

Reconhecimento de padrões em sinais fisiológicos para diagnóstico médico

PRÓLOGO

A nova geração de microcontroladores, DSP's (Digital Signal Processing), computadores, aplicados a aparelhos médicos e à prática médica, melhoram consideravelmente a qualidade dos diagnósticos. Para tal, tem sido proposta e utilizada uma grande variedade de métodos de processamento automatizado e análise de sinais biomédicos.

Um sinal é uma representação eléctrica de uma quantidade física em função do tempo ou espaço, tanto em formato analógico como digital. Para se obter um sinal é necessário, antes de tudo, que se dê o fenómeno físico da propriedade a ser medida. Este fenómeno é, posteriormente, convertido num sinal eléctrico mensurável e interpretável (tensão, corrente, etc.), por um transdutor.

O sinal mais utilizado na prática clínica é o obtido através do ECG. Este transmite informação relativa ao funcionamento eléctrico do coração devido à variação da forma das suas ondas constituintes, nomeadamente a onda P, o complexo QRS e a onda T. Assim, para processar o ECG é necessário reconhecer estas ondas e medir os parâmetros clinicamente importantes a partir da sua distribuição temporal.

A análise do complexo QRS (a onda mais característica no ECG) é a abordagem mais aceite para estudar e classificar disfunções cardíacas. Os maiores esforços para melhorar os diagnósticos relativos à actividade cardíaca são direccionados para o desenvolvimento de novos algoritmos de análise automática.

Neste trabalho pretende-se estudar métodos de reconhecimento de padrões e a sua classificação, recorrendo-se a algoritmos desenvolvidos.

O objectivo destes algoritmos é o diagnóstico rápido, automático e viável de doenças, como por exemplo o batimento ventricular ectópico e a contracção prematura atrial, através do estudo do complexo QRS. Para este efeito é também necessário explicar as noções básicas do funcionamento do ECG e das informações que este nos fornece.

RECONHECIMENTO DE PADRÕES

O Reconhecimento de Padrões é um subtópico de *Machine Learning*. *Machine Learning* é, por sua vez, um subtópico de Inteligência Artificial, que está relacionado com o desenvolvimento de algoritmos e técnicas que permitem aos computadores "aprender".

O principal foco da investigação de *Machine Learning* é a extracção de informação de dados automaticamente, por métodos computacionais e estatísticos.

Alguns sistemas de *Machine Learning* procuram eliminar a necessidade de intuição humana na análise de dados, enquanto outros adoptam uma abordagem cooperativa entre Homem e máquina. Contudo, a intuição humana não pode ser completamente eliminada, já que o criador do sistema tem de especificar como é suposta ser feita a representação dos dados e quais os mecanismos que serão usados, para procurar uma caracterização destes.

Reconhecimento de Padrões consiste em analisar dados, ou padrões, adquiridos e classificá-los de acordo com um conjunto de propriedades ou características, tendo em conta o conhecimento *a priori* ou informação estatística extraída dos padrões. Os padrões a ser classificados são geralmente grupos de medidas ou observações, que definem pontos num espaço multidimensional apropriado.

O Reconhecimento de Padrões tem como objectivos atribuir um padrão a um conjunto desconhecido de objectos (clustering) ou identificar um padrão como membro de um conjunto conhecido de classes (classificação).

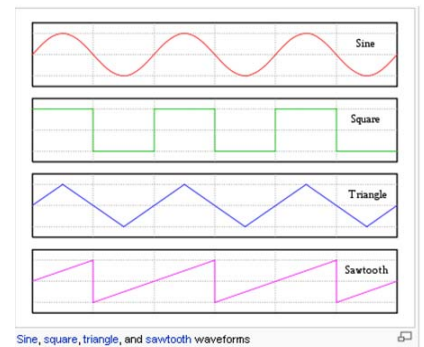
O esquema de classificação ou descrição é geralmente baseado na disponibilidade de um conjunto de padrões previamente classificados ou descritos. Este conjunto de padrões é denominado conjunto de treino, e a estratégia de aprendizagem resultante é caracterizada como aprendizagem supervisionada. A aprendizagem também pode ser não-supervisionada, no sentido que o sistema não recebe uma classificação (rotulação) de padrões mas estabelece sozinho as classes baseando-se nas regularidades estatísticas dos padrões.

