



MESTRADO EM INFORMÁTICA MÉDICA

# SEGMENTAÇÃO DO CONTORNO DO VENTRÍCULO ESQUERDO EM IMAGENS DE ECOCARDIOGRAMA

## Visão Geral – Introdução a Snakes

*Processamento de Sinal e Imagem*

Fabio Hedayioglu  
Olga Sousa

Porto, 06 de Junho de 2008

# SUMÁRIO

Objectivo

O coração

Ecocardiograma: o que é?

Revisão bibliográfica

- Snakes – active counter model

Considerações finais

Referências bibliográficas

# Objectivo

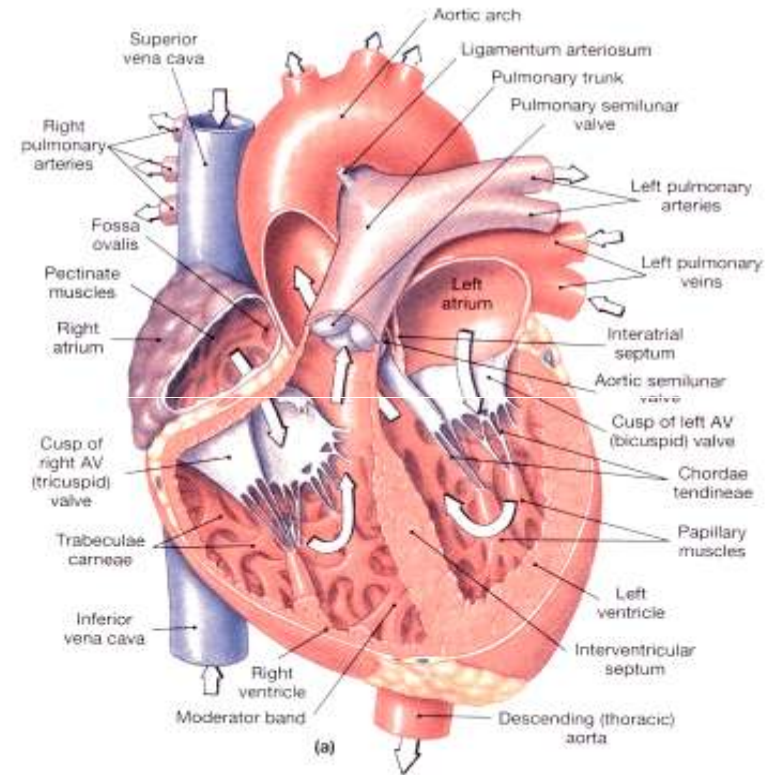
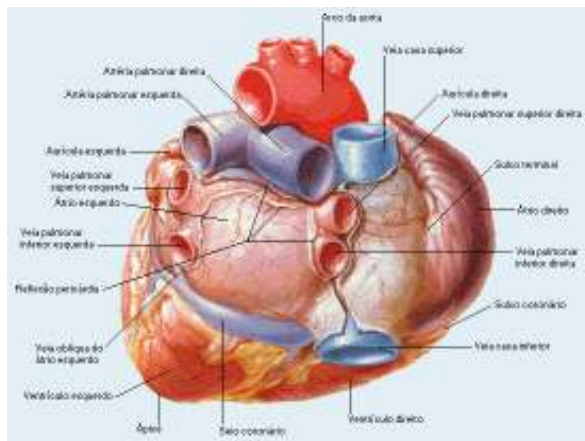
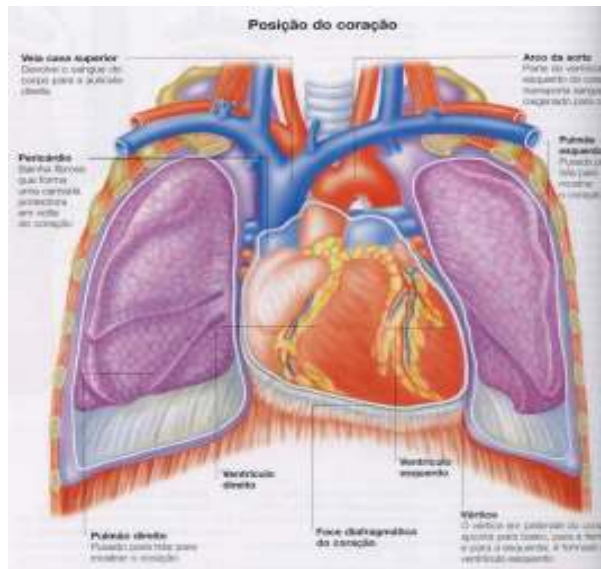
- Apresentação de um algoritmo de segmentação dos contornos do ventrículo cardíaco esquerdo (SNAKES), em imagens de ecocardiograma, baseada numa breve pesquisa bibliográfica.

