驗病患之後獲得的 ECG 之表示。

### 【實施方式】

**【0030】**在過去的 30 年中，由於人們逐漸意識到改善心臟健康的飲食及生活方式措施，心血管疾病的死亡率已有所下降。儘管有這樣的進步，但心血管疾病的問題仍然存在，造成全世界每年 1,700 萬人死亡。這些死亡中約有四分之一是以稱為心臟性猝死 (SCD) 之意外的心臟功能喪失來發生。在沒有事先存在心臟病的情況下，SCD 可能會在沒有預警下發生。在這些死亡中，多達三分之一的死亡是以稱為布魯格達氏症候群 (Brugada Syndrome, BrS) 之有症狀或無症狀心臟遺傳疾病的表現方式來發生。

**【0031】**醫療從業者通常依賴心電圖 (ECG) 分析作為一種病理工具來對 ECG 波形進行分類，以協助診斷心臟症候群、疾病及 / 或異常。不幸地，由一些已知系統提供之病患的原始 ECG 在不到 20% 的病例中呈現為 BrS 的診斷。其餘的 BrS 陽性個體可能表現出各種的 ECG 異常。此外，在心臟驟停之後仍然存活之多達一半的 BrS 病患對醫療專業人員呈現完全正常的心電圖。因此，大多數 BrS 個體仍尚未診斷出。

【0032】甚至對於有症狀的病患，已知的心電圖分析技術需要專家來檢視及分析原始 ECG，並使用其專業判斷來做出診斷。然而，專家的觀察有時無法識別出原始 ECG 軌跡的一些隱微特性，這些隱微特性可能表示特定的診斷。與專家的聯繫可能受到限制及/或是昂貴的，依靠任何人來識別 ECG 中之非明顯型態可能產生不一致的診斷結果。此外，使用一些已知的 ECG 系統可能導致緩慢、昂貴、不安全及/或不準確的診斷。

【0033】於是，為了揭露 Brugada ECG 型態並獲得對具有 BrS 家族史之病患的狀態之準確診斷，通常需要施用引起疾病固有的 ECG 異常之鈉離子通道阻斷劑的藥物。然而，這樣的藥物可能導致危及生命的心律不整，這意味著這種診斷方法只能在有適當配備的手術室中進行。這些安全問題大大地限制當前診斷系統的普遍適用性，最終使尚未診斷出 BrS 的受試者暴露於 SCD 風險中。參考圖 1，提供依據各種實施例之用於輔助心電圖（「ECG」）分析或分類之系統 10。系統 10 包括與 ECG 資料源 14 及顯示器 16 連接之電腦實施 ECG 分析儀 12。

【0034】在各種實施例中，系統 10 可以配置成使用 ECG 資料來協助診斷 BrS。然而，在各種實施例中，系統 10 或通常相似於系統 10 的系統可以用於協助診斷一種以上的症候群、異常及/或原發性心電疾病 (primary electrical diseases)，例如，布魯格達氏症候群 (BrS)、早期再極化症候群 (early repolarization syndrome, ERS)、長 QT 症候群 (long QT syndrome, LQTS)、短 QT

症候群 (short QT syndrome, SQTs) 及 / 或其它可能分析的特發性異常 (analytic, possibly idiopathic disorders)。在一些實施例中，可以藉由一起使用系統 10 與其它診斷技術來達到診斷。例如，在一些實施例中，系統 10 可以用於提供非侵入性篩檢程序。在各種實施例中，這種針對 BrS 的非侵入性篩檢試驗每年可以挽救一百萬條生命。

**【0035】** 在一些實施例中，系統 10 可以包括在不需使用藥物來引發 ECG 反應的情況下輔助根據 ECG 資料來進行一種以上的症候群、疾病及 / 或異常 (例如，BrS) 的診斷之特徵。例如，在一些實施例中，系統 10 可以在不需要病患使用諸如鈉離子通道阻斷劑 (例如，阿馬林 (ajmaline)、氟卡尼 (flecainide)、比西卡尼 (pilsicainide) 或普魯卡因胺 (procainamide)) 的藥物之情況下輔助根據 ECG 資料來進行 BrS 診斷。於是，系統 10 可以輔助用於在不需要使用潛在的致死性藥物之情況下根據 ECG 資料進行 BrS 的非侵入性診斷或指示 BrS 的可能性之電腦輔助方法。

**【0036】** 在本文描述的一些實施例中，系統 10 可以配置成協助根據由以 ECG 資料訓練的深度學習模型所識別的常規 ECG 軌跡資料中的型態來進行 BrS 診斷。在各種實施例中，系統 10 可以適合於整合在當前及未來的 ECG 記錄裝置中，這可以使它們能夠提供自動化且獨立於操作員的診斷。在一些實施例中，來自各種醫療裝置 (包括可植入及可穿戴裝置以及固定及可攜式臨床及家

庭監視器)的 ECG 信號可以滿足系統的需求，以輔助與 BrS 或其它心律不整性心肌病變 (arrhythmogenic cardiomyopathy) 相關的心律不整信號之診斷及 / 或識別。在一些實施例中，系統 10 可以配置成處理由消費者可穿戴裝置 (例如，智慧型手錶、智慧型手機及 / 或其它多用途電子產品) 產生的 ECG 信號，以協助 BrS 及 / 或其它隱形心律不整病狀的診斷。參考圖 1，在各個實施例中，ECG 資料源 14 可以配置成向 ECG 分析儀 12 提供表示病患的一個或多個感測 ECG 軌跡之 ECG 資料，每個感測 ECG 軌跡表示在一段感測時間內的感測病患心臟活動。例如，在一些實施例中，ECG 資料源 14 可以包括 ECG 感測器系統，ECG 感測器系統配置成使用耦接至病患的感測器或導程 (leads) 來捕獲 ECG 資料。例如，在一些實施例中，ECG 資料源 14 可以包括耦接至病患且配置成感測 ECG 資料的 12 條導程，因此，ECG 資料可以表示病患的 12 個感測 ECG 軌跡。在各種實施例中，可以使用替代數量的導程及 / 或 ECG 軌跡。ECG 分析儀 12 可以從 ECG 資料源 14 接收表示病患之一個以上的感測 ECG 軌跡之 ECG 資料。在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以將 ECG 資料儲存在記憶體中。

**【0037】** 然後，ECG 分析儀 12 可以針對一個以上的感測 ECG 軌跡中之每一者識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，每個感測 ECG 軌跡段表示在這段感測時間中的一個時段內之病患的感測病患心臟活動，並且根據已識別對應感應 ECG 軌跡段中的至少一者來判定一個代表性

ECG 軌跡。在一些實施例中，可以選擇感測 ECG 軌跡段，使得每個 ECG 軌跡段表示單個心跳的感測 ECG 資料。在各種實施例中，每個 ECG 軌跡段可以大體上是相似的，並具有重複的特徵。

**【0038】**在各個實施例中，識別彼此對應且大體上相似的感測 ECG 軌跡段，然後根據已識別 ECG 軌跡段判定代表性 ECG 軌跡，這樣可以幫助 ECG 分析儀 12 使代表性 ECG 軌跡表示在 ECG 軌跡段中重複的特徵，進而可減少由例如因電子干擾或無關的患病運動而產生之雜訊及/或像差所引起的失真。

**【0039】**在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以藉由識別感測 ECG 軌跡段中之共同特徵並相對於已識別共同特徵識別複數個感測 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間來識別軌跡段。例如，在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以識別每個軌跡段的 R 尖峰波，並且相對於已識別 R 尖峰波識別軌跡段的開始時間及結束時間。在各種實施例中，識別每個軌跡段的共同特徵(例如，R 尖峰波)可以允許 ECG 分析儀 12 使 ECG 軌跡段排成列或同步，以致於不管每個 ECG 軌跡段的開始時間如何，可以比較 ECG 軌跡段。在各種實施例中，這可以有助於判定可更好地反映包含在 ECG 軌跡段中之共同特徵的代表性 ECG 軌跡。

**【0040】**在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以僅使用包含在每個軌跡中之 ECG 軌跡段的一個子集來判定或產生代表性 ECG 軌跡。例如，在一些實施例中，ECG 分

析儀 12 可以忽視與其它 ECG 軌跡段相比被認為是表示異常 ECG 資訊的 ECG 軌跡段。在各種實施例中，藉由僅使用 ECG 軌跡段的一個子集來判定代表性 ECG 軌跡，ECG 分析儀 12 可以獲得在不考慮異常 ECG 軌跡段的情況下產生的代表性 ECG 軌跡，並且這可以導致代表性 ECG 軌跡為 ECG 軌跡段中之重複特徵的指標。在各種實施例中，這可以輔助可用於協助診斷的系統 10 提供更準確的分數及/或指示。

**【0041】** 在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以藉由平均 ECG 軌跡段來判定代表性 ECG 軌跡。在各種實施例中，藉由平均 ECG 軌跡段，可以突顯軌跡段中之重複特徵的影響，而可以最小化軌跡段的不規則特徵的影響。

**【0042】** 在各種實施例中，一個以上的個感測 ECG 軌跡可以包括 12 個感測 ECG 軌跡，因此 ECG 分析儀 12 可以判定 12 個代表性 ECG 軌跡。 ECG 分析儀 12 可以將判定的代表性 ECG 軌跡儲存在記憶體中。在各種實施例中，12 個代表性 ECG 軌跡中之每一者可以表示 12 個感測 ECG 軌跡中之重複特徵。在一些實施例中，由於 ECG 分析儀 12 在判定 12 個代表性 ECG 軌跡中所執行的處理，這些軌跡可以在判定病患的診斷相關分數中充當類神經網路分類器或函數的最佳輸入。

**【0043】** 在各種實施例中，ECG 分析儀 12 可以使至少一個類神經網路分類器或函數應用於一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與病患的診斷有關之一個以

上的診斷相關分數。例如，在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以在其中儲存定義 BrS 診斷神經網路分類器的資料，所述神經網路分類器可以配置成在其輸入中包括 12 個代表性 ECG 軌跡，並輸出診斷分數，例如，BrS 診斷分數。在一些實施例中，診斷分數可以是在疾病及 / 或異常的機器診斷中之電腦判定信賴度的統計表示。例如，在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以配置成使 BrS 診斷神經網路分類器以 0 與 1 之間的小數來輸出 BrS 診斷分數，接近 0 的小數表示對 BrS 的陰性診斷之高信賴度(亦即，病患沒有 BrS)，接近 1 的分數表示 BrS 的陽性診斷之高信賴度(亦即，病患確實有 BrS)，介於兩者之間的分數表示信賴度的變化程度。在一些實施例中，一個以上的診斷相關分數可以表示一個疾病狀態分類器分數，其可以用於將病患分類為在特定疾病狀態內。

**【0044】** 在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以使 BrS 診斷類神經網路分類器應用於先前判定之 12 個代表性 ECG 軌跡，以判定 BrS 診斷分數。ECG 分析儀 12 可以將 BrS 診斷分數儲存在記憶體中。

**【0045】** 在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以產生表示一個以上的診斷相關分數之信號，以便使分數的表示由顯示器 16 來顯示。例如，在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以產生用於使表示分數的 0 至 1 之間的數字(其可以表示診斷概率)例如顯示在顯示器 16 上之信號。

【0046】在一些實施例中，顯示器 16 可由病患及/或醫療專業人員來觀看。在各種實施例中，可以根據診斷相關分數的顯示表示來採取行動，這可以幫助防止將來威脅生命的事件。例如，指示病患極有可能患有 BrS 的 BrS 診斷分數可能導致醫師執行或修改其它診斷及/或治療程序。

【0047】在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以配置成根據一個以上的診斷相關分數來產生信號，以便使得外部或植入式去顫器或心臟起搏器的功能得到調節。

【0048】在一些實施例中，為了監測診斷及治療程序，顯示器 16 及/或系統 10 中之任何一個或全部可以包含在手術室中，以有助於加強對手術室中之病患的診斷或治療程序之監測，其包括加強對診斷性藥物劑量反應或在介入性程序(其包括例如導管燒灼術 (catheter ablation))之後的治療結果之監測。

【0049】在一些實施例中，顯示器 16 及/或系統 10 中之任何一個或全部可以包含在連續的心臟監測系統中，以有助於例如非臥床或久坐病患的原發性電子異常心律不整的檢測。

【0050】在一些實施例中，顯示器 16 及/或系統 10 中之任何一個或全部可以包含在連續的心臟監測系統中，以有助於對整夜的原發性電子異常心律不整之適當應變人員的警示。

【0051】在各種實施例中，顯示器 16 及/或系統 10 中之任何一個或全部可以包含在各種替代或附加環境中，以便提醒病患注意所判定之一個以上的診斷相關分數。

### [ECG 分析儀 - 處理器電路]

**【0052】**現在參考圖 2，顯示依據各種實施例的圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 之示意圖。參考圖 2，ECG 分析儀 12 包括處理器電路(其包括分析儀處理器 100 及程式記憶體 102)、儲存記憶體 104 以及輸入/輸出 (I/O) 介面 112，所有這些電路皆與分析儀處理器 100 連接。在各種實施例中，分析儀處理器 100 可以包括一個以上的處理單元，例如，一個中央處理單元 (CPU)、一個圖形處理單元 (GPU) 及 / 或一個現場可程式閘陣列 (FPGA)。在一些實施例中，本文所述之 ECG 分析儀 12 的任何或所有功能可以使用一個以上的 FPGA 來實施。

**【0053】**I/O 介面 112 包括用於與 ECG 資料源 14 連接的介面 120 及用於與顯示器 16 連接的介面 122。在一些實施例中，I/O 介面 112 亦可以包括用於有助於經由網路(例如，網際網路)進行網路連接之附加介面。在一些實施例中，介面 120 及 / 或 122 中之任何一個或全部可以有助於無線或有線通信。在一些實施例中，圖 2 所示之每個介面可以包括一個以上的介面，及 / 或包含在 I/O 介面 112 中的一些或全部介面可以被實施為組合介面或單個介面。

**【0054】**在一些實施例中，在本文中將裝置描述為接收或傳送資訊的情況下，可以理解的是，所述裝置經由裝置的一個介面接收表示資訊的信號，或者產生表示資訊的信號並經由裝置的一個介面將信號傳送至另一裝置。

**【0055】**用於指示分析儀處理器 100 執行各種功能的處理器可執行程式代碼儲存在程式記憶體 102 中。參考圖 2，程式記憶體 102 包含代碼塊 170，用於指示 ECG 分析儀 12 執行輔助的 ECG 分析功能。在本說明書中，可以說某些編碼實體(例如，應用程式或模組)執行某些功能。在本文中，當將應用程式、模組或編碼實體描述為採取動作以作為例如功能或方法的一部分時，藉由定義或構成應用程式的一部分之可程式代碼或處理器可執行代碼或指令來指示至少一個處理器(例如，分析儀處理器 100)採取動作。

**【0056】**儲存記憶體 104 包括複數個儲存位置，其包括用於儲存感測 ECG 資料的位置 140、用於儲存 R 尖峰波識別符資料的位置 142、用於儲存感測 ECG 軌跡段資料的位置 144、用於儲存主成分資料的位置 145、用於儲存 ECG 軌跡段子集資料的位置 146、用於儲存代表性 ECG 軌跡資料的位置 148、用於儲存類神經網路資料的位置 150、用於儲存病患資料的位置 152 以及用於儲存診斷分數資料的位置 154。在各種實施例中，複數個儲存位置可以儲存在儲存記憶體 104 的資料庫中。

**【0057】**在各種實施例中，代碼塊 170 可以整合成單個代碼塊中，或者代碼塊 170 的部分可以包括儲存在程式記憶體 102 內之一個以上的各自位置中之一個以上的代碼塊。在各種實施例中，位置 140-154 中之任何或全部位置可以整合成一體及/或每個位置可以在儲存記憶體 104 中包括一個以上的各自位置。

**【0058】**程式記憶體 102 及儲存記憶體 104 中之每一個可以使用一個以上的儲存裝置來實施，其包括隨機存取記憶體 (RAM)、硬式磁碟機 (HDD)、固態硬碟 (SSD)、網路磁碟機、快閃記憶體、記憶棒或卡、任何其它形式的非暫時性電腦可讀取記憶體或儲存媒體及 / 或其組合。在一些實施例中，程式記憶體 102、儲存記憶體 104 及 / 或其任何部分可以例如包含在與 ECG 分析儀 12 分離且經由 I/O 介面 112 與 ECG 分析儀 12 連接的裝置中。在一些實施例中，可以使用複數個處理器及 / 或複數個裝置來實施本文所述之分析儀處理器 100 及 / 或 ECG 分析儀 12 的功能，所述複數個處理器及 / 或複數個裝置可以是例如經由各自介面及 / 或網路 (例如，網際網路) 來進行通信的不同裝置。

[ECG 分析儀操作]

**【0059】**如上所述，在各種實施例中，圖 1 及 2 所示之 ECG 分析儀 12 可以配置成輔助 ECG 分析。參考圖 3，通常以元件符號 200 來表示流程圖，所述流程圖描繪用於依據各種實施例指示圖 2 所示之分析儀處理器 100 執行輔助的 ECG 分析功能之代碼塊。例如，流程圖 200 中包含的代碼塊可以例如在圖 2 所示之程式記憶體 102 的代碼塊 170 中進行編碼。參考圖 3，流程圖 200 從代碼塊 202 開始，代碼塊 202 指示分析儀處理器 100 接收病患之一個以上的感測 ECG 軌跡，每個感測 ECG 軌跡表示在一段感測時間內之感測病患心臟活動。