O esquema de classificação ou descrição normalmente usa uma das seguintes abordagens: estatística ou sintáctica. O reconhecimento de padrões estatístico é baseado na caracterização de padrões, assumindo que os padrões são gerados por um sistema probabilístico. O reconhecimento de padrões sintáctico (ou estrutural) é baseado nas interrelações das características. Uma grande variedade de algoritmos pode ser aplicada no reconhecimento de padrões, desde classificadores Bayesianos a muito mais poderosas redes neuronais.

Reconhecimento de padrões sintáctico é uma forma de reconhecimento de padrões onde os itens são apresentados como estruturas de padrões que podem levar em conta interrelações entre características mais complexas que os vectores de características numéricos utilizados na classificação estatística.

O reconhecimento de padrões sintáctico pode ser usado (em vez do reconhecimento de padrões estatístico) se existir uma estrutura clara nos padrões. Uma maneira de representar tal estrutura é por strings (sequências de símbolos ordenados) de uma linguagem formal. Neste caso, diferenças nas estruturas das classes são codificadas como gramáticas diferentes.

Um exemplo disto é o diagnóstico do coração com medições do ECG. As formas de onda do ECG podem ser aproximadas com segmentos de linhas horizontais e verticais. Se formas de onda normais e patológicas podem ser descritas como gramáticas formais, o sinal de ECG medido pode ser classificado como saudável ou doente, ao descrever-se primeiro em função de segmentos de linha básicos e então tentar traduzir as descrições de acordo com a gramática.



Estrutura típica de um sistema de reconhecimento de padrões



Um sistema completo de reconhecimento de padrões consiste num sensor, que recolhe as observações a serem classificadas ou descritas, um mecanismo extractor de características, que avalia informação numérica ou simbólica das observações, e um esquema de classificação ou descrição que faz o verdadeiro trabalho de classificar ou descrever as observações, baseando-se nas características extraídas.

Exemplos de Aplicação de Reconhecimento de Padrões

- Identificação de um suspeito criminal através das impressões digitais
- O Reconhecimento de Padrões pode ser aplicado ao processamento de diversos sinais e imagens médicas.

Exemplos são: contagem de células no sangue; detecção de tumores em imagens de Raios-X; caracterização de tecidos usando ultra-sons; análise de imagens de cromossomas; interpretação de electrocardiogramas; diagnóstico médico

Uma grande vantagem do Reconhecimento de Padrões é automatizar o processo de tomada de decisão, sem necessidade de intervenção humana.

ELECTROCARDIOGRAMA

O Electrocardiograma (ECG) regista, através de um electrocardiógrafo, a actividade eléctrica do coração durante um certo tempo.

Os impulsos eléctricos simpáticos do coração têm origem no nó sinusal e percorrem o músculo cardíaco onde se dá o início da sístole eléctrica ou da contracção do coração. As ondas eléctricas podem ser medidas através de eléctrodos colocados em diferentes partes do coração que medem a actividade de diferentes partes do músculo cardíaco.

Um ECG regista a tensão entre pares de eléctrodos e a actividade muscular medida e é a melhor forma de avaliar e diagnosticar alterações do ritmo cardíaco. É ainda de referir que o ECG não consegue diagnosticar com muita precisão o bombeamento do coração, já que, por exemplo, 20% dos pacientes com antecedentes de enfarte do miocárdio não têm alterações electrocardiográficas típicas.

Electrocardiografo

O electrocardiografo é um galvanómetro (aparelho que mede a diferença de potencial entre dois pontos) que mede pequenas intensidades de corrente que recolhe através de dois eléctrodos que estão dispostos em determinados pontos do corpo humano. Este exame serve como auxiliar no diagnóstico de um grande número de doenças cardíacas, bem como outros problemas, como por exemplo distúrbios hidroelectrolíticos.