# O coração



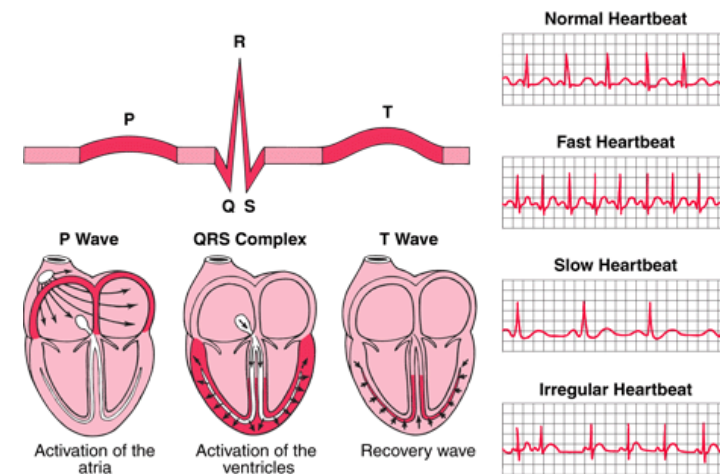
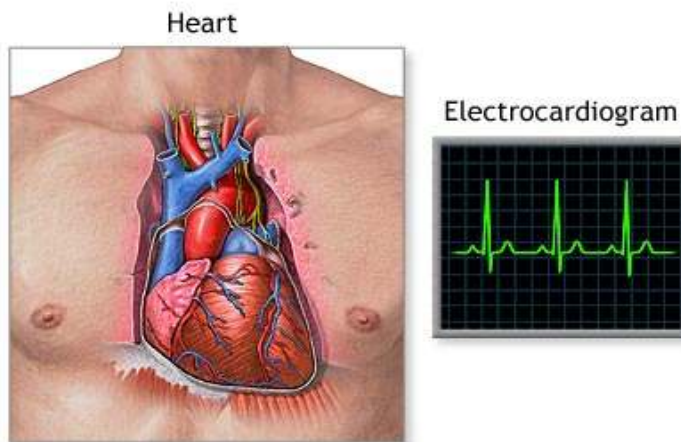
# Anatomo-fisiologia cardíaca

- Órgão situado no tórax, ao nível do mediastino médio.
- Constituído por três camadas:
  - **Pericárdio**: membrana dupla que envolve externamente o coração.
  - **Miocárdio**: camada intermédia composta de músculo cardíaco, é a mais importante das três, pois através dela o coração realiza a sua função de “bomba”.
  - **Endocárdio**: fina membrana interna que reveste as cavidades do coração.
- Dividido em 2 metades, direita e esquerda, por um septo longitudinal orientado obliquamente
  - Cada metade é composta por duas cavidades: aurícula e ventrículo
    - A **aurícula** recebe o sangue proveniente das veias
    - O **ventrículo** impulsiona o sangue para as artérias
  - Na metade direita circula o sangue venoso (não oxigenado); na metade esquerda, o sangue arterial (oxigenado).

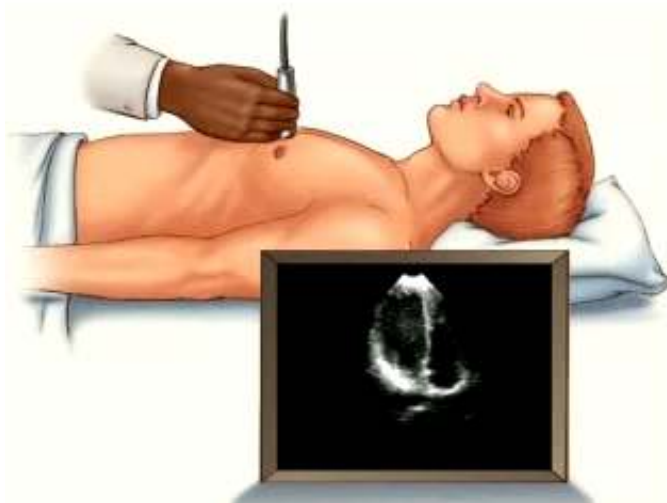


Fonte: Netter, (2000)

- Para o coração realizar a sua função de bombeamento de sangue, efectua movimentos cardíacos de contracção e relaxamento da musculatura das suas cavidades, que se chamam sístole e diástole.
  - **Sístole** - é o período de contracção, no caso dos ventrículos, para expulsar o sangue proveniente das aurículas para as artérias pulmonares e aorta.
  - **Diástole** - É o período de relaxamento, no caso dos ventrículos simultâneos ao da contracção das aurículas, permitindo a passagem do sangue das aurículas para os ventrículos. Este ciclo repete-se sem cessar (cerca de 70 vezes por minuto).