【0060】在一些實施例中，ECG 資料源 14 可以包括 ECG 監測器或感測器系統，ECG 監測器或感測器系統包括耦接至病患的 12 條導程。這 12 條導程可以位於病患身上，以從病患心臟之 12 個不同的電位置提供描記 (tracing)。例如，在一些實施例中，這 12 條導程可以包括三條雙極肢體導程、3 條單極肢體導程及 6 條單極胸部導程。在各種實施例中，隨著病患的心跳，這 12 條導程中之每條導程都可以感應電壓。感測電壓隨時間的表示可以被視為感測 ECG 軌跡。在一些實施例中，ECG 資料源 14 可以產生及/或儲存相應的感測 ECG 軌跡記錄，對於 12 個感測 ECG 軌跡中的每一個，其示例性表示以圖 4 中之元件符號 260 來表示。

【0061】參考圖 4，在一些實施例中，ECG 軌跡記錄 260 可以包括一個用於儲存導程標別符的導程標別符欄位 262，其中導程標別符用於識別感測到 ECG 軌跡所用的導程；以及複數個感測 ECG 電壓欄位 264，每個欄位 264 儲存代表在一個特定時間所感應到的電壓之數值。在一些實施例中，每個感測 ECG 電壓欄位 264 可以例如根據 ECG 軌跡記錄 260 中之感測 ECG 電壓欄位的順序或位置與各自的時間相關聯。在一些實施例中，例如，這些感測 ECG 電壓欄位 264 可以表示以 2,000Hz 或 0.5ms 間隔測量的電壓，因此第一感測 ECG 電壓欄位可以與 0ms 的時間相關聯，並且每個隨後的感測 ECG 電壓欄位可以以 0.5ms 的增量與各自的時間相關聯。在各種實施例中，可以使用替代的取樣頻率，例如，500Hz 或可以

有助於心跳的特徵之有意義的表示之另一個頻率。在一些實施例中，ECG 軌跡記錄 260 的這些感測 ECG 電壓欄位 264 可以表示在一段跨越測量的被選持續時間之時間內的電壓。在一些實施例中，測量的持續時間可以由 ECG 資料源 14/或 ECG 分析儀 12 的操作人員來選擇。在一些實施例中，這段時間例如可以是大約 60 秒。在一些實施例中，可以使用用於感測 ECG 軌跡記錄 260 的其它段時間，以致於可以提供可靠的輸出。例如，在一些實施例中，這段時間可以是大約 10-20 秒、20-30 秒或幾秒。

**【0062】** 在一些實施例中，這些感測 ECG 電壓欄位 264 可以儲存表示 0.0001mV 的刻度之整數值，以致於可以藉由除以 10,000 將整數值轉換為測量的 mV。

**【0063】** 返回參考圖 3，代碼塊 202 可以指示分析儀處理器 100 接收 12 個感測 ECG 軌跡記錄的表示，每個記錄具有與圖 3 所示之感測 ECG 軌跡記錄 260 大致相似的格式，並且將感測 ECG 軌跡記錄儲存在儲存記憶體 104 的位置 140 中。例如，在一些實施例中，代碼塊 202 可以指示分析儀處理器 100 經由圖 2 所示之 I/O 介面 112 的介面 120 接收感測 ECG 軌跡記錄的表示。在一些實施例中，代碼塊 202 可以指示分析儀處理器 100 使用例如 SQL 資料庫來儲存感測 ECG 軌跡記錄。

**【0064】** 參考圖 3，在代碼塊 202 已經被執行之後，分析儀處理器 100 可以繼續進行代碼塊 204、206 及 208，代碼塊 204、206 及 208 可以指示分析儀處理器 100

考慮這些感測 ECG 軌跡中之一，以分割所考慮的 ECG 軌跡，並根據這些段中之至少一者來判定代表性 ECG 軌跡。在各種實施例中，可以針對在代碼塊 202 處接收到之一個以上的感測 ECG 軌跡中之每一者執行代碼塊 204、206 及 208，以致於為所接收到的每個感測 ECG 軌跡判定代表性 ECG 軌跡。

**【0065】**代碼塊 204 指示分析儀處理器 100 將一個以上的感測 ECG 軌跡中之一者視為受試者感測 ECG 軌跡。例如，在一些實施例中，在代碼塊 204 的第一次執行時，代碼塊 204 可以指示分析儀處理器 100 將由圖 4 所示之感測 ECG 軌跡記錄 260 表示之感測 ECG 軌跡視為受試者感測 ECG 軌跡。

**【0066】**參考圖 3，代碼塊 206 接著指示分析儀處理器 100 針對受試者感測 ECG 軌跡，識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，每個感測 ECG 軌跡段表示這段感測時間的一時段內病患的感測病患心臟活動。在一些實施例中，代碼塊 206 可以指示分析儀處理器 100 將這個感測 ECG 軌跡的複數段識別為感測 ECG 軌跡段。在一些實施例中，這些感測 ECG 軌跡段可以被識別，使得它們通常包括相似或重複的特徵。在一些實施例中，代碼塊 204 可以指示分析儀處理器 100 將感測 ECG 軌跡段的表示儲存在儲存記憶體 104 的位置 144 中。

**【0067】**參考圖 5，顯示流程圖 300，流程圖 300 描繪在各種實施例中可以包含在圖 3 所示之代碼塊 206 中的代碼塊。流程圖 300 從代碼塊 302 開始，代碼塊 302 指

示分析儀處理器 100 識別在感測 ECG 軌跡段中的各自共同特徵。

**【0068】** 在一些實施例中，代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 先處理由感測 ECG 軌跡記錄 260 表示的資訊，以符合指定格式。例如，在一些實施例中，代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 使用傅立葉分析及/或另一種形式的諧波分析，結合一個以上的無限脈衝響應濾波器及/或其它數位濾波器，對所感測 ECG 軌跡記錄實施去雜訊及背景抑制。在一些實施例中，所識別的共同特徵可以是每個感測 ECG 軌跡段的 R 尖峰波，並且代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 識別每個感測 ECG 軌跡段中的相應 R 尖峰波。在一些實施例中，代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 應用小波分解演算法，例如，離散、連續、未抽取、固定或最大重複離散小波轉換，以檢測由感測 ECG 軌跡記錄 260 表示之 QRS 複合波的時間位置，QRS 複合波係在典型 ECG 軌跡上看到的三個圖形變位之組合。QRS 複合波可能是描記的中心且在視覺上最明顯的部分(亦即，在 ECG 線上看到的主要波尖)。QRS 複合波可能對應於人體心臟的左右心室之去極化及大心室肌的收縮。

**【0069】** 在各種實施例中，代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 將表示每個檢測到的 QRS 複合波之各自 R 尖峰波的時間位置之時間識別符儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中。例如，在一些實施例中，代碼塊 302 可以指示分析儀處理器 100 將如圖 6 所示之 R 尖峰波識別

符記錄 340 儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中。參考圖 6，R 尖峰波識別符記錄 340 包括一個用於儲存導程標別符的導程標別符欄位 341，其中導程標別符用於識別感測到 ECG 軌跡所用的導程；以及用於儲存時間識別符的複數個 R 尖峰波識別符欄位 342，其中時間識別符識別來自圖 4 中所示之感測 ECG 軌跡記錄 260 之每個識別的 R 尖峰波之時間位置。例如，參考圖 6，R-尖峰波識別符記錄 340 包括第一 R-尖峰波識別符欄位 344，第一 R-尖峰波識別符欄位 344 儲存一個整數值，所述整數值識別在感測 ECG 軌跡記錄 260 內與第一已識別 R-尖峰波相對應的位置。在一些實施例中，儲存 1779 的數值之第一 R 尖峰波識別符欄位 344 指示感測 ECG 軌跡記錄 260 的第 1779 個感測 ECG 電壓欄位表示與一個 R 尖峰波相關聯的電壓。儲存 3606 的數值之第二 R 尖峰波識別符欄位 346 指示感測 ECG 軌跡記錄 260 的第 3606 個感測 ECG 電壓欄位表示與一個 R 尖峰波相關聯的電壓。

**【0070】**然後，代碼塊 304 指示分析儀處理器 100 相對於已識別共同特徵來識別複數個感測 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間。在一些實施例中，代碼塊 304 可以指示分析儀處理器 100 根據 R 尖峰波識別符將感測 ECG 軌跡記錄分段成標準的時間窗口 (temporal windows)，每段窗口以 QRS 複合波的 R 尖峰波為中心。在各種實施例中，一個窗口的時間長度可能已經被預先設定並儲存在例如儲存記憶體 104 中。例

如，在一些實施例中，可以將一個窗口的時間長度設定為一個時間，以致於包含在窗口中之以 ECG 軌跡段的 R 尖峰波為中心的特徵將提供足夠的資訊給一個特定診斷類神經網路分類器，以輸出一個特定診斷分數，例如，一個 BrS 診斷，使例如一個 BrS 診斷類神經網路分類器能夠輸出 BrS 診斷分數。在各種實施例中，例如，窗口的時間長度在 2,000Hz 的取樣率下可以是大約 750ms 或大約 1,500 個 ECG 軌跡資料點。在一些實施例中，時間長度可能已經根據經驗被判定為足以用於捕獲一個心跳而不與相鄰的心跳重疊。

**【0071】**在各種實施例中，代碼塊 304 可以指示分析儀處理器 100 藉由從每個 R 尖峰波識別符分別減去及添加窗口的時間長度之一半來識別開始時間及結束時間。例如，在一些實施例中，由圖 6 所示之第一 R 尖峰波識別符欄位 344 識別之 R 尖峰波的開始時間可以被識別為  $1779 - (1500/2) = 1029$ ，並且由第一 R 尖峰波識別符欄位 344 識別之 R 尖峰波的結束時間可以被識別為  $1779 + (1500/2) = 2529$ 。其它實施例可以將 R 尖峰波放置在心跳窗口中的其它位置，例如，開始時間為  $1779 - (2 \times 1500/5) = 1179$ 。

**【0072】**在各種實施例中，藉由識別共同特徵然後相對於共同特徵來識別開始時間及結束時間可以有助於識別通常包括相似或重複特徵的感測 ECG 軌跡段，這可以有助於異常值及/或相似或重複特徵之識別。

【0073】代碼塊 304 可以指示分析儀處理器 100 將依據所判定的開始時間及結束時間產生之複數個感測 ECG 軌跡段記錄儲存在儲存記憶體 104 的位置 144 中。在圖 7 中顯示可以根據儲存在第一 R 尖峰波識別符欄位 344 中且儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中之數值產生的一個示例性感測 ECG 軌跡段記錄 380。感測 ECG 軌跡段記錄 380 包括用於儲存可識別導程之導程識別符的一個導程識別符欄位 382、用於儲存可識別段之段識別符的一個段識別符欄位 384 以及儲存從圖 4 所示之感測 ECG 軌跡記錄 260 的第 1029 至第 2529 個 ECG 電壓欄位取得之數值的複數個感測 ECG 電壓欄位 386。

【0074】返回參考圖 3，代碼塊 208 指示分析儀處理器 100 根據已識別對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一個代表性 ECG 軌跡。在一些實施例中，代碼塊 208 可以指示分析儀處理器 100 識別儲存在儲存記憶體 104 的位置 144 中之 ECG 軌跡段記錄的一個子集。在一些實施例中，代碼塊 208 可以指示分析儀處理器 100 藉由平均包含在這個子集中之 ECG 軌跡段記錄來產生這個代表性 ECG 軌跡。在各種實施例中，代碼塊 208 可以指示分析儀處理器 100 將這個代表性 ECG 軌跡儲存在儲存記憶體 104 的位置 146 中。

【0075】參考圖 8，顯示流程圖 420，流程圖 420 描繪依據各種實施例包含在代碼塊 208 中的代碼塊。流程圖 420 從代碼塊 422 開始，代碼塊 422 指示分析儀處理器 100 識別複數個對應感測 ECG 軌跡段的一個子集，所述子集排除複數個對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者。

【0076】在各種實施例中，藉由識別排除複數個對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者的一個子集，可以從要使用類神經網路分類器處理的資料中移除異常值。在各種實施例中，這可以有助於在不考慮異常 ECG 軌跡段的情況下判定代表性 ECG 軌跡，並且這可以導致代表性 ECG 軌跡成為 ECG 軌跡段中之重複特徵的更好指標。在各種實施例中，這可以有助於 ECG 分析儀 12 進行更快及/或更準確的分析。

【0077】在一些實施例中，代碼塊 422 可以指示分析儀處理器 100 使用非監督式多變量分類(例如，主成分分析(PCA))來將由儲存在儲存記憶體 104 的位置 144 中之特定導程及病患的 ECG 軌跡段記錄所定義之 ECG 段矩陣分解成包括正交基底的低維空間，其中每個維度表示對資料集中之總變異數(overall variance)的獨特且獨立的貢獻。代碼塊 422 可以指示分析儀處理器 100 接著分析多變量分類的結果，以識別要從這個子集排除之至少一個感測 ECG 軌跡段。

【0078】參考圖 9，提供流程圖 440，流程圖 440 描繪在各種實施例中可以包含在圖 8 所示之流程圖 420 的代碼塊 422 中之代碼塊。流程圖 440 從代碼塊 442 開始，代碼塊 422 指示分析儀處理器 100 將主成分分析應用於複數個對應感測 ECG 軌跡段，以判定與每個對應感測 ECG 軌跡段相關聯之一各自組的主成分分數。在已經執行代碼塊 442 之後，根據此正交基底，每個病患-導程組合的 ECG 段記錄可以用主成分分數及負荷來表達。

**【0079】** 在一些實施例中，代碼塊 442 可以指示分析儀處理器 100 將得到的主成分分數儲存在儲存記憶體 104 的位置 145 中。在一些實施例中，代碼塊 442 可以指示分析儀處理器 100 將與每個 ECG 軌跡段相關聯之 3 個主成分分數儲存在儲存記憶體 104 的位置 145 中。例如，在一些實施例中，可以將 3-分量主成分分析應用於每個導程的 ECG 軌跡段，以產生每個 ECG 軌跡段的分數及負荷，其表示在正交基底中的轉換資料。在一些實施例中，可以使用諸如 Python 語言及 Python 程式庫、sklearn 的軟體來執行代碼塊 442。在一些實施例中，主成分分數可以作為浮動值矩陣儲存在儲存記憶體 104 的位置 145 中。

**【0080】** 返回參考圖 9，代碼塊 444 指示分析儀處理器 100 比較主成分分數，以識別要從子集排除之複數個對應感測 ECG 軌跡段中的至少一者。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 從儲存記憶體 104 的位置 145 檢索主成分分數並計算主成分分數的共變異數之統計量。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 計算 Hotelling 的  $T^2$  統計量，例如使用 PCA 槓桿 (leveraging) 及 / 或 聚類 (clustering) 計算。

**【0081】** 在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將信賴臨界值應用於主成分分數，以識別那些表示與整個 ECG 段矩陣太不相似的 ECG 段之 ECG 段記錄，例如，在一些實施例中，與正交轉換 ECG 段矩陣的中心距離過大的那些段。

**【0082】** 在一些實施例中，對於每個主成分 A，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 從主成分分數判定至少一個信賴界限，並且對於每個對相感測 ECG 軌跡段，將相關主成分分數與至少一個信賴界限進行比較。在一些實施例中，如果主成分分數在至少一個信賴界限之外，則可以將相關軌跡段識別為不包含在子集中。

**【0083】** 例如，在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 藉由應用 Hotelling  $T^2$  統計量來判定第一及第二信賴界限（在一些實施例中可以是例如 95% 信賴界限）如下：
$$\text{Conf.}(A) = \sqrt{[\sigma_{\text{scores}} \times \{A(N^2 - 1)/N(N - A)\} \times F_{\text{critical}}(0.05, N - A, A)]}$$
，其中如果有分段軌跡數 N 及選定的主成分 A， $F_{\text{critical}}$  表示 F 分佈在 95% 信賴度下的臨界值。在一些實施例中，信賴界限可設定為 95%、99% 或其它程度。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 使用上述方程式分別從第一及第二主成分分數來判定第一信賴界限及第二信賴界限。代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 針對每個對應感測 ECG 軌跡段將與感測 ECG 軌跡段相關聯的第一及第二主成分分數與第一及第二信賴界限進行比較。

**【0084】** 在一些實施例中，前兩個主成分可以解釋大部分的變異數，並且這些主成分的信賴界限可以很好地用於定義半徑等於這些界限的信賴橢圓。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將來自 N 個 ECG 軌跡段的分數與信賴界限進行比較，以判定 N 個 ECG 軌跡段中的哪些應該被視為信賴異常值並且從 ECG

軌跡段的子集中排除。例如，在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 在與橢圓相同的軸上標繪 N 個 ECG 軌跡段的分數，並且區分落在橢圓內的點與沒有落在橢圓內的信賴異常點。於是，在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 判定第一及第二主成分分數是否在具有由第一及第二信賴界限設定之半徑的橢圓之外，並且如果是，則識別這個感測 ECG 軌跡段為不包含在子集中。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 應用 Delaunay 三角測量演算法來區分落在橢圓內的點與沒有落在橢圓內的信賴異常點。

**【0085】** 參考圖 10，提供顯示信賴橢圓 462 及表示與相應 ECG 軌跡段相關聯的第一及第二主成分分數的點之繪圖 460。在各種實施例中，與主成分分數(例如，主成分分數 464)相關聯的 ECG 軌跡段可以被識別為在由第一及第二信賴界限定義的橢圓內。主成分分數 466 及 468 可以被識別為在由第一及第二信賴界限定義的橢圓之外，因此，與主成分分數 466 及 468 相關聯的 ECG 軌跡段可以被識別為要從子集中排除的信賴異常值。