O registo do ECG

Um típico electrocardiograma é executado num papel que marca a velocidade de 25 mm/s. Cada quadrícula do papel ECG tem 1 mm² de área. Num papel com velocidade de 25 mm/s, uma quadrícula de papel traduz-se em 0,04 s (ou 40 ms). Deve ser incluído em cada registo, um sinal de calibração.

Derivações do ECG

As derivações no ECG consistem numa combinação de eléctrodos que formam uma linha imaginária ao longo do organismo através da qual os sinais eléctricos são medidos e podem ser definidas de acordo com a posição dos eléctrodos no plano frontal (derivações periféricas - bipolares ou unipolares) e no plano horizontal (formando derivações precordiais, unipolares).

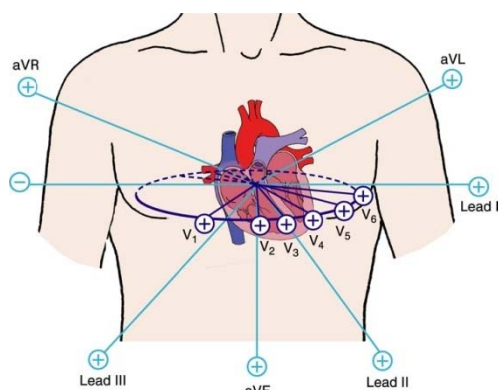


Figure 17-42 Electrocardiographic views of the heart.

Copyright © 2005 Lippincott Williams & Wilkins. Instructor's Resource CD-ROM to Accompany Critical Care Nursing: A Holistic Approach, eighth edition.

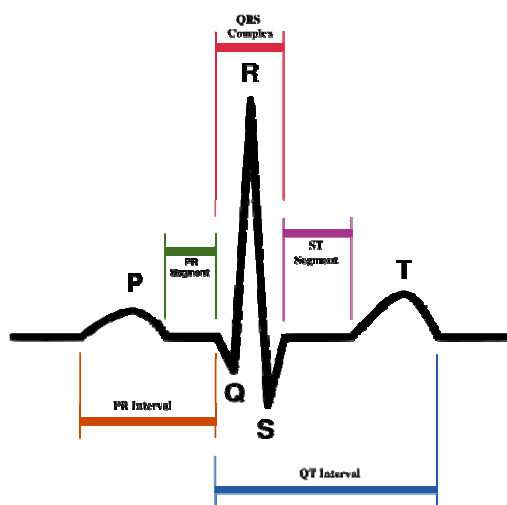
As derivações no plano frontal (periféricas) são as derivações DI, DII e DIII (derivações bipolares dos membros) e as derivações aVR, aVL e aVF (unipolares aumentadas dos membros, já que são obtidas através dos mesmo eléctrodos que as derivações DI, DII e DIII).

As derivações DI, DII e DIII formam a base do que é conhecido como triângulo do Einthoven.

Nestas derivações, considera-se positivo o eléctrodo colocado nas seis posições diferentes sobre o tórax, sendo que o pólo negativo situa-se no dorso do paciente.

Ondas e Intervalos

Um típico traçado de ECG consiste numa onda P, num complexo QRS e uma onda T, para um batimento cardíaco. Pode-se ainda, em alguns casos visualizar uma pequena onda U.



Uma onda progressiva de despolarização pode ser considerada com uma onda móvel de cargas positivas. Assim, quando esta onda de despolarização se aproxima de um eléctrodo na pele (eléctrodo positivo), regista-se no ECG uma deflexão positiva. Quando a onda de despolarização se afasta deste mesmo eléctrodo, tem-se uma deflexão negativa no ECG. Caso não haja nenhuma actividade eléctrica, a linha fica isoelectrica, isto é, as tensões são invariantes no tempo. Normalmente esta linha é medida como parte do traçado na sequência da onda T e o traçado que antecede a próxima onda P. A onda P corresponde à despolarização das aurículas e a sua amplitude máxima é de 0.25 mV.