# Ecocardiograma: O que é?





# Ecocardiograma: ECC

- Método auxiliar de diagnóstico para o estudo cardíaco, que consiste na aquisição de imagens através da utilização de ultra-sons.
  - Modo M (uma dimensão)
  - 2D (bidimensional)
  - Doppler pulsado e contínuo e/ou a cores (mapeamento dos fluxos sanguíneos em gráficos)
- Permite detectar anomalias morfológicas e funcionais das suas estruturas - câmaras cardíacas (aurículas e ventrículos), válvulas e grandes vasos sanguíneos (artéria pulmonar e aorta).
- Também possibilita medir o fluxo de sangue nas válvulas e nos grandes vasos do coração.



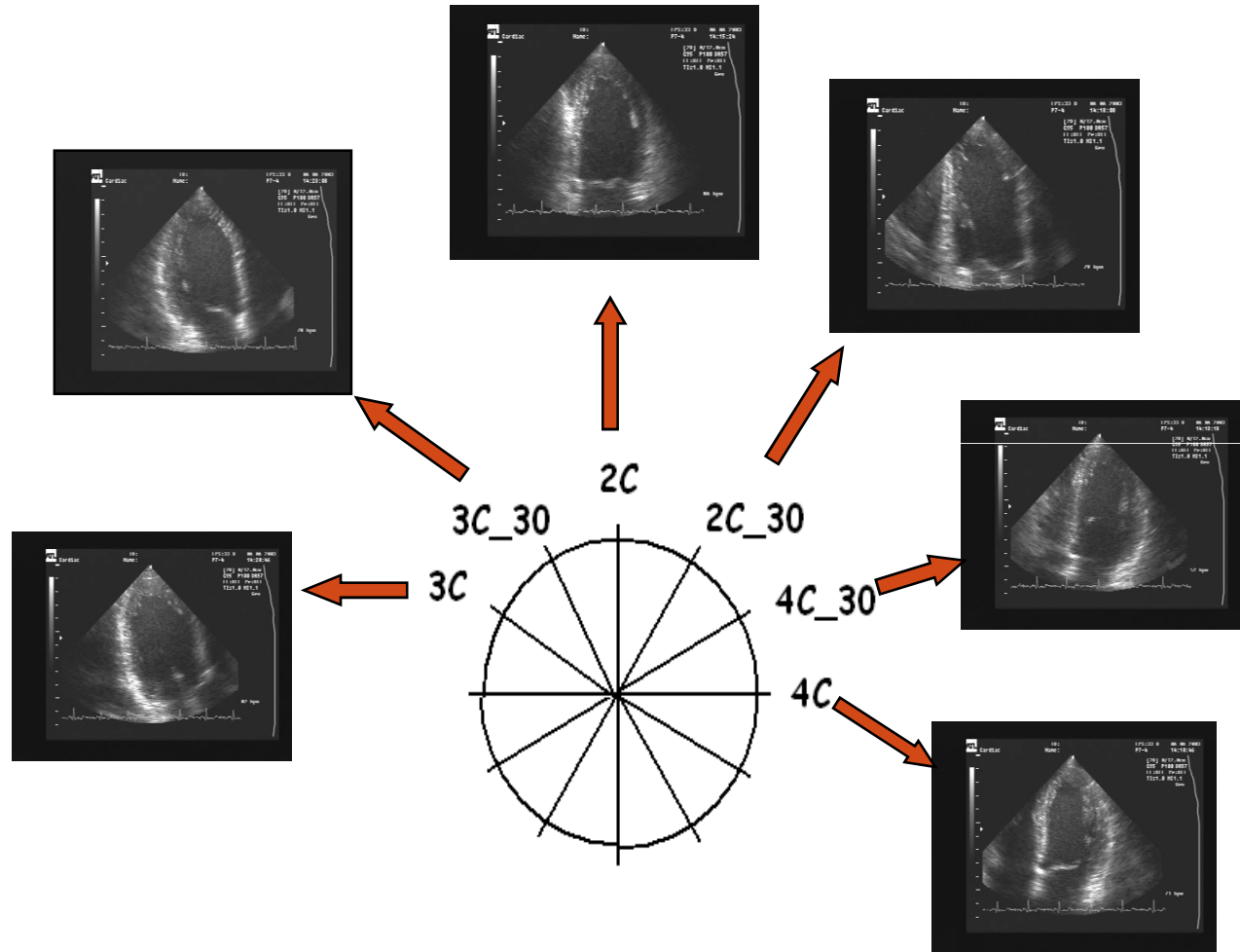
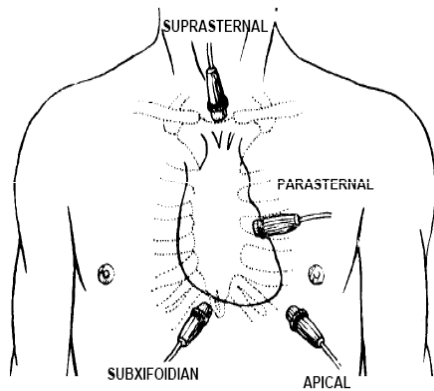
- **Indicações:**