**【0086】** 在一些實施例中，在應用信賴界限時可以使用多於或少於 2 個的主成分。例如，在一些實施例中，可以使用單個主成分來定義單個信賴界限，所述單個信賴界限可以與每個 ECG 軌跡段的單個主成分分數進行比較，以識別異常值。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 以替代或其它方式比較主成分分

數。例如，在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 例如依據以下方程式針對一個給定導程的每個 ECG 軌跡段基於其分數與所有分數的關係來計算 PCA 槓桿率：

$$\text{Lev.}(n) = N^{-1} + \sum_A [\text{score}(n, A)^2 / \{\text{score}(A)^T \times \text{score}(A)\}]$$

**【0087】** 在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將每個槓桿率與一個給定導程的所有槓桿率之平均值及標準差進行比較，以判定與槓桿率相關聯的 ECG 軌跡段是否應該被視為信賴異常值。例如，在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 判定 ECG 軌跡段的槓桿率是否超過平均值加上所有槓桿率的兩倍標準差 ( $\mu + 2\sigma$ )，並且如果一個 ECG 軌跡段的槓桿率超過平均值加上所有槓桿率的兩倍標準差 ( $\mu + 2\sigma$ )，則代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將這個 ECG 軌跡段視為信賴異常值。

**【0088】** 在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將具有雜訊之基於密度的空間聚類 (DBSCAN) 演算法應用於前兩個主成分分數的散佈圖。例如，DBSCAN 演算法可以使用預先設定之構成一個群集的最小軌跡數及預先設定之點間的最大距離來檢測在繪製分數內的群集。在一些實施例中，構成一個群集的最小軌跡數可以設定為例如 10 的數值，而一個群集中之點間的最大距離可以是例如 0.5。在各種實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將與不在一個群集內的分數相關聯之任何 ECG 軌跡段視為信賴異常

值。在一些實施例中，根據與小群集相關聯的 ECG 軌跡段代表取樣誤差 (sampling artifacts) 而不是平均心跳的假設，這可以有助於小群集的拒絕。

**【0089】** 在各種實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 執行通常如上所述之使用信賴界限、比較槓桿率及 / 或應用 DBSCAN 演算中之一或全部來檢測異常值，以便識別被視為信賴異常值的 ECG 軌跡段。

**【0090】** 在各種實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 藉由排除與信賴異常值相關聯或被視為信賴異常值的感測 ECG 軌跡段來識別複數個對應感測 ECG 軌跡段的子集。在一些實施例中，代碼塊 444 可以指示分析儀處理器 100 將不被認為是信賴異常值的 ECG 段記錄之副本儲存在儲存記憶體 104 的位置 146 中。在各種實施例中，儲存在儲存記憶體 104 的位置 146 中之 ECG 段記錄可以充當儲存在儲存記憶體 104 的位置 144 中之 ECG 段記錄的一個子集，並且所述子集可以排除儲存在位置 144 中的至少一個 ECG 段記錄。

**【0091】** 返回參考圖 8，代碼塊 424 接著指示分析儀處理器 100 根據已識別子集來判定代表性 ECG 軌跡。在一些實施例中，代碼塊 424 可以指示分析儀處理器 100 平均由儲存在儲存記憶體 104 的位置 146 中之 ECG 段記錄表示的 ECG 段。在一些實施例中，可以使用其它判定代表性 ECG 軌跡的方式。例如，在一些實施例中，代碼塊 424 可以指示分析儀處理器 100 為心跳窗口中之 1,500 個點中的每一者選擇中位數值。

**【0092】** 在一些實施例中，代碼塊 424 可以指示分析儀處理器 100 選擇單個 ECG 段或心跳來充當用於分析及分類的代表性 ECG 軌跡。例如，在一些實施例中，可得到 ECG 段的 ECG 軌跡可以是非常短的軌跡，其僅包括幾個完整的心跳，並且在這些情況下，統計手段(例如，PCA)可能因有限的資料量而變得不太可靠。在這樣的情況下，例如根據操作人員的判斷，可以任意地選擇單個心跳作為代表性 ECG 軌跡，但是如果可能的話，避免這種操作。在一些實施例中，在從被認為不是異常值的那些數值(亦即，在那些數值可以可靠地被計算的情況下落入由  $T^2$  統計、目標槓桿(object leverage)、聚類及/或其它信賴測試判定的信賴區域內之那些數值)中隨機地選擇單個 ECG 段之後，所述單個 ECG 段可以被視為代表性軌跡。

**【0093】** 在各種實施例中，代碼塊 424 可以指示分析儀處理器 100 將圖 11 中以元件符號 500 表示的代表性 ECG 軌跡記錄儲存在儲存記憶體 104 的位置 148 中。參考圖 11，代表性 ECG 軌跡記錄 500 包括一個用於儲存可識別導程的導程識別符之導程識別符欄位 502，其中從導程可感測 ECG 軌跡；以及用於儲存從儲存記憶體 104 的位置 146 中所儲存之 ECG 段記錄取得的數值之平均值的複數個 ECG 電壓欄位 504。

**【0094】** 返回參考圖 3，在產生代表性 ECG 軌跡記錄 500 並將其儲存在儲存記憶體 104 的位置 148 中之後，可以完成代碼塊 208 的執行。

**【0095】**然後，代碼塊 210 指示分析儀處理器 100 判定是否需要考慮額外的 ECG 軌跡。在各種實施例中，代碼塊 210 可以指示分析儀處理器 100 判定是否有任何額外的感測 ECG 軌跡記錄儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中，這些任何額外的感測 ECG 軌跡記錄在圖 3 所示之流程圖 200 的代碼塊 204 中尚未被視為受試者感測 ECG 軌跡。如果是，則代碼塊 210 指示分析儀處理器 100 返回至代碼塊 204，代碼塊 204 指示分析儀處理器 100 將一個以上的感測 ECG 軌跡中之一視為一個受試者感測 ECG 軌跡。在各種實施例中，如果尚未考慮感測 ECG 軌跡記錄，則代碼塊 204 可以指示分析儀處理器 100 考慮來自儲存記憶體器 104 的位置 142 之一個感測 ECG 軌跡記錄。

**【0096】**接著，可以對於新考慮的感測 ECG 軌跡記錄執行代碼塊 206 及 208。有鑑於前述，可以針對儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中之每個感測 ECG 軌跡記錄執行代碼塊 206 及 208。一旦已考慮到所有感測 ECG 軌跡記錄，就可能存在複數個代表性 ECG 軌跡記錄，每個代表性 ECG 軌跡記錄具有與圖 11 中所示之 ECG 軌跡記錄 500 大體上相同的格式，其中 ECG 軌跡記錄 500 儲存在儲存記憶體 104 的位置 148 中。在各種實施例中，對於儲存在儲存記憶體 104 的位置 142 中之每個感測 ECG 軌跡記錄，可以具有各自的代表性 ECG 軌跡記錄。

**【0097】**當已經考慮到所有的感測 ECG 軌跡記錄時，代碼塊 210 可以指示分析儀處理器 100 繼續進行代碼塊 212。

**【0098】**代碼塊 212 指示分析儀處理器 100 將至少一個類神經網路分類器應用於一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與病患的至少一個診斷相關之一個以上的診斷相關分數。在各種實施例中，可以將定義 BrS 診斷類神經網路分類器的資料儲存在儲存記憶體 104 的位置 150 中。在一些實施例中，BrS 診斷類神經網路分類器可以包括 BrS 的感知。在一些實施例中，定義 BrS 診斷類神經網路分類器的資料可能已經事先提供給 ECG 分析儀 12。例如，在一些實施例中，定義 BrS 類神經網路分類器的資料可能已經在一個訓練階段期間被判定，所述訓練階段可以由 ECG 分析儀 12 及/或另一個裝置/系統來執行。

**【0099】**在一些實施例中，代碼塊 212 可以指示分析儀處理器 100 串接儲存在儲存記憶體 104 的位置 148 中之代表性 ECG 軌跡記錄中所包含的 ECG 電壓資訊並且使用串接的資料作為 BrS 診斷類神經網路分類器的輸入。例如，在一些實施例中，代碼塊 212 可以指示分析儀處理器 100 例如依序從導程 1 至導程 12 將來自所有代表性訓練 ECG 軌跡記錄的 ECG 電壓欄位之數值串接起來，並且使用串接的資料作為 BrS 診斷類神經網路分類器的輸入。在各種實施例中，用於串接之導程的順序可能需要匹配用於生成類神經網路分類器的順序。在一些實施例中，代碼塊 212 可以指示分析儀處理器 100 使病患資料或與病患相關聯的變異因素亦可用作 BrS 診斷類神經網路分類器的輸入。

**【0100】** 在一些實施例中，病患資料可包括例如年齡、性別及/或心律不整性心肌病變相關病症及合併症的病患病史及/或家族病史。這些可以包括例如心律不整性心肌病變診斷(包括 BrS)的個人病史及/或家族病史、心臟性猝死(SCD)的家族病史、暈厥的個人病史及/或心臟驟停的個人病史之數值或布林表示。在一些實施例中，例如，病患資料可以包括下列任何一個或全部：

變異因數	表示
右束支傳導阻滯(RBBB)類	整數
性別	布林 (F/M - 0/1)
年齡	整數
暈厥	布林
心臟驟停	布林
SD 的家族病史	布林
BrS 的家族病史	布林

**【0101】** 在各種實施例中，病患資料可以儲存在儲存記憶體 104 的位置 152 中。例如，病患資料可能已事先由醫療專業人員提供。

**【0102】** 參考圖 12，顯示依據各種實施例之可以由儲存在儲存記憶體 104 的位置 150 中之資料定義的 BrS 診斷類神經網路分類器 540 的表示。在一些實施例中，BrS 診斷類神經網路分類器 540 可以配置成接受  $X_{ECG}$  輸入 542 及  $X_{F0V}$  輸入 544， $X_{ECG}$  輸入 542 可以包括串接的代表性 ECG 軌跡記錄，而  $X_{F0V}$  輸入 544 可以包括與病患相關聯之病患資料的表示。輸入層亦可以包括偏權值元件 (bias element) 546。

【0103】在各種實施例中，BrS 診斷類神經網路分類器 540 可以包括至少一個包含神經元的隱藏層 560。例如，在一些實施例中，可能有一個具有 100 個神經元的隱藏層。在一些實施例中，可以使用額卜的及/或替代的隱藏層。

【0104】在一些實施例中，BrS 診斷類神經網路分類器 540 可以包括輸出層 570，其包括表示陽性(1)或陰性(0)疾病診斷的分類。在各種實施例中，輸出層 570 可以提供 BrS 診斷分數，所述分數可以表示病患具有 BrS 的診斷之信賴度。在各種實施例中，BrS 診斷分數可以是 0 至 1 之間的小數，其中非常高的分數(接近 1)表示病患具有目標疾病或異常的高信賴度，而非常低的分數(接近 0)表示病患沒有 BrS 的高信賴度。在一些實施例中，大於臨界值(例如，0.900)的 BrS 診斷分數可能與疾病陽性的診斷相關。在一些實施例中，小於臨界值(例如，0.100)的 BrS 診斷分數可能與疾病陰性的診斷相關。

【0105】在各種實施例中，代碼塊 212 可以指示分析儀處理器 100 讀取儲存在位置 148 中的代表性 ECG 軌跡記錄、來自儲存記憶體 104 的位置 152 之病患資料以及來自位置 150 之 BrS 診斷類神經網路分類器的定義，以及代碼塊 212 可以指示分析儀處理器 100 將 BrS 診斷類神經網路分類器應用於串接的 ECG 軌跡記錄、病患資料及偏權值元件(例如，它們可能已經在 BrS 診斷類神經網路分類器的定義中被定義)，以判定 BrS 診斷分數。在各種實施例中，代碼塊 212 可以指示分析儀處理

器 100 將 BrS 診斷分數的表示儲存在儲存記憶體 104 的位置 154 中。

**【0106】** 在一些實施例中，圖 3 所示之流程圖 200 可以包括另一個代碼塊，其用於指示分析儀處理器 100 產生表示一個以上的診斷相關分數之信號，以便使至少一個顯示器顯示一個以上的診斷相關分數之表示。例如，在一些實施例中，這個代碼塊可以指示分析儀處理器 100 將表示從儲存記憶體 104 的位置 154 取得的 BrS 診斷分數之信號經由 I/O 介面 112 的介面 122 傳輸至顯示器 16，以便使顯示器 16 將 BrS 診斷分數顯示為二元或類別指標及/或指示陽性或陰性診斷的概率之數字。

**【0107】** 在各種實施例中，病患及/或醫療專業人員可以察看顯示器 16，並且在察看顯示器 16 上的 BrS 診斷分數之表示時，病患及/或醫療專業人員可以採取行動。在各種實施例中，在察看指示病患有 BrS 的高機器信賴度之高 BrS 診斷分數後，病患可以立即尋求專家醫療建議，以建立最合適的對策來確認診斷並根據領域的指南來評估 SCD 風險。

**【0108】** 在一些實施例中，這個代碼塊可以包括用於指示分析儀處理器 100 判定 BrS 診斷分數是否大於疾病陽性臨界分數(例如，0.900)的代碼，並且如果 BrS 診斷分數大於臨界分數，則產生用於使顯示器 16 呈現病患為疾病陽性的指示之信號。

**【0109】** 在一些實施例中，該個代碼塊可以包括用於指示分析儀處理器 100 判定 BrS 診斷分數是否小於疾病

陰性臨界分數(例如，0.100)的代碼，並且如果 BrS 診斷分數小於臨界分數，則產生用於使顯示器 16 呈現病患為疾病陰性的指示之信號。

#### [類神經網路訓練]

**【0110】**如上所述，在各種實施例中，類神經網路定義資料可以儲存在 ECG 分析儀 12 之儲存記憶體 104 的位置 150 中。在一些實施例中，類神經網路定義資料可能已經在神經網路訓練期間產生。現在參考圖 13，顯示依據各種實施例之用於輔助包括類神經網路訓練的 ECG 分析之系統 700。

**【0111】**參考圖 13，系統 700 包括與病患 ECG 資料源 704 及顯示器 706 連接之 ECG 分析器 702。在各種實施例中，ECG 分析儀 702、病患 ECG 資料源 704 及顯示器 706 可以包括與上面關於圖 1 所示之 ECG 分析儀 12、ECG 資料源 14 及顯示器 16 所述者大體上相同的功能。在一些實施例中，ECG 分析儀 702 可以使用未知病患心電圖作為輸入，並且使用 ECG 類神經網路分類器來預測 BrS 及/或其它原發性心電疾病的診斷。

**【0112】**參考圖 13，在各種實施例中，系統 700 亦包括與 ECG 訓練資料源 710 連接的 ECG 類神經網路訓練器 708。在各種實施例中，ECG 分析儀 702 可以經由網路 712 與 ECG 類神經網路訓練器 708 連接，其中網路 712 在一些實施例中可以包括例如網際網路。

**【0113】**在操作中，ECG 類神經網路訓練器 708 可以配置成使用 ECG 資料(ECG 資料包括從 ECG 訓練資料源

710 取得的資料)，以訓練一個以上的類神經網路分類器，例如，BrS 診斷類神經網路分類器。在一些實施例中，ECG 類神經網路訓練器 708 可以配置成使用 ECG 資料 (ECG 資料包括從 ECG 訓練資料源 710 取得的資料)，以訓練上面關於圖 1 所示之系統 10 所述的 BrS 診斷類神經網路分類器，並且向圖 13 所示之 ECG 分析儀 702 提供定義一個以上的類神經網路分類器之資料。在一些實施例中，可以根據已知醫療診斷所附有之心電圖的完整資料集訓練 BrS 類神經網路分類器，所述心電圖的資料集在診斷特徵空間中表示為二元類別變數。

**【0114】** 在一些實施例中，在一個訓練階段中，ECG 類神經網路訓練器 708 可以一起收集來自一個以上的病患 ECG 資料源的 ECG 軌跡資料與相關病患資料及附隨診斷，以建立儲存在 ECG 訓練資料源 710 中之策劃資料庫。在一些實施例中，隨著資料庫大小的增長，它可以產生增加穩健性及/或可靠性的診斷模式。

**【0115】** 參考圖 14，顯示依據各種實施例之圖 13 所示的系統 700 之 ECG 類神經網路訓練器 708 的示意圖。在各種實施例中，與圖 2 所示之 ECG 分析儀 12 的元件相似之 ECG 類神經網路訓練器 708 的元件可以大體上如上面關於圖 2 所示之 ECG 分析儀 12 所描述的那樣來工作。

**【0116】** 參考圖 14，ECG 類神經網路訓練器 708 包括處理器電路 (其包括訓練器處理器 800 及程式記憶體 802)、儲存記憶體 804 及輸入/輸出 (I/O) 介面 812，所有這些電路皆與訓練器處理器 800 連接。

【0117】I/O 介面 812 包括用於與圖 13 所示之 ECG 訓練資料源 710 連接的介面 820 及用於經由網路 712 與 ECG 分析儀 702 連接的介面 822。

【0118】用於指示訓練器處理器 800 執行各種功能的處理器可執行程式代碼儲存在程式記憶體 802 中。參考圖 13，程式記憶體 802 包括用於指示 ECG 類神經網路訓練器 708 執行輔助的 ECG 類神經網路訓練功能之代碼塊 870。

【0119】儲存記憶體 804 包括複數個儲存位置，其包括用於儲存訓練 ECG 資料的位置 840、用於儲存診斷資料的位置 842、用於儲存病患資料的位置 844、用於儲存主成分資料的位置 849、用於儲存 R 尖峰波識別符資料的位置 846、用於儲存 ECG 軌跡段資料的位置 848、用於儲存 ECG 軌跡段子集資料的位置 850、用於儲存代表性 ECG 軌跡資料的位置 852 及用於儲存類神經網路資料的位置 854。