O complexo QRS é uma estrutura do ECG que corresponde à despolarização dos ventrículos. Como os ventrículos têm maior massa muscular que as aurículas, o complexo QRS tem maior amplitude que a onda P. É de referir ainda que, nem todos os complexos QRS contêm uma onda Q, uma onda R e uma onda S. Por isso, definiu-se por convenção que a qualquer combinação destas três ondas é referida como o complexo QRS.

O intervalo PR é medido desde o início da onda P até ao início do complexo QRS e tem uma duração compreendida entre os 120 e os 200 ms. No caso da onda Q ser medida no ECG, o intervalo PR, poderá ser chamado intervalo PQ.

O segmento ST liga o complexo QRS à onda T, e tem uma duração compreendida entre os 0,08 e 0,12 s. É difícil determinar com precisão onde acaba o segmento ST e onde começa a onda T, o que nos leva a examinar estes dois componentes juntos.

A onda T representa a repolarização dos ventrículos. O intervalo desde do início do complexo QRS ao máximo da onda T é referido como o período refractário absoluto. A última metade da onda T é referida como o período refractário relativo. Na maior parte das derivações, a onda T é positiva.

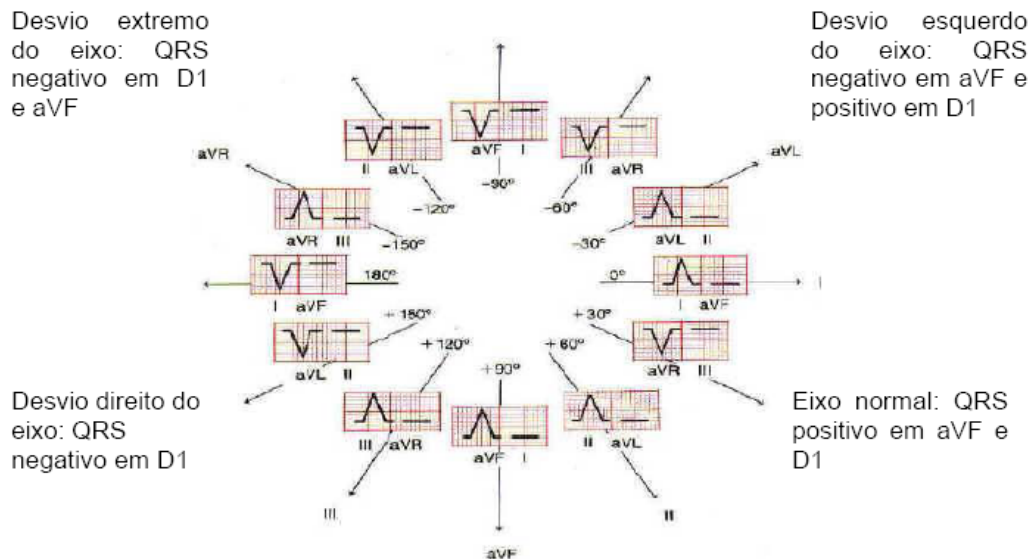
O intervalo QT é medido desde o início do complexo QRS até o fim da onda T. Este intervalo representa o tempo total necessário para a polarização e repolarização dos ventrículos.

Como já foi referido anteriormente, a onda U nem sempre é visível no ECG. É normalmente pequena, e por definição, segue a onda T. A onda U representa a repolarização das fibras Purkinje.

Eixo do ECG

O eixo refere-se à direcção da despolarização que se difunde através do coração para estimular a contracção miocárdica. Esta direcção é representada por um vector que nos mostra por onde se propaga a maior parte do estímulo. Este vector, por norma dirige-se para baixo e para o lado esquerdo do individuo. O eixo serve para verificar se a movimentação de ondas do coração está no sentido normal.

Para se determinar o eixo, o procedimento básico inicial consiste na observação das derivações D1 e aVF, que são derivações que estão direccionadas para o sentido normal da despolarização cardíaca.