- Para avaliação do funcionamento do coração, nomeadamente a função ventricular; o seu tamanho e a espessura das suas paredes.
- Análise do estado das válvulas cardíacas e o seu funcionamento, particularmente o aperto (estenose) ou incompetência valvular, com a quantificação da fuga de sangue.
- Cálculo do débito cardíaco - quantidade de sangue expulso por cada ventrículo num minuto. Como cada ventrículo funciona separadamente é necessário avaliar o débito ventricular esquerdo e o débito ventricular direito.
- Outros diagnósticos que possíveis:
  - cardiopatias congénitas (tais como a comunicação entre as cavidades esquerda e direita do coração);
  - malformações dos grandes vasos do coração;
  - cardiomiopatias e aneurismas;
  - a presença de trombos intracardíacos;
  - alterações da membrana que reveste o coração (pericárdio), podem ser diagnosticadas através deste exame.

- **3 procedimentos:**

- Ecocardiograma transtorácico (em repouso ou em stress)
- Ecocardiograma transesofágico
- Ecocardiograma fetal (eco fetal)

# Posições de sonda

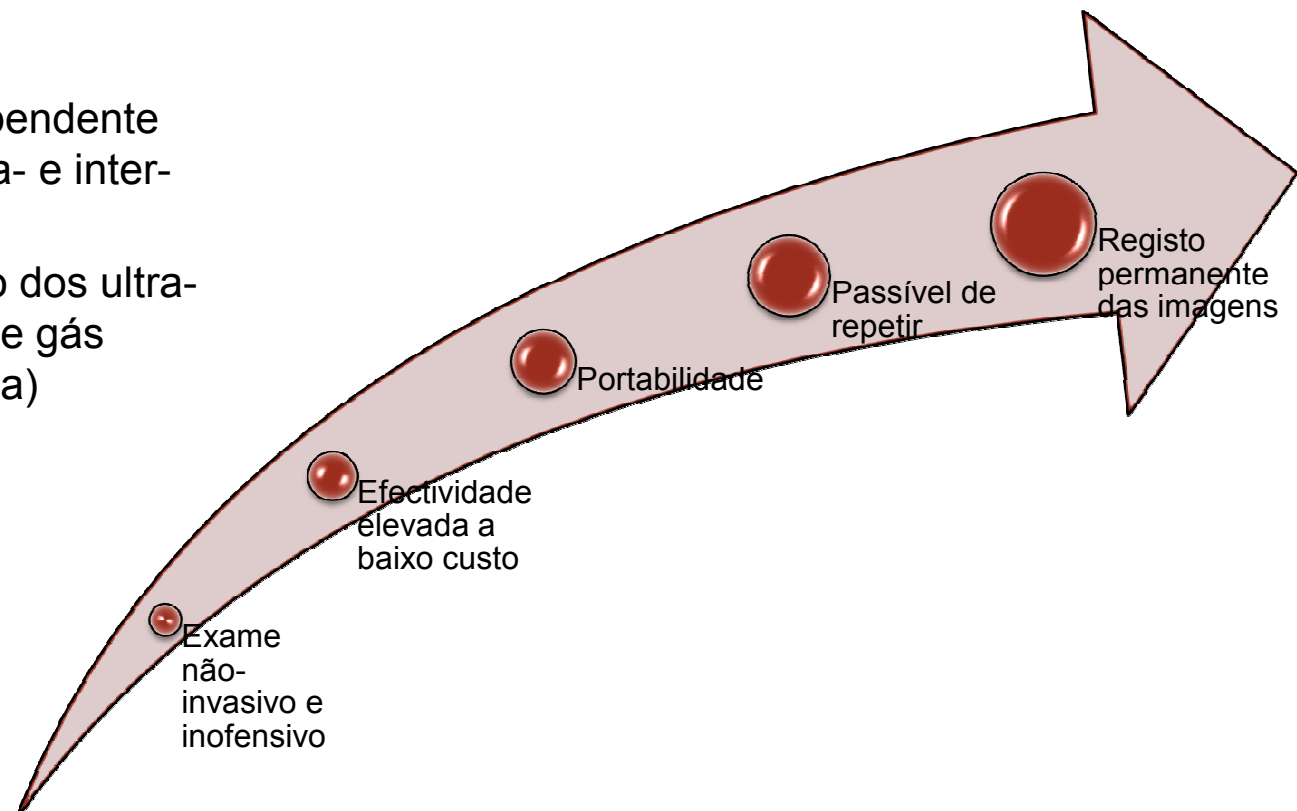


Fonte: Projecto Die-heart, (2003)