【0120】在一些實施例中，程式記憶體 802、儲存記憶體 804 及/或其任何部分可以例如包含在與 ECG 類神經網路訓練器 708 分離且經由 I/O 介面 812 與 ECG 類神經網路訓練器 708 連接的裝置中。在一些實施例中，如本文所述之訓練器處理器 800 及/或 ECG 類神經網路訓練器 708 的功能可以使用複數個處理器及/或複數個裝置來實施，這些處理器及/或裝置可以是例如經由各自的介面及/或一個網路(例如，網際網路)進行連接的不同裝置。

【0121】在各種實施例中，圖 13 及 14 所示之 ECG 類神經網路訓練器 708 可以配置成輔助 ECG 類神經網路訓練。參考圖 15，通常以元件符號 900 來表示可描繪依據各種實施例之用於指示圖 14 所示之訓練器處理器 800 執行輔助的 ECG 神經網路訓練功能之代碼塊的流程圖。流程圖 900 中所包含的代碼塊可以被編碼在例如圖 14 所示之程式記憶體 802 的代碼塊 870 中。

【0122】參考圖 15，流程圖 900 從代碼塊 902 開始，代碼塊 902 指示訓練器處理器 800 接收複數組訓練 ECG 軌跡，其中每組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內複數個訓練病患中之各自相關訓練病患的感測心臟活動。代碼塊 904 接著指示訓練器處理器 800 針對複數組訓練 ECG 軌跡中之每個組接收與這組訓練 ECG 軌跡相關聯的訓練病患之相應診斷。

【0123】在一些實施例中，例如，ECG 訓練數據源 710 可能事先已經被提供有訓練資料，所述訓練資料包括一組訓練 ECG 軌跡及複數個病患中之每一者的相關診斷。在一些實施例中，例如，ECG 訓練資料源 710 可能已經在其上儲存有複數個訓練病患的 ECG 訓練資料，其中 ECG 資料包括每個病患的 12 個訓練 ECG 軌跡記錄，這 12 個訓練 ECG 軌跡記錄中之一個示例性訓練 ECG 軌跡記錄在圖 16 中以元件符號 940 來表示，每個訓練 ECG 軌跡記錄表示來自用於病患的 12 個導程中之一的感測 ECG 軌跡。參考圖 16，訓練 ECG 軌跡記錄 940 包括一個用於儲存可識別訓練病患中之一的病患識別符之病患

識別符欄位 942 及一個用於儲存可識別訓練 ECG 軌跡記錄 940 的產生所針對之導程的導程識別符之導程識別符欄位 944。

**【0124】** 仍然參考圖 16，訓練 ECG 軌跡記錄 940 亦包括複數個感測 ECG 電壓欄位 948，其大體上可以如上面關於圖 4 所示之 ECG 軌跡記錄 260 所描述。在各種實施例中，由 ECG 訓練資料源 710 儲存之用於一個訓練病患的 12 個訓練 ECG 軌跡記錄可以充當一組訓練 ECG 軌跡，這組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內這個訓練病患的感測心臟活動。

**【0125】** 在一些實施例中，由 ECG 訓練資料源 710 儲存的 ECG 訓練資料可以包括針對每個訓練病患且因而針對每組訓練 ECG 軌跡的相應診斷。在各種實施例中，例如，ECG 訓練資料可以包括複數個診斷記錄，這些診斷記錄中之一個示例性診斷記錄在圖 17 中以元件符號 1000 來表示，每個診斷記錄與一個訓練病患及一組訓練 ECG 軌跡記錄相關聯。在一些實施例中，藉由包括一個用於儲存病患識別符的病患識別符欄位 1002，診斷記錄 1000 可以與一個訓練病患及一組訓練 ECG 軌跡相關聯，其中所述病患識別符可以與包含在這組訓練 ECG 軌跡中的病患識別符相同。

**【0126】** 參考圖 17，診斷記錄 1000 亦可以包括一個用於儲存診斷識別符的診斷欄位 1004，所述診斷識別符表示由儲存在病者識別符欄位 1002 中的病患識別符所識別之訓練病患的診斷。例如，在一些實施例中，診斷

欄位 1004 可以儲存 BrS 診斷識別符值；如果病患被診斷為患有 BrS，則 BrS 診斷識別符值可以設定為 1，而如果病患被診斷為沒有 BrS，則 BrS 診斷識別符值可以設定為 0。

**【0127】** 在一些實施例中，儲存在 ECG 訓練資料源 710 中之診斷記錄中的診斷識別符欄位之數值可能已經事先由醫療專業人員提供，他們可能已經檢視一組相關的訓練 ECG 軌跡及/或其它病患相關資訊。

**【0128】** 返回參考圖 15，代碼塊 902 可以例如指示訓練器處理器 800 經由介面 820 接收包括儲存在 ECG 訓練資料源 710 中之訓練 ECG 軌跡記錄的表示之信息。在一些實施例中，代碼塊 902 可以指示訓練器處理器 800 將訓練 ECG 軌跡記錄儲存在圖 14 所示之儲存記憶體 804 的位置 840 中。

**【0129】** 代碼塊 904 可以例如指示訓練器處理器 800 經由介面 820 接收包括儲存在 ECG 訓練資料源 710 中之診斷記錄的表示之信息。在一些實施例中，代碼塊 904 可以指示訓練器處理器 800 將診斷記錄儲存在圖 14 所示之儲存記憶體 804 的位置 842 中。

**【0130】** 在一些實施例中，可以同時執行代碼塊 902 及 904，並且可以同時接收所述複數組訓練 ECG 軌跡及相關診斷。

**【0131】** 在一些實施例中，ECG 訓練資料源 710 可能已經在其上儲存有病患資料或與每個訓練病患相關聯的變異因素，並且流程圖 900 可以包括指示訓練器處理器

800 接收病患資料的表示之代碼塊。在一些實施例中，例如，病患資料可能已經儲存在 ECG 訓練資料源 710 中之複數個病患資料記錄中，並且每個病患資料記錄可以包括一個病患識別符欄位及用於儲存一個以上的病患資料值之一個以上的病患資料欄位，所述一個以上的病患資料值表示由病患識別符欄位所識別之訓練病患的病患資料。在這樣的實施例中，流程圖 900 可以包括例如指示訓練器處理器 800 從 ECG 訓練資料源 710 經由介面 820 接收病患資料記錄的表示之代碼塊。在一些實施例中，這個代碼塊可以指示訓練器處理器 800 將病患資料儲存在儲存記憶體 804 的位置 844 中。

**【0132】**有鑑於以上所述，在執行代碼塊 902 及 904 之後，ECG 類神經網路訓練器 708 可能已經在儲存記憶體 804 的位置 840 及 842 中儲存複數組訓練 ECG 軌跡記錄及與每組訓練 ECG 軌跡記錄相關聯的相應診斷記錄。在一些實施例中，ECG 類神經網路訓練器 708 亦可能在儲存記憶體 804 的位置 844 中儲存額外的病患資料。在各種實施例中，此資訊可以充當訓練 ECG 資料，所述訓練 ECG 資料可以如下所述用於訓練至少一個類神經網路分類器。

**【0133】**參考圖 15，除可以針對儲存在儲存記憶體 804 的位置 840 中之每個訓練 ECG 軌跡記錄執行代碼塊 906 至 912 外，圖 15 所示之流程圖 900 的代碼塊 906 到 912 的功能大體上相似於圖 3 所示之流程圖 200 的代碼塊 204 至 210。

【0134】代碼塊 906 指示訓練器處理器 800 將訓練 ECG 軌跡中之一視為一個受試者訓練 ECG 軌跡。在一些實施例中，在第一次執行代碼塊 906 時，代碼塊 906 可以指示訓練器處理器 800 考慮第一訓練病患識別符且考慮具有與第一訓練病患識別符匹配的病患識別符之第一訓練 ECG 軌跡記錄。在一些實施例中，例如，代碼塊 906 可以指示訓練器處理器 800 將圖 16 所示之訓練 ECG 軌跡記錄 940 視為第一訓練 ECG 軌跡記錄。

【0135】代碼塊 908 接著指示訓練器處理器 800 針對受試者訓練 ECG 軌跡識別複數個對應訓練 ECG 軌跡段，每個訓練 ECG 軌跡段表示在這段訓練時間的一時段內之病患心臟活動。在一些實施例中，代碼塊 908 可以包括與包含在圖 3 所示及上面所述之流程圖 200 的代碼塊 206 中之代碼大體上相似的代碼。

【0136】在各種實施例中，在執行圖 15 所示之代碼塊 908 之後，可以將一個訓練 R 尖峰波識別符記錄儲存在儲存記憶體 804 的位置 846 中，其中除所述訓練 R 尖峰波識別符記錄可以包括一個病患識別符欄位外，所述訓練 R 尖峰波識別符具有與圖 6 所示之 R 尖峰波識別符記錄 340 大體上相似的格式；以及可以將複數個訓練 ECG 軌跡段記錄儲存在儲存記憶體 804 的位置 848 中，除這些訓練 ECG 軌跡段記錄各自具有一個病患識別符欄位外，每個訓練 ECG 軌跡段記錄具有與圖 7 所示之感測 ECG 軌跡段記錄 380 大體上相似的格式。

**【0137】**代碼塊 910 接著指示訓練器處理器 800 根據已識別對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者判定一個代表性訓練 ECG 軌跡。在各種實施例中，代碼塊 910 可以包括與圖 3 所示及上面所述之流程圖 200 的代碼塊 210 之代碼大體上相似的代碼。

**【0138】**在一些實施例中，代碼塊 910 可以指示訓練器處理器 800 識別或判定以代碼塊 908 判定之訓練 ECG 軌跡段記錄的一個子集。在一些實施例中，代碼塊 910 可以指示訓練器處理器 800 將主成分資料儲存在儲存記憶體 804 的位置 149 中。在各種實施例中，代碼塊 910 可以指示訓練器處理器 800 將已識別訓練 ECG 軌跡段記錄儲存在儲存記憶體 804 的位置 850 中。在一些實施例中，代碼塊 910 可以指示訓練器處理器 800 根據儲存在儲存記憶體 804 的位置 850 中之訓練 ECG 軌跡段記錄判定一個代表性訓練 ECG 軌跡記錄，其中除代表性訓練 ECG 軌跡記錄可以包括一個病患識別符欄位外，所述代表性訓練 ECG 軌跡記錄具有與圖 11 所示之代表性 ECG 軌跡記錄 500 大體上相同的格式。在一些實施例中，代碼塊 910 可以指示訓練器處理器 800 將這個代表性訓練 ECG 軌跡記錄儲存在儲存記憶體 804 的位置 852 中。參考圖 18，顯示一個例示性代表性訓練 ECG 軌跡記錄 1040，其在各種實施例中可以儲存在儲存記憶體 804 的位置 852 中。

**【0139】**然後，代碼塊 912 指示訓練器處理器 800 判定是否有任何額外的訓練 ECG 軌跡要考慮。在一些實施

例中，代碼塊 912 可以指示訓練器處理器 800 判定儲存在儲存記憶體 804 的位置 840 中之任何訓練 ECG 軌跡記錄是否尚未被視為用於圖 15 所示之流程圖 900 的代碼塊 908 及 910 之一個受試者訓練 ECG 軌跡。如果要考慮額外的訓練 ECG 軌跡，則訓練器處理器 800 返回至代碼塊 906，並且考慮另一個訓練 ECG 軌跡記錄。如果已經考慮儲存在儲存記憶體 804 的位置 840 中之所有訓練 ECG 軌跡記錄，則訓練器處理器 800 繼續進行代碼塊 914。

**【0140】**於是，當訓練器處理器 800 繼續進行代碼塊 914 時，可以在儲存記憶體 804 的位置 848 中儲存複數組代表性訓練 ECG 軌跡記錄，每個代表性訓練 ECG 軌跡記錄包括一個用於識別記錄的判定所針對之訓練病患的病患識別符欄位及一個用於識別記錄的判定所針對之導程的導程識別符欄位。在一些實施例中，儲存記憶體 804 的位置 848 可以儲存數百名病患的代表性訓練 ECG 軌跡記錄，這可以為疾病識別提供可接受的準確度，例如，在一些實施例中提供接近約 70% 的準確度。在一些實施例中，儲存記憶體 804 的位置 848 可以儲存超過 1000 名病患的代表性訓練 ECG 軌跡記錄，在一些實施例中這可以提供大約 85% 的準確度。在一些實施例中，儲存記憶體 804 的位置 848 可以儲存超過 10,000 名病患或超過 100,000 名病患的代表性訓練 ECG 軌跡記錄。

**【0141】**代碼塊 914 指示訓練器處理器 800 使用代表性訓練 ECG 軌跡及診斷來訓練至少一個類神經網路分類

器。在一些實施例中，可以將定義 BrS 診斷類神經網路分類器的架構及/或初始 BrS 診斷類神經網路分類器本身的初始類神經網路資料儲存在儲存記憶體 804 的位置 854 中。在各種實施例中，例如，初始類神經網路資料可能在設置 ECG 類神經網路訓練器 708 時已經事先被提供。

**【0142】** 在一些實施例中，BrS 診斷類神經網路分類器的架構可以包括以前饋人工類神經網路為基礎的多層感知，其由輸入層、隱藏層及輸出層組成。例如，BrS 診斷類神經網路分類器的通用架構可以如圖 12 所示以元件符號 540 來表示。此類神經網路分類器中包含的隱藏層可以將輸入層映射至二元類別輸出層(其可以包括診斷的表示，例如，BrS 診斷值)。在一些實施例中，可以使用包含 100 個神經元的隱藏層，但是在一些實施例中可以使用更多或更少的神經元及/或層。在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 針對每個訓練病患使用來自儲存記憶體 804 的位置 852 中儲存之代表性訓練 ECG 軌跡記錄的 ECG 電壓欄位之資料及儲存記憶體 804 的位置 844 中儲存之病患資料作為輸入，並且使用儲存記憶體 804 的位置 842 中儲存之診斷記錄的診斷欄位值作為各自期望輸出，以訓練 BrS 診斷類神經網路分類器並更新在儲存記憶體 804 的位置 854 中儲存之定義 BrS 診斷類神經網路分類器的資料。

**【0143】** 例如，在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 為一個特定病患或病患識別符例如

依序從導程 1 至導程 12 串接來自病患的所有代表性訓練 ECG 軌跡記錄之 ECG 電壓欄位的數值，並將其用作  $X_{\text{ECG}}$  輸入 542，並且使用來自儲存記憶體 804 的位置 844 中儲存之那個病患的病患資料欄位之數值作為  $X_{\text{FoV}}$  輸入 544，以及使用來自病患的診斷欄位之數值作為期望輸出。

**【0144】** 在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 使用最佳化演算法(例如，比例共軛梯度下降 (scaled conjugate gradient descent)、隨機梯度下降 (stochastic gradient descent)、自我調整時刻估計 (adaptive moment estimation) 及/或任何其它最佳化演算法，結合反向傳播演算法 (backpropagation algorithm)) 來訓練隱藏層將輸入層映射至二元類別輸出層，以致於使用複數個訓練病患的資料來訓練類神經網路分類器。

**【0145】** 在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 例如藉由使用混淆矩陣或接收者操作特徵曲線下方的面積 (area-under-the-curve receiver-operator characteristic, AUC-ROC) 對類神經網路進行基準評效來產生以分類的準確性為特徵之相關量化效能資料。在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 使用可最小化一個這樣的效能評估之最佳化演算法，例如，對數損失函數 (logarithmic loss function)，不然稱為二元交叉熵函數 (binary cross-entropy function)，其量化對數數值空間中錯誤分類的概率。在各種實施例中，當構建類神經網路分類模型時，可以選擇一種特定類神

經網路訓練方法(亦即，將資料隨機地分成數個部分，根據結果來拒絕某些訓練資料，並且重新訓練)。

【0146】在各種實施例中，在已經執行代碼塊 914 之後，將定義已訓練 BrS 診斷類神經網路分類器的資料儲存在儲存記憶體 804 的位置 854 中。

【0147】在一些實施例中，代碼塊 914 可以指示訓練器處理器 800 產生表示已訓練 BrS 診斷類神經網路分類器的信號，以便將已訓練 BrS 診斷類神經網路分類器的表示傳輸至圖 13 所示之 ECG 分析儀 702。在一些實施例中，ECG 分析儀 702 可以包括大體上如圖 2 所示之處理器電路，並且 ECG 分析儀 702 可以指示 ECG 分析儀 702 的分析儀處理器將已訓練 BrS 診斷類神經網路分類器的表示儲存在與圖 2 所示之 ECG 分析儀 12 的位置 150 相似之位置。

【0148】在各種實施例中，ECG 分析儀 702 可以配置成執行大體上如上所述之圖 3 所示的流程圖 200，以使用已訓練 BrS 診斷類神經網路分類器並判定病患的 BrS 診斷分數。

[各種實施例]

【0149】在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 中的任一個或全部可以被實施為單個裝置或數個不同的裝置。例如，在一些實施例中，本文所述之由 ECG 分析儀 12 執行的功能可以由數個不同的裝置來執行。例如，在一些實施例中，ECG 分析儀 12、ECG 資料源 14 及顯示器 16 可以合併成單個裝置，所述單個裝置可以是可穿戴裝