PADRÕES TÍPICOS DE ECG EM CERTAS DOENÇAS CARDÍACAS

O electrocardiograma é um método com múltiplos complexos e ondas - cada um com uma sensibilidade e especificidade característica – podendo ser influenciados por alterações fisiológicas, fitopatológicas e anatómicas.

Nos casos de arritmias, distúrbios de condução intraventricular e na pré-excitação é apenas necessário o recurso ao electrocardiograma para assegurar o diagnóstico. Nas situações em que as alterações morfológicas advêm dos crescimentos cavitários ou insuficiência coronária (isquémia, lesão e necrose), a relevância do diagnóstico do electrocardiograma é menor.

O estudo detalhado das curvas e intervalos do electrocardiograma, bem como o conhecimento do seu valor normal, permitem deduzir se o exame está alterado ou normal. Entretanto, há situações consideradas limites da normalidade; nesses casos, há necessidade de dispor dos dados clínicos ou outros métodos complementares.

Na tabela seguinte encontra-se a associação de diversas patologias a anormalidades no ECG. Estão também algumas observações que denotam a baixa especificidade do ECG.

Desvio		Patologias associadas	Observações
Eixo eléctrico	Para a direita (deflexão negativa em DI e mais positiva em DIII)	Sobrecarga do Ventrículo Direito (doenças pulmonares e congénitas)	
	Para a Esquerda (deflexão em DIII e DII)	Hipertrofia do Ventrículo Esquerdo	
Onda P	Positiva/negativa em DII DIII e VF	Distúrbio de condução intra-auricular com activação retrógrada auricular esquerda	
	Positiva/negativa em V ₁ com fase negativa lenta	Sobrecarga auricular esquerda, estenose mitral ou "cor pulmonale"	
	Inexistente	Fibrilhação auricular, Fibrilhação Ventricular	
	Esporádica (sem relação com o complexo QRS)	Taquicardia ventricular, Bloqueio aurículo ventricular (2º grau tipo II ou 3º grau)	
Intervalo PQ	Aumento	Bloqueio Aurículo Ventricular (1º grau e 2º grau tipo II)	
Intervalo PR	Longo	Bloqueio aurículo ventricular	Normal em idosos
	Curto	Ritmo de união aurículo ventricular ou síndromas de pré-excitação.	Normal em crianças e pacientes simpaticotónicos
Intervalo QT	Curto		Repolarização precoce, hipocalcemias e hipopotassemias.
	Longo	<i>Alongamento entre 15% e 25% do valor médio</i>	Considerado mau prognóstico em casos de QT longo congénito associado a arritmias ventriculares malignas, nos enfartes agudos do miocárdio, nas hipopotassemias com hipocalcemia concomitante e nas hipocalcemias isoladas.
		<i>Alongamento > 25% do valor médio</i>	
Complexo QRS	Para a direita	Aumentos do ventrículo direito, no bloqueio divisional pósterio inferior esquerdo, no enfarte agudo do miocárdio e em algumas formas de síndrome de Wolff-Parkinson-White.	Em indivíduos sem cardiopatia ou verticalização do coração significa menor quantidade de fibras de Purkinje
	Desvio à esquerda acima de -30°	Bloqueio divisional antero-superior esquerdo, enfarte agudo do miocárdio, marca-passo e alguns tipos de síndrome de Wolff-Parkinson-White	
	Aumento	Taquicardia Ventricular, Síndrome de Wolff-Parkinson-White, bloqueio completo do ramo direito, bloqueio completo do ramo esquerdo, ou associação de bloqueio de ramo com aumento da cavidade ventricular.	
	Diminuição	Bloqueio Aurículo ventricular (1º grau, 2º grau tipo I e 3º grau), fibrilhação ventricular	
	Ausente	Fibrilhação ventricular	
Onda R	Ampla em precordiais esquerdas	Sobrecarga ventricular esquerda.	