# Vantagens e limitações do ECC

- Limitações:

- Operador – dependente (diferenças intra- e inter-observadores)
- Má transmissão dos ultras-sons em cálcio e gás (imagem ruidosa)

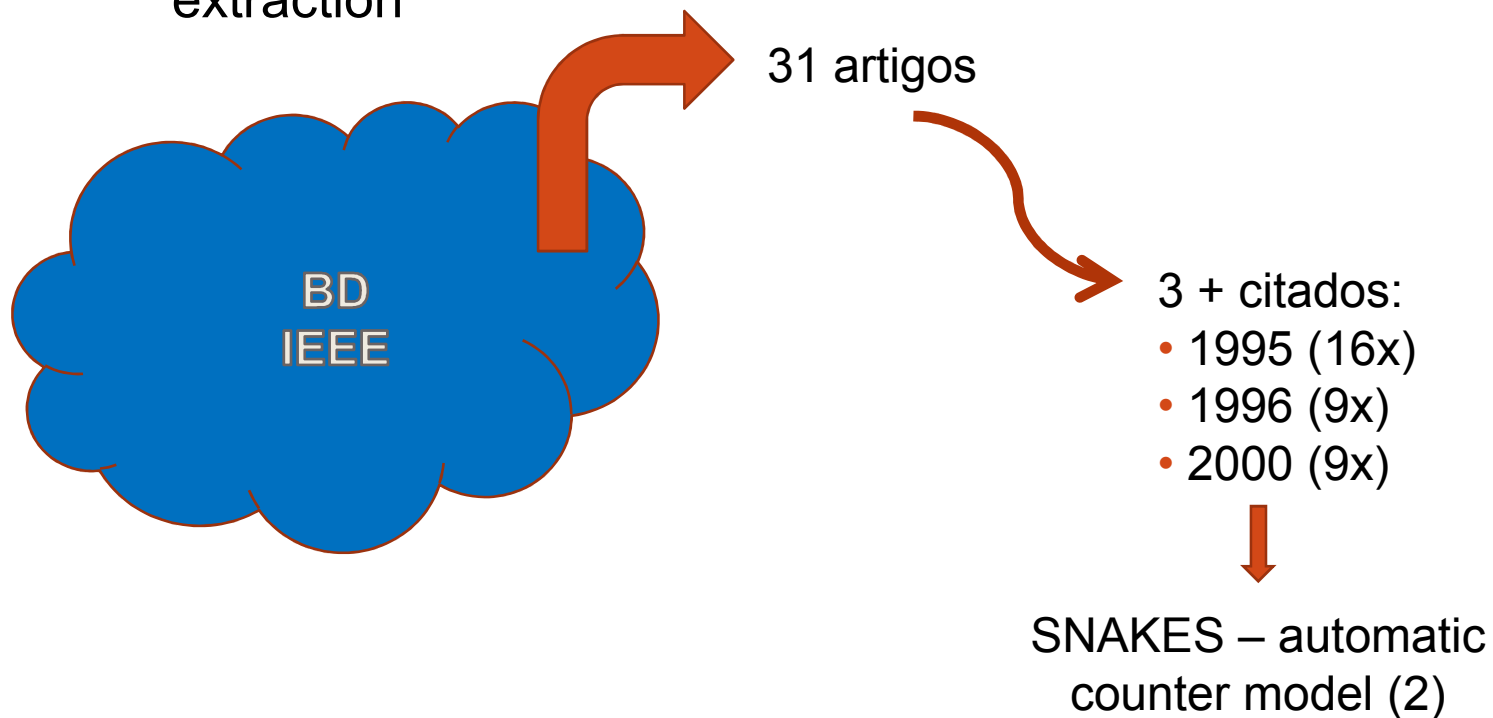


# Revisão bibliográfica



# Pesquisa bibliográfica I

- IEEE - Institute of Electrical and Electronics Engineers, Inc.
  - echocardiogram OR echocardiography AND feature extraction



# Pesquisa bibliográfica II

- *Google scholar*

- (“feature extraction” or contour) AND (ecocardiography OR ecocardiogram)

19400

- In 2000 - 2008

5730  
(30%)