置(例如，健身追蹤器及/或手錶裝置)，其可配置成使用裝置中包含的感測器來捕獲 ECG 資料。

**【0150】** 在一些實施例中，ECG 資料源 14 的可攜式實施例可以在一段更長的測量時間期間(例如，一整夜或者在一天或幾天的期間內)收集 ECG 軌跡記錄 260，以便捕獲診斷公用程式的罕見或孤立的心跳間隔。

**【0151】** 在一些實施例中，ECG 分析儀 12 可以使用超過一個的裝置及/或處理器電路來實施，以致於 ECG 分析儀 12 的各種功能可以由不同的裝置來執行。

**【0152】** 在一些實施例中，至少一個類神經網路分類器的應用可以由例如與 ECG 分析儀 12 連接之類神經網路處理裝置來執行，以減少 ECG 分析儀 12 的處理需求。在這樣的實施例中，定義至少一個類神經網路分類器的資料可以儲存在類神經網路處理裝置上，並且圖 3 所示之流程圖 200 的代碼塊 212 可以指示 ECG 分析儀 12 將用於至少一個類神經網路的輸入傳輸至類神經網路處理裝置，以使裝置判定一個以上的診斷相關分數。在一些實施例中，類神經網路處理裝置可以配置成一旦一個以上的診斷相關分數被判定，就將它們的表示傳送至 ECG 分析器 12。

**【0153】** 在各種實施例中，可以使用更多或更少的導程來產生感測 ECG 軌跡記錄。例如，在一些實施例中，可以產生單個感測 ECG 軌跡記錄，並且 ECG 分析儀 12 可以配置成使用單個感測 ECG 軌跡記錄。於是，在各種實施例中，可以省略圖 3 所示之流程圖 200 的代碼塊 204 及 210。

【0154】在一些實施例中，ECG 分析儀 12 處理的資料可以與一個特定病患相關聯。例如，在一些實施例中，感測 ECG 軌跡記錄 260、R 尖峰波識別符記錄 340、感測 ECG 軌跡段記錄 380 及代表性 ECG 軌跡記錄 500 皆可以包括病患識別符欄位，以便儲存可識別與資料相關聯的病患。

【0155】在一些實施例中，圖 13 所示之系統 700 的 ECG 類神經網路訓練器 708 可以配置成更新在圖 14 所示之儲存記憶體 804 的位置 854 中所儲存之類神經網路資料。例如，在一些實施例中，ECG 類神經網路訓練器 708 可以配置成接收新的訓練病患之一組訓練 ECG 軌跡及相關診斷，並且使用接收到的資訊來更新類神經網路資料。在一些實施例中，一旦更新類神經網路資料，ECG 類神經網路訓練器 708 就可以將更新的類神經網路資訊傳輸至 ECG 分析儀 702。

【0156】在一些實施例中，系統 700 可以包括與圖 1 所示之系統 10 大體上相似的複數個系統，每個系統與 ECG 類神經網路訓練器 708 連接，並且 ECG 類神經網路訓練器可以配置成將更新的類神經網路資訊傳送至系統中所包含之每個 ECG 分析儀。

【0157】雖然在上述一些實施例中，圖 1 及 13 所示之系統 10 及/或 700 可以配置成在各種實施例中特別輔助 BrS 的診斷，但是可以使用與上述系統 10 及/或 700 大體上相似的系統來診斷或協助診斷另外的或替代的症候群、疾病及/或異常，例如，可能分析的原發性心電疾

病(例如, 吳爾夫巴金森懷特症候群(Wolff-Parkinson-White Syndrome)、早期再極化症候群(early repolarization syndrome, ERS)、長 QT 症候群、短 QT 症候群以及完全或不完全的右或左束支傳導阻滯)以及心肌病變(例如, 心律不整性右心室心肌病或發育不良(arrhythmogenic right ventricular cardiomyopathy or dysplasia)、左心室不密緻心肌病變(left ventricular non-compaction)、肥厚性心肌症(hypertrophic cardiomyopathy)、擴張性心肌病變(dilated cardiomyopathy)、缺血性心肌病(ischemic cardiomyopathy)、限制性心肌病變(restrictive cardiomyopathy)及/或其它特發性心肌病變)。於是, 在各種實施例中, 本文所述之 BrS 診斷類神經網路分類器可以由配置成輸出用於心律不整性疾病診斷的診斷分數之另一個心律不整性疾病診斷類神經網路分類器來取代。在這樣的實施例中, 可以使用與心律不整性疾病診斷相關聯的資料來訓練心律不整性疾病診斷類神經網路分類器。

**【0158】**參考圖 19-24, 一起顯示捕獲各自病患的靜止狀態之基準 ECG 1100、1120、1140、1160、1180 及 1200 的各自表示以及在藉由施用鈉離子通道阻斷藥物阿馬林來考驗各自病患之後所獲得的 ECG 1102、1122、1142、1162、1182 及 1202 之各自表示。

**【0159】**參考圖 19, 病患呈現第二型 BrS 型態, 其在施用阿馬林之後變為第一型。在一些實施例中, 圖 1 所

示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1100 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陽性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG1100 判定的 BrS 分數可能是 0.998。

**【0160】**參考圖 20，基準 ECG 1120 顯示不完全右束支傳導阻滯在阿馬林的考驗之後轉變為第一型 BrS ECG 型態。在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1120 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陽性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG 1120 判定的 BrS 分數可能是 1.000。

**【0161】**參考圖 21，基準 ECG 1140 顯示在高右心前導程方面有輕度異常，阿馬林的考驗導致對於 BrS 呈現陽性，這表示第一型型態。在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1140 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陽性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG 1140 判定的 BrS 分數可能是 1.000。

**【0162】**參考圖 22，基準 ECG 1160 及在阿馬林考驗之後的 ECG 1162 之分析可能與 BrS 的陰性診斷一致。在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1160 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陰性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG 1160 判定的 BrS 分數可能是 0.058。在一些實施例中，可以將陰性診斷的信賴度判定為從 1 減去 BrS 分數 (例如， $1-0.058=0.942$ )。

【0163】參考圖 23，基準 ECG 1180 及在阿馬林考驗之後的 ECG 1182 之分析可能與 BrS 的陰性診斷一致。在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1180 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陰性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG 1180 判定的 BrS 分數可能是 0.028。

【0164】參考圖 24，基準 ECG 1200 及在阿馬林考驗之後的 ECG 1202 之分析可能與 BrS 的陰性診斷一致。在一些實施例中，圖 1 所示之系統 10 的 ECG 分析儀 12 可以從基準 ECG 1200 的分析正確地將病患的疾病狀態識別為疾病陰性。在一些實施例中，例如，根據基準 ECG 1200 判定的 BrS 分數可能是 0.010。

【0165】雖然已經描述及示例本發明的特定實施例，但是如根據所附申請專利範圍的解讀，這些實施例應該被視為僅是對本發明的示例，而不是對本發明的限制。

#### 【符號說明】

##### 【0166】

10:系統

12:電腦實施 ECG 分析儀

14:ECG 資料源

16:顯示器

100:分析儀處理器

102:程式記憶體

104:儲存記憶體

112:輸入/輸出(I/O)介面

- 120: 介面
- 122: 介面
- 140: 用於儲存感測 ECG 資料的位置
- 142: 用於儲存 R 尖峰波識別符資料的位置
- 144: 用於儲存感測 ECG 軌跡段資料的位置
- 145: 用於儲存主成分資料的位置
- 146: 用於儲存 ECG 軌跡段子集資料的位置
- 148: 用於儲存代表性 ECG 軌跡資料的位置
- 150: 用於儲存類神經網路資料的位置
- 152: 用於儲存病患資料的位置
- 154: 用於儲存診斷分數資料的位置
- 170: 代碼塊
- 200: 流程圖
- 202: 代碼塊
- 204: 代碼塊
- 206: 代碼塊
- 208: 代碼塊
- 210: 代碼塊
- 212: 代碼塊
- 260: 感測 ECG 軌跡記錄
- 262: 導程標別符欄位
- 264: 感測 ECG 電壓欄位
- 300: 流程圖
- 302: 代碼塊
- 304: 代碼塊

340:R 尖峰波識別符記錄  
341:導程標別符欄位  
342:R 尖峰波識別符欄位  
344:第一 R-尖峰波識別符欄位  
346:第二 R 尖峰波識別符欄位  
380:感測 ECG 軌跡段記錄  
382:導程識別符欄位  
384:段識別符欄位  
386:感測 ECG 電壓欄位  
420:流程圖  
422:代碼塊  
424:代碼塊  
440:流程圖  
442:代碼塊  
444:代碼塊  
460:繪圖  
462:信賴橢圓  
464:主成分分數  
466:主成分分數  
468:主成分分數  
500:代表性 ECG 軌跡記錄  
502:導程識別符欄位  
504:ECG 電壓欄位  
540:BrS 診斷類神經網路分類器  
542: $X_{ECG}$  輸入

- 544:  $X_{Fov}$  輸入
- 546: 偏權值元件
- 560: 隱藏層
- 570: 輸出層
- 700: 系統
- 702: ECG 分析器
- 704: 病患 ECG 資料源
- 706: 顯示器
- 708: ECG 類神經網路訓練器
- 710: ECG 訓練資料源
- 712: 網路
- 800: 訓練器處理器
- 802: 程式記憶體
- 804: 儲存記憶體
- 812: 輸入/輸出 (I/O) 介面
- 820: 介面
- 822: 介面
- 840: 用於儲存訓練 ECG 資料的位置
- 842: 用於儲存診斷資料的位置
- 844: 用於儲存病患資料的位置
- 846: 用於儲存 R 尖峰波識別符資料的位置
- 848: 用於儲存 ECG 軌跡段資料的位置
- 849: 用於儲存主成分資料的位置
- 850: 用於儲存 ECG 軌跡段資料的位置
- 852: 用於儲存代表性 ECG 軌跡資料的位置

854:用於儲存類神經網路資料的位置  
870:代碼塊  
900:流程圖  
902:代碼塊  
904:代碼塊  
906:代碼塊  
908:代碼塊  
910:代碼塊  
912:代碼塊  
914:代碼塊 940:訓練 ECG 軌跡記錄  
942:病患識別符欄位  
944:導程識別符欄位  
948:感測 ECG 電壓欄位  
1000:診斷記錄  
1002:病患識別符欄位  
1004:診斷欄位  
1040:代表性訓練 ECG 軌跡記錄  
1100:基準 ECG  
1102:ECG  
1120:基準 ECG  
1122:ECG  
1140:基準 ECG  
1142:ECG  
1160:基準 ECG  
1162:ECG

1180:基準 ECG

1182:ECG

1200:基準 ECG

1202:ECG

## 【發明申請專利範圍】

【請求項 1】一種輔助心電圖(「ECG」)分析之電腦實施方法，該方法包括：

接收一病患之一個以上的感測 ECG 軌跡，該等感測 ECG 軌跡中之每一者表示在一段感測時間內之感測病患心臟活動；

針對該一個以上的感測 ECG 軌跡中之每一者：

識別複數個對應感測 ECG 軌跡段，該等感測 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段感測時間中之一時段內該病患的感測病患心臟活動；以及

根據該等已識別對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性 ECG 軌跡；以及

將至少一個類神經網路分類器應用至該一個以上的已判定代表性 ECG 軌跡，以判定與該病患的至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。

【請求項 2】如請求項 1 之方法，其中判定該代表性 ECG 軌跡包括識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段的一子集，該子集排除該複數個對應感測 ECG 軌跡段中之至少一者；以及根據已識別的該子集來判定該代表性 ECG 軌跡。

【請求項 3】如請求項 2 之方法，其中識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段的該子集包括：

將主成分分析應用至該複數個對應感測 ECG 軌跡段，以判定與該等對應感測 ECG 軌跡段中之每一者相關聯的一各自組的主成分分數；以及

比較該等主成分分數，以識別要從該子集排除之該複數個對應感測 ECG 軌跡段中之該至少一者。

【請求項 4】如請求項 3 之方法，其中每組主成分分數包括一第一主成分分數及一第二主成分分數，以及其中比較該等主成分分數包括：

分別從該第一及第二主成分分數判定一第一信賴界限及一第二信賴界限；以及

針對該等對應感測 ECG 軌跡段中之每一者，將與該感測 ECG 軌跡段相關聯之該第一及第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較。

【請求項 5】如請求項 4 之方法，其中將與該感測 ECG 軌跡段相關聯之該第一第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較包括判定該第一及第二主成分分數是否在具有由該第一及第二信賴界限設定之半徑的橢圓之外，以及如果是這樣，則識別要從該子集排除之該感測 ECG 軌跡段。

【請求項 6】如請求項 4 或 5 之方法，其中判定該第一及第二信賴界限包括分別將 Hotelling T2 統計量應用至該第一及第二主成分分數。

【請求項 7】如請求項 6 之方法，其中將 Hotelling T2 統計量應用至該第一及第二主成分分數包括在至少約 95% 的信賴度下使用 F 分佈的臨界值。

【請求項 8】如請求項 2 至 7 中任一項之方法，其中根據已識別的該等對應感測 ECG 軌跡段中之該至少一者來判定該代表性 ECG 軌跡包括平均在該子集中包括之該等對應感測 ECG 軌跡段。

【請求項 9】如請求項 1 至 8 中任一項之方法，其中識別該複數個對應感測 ECG 軌跡段包括識別在該等感測 ECG 軌跡段中之各自共同特徵；以及相對於已識別的該等共同特徵，識別該複數個感測 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間。

【請求項 10】如請求項 9 之方法，其中識別該等各自共同特徵包括識別該等感測 ECG 軌跡段的每一者中之各自 R 尖峰波。

【請求項 11】如請求項 1 至 10 中任一項之方法，進一步包括產生表示該一個以上的診斷相關分數之信號，以便使至少一個顯示器顯示該一個以上的診斷相關分數之表示。

【請求項 12】如請求項 1 至 11 中任一項之方法，其中該至少一個類神經網路分類器包括一 BrS 類神經網路分類器。

【請求項 13】如請求項 1 至 12 中任一項之方法，進一步包括訓練該至少一個類神經網路分類器，該訓練包括：

接收複數組訓練 ECG 軌跡，其中每組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內複數個訓練病患中之各自相關訓練病患的感測心臟活動；

針對每組訓練 ECG 軌跡，接收與該組訓練 ECG 軌跡相關聯之該訓練病患的一各自診斷；

針對該等訓練 ECG 軌跡中之每一者：

識別複數個對應訓練 ECG 軌跡段，該等訓練 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段訓練時間中之一時段內的病患心臟活動；以及

根據已識別的該等對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性訓練 ECG 軌跡；以及

使用該等代表性訓練 ECG 軌跡及該等診斷來訓練該至少一個類神經網路分類器。

**【請求項 14】**一種輔助心電圖(「ECG」)分析之電腦實施方法，該方法包括：

接收複數組訓練 ECG 軌跡，其中每組訓練 ECG 軌跡表示在一段訓練時間內複數個訓練病患的各自相關訓練病患之感測心臟活動；

針對每組訓練 ECG 軌跡，接收與該組訓練 ECG 軌跡相關聯之該訓練病患的一各自診斷；

針對該等訓練 ECG 軌跡中之每一者：

識別複數個對應訓練 ECG 軌跡段，該等訓練 ECG 軌跡段中之每一者表示在該段訓練時間中之一時段內的病患心臟活動；以及

根據該等已識別對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者來判定一代表性訓練 ECG 軌跡；以及

使用該等代表性訓練 ECG 軌跡及該等診斷來訓練至少一個類神經網路分類器，該至少一個類神經網路分類器配置成輸出與至少一項診斷有關之一個以上的診斷相關分數。

【請求項 15】如請求項 14 之方法，其中判定該代表性訓練 ECG 軌跡包括識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段的一子集，該子集排除該複數個對應訓練 ECG 軌跡段中之至少一者；以及根據已識別的該子集來判定該代表性訓練 ECG 軌跡。

【請求項 16】如請求項 15 之方法，其中識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段的該子集包括：

將主成分分析應用至該複數個對應訓練 ECG 軌跡段，以判定與該等對應訓練 ECG 軌跡段中之每一者相關聯的一組相應主成分分數；以及

比較該等主成分分數，以識別要從該子集排除之該複數個對應訓練 ECG 軌跡段中之該至少一者。

【請求項 17】如請求項 16 之方法，其中每組主成分分數包括一第一主成分分數及一第二主成分分數，以及其中比較該等主成分分數包括：

分別從該第一及第二主成分分數判定一第一信賴界限及一第二信賴界限；以及

針對該等對應訓練 ECG 軌跡段中之每一者，將與該訓練 ECG 軌跡段相關聯之該第一及第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較。

【請求項 18】如請求項 17 之方法，其中將與該訓練 ECG 軌跡段相關聯之該第一第二主成分分數與該第一及第二信賴界限進行比較包括判定該第一及第二主成分分數是否在具有由該第一及第二信賴界限設定之半徑的橢圓之外，以及如果是這樣，則識別要從該子集排除之該訓練 ECG 軌跡段。

【請求項 19】如請求項 17 或 18 之方法，其中判定該第一及第二信賴界限包括分別將 Hotelling T2 統計方程式應用至該第一及第二主成分分數。

【請求項 20】如請求項 19 之方法，其中將 Hotelling T2 統計方程式應用至該第一及第二主成分分數包括在至少約 95% 的信賴度下使用 F 分佈的臨界值。

【請求項 21】如請求項 15 至 20 中任一項之方法，其中根據已識別的該等對應訓練 ECG 軌跡段中之該至少一者來判定該代表性 ECG 軌跡包括平均在該子集中包括之該等對應訓練 ECG 軌跡段。

【請求項 22】如請求項 14 至 21 中任一項之方法，其中識別該複數個對應訓練 ECG 軌跡段包括識別在該等訓練 ECG 軌跡段中之各自共同特徵；以及相對於已識別的該等共同特徵，識別該複數個訓練 ECG 軌跡段中之每一者的各自開始時間及結束時間。