	Ampla em V I	Variações da normalidade, aumento do ventrículo direito, bloqueio do ramo direito do feixe de His, síndromas de pré-excitação e enfarte do miocárdio na região dorsal do ventrículo esquerdo	
Onda Q	Ausência em DI, aVL, V5, V6.	Distúrbio de condução do ramo esquerdo do feixe de His	
Frequência	Menor que 60/min	Bradicardia, Bloqueio Aurículo Ventricular.	
	Maior que 100/min	Taquicardia	
	Ausente	Fibrilhação Ventricular	
	Irregular	Fibrilhação auricular, Bloqueio Aurículo Ventricular (2º grau tipo I)	

ALGORITMOS PARA RECONHECIMENTO DE PADRÕES EM ECG

Um algoritmo é uma sequência finita de instruções bem definidas e não ambíguas, cada uma das quais pode ser executada mecanicamente num período de tempo finito e com uma quantidade de esforço finita.

Os algoritmos podem aparecer sobre diversas formas – computacional, tabelas, fluxogramas, etc – sendo importantes ferramentas de apoio ao diagnóstico médico. Os algoritmos deverão ser precisos, acessíveis e usados correctamente, para que a sua automatização permita aumentar a velocidade de execução e reduzir erros de utilização.

A avaliação dos algoritmos é realizada de acordo com 3 parâmetros, os quais são a sensibilidade, a especificidade e a previsibilidade positiva.

Uma das especialidades da Medicina em que o uso de algoritmos está mais generalizado é a cardiologia.

Ao longo deste trabalho, abordar-se-á apenas o uso de algoritmos matemáticos no electrocardiograma (ECG), os quais permitem não só o fornecimento rápido e preciso de dados necessários para que o médico possa realizar rapidamente a avaliação clínica do paciente e como também a detecção do complexo QRS, o enquadramento da curva do ECG em volta do complexo QRS e a detecção do batimento ventricular ectópico.

A importância destes algoritmos está relacionada com o facto que as contracções ventriculares normais são representadas por complexos QRS com uma forma de onda relativamente constante e uma aparição relativamente regular de cada batimento cardíaco. Em pessoas saudáveis apenas existe uma lenta variação do intervalo entre batimentos RR, correspondendo à actividade respiratória. Qualquer disfunção cardíaca associada com a excitação de centros ectópicos em qualquer zona do miocárdio leva a contracções prematuras, alterando a duração do intervalo RR e/ou a forma da onda QRS.

Convém afirmar, contudo, que as ondas de ECG têm uma grande diversidade de formatos, podendo ser afectadas por diversos factores. Entre eles, podemos citar as diferenças entre pacientes e as situações analisadas, o tempo de análise, o ruído proveniente do contacto do eléctrodo com a pele e da rede eléctrica, da variação de impedância do eléctrodo, etc. Por estas razões não existe ainda um algoritmo que detecte a onda R com 100% de eficácia.

Um dos possíveis algoritmos para detectar o complexo QRS apresenta 99,08% para sensibilidade e 99,63% para previsibilidade e o seu funcionamento consiste na definição de um limiar para a identificação de eventos num ECG, os quais podem ser classificados ou não em complexos QRS.

Os critérios utilizados para esta classificação são a análise do intervalo RR e da largura e da amplitude do complexo QRS, sendo assim possível calcular o tempo médio entre complexos (T_m).

No que toca ao enquadramento da curva do ECG, após a definição do momento em que ocorre um complexo QRS pretende-se determinar a região que corresponde a um ciclo complexo. Assim, tal como no processo utilizado por Borsali:

1. Espera-se até o momento em que se detecta um complexo QRS;
2. Através da utilização de T_m (média de tempos entre complexos QRS) define-se o início do ciclo de ECG como sendo 40% (valor definido por observação) de T_m antes do complexo QRS;

3. Um buffer armazena os dados de todas as derivações desde esse tempo até completar 100% de Tm.

O Batimento Ventricular Ectópico (disfunção do batimento cardíaco, que envolve batimentos extra ou irregulares), por sua vez, pode ser detectado através de um algoritmo proposto por Dotsinsky e Stoyanov, em 2004, onde após a detecção do batimento cardíaco se aplica uma série de filtros para classificar o batimento ventricular em ectópico ou normal.