- snake OR “active counter model” (2000 - 2008)

2440

- adaptado a ecocardiograma (2000 - 2008)

258  
(10,6%)

## SNAKES – active contour model

- HUNTER, J., SORAGHAN, J., MACDONAGH, T. (1995), **Fully automatic left ventricular boundary extraction in echocardiographic images**, Computers in Cardiology, p.741 - 744
- HAMARNEH, G., GUSTAVSSON, T. (2000), **Statistically constrained snake deformations**, Systems, Man and Cybernetics, vol. 3, p. 161-1615

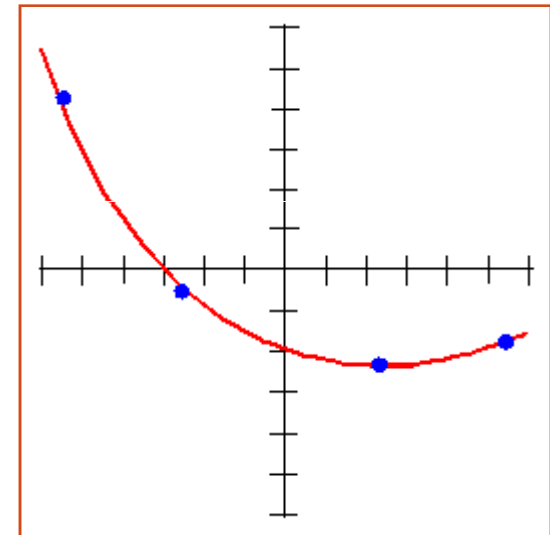


# Splines

- Curva (equação) paramétrica que conecta 2 ou mais pontos

$$S(x) = \begin{cases} S_0(x) & x \in [x_0, x_1] \\ S_1(x) & x \in [x_1, x_2] \\ \vdots & \vdots \\ S_{n-1}(x) & x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases}$$

- $S_n$  = n-ésimo segmento do spline
- $x_0, x_1$  = intervalo definido pelo spline



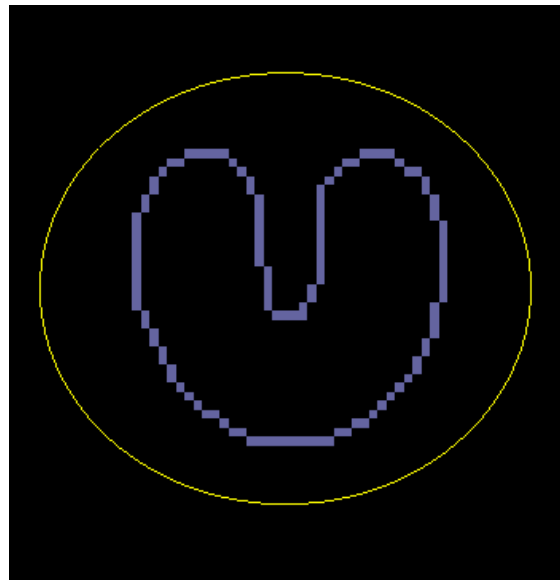
$$S(x) = S_0 + S_1 + S_2 + \dots + S_n$$

# Snakes: Active Contour Models

- Snake = Spline + 'limitação pela imagem'
- Útil para detecção de arestas, movimento, etc.
- Baixa sensibilidade a ruído.

# Snakes

- Processo iterativo de alto nível.
- Dada uma posição inicial, a snake começa a deformar-se.
- Tende a convergir para os contornos do objecto.



# Snakes

- Definida pela equação paramétrica:

$$v(s, t) = (x(s, t), y(s, t))$$

- É influenciada por forças internas, externas e forças da imagem:
  - **Forças internas:** “tensão” e “elasticidade”
  - **Forças externas:** dadas pelas condições iniciais da snake (onde é colodada na imagem - interferência do operador, ou processo automático).
  - **Forças da imagem:** levam a snake a mover-se a determinadas regiões da imagem, tais como: regiões claras ou escuras, arestas ou terminações.

# Snake - Energia

$$E_{snake} = \int_0^1 (F_{internal} + F_{external} + F_{image}) ds$$

- Definidos de acordo com o propósito pretendido, de tal forma que a posição final tenha energia mínima
  - $E_{int}$  = depende das propriedades internas da Snake (tensão, elasticidade, curvatura)
  - $E_{image}$  = deriva da imagem. Deve ser definida de modo que tenha os menores valores nas características de interesse.