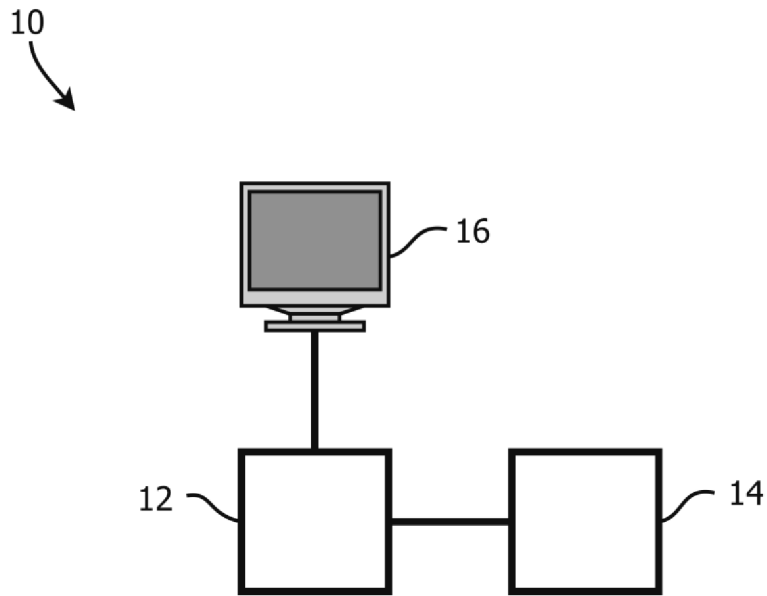
【請求項 23】如請求項 22 之方法，其中識別該等各自共同特徵包括識別該等訓練 ECG 軌跡段的每一者中之各自 R 尖峰波。

【請求項 24】如請求項 14 至 23 中任一項之方法，其中該至少一個類神經網路分類器包括一 BrS 類神經網路分類器，以及其中所接收的每個診斷皆包括一 BrS 診斷。

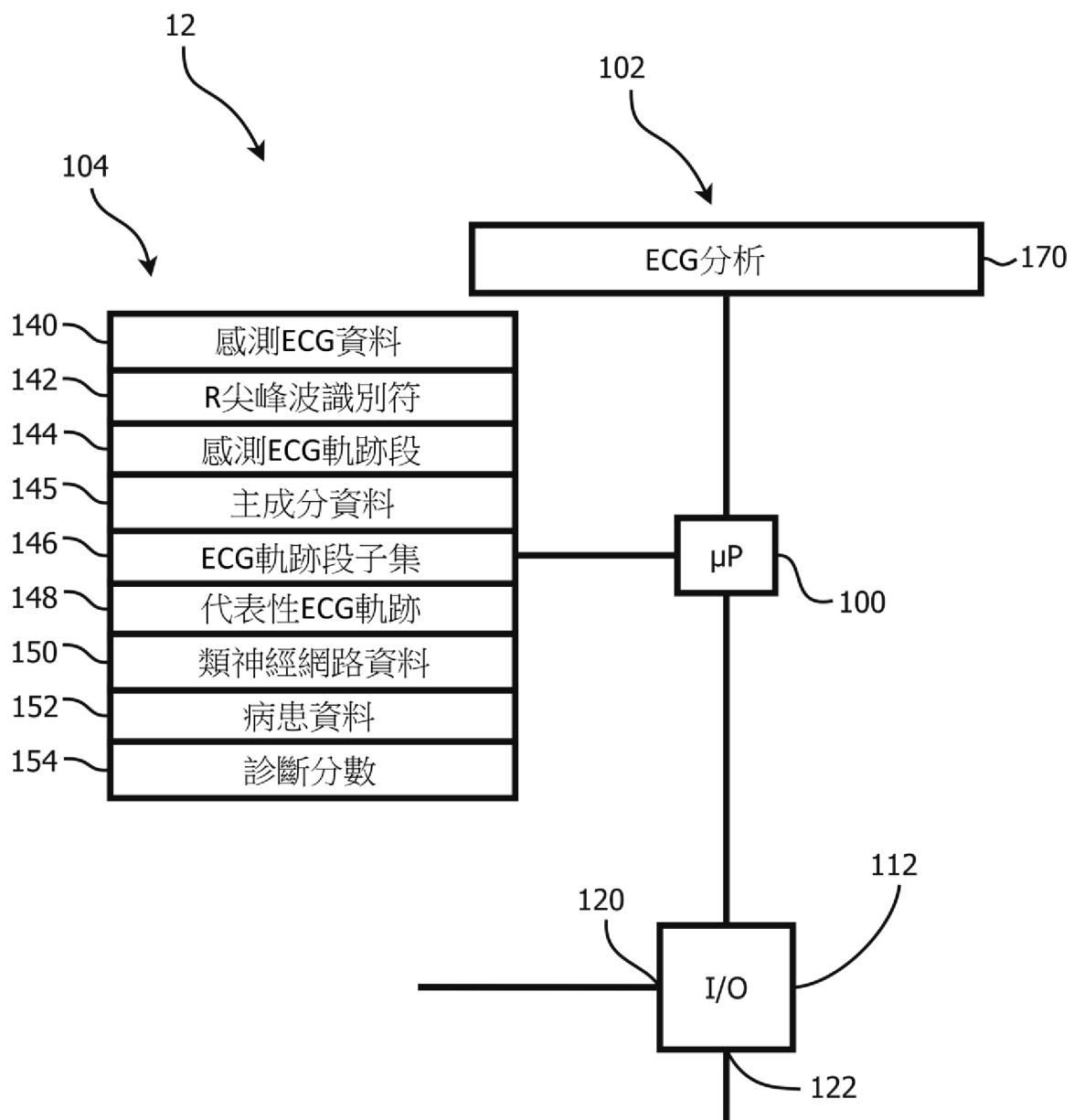
【請求項 25】一種用於輔助心電圖(「ECG」)分析之系統，包括至少一個處理器，其配置成用於執行如請求項 1 至 24 中任一項之方法。

