

# Automatic segmentation of the wire frame of stent grafts from CT data

Almar Klein *et al.*

**Medical Image Analysis** 16 (2012) 127-139

**Jornada GIC Imagen Vascolar**

EHU-UPV

2012/03/02

**Jon Haitz Legarreta Gorroño**

Investigador

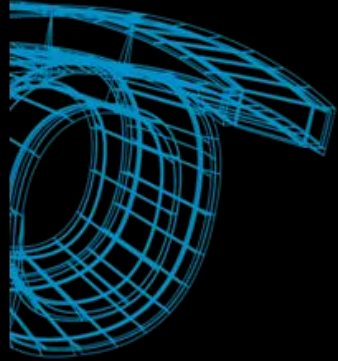
Departamento de eHealth y Aplicaciones Biomédicas

**Vicomtech-ik4**



- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Introducción: problema clínico (I)



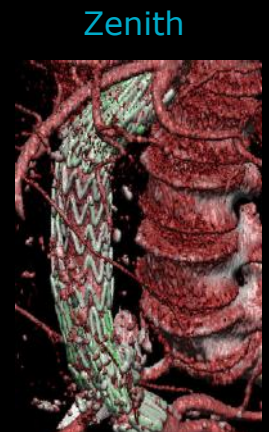
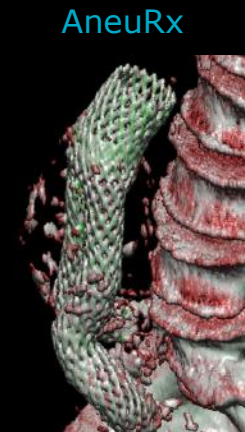
- Aneurismas abdominales de aorta tratados con EVAR
- Durabilidad de la endoprótesis afectada por
  - Fuerzas hemodinámicas aplicadas
  - Otros elementos internos
- Consecuencias
  - Migración
  - Deformación
  - *Endoleaks* (flujo de sangre al interior del saco aneurismático): expansión aneurisma y ruptura
  - Ruptura de endoprótesis (raras ocasiones)
- Frecuencia fallos aumenta con el tiempo

- **Introducción: problema clínico**
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Introducción: problema clínico (II)

### ○ Hipótesis de partida

- El ciclo cardiaco como responsable de la fuerza hemodinámica: el *ECG-gated CT* es un buen método para estudiar el movimiento de la endoprótesis
- Problema *retrospective ECG-gated CT*
  - Mayor dosis de radiación
  - Si se quiere mantener baja la dosis de radiación, aumenta el ruido
- Análisis de la endoprótesis podría
  - Predecir fallos
  - Contribuir a diseñar mejores endoprótesis

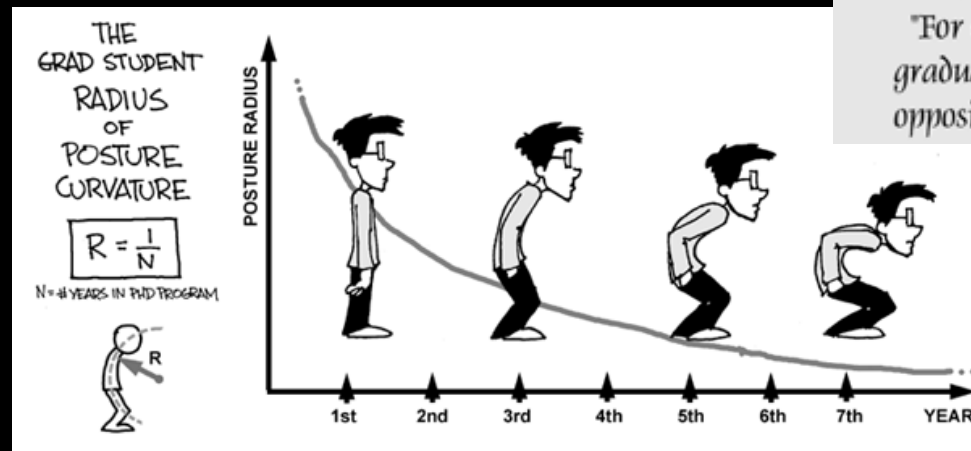


- **Introducción: problema clínico**
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Introducción: problema del Ph.D.

- **Análisis endoprótesis**
  - Segmentación endoprótesis
  - Cómputo
    - Migración
    - Deformación
    - Simulación
- **Problemas Ph.D. adicionales comunes**

- Introducción: problema clínico
- **Introducción: problema del Ph.D.**
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

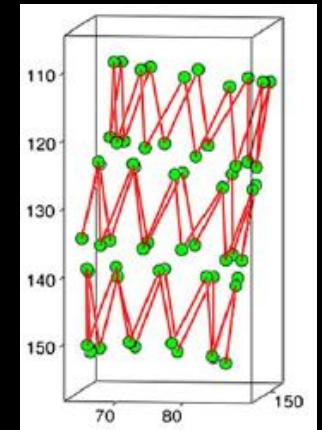
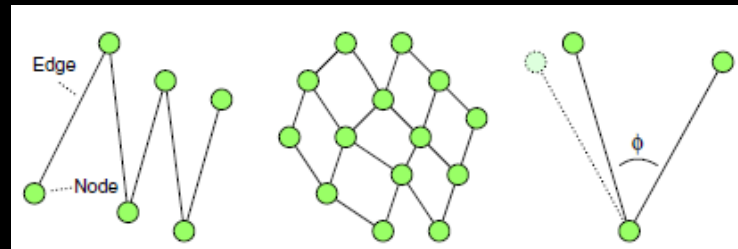