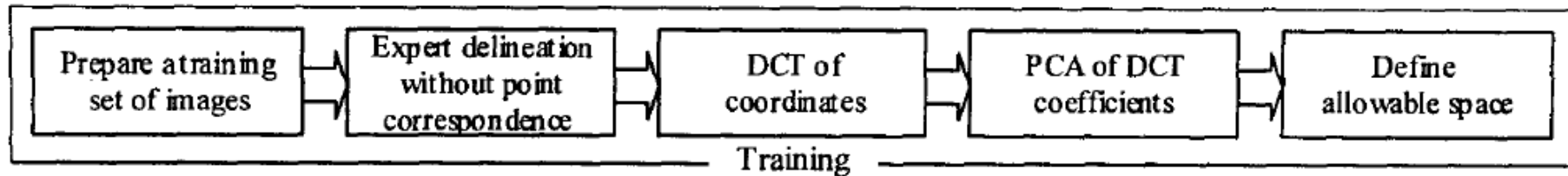
$$E_{image} = w_{line}E_{line} + w_{edge}E_{edge} + w_{term}E_{term}$$

- $E_{ext}$  = definida pelo utilizador/processo

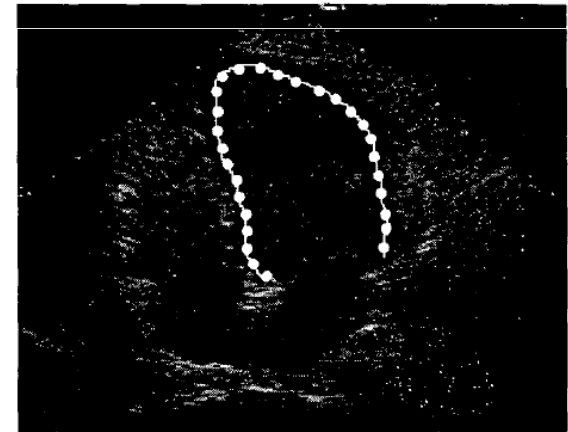
# Statistically Constrained Snake Deformations

- 2 fases:
  - **Fase de treino** – definição dos modelos de contorno do ventrículo esquerdo através do recurso a peritos clínicos
  - **Fase de aplicação do algoritmo** - segmentação automática do contorno do ventrículo cardíaco esquerdo

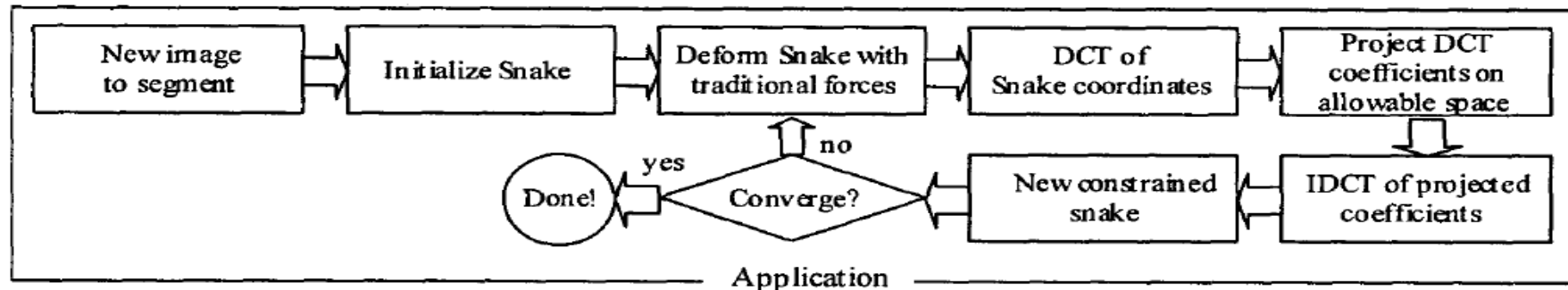
# Statistically Constrained Snake Deformations II



- Delimitação manual do ventrículo esquerdo por especialistas
- Extração coeficientes DCT p/ captura dos contornos
- Análise dos componentes principais dos coeficientes
- Definição do espaço permitido (modelo) de variação dos parâmetros DCT