De forma resumida, após a detecção de um batimento considera-se uma faixa na qual é localizado o pico do sinal (onda R) e através de cálculos realizados com a posição da onda R, a forma das ondas, as suas distâncias relativas e amplitudes, entre outros, o algoritmo procura detectar se o batimento é ectópico ou não.

Outro método de detecção de arritmias recorre a redes neuronais artificiais (RNA). As RNA são um conjunto de sistemas computacionais estruturadas cuja ligação se assemelha àquela do sistema nervoso. Estas têm um conjunto importante de propriedades, especialmente o sistema de aprendizagem automática. Esta propriedade é de especial interesse no diagnóstico automático de arritmias. Este método é melhorado através do recurso às transformadas Wavelet. A transformada Wavelet é usada para dividir um sinal contínuo em pequenos fragmentos de diferentes frequências. Deste modo é possível obter informações adicionais sobre o sinal.

A detecção de arritmias com este processo divide-se geralmente em três etapas. A primeira etapa constitui o pré-processamento que não é mais que a selecção das amostras do ECG a estudar. Posteriormente dá-se a extracção das características do sinal. Nesta etapa pode-se recorrer às transformadas Wavelet. Deste modo a performance do método é melhorada já que permite uma maior distinção das arritmias na fase seguinte, o processamento. O processamento constitui apenas a identificação da arritmia e é nesta etapa que a RNA é utilizada. O sinal analisado será colocado numa determinada classe já existente. Caso não exista então será criada uma nova classe. Esta distinção é feita com base nas características analisadas.

CONCLUSÃO

O diagnóstico automático de cardiopatias é uma promissora área de estudo.

O conjunto de métodos tratado ao longo do trabalho traz consigo várias vantagens. Em primeiro lugar, permitem uma maior facilidade de obtenção de informações sobre o funcionamento de um sistema, facilitando o diagnóstico de doenças, selecção e aplicação de tratamentos, o que por sua vez pode reduzir o número de eventuais erros médicos. Além disso, aumentam a rapidez de processamento de relatórios, reduzindo o tempo de leitura do médico e permitindo uma maior consistência na interpretação. Facilita também o armazenamento de registos, o que possibilita uma melhor comparação com traçados prévios.

Verifica-se hoje, contudo, que recurso a este método ainda não está tão generalizado como poderia estar por vários motivos como a falta de informação, incerteza em relação à sua eficácia, dificuldade na conversão de unidades, interpretação de fórmulas, uso de dados irrelevantes para o diagnóstico médico e pouca disponibilidade.

BIBLIOGRAFIA

Links

<http://en.wikipedia.org/wiki/Ecg>

<http://enfermando.blogs.sapo.pt/5593.html>

<http://www.centrodeestudos.org.br/pdfs/ecg.pdf>

http://pt.wikipedia.org/wiki/Eletrocardiograma#Onda_T

<http://www.geocities.com/rpaim/ahistria.html>

<http://www.geocities.com/rpaim/ahistria.html>

<http://www.scribd.com/doc/2364315/Apresentacao-ecg>

<http://www.scribd.com/doc/3219691/Escrita-do-Coracao-ECG>

http://en.wikipedia.org/wiki/Pattern_recognition

http://en.wikipedia.org/wiki/Syntactic_pattern_recognition

http://en.wikipedia.org/wiki/Signal_analysis

<http://pt.wikipedia.org/wiki/Algoritmo>

[Artigos](#)

MELCO, Tito C.; MOSCATO, Lucas A. “Estudo do Electrocardiograma sobre uma Abordagem Matemática”

ROGAL, Sérgio R. [et al]; “Detecção Automática de Arritmias Cardíacas Utulizando Redes Neurais Artificiais Auto-Organizáveis”