【請求項 26】一種非暫時性電腦可讀取媒體，在其上儲存有代碼，該等代碼在由至少一個處理器執行時使該至少一個處理器執行如請求項 1 至 24 中任一項之方法。

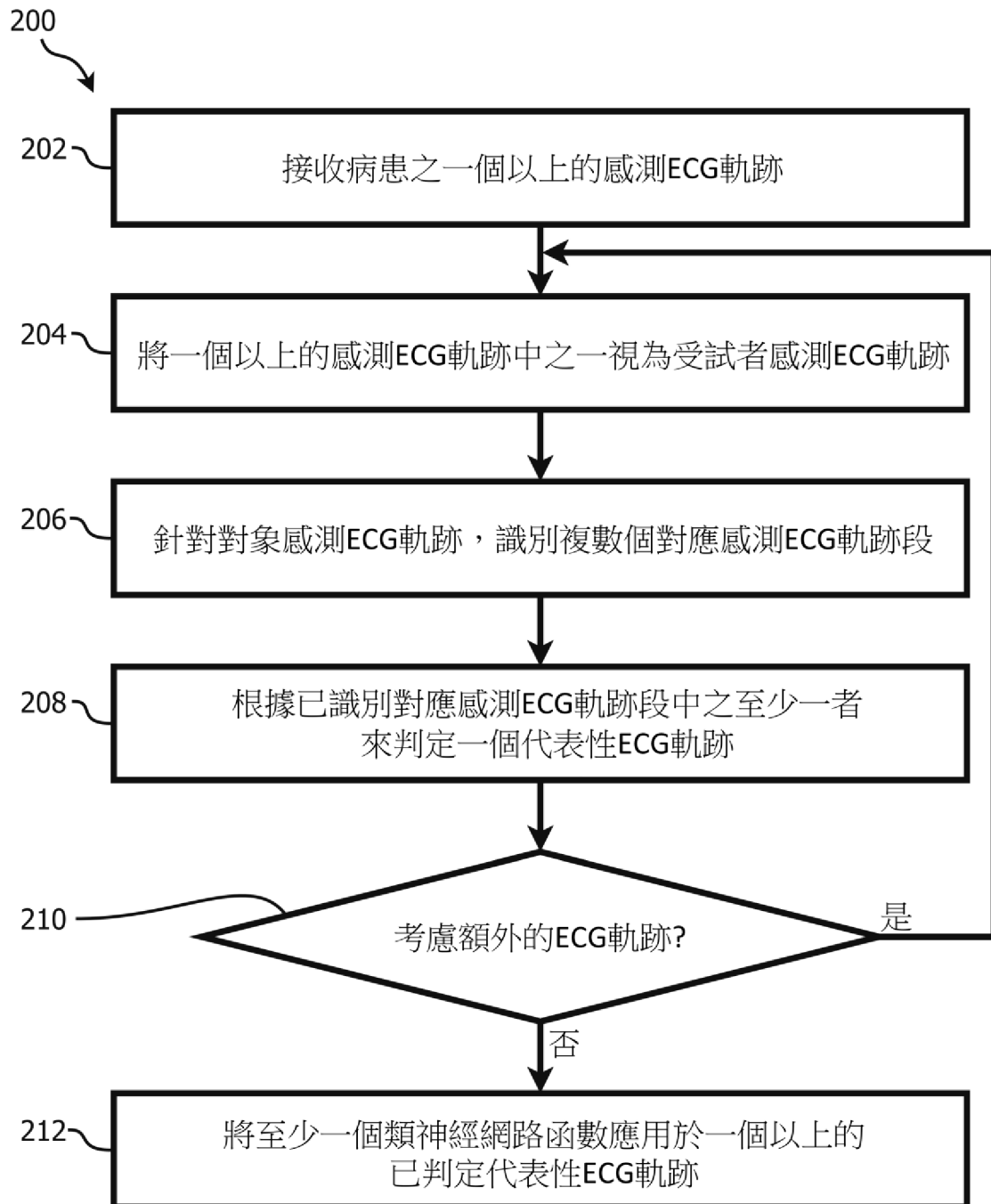
【發明圖式】



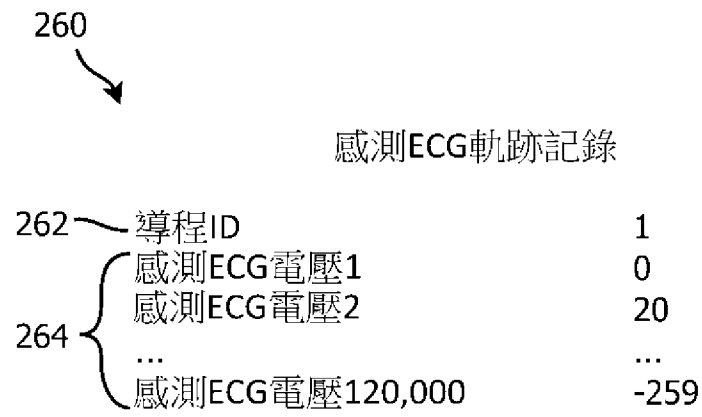
【圖 1】



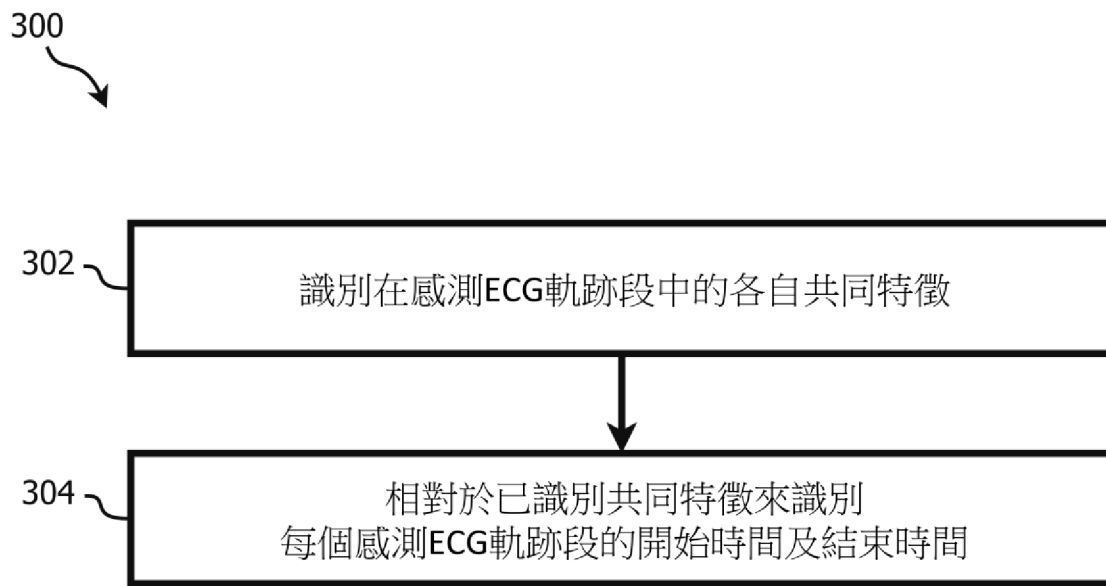
【圖 2】



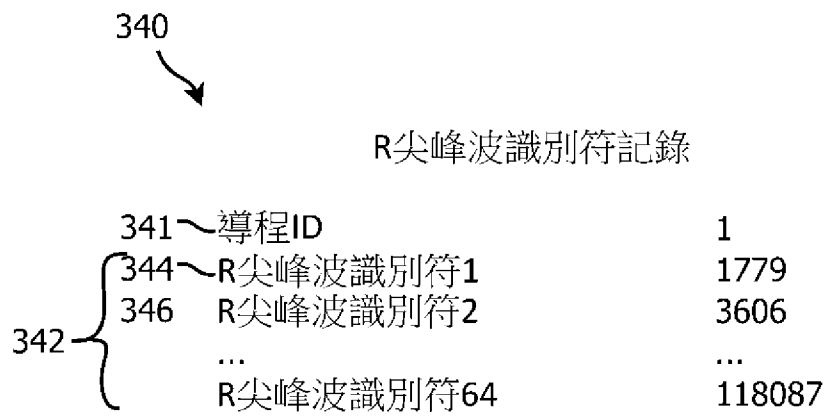
【圖 3】



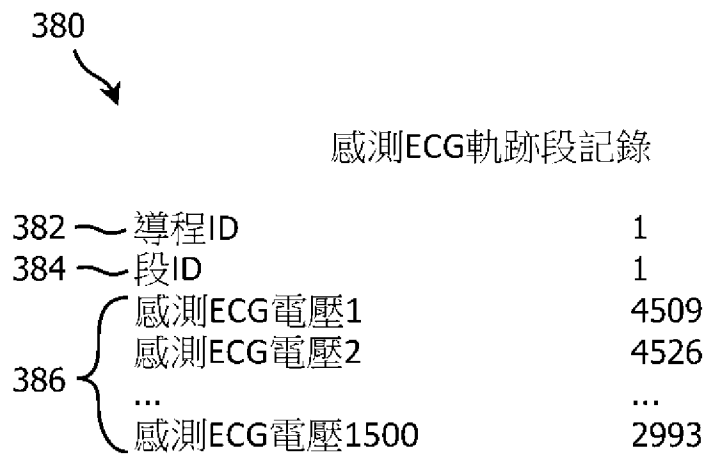
【圖 4】



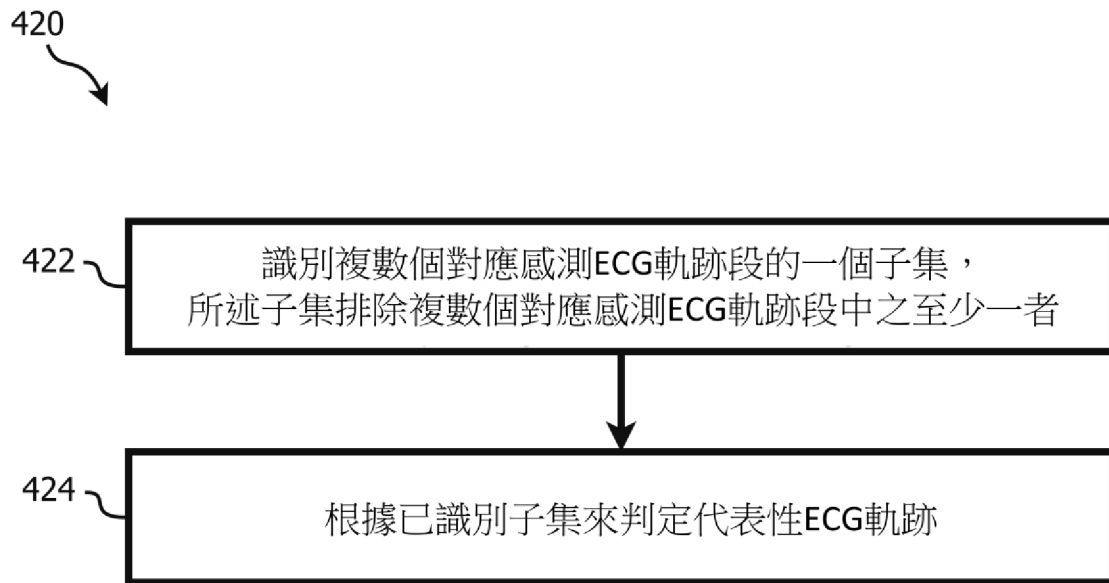
【圖 5】



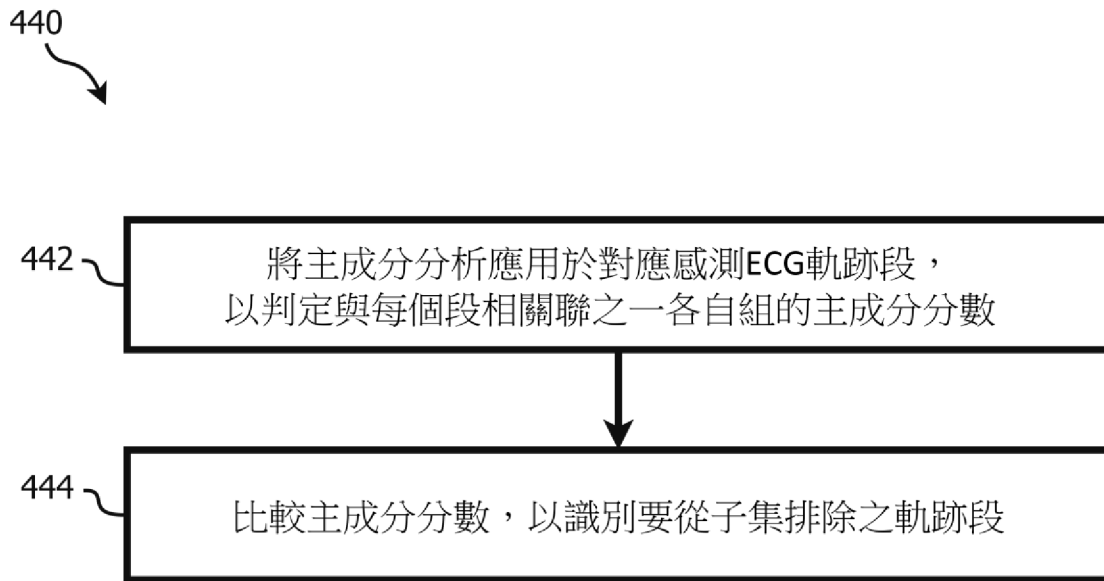
【圖 6】



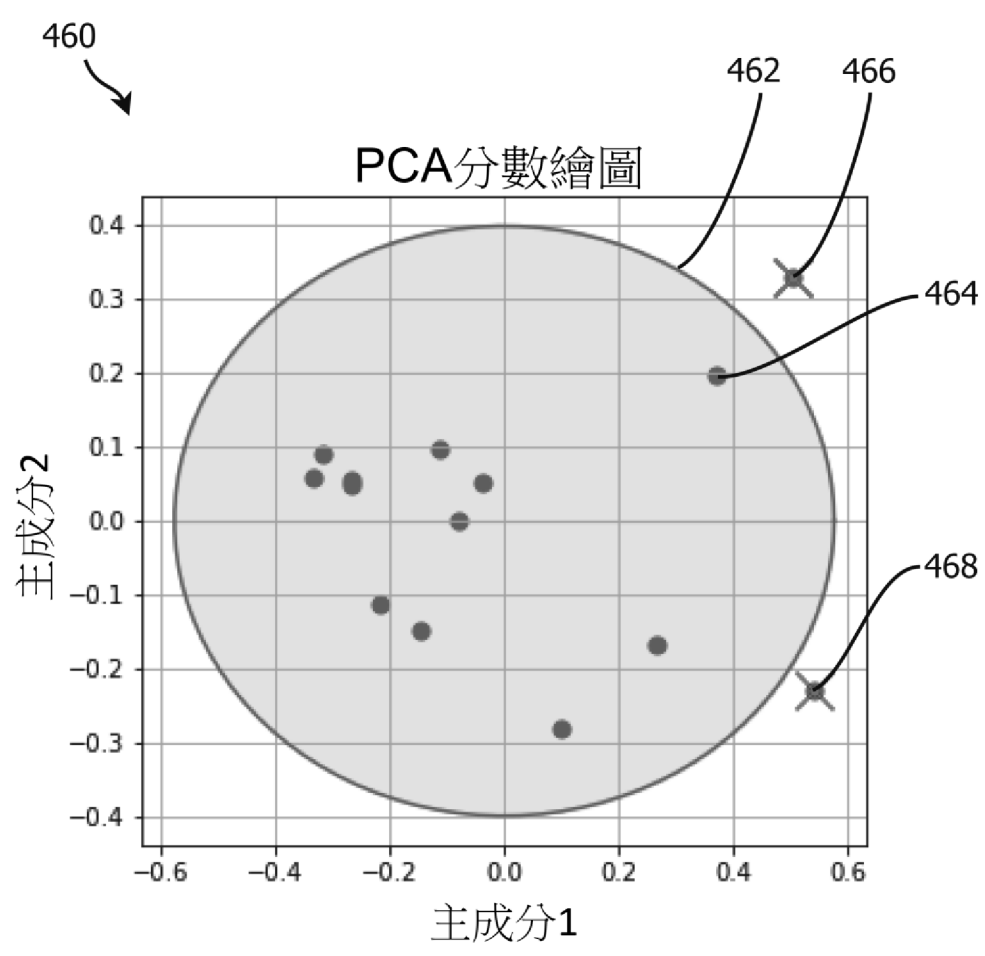
【圖 7】



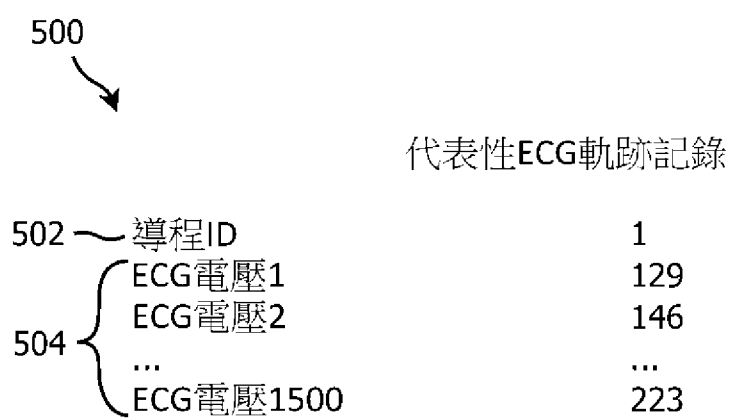
【圖 8】



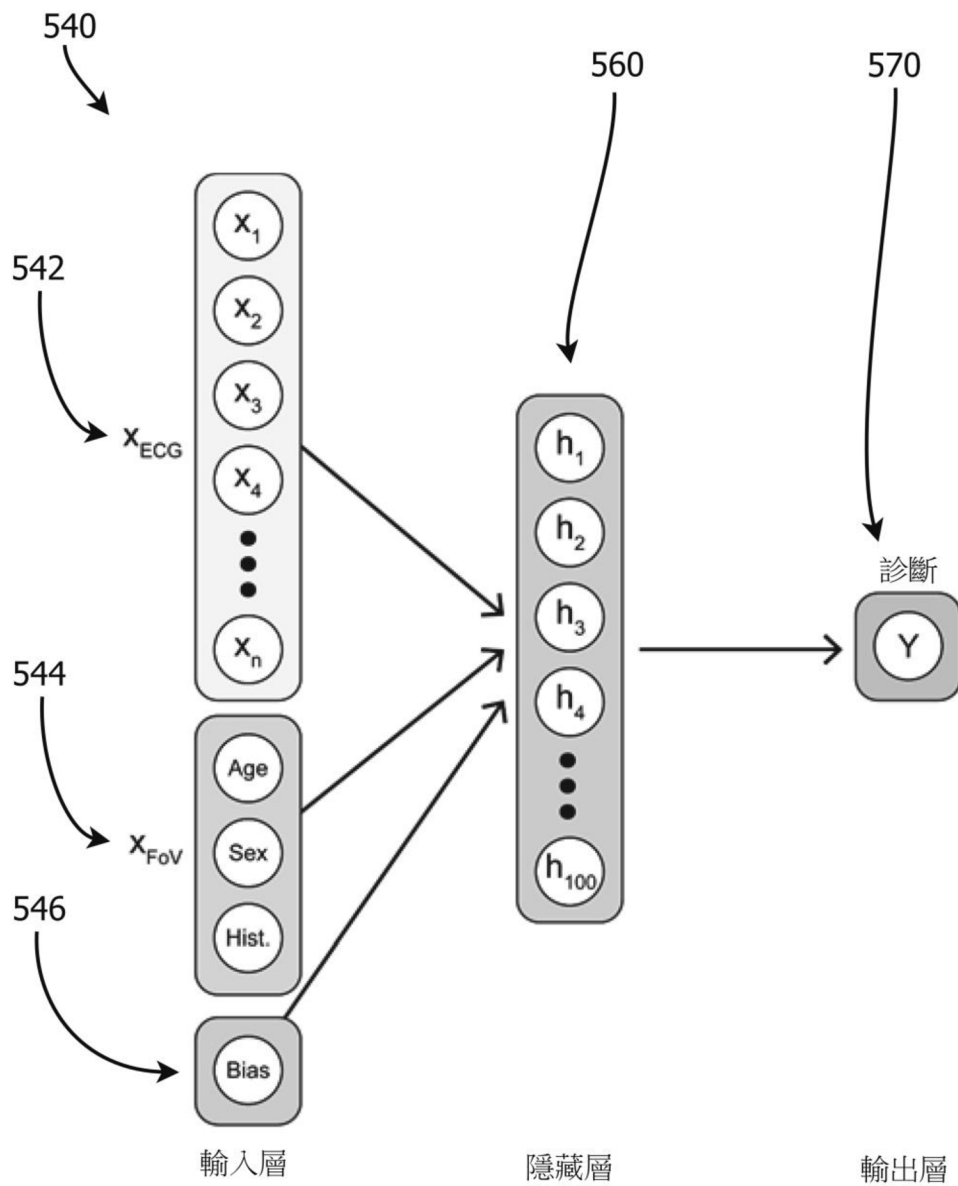
【圖 9】



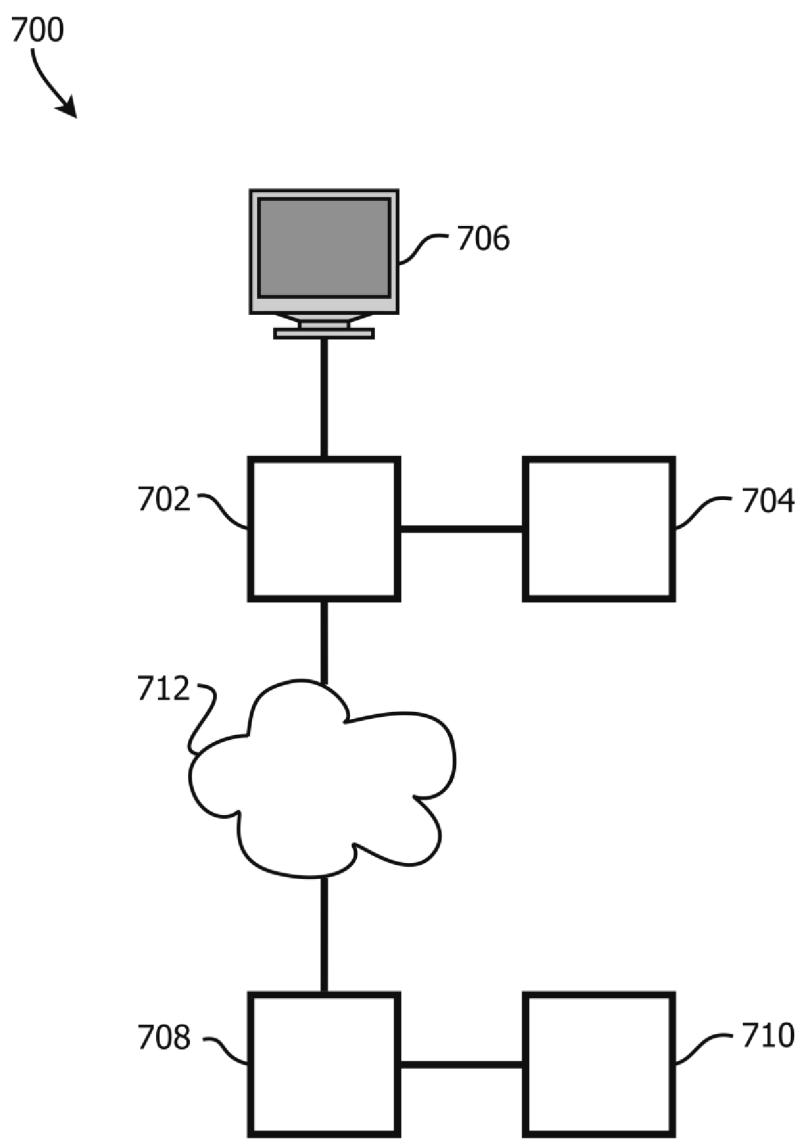
【圖 10】



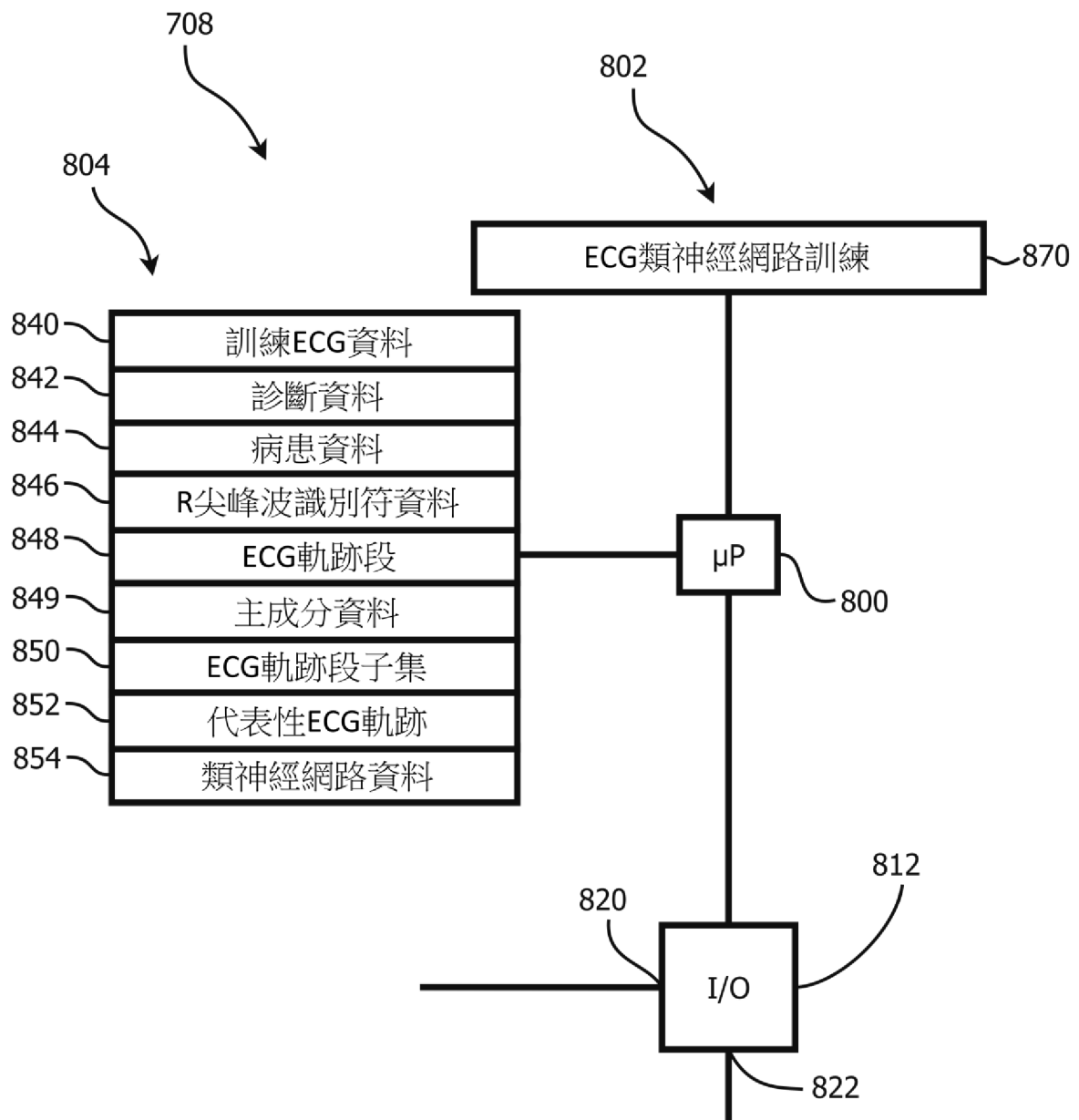