# Statistically Constrained Snake Deformations III

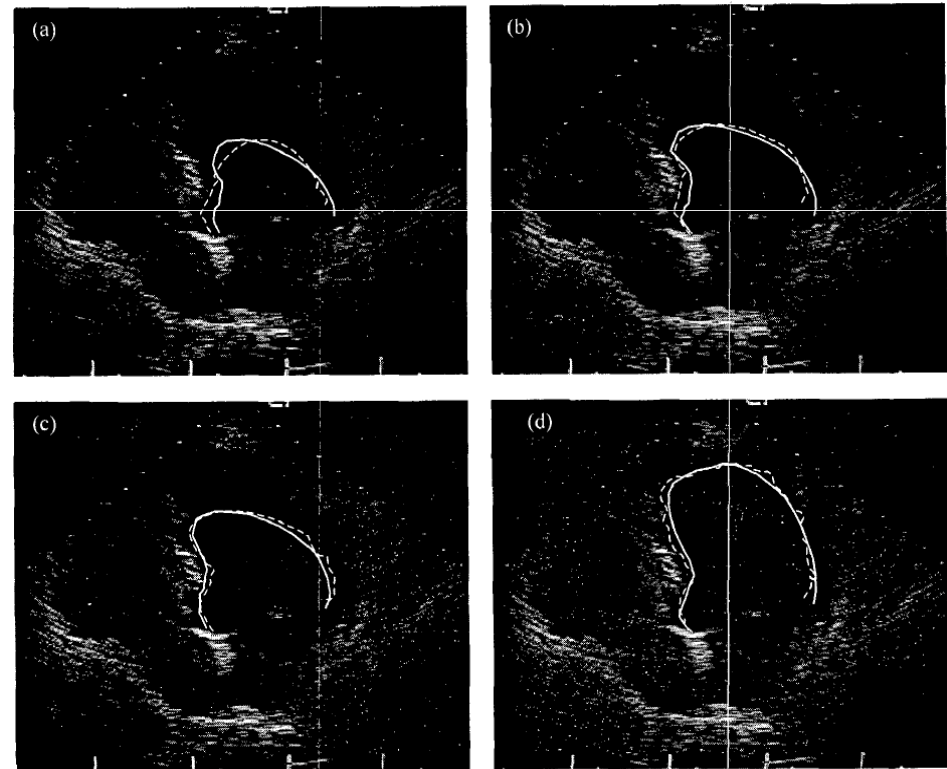


- Deforma-se a snake normalmente (método clássico)
- Extracção das coordenadas DCT da snake
- Projecção do vector DCT no espaço do modelo (allowable space)
- Transforma-se os coeficientes DCT da projecção para o espaço geométrico (IDCT)



# Statistically Constrained Snake Deformations IV

- Com os 5 maiores componentes (PCA), obteve-se 95% de acerto.
- Sempre obtém um resultado aceitável.
- Segmentação sempre similar aos modelos (!)



# Considerações finais



- O ecocardiograma é um exame de grande valor diagnóstico para o estudo anatomo-funcional do coração e grandes vasos sanguíneos.
- No entanto, as imagens obtidas são bastante ruidosas, dificultando o dx preciso.
- A segmentação do contorno do VE permite obter valores sobre a função de injeção cardíaca.
- Com a automatização do processo, através de algoritmos de segmentação robustos para este tipo de imagens de qualidade inferior (ex.: SNAKES), existe a possibilidade de diminuir os erros na delimitação do VE:
  - Diminuição do tempo de exame
  - Diminuição de dx incorrectos/imprecisos
  - Ensino de futuros profissionais

# Referências bibliográficas

- DCT (Wikipedia):  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete\\_cosine\\_transform](http://en.wikipedia.org/wiki/Discrete_cosine_transform)  
[www.cs.ualberta.ca/~jag/papersVis2/levsetReadGr/snakesTerzopoulos.pdf](http://www.cs.ualberta.ca/~jag/papersVis2/levsetReadGr/snakesTerzopoulos.pdf)
- HAMARNEH, G., GUSTAVSSON, T. (2000), Statistically constrained snake deformations, *Systems, Man and Cybernetics*, vol. 3, p. 161-1615
- HUNTER, J., SORAGHAN, J., MACDONAGH, T. (1995), Fully automatic left ventricular boundary extraction in echocardiographic images, *Computers in Cardiology*, p.741 - 744
- NETTER, Frank H., (2000), *Atlas de Anatomia Humana*, 2ª edição; Porto Alegre, Artmed
- [http://en.wikipedia.org/wiki/Spline\\_\(mathematics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Spline_(mathematics))
- Programa de simulação de Splines: [http://www.vias.org/simulations/simusoft\\_spline.html](http://www.vias.org/simulations/simusoft_spline.html)
- Sakes: Active contour models:  
<http://www.cs.ualberta.ca/~jag/papersVis2/levsetReadGr/snakesTerzopoulos.pdf>
- Statistically Constrained Snake Deformations:  
<http://ieeexplore.ieee.org/iel5/7099/19155/00886252.pdf?tp=&isnumber=&arnumber=886252>
- Splines de interpolação: [http://en.wikipedia.org/wiki/Spline\\_interpolation](http://en.wikipedia.org/wiki/Spline_interpolation)
- [www.cardioteste.pt](http://www.cardioteste.pt)

**OBRIGADO!!!**



# Dúvidas?