### THIRD LAW

*"For every action towards graduation there is an equal and opposite distraction"*

## Solución Klein

- Modelo que captura propiedades materiales y conocimiento a alto nivel
- Segmentación y modelo geométrico endoprótesis: grafo no dirigido
  - Nodos: puntos de cruce de la estructura
  - Aristas: armazón (alambres que unen puntos de cruce)

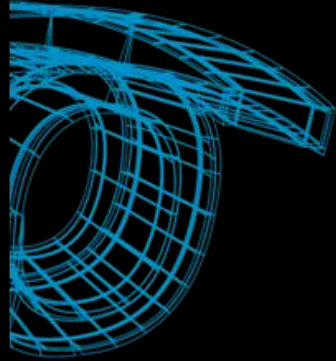


### ○ Información de partida

- *ECG-gated* CT (interesante para cómputo de movimientos) (Siemens Somatom 64-slice, 512x512 píxeles 300 cortes)
- Endoprótesis AneuRx (Medtronic) y Zenith (Cook)

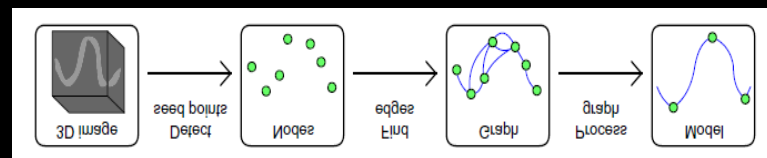
- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- **Solución Klein**
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Segmentación y Modelo Geométrico



- La simple umbralización en HU no es suficiente
  - ❑ Depende del material del que está hecha la endoprótesis
  - ❑ Depende la SNR del *dataset*
  - ❑ Puede no obtener un set de puntos conectados
- Pre-procesado
  - ❑ Reducción del *dataset* inicial: Volumen de Interés
  - ❑ Promedio de volúmenes para mismas fases (número óptimo determinado experimentalmente) (reducción de ruido)
- Detección de puntos semilla (candidatos a pertenecer a la endoprótesis) – Grafo sin aristas (conjunto de puntos)
  - ❑ Criterio de umbralización y de vecindad
  - ❑ *Partial volume effect*
- Búsqueda de aristas (conexiones) mediante algoritmo basado en **Minimal Cost Path (MCP)** – Grafo con aristas
- Post-procesado
  - ❑ Eliminación de nodos y aristas incorrectas e incorporación de nuevas: conocimiento *a priori* sobre mallado endoprótesis (número de nodos y aristas conectadas)

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- **Segmentación y Modelo Geométrico**
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.



## Resultados (I)

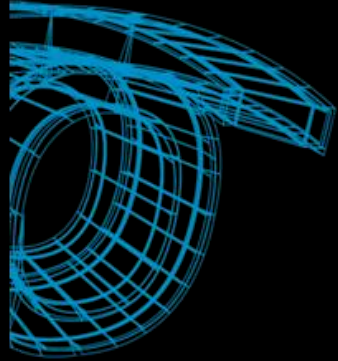
- Set de training para ajustar parámetros del método de manera empírica
- Comparación contra sets anotados (nodos y aristas) manualmente
  - 3 anotaciones (anotadores) distintas para cada set
  - Bifurcaciones (arterias ilíacas) excluidas de la anotación
  - Despliegue de endoprótesis a lo largo de la línea central (sólo para facilitar anotación)
- Método **edit-distance**: función de coste asociado al número de operaciones para transformar un grafo en otro
  - Número de nodos correctamente identificados (verdadero positivo)
  - Número de nodos no identificados (falsos negativos)
  - Número de nodos incorrectamente identificados (falsos positivos)
- 95% para AneuRx y 92% para Zenith
- Rendimiento: 30 s para Zenith; 65 s para AneuRx (contiene muchas más aristas) (Pentium IV 2.4 GHz)

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- **Resultados**
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.



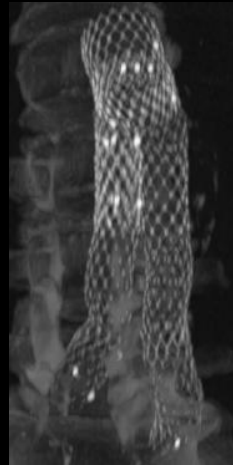


## Resultados (II)

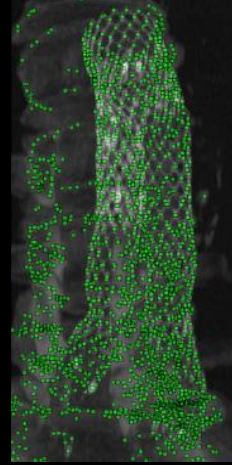


AneuRx

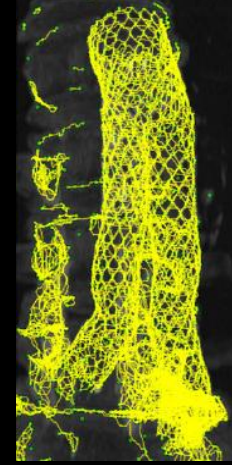
MIP



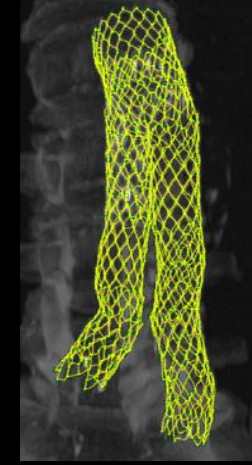
Semillas iniciales