【圖 11】



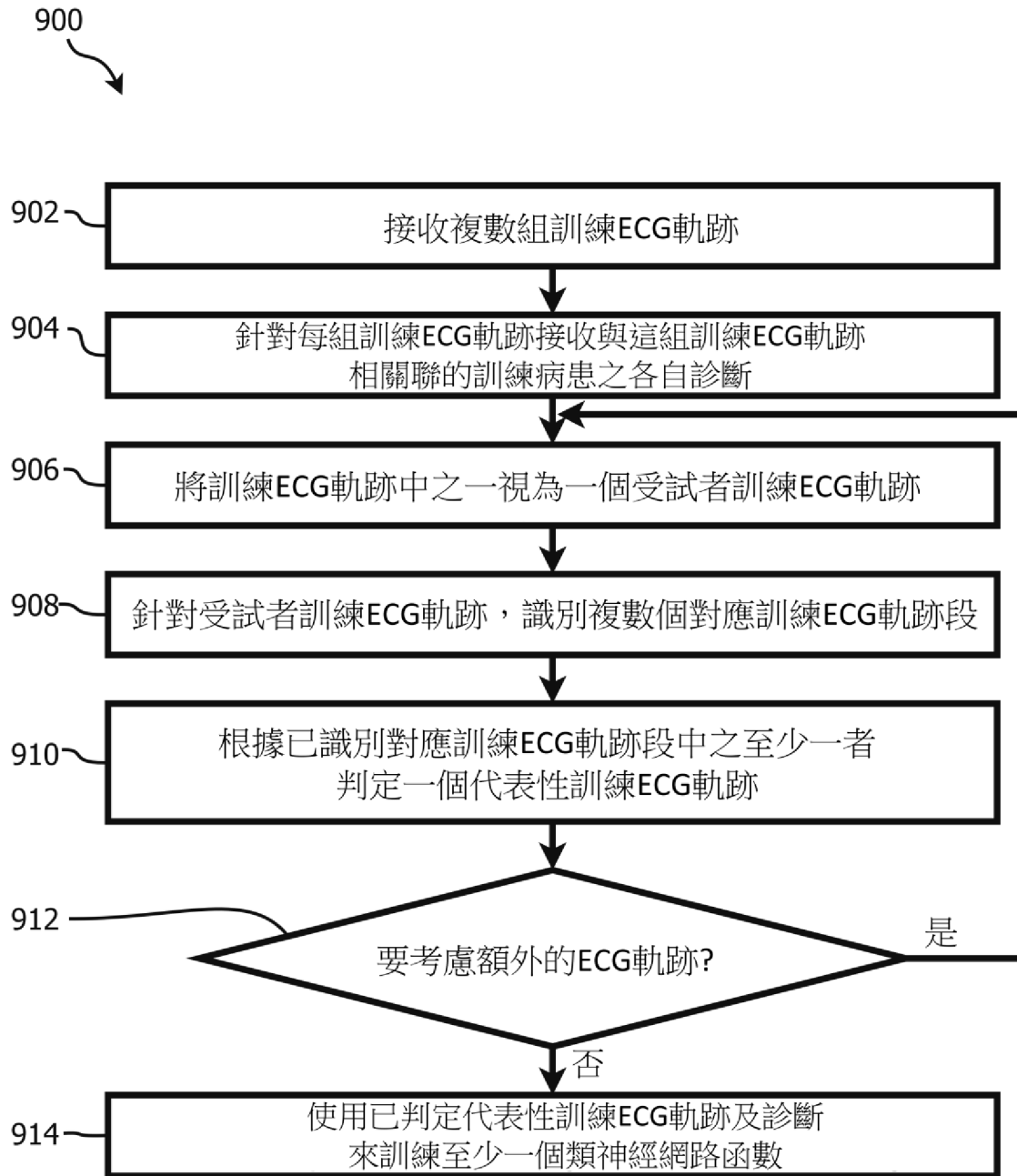
【圖 12】



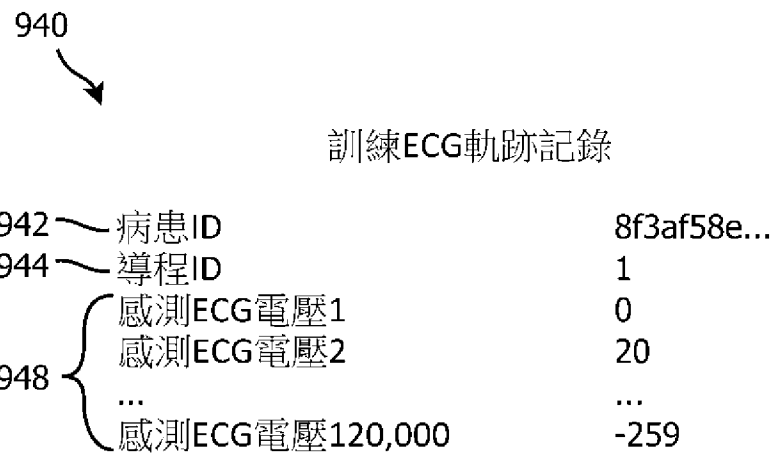
【圖 13】



【圖 14】



【圖 15】



【圖 16】



【圖 17】

1040  
↘

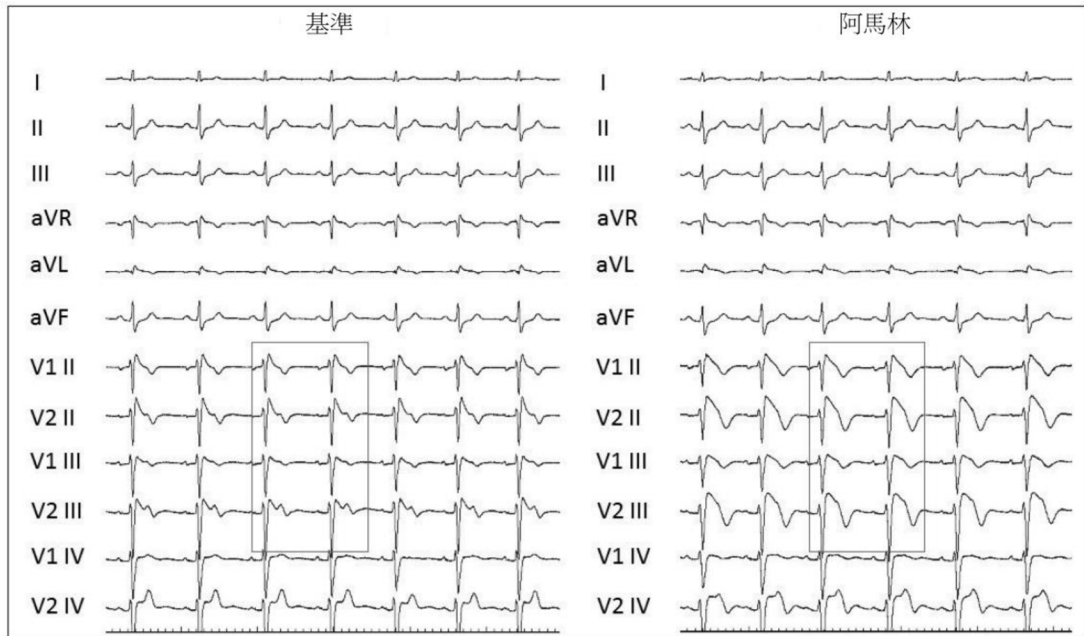
代表性訓練ECG軌跡記錄

病患ID	8f3af58e...
導程ID	1
ECG電壓1	0
ECG電壓2	22
...	...
ECG電壓1500	239

【圖 18】

1100  
↙

1102  
↙

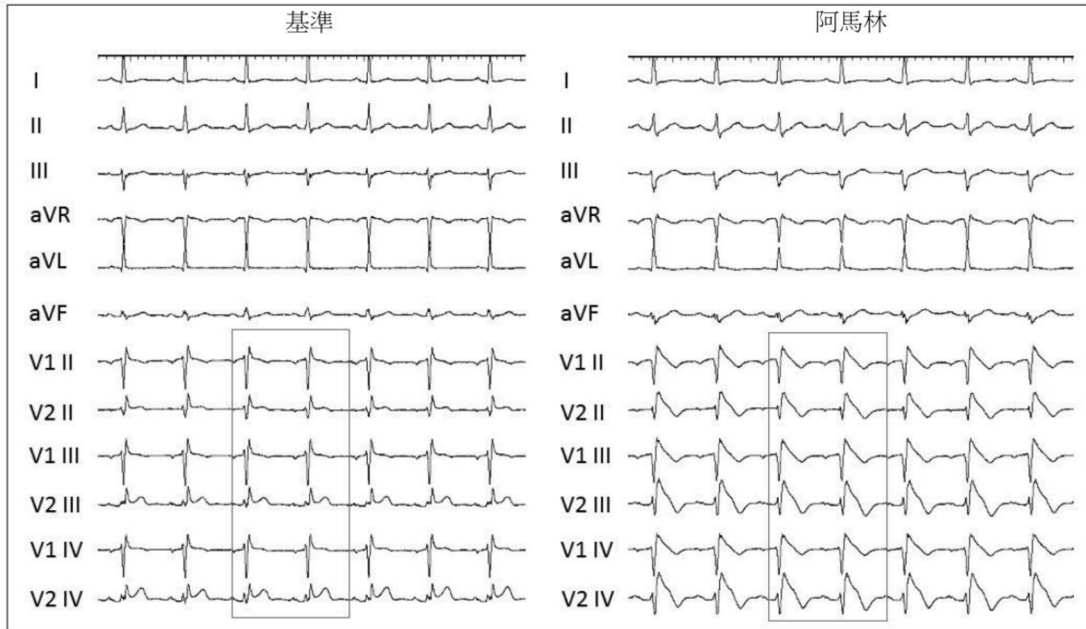


【圖 19】

1120



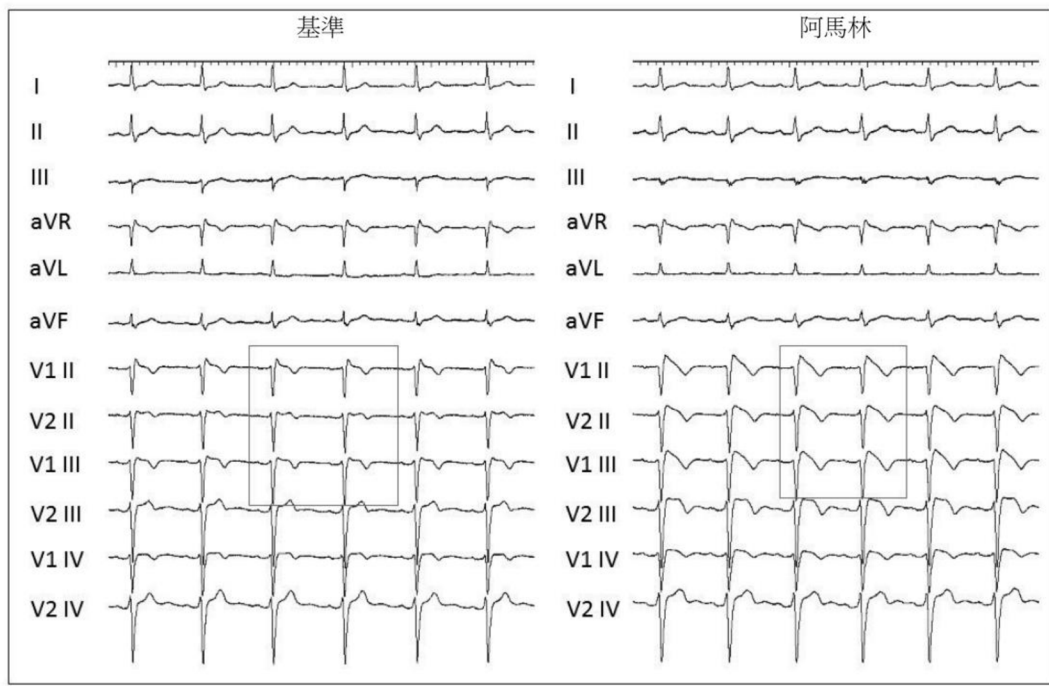
1122



【圖 20】

1140  
↙

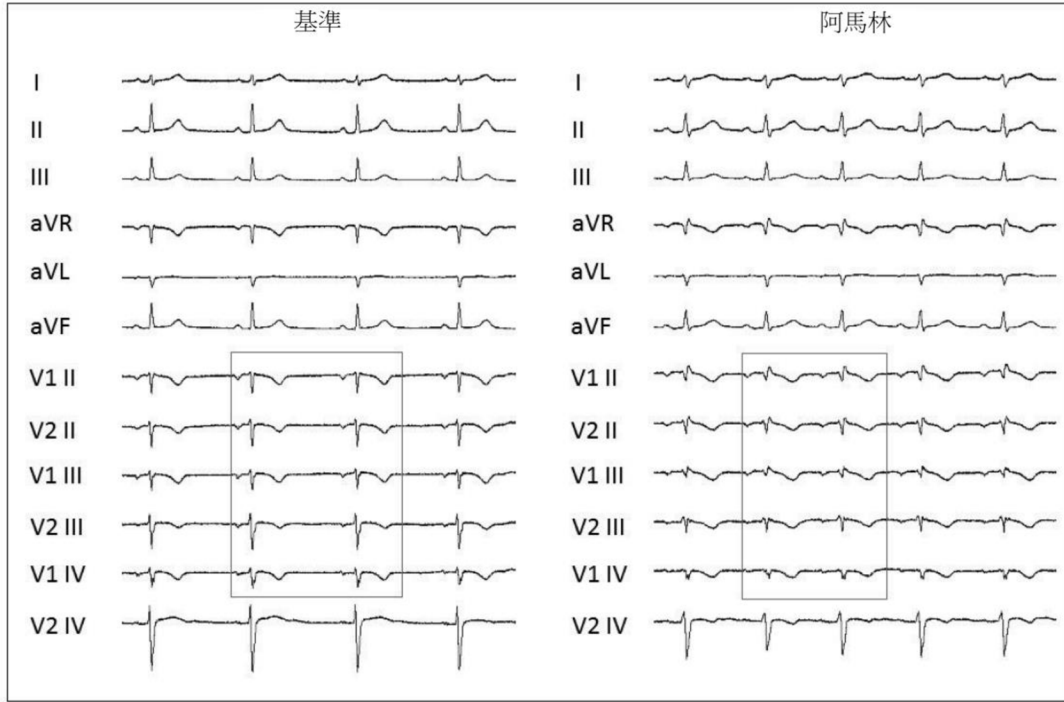
1142  
↙



【圖 21】

1160  
↙

1162  
↙

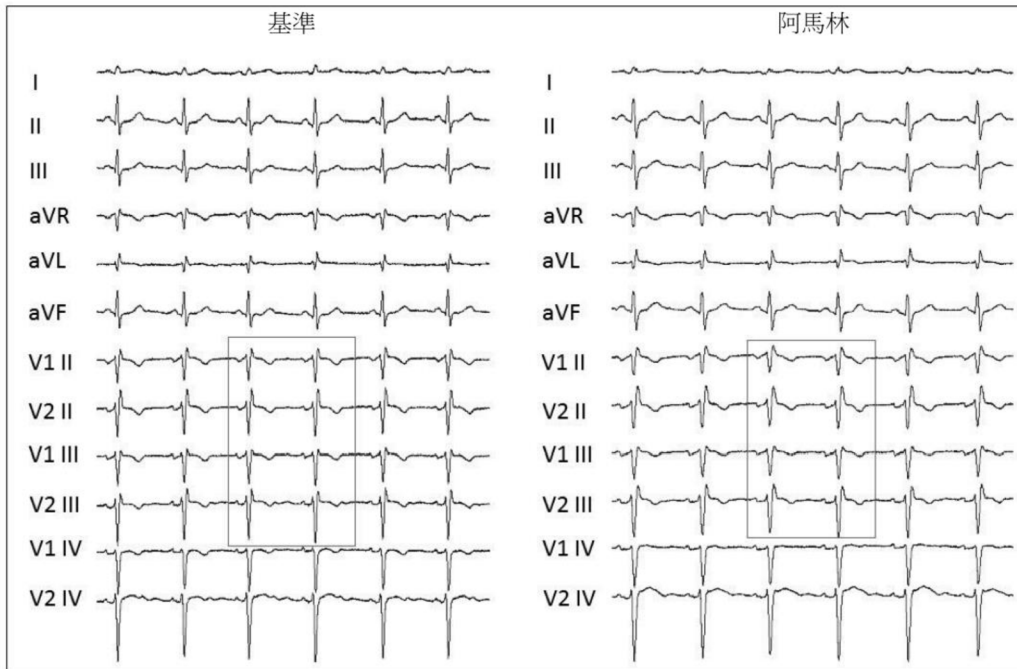


【圖 22】

1180



1182

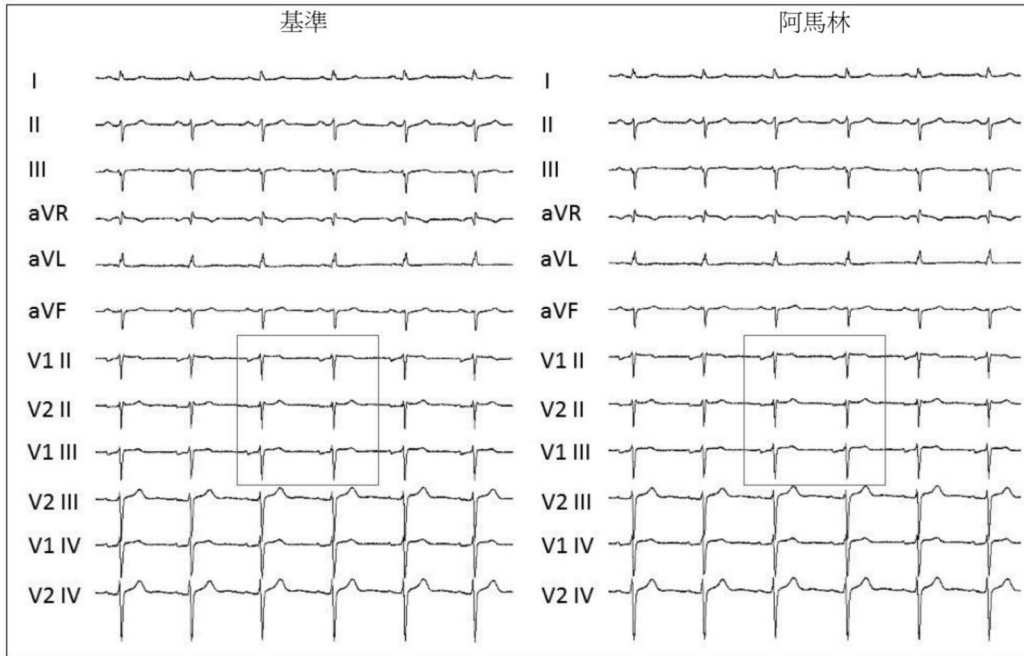


【圖 23】

1200



1202



【圖 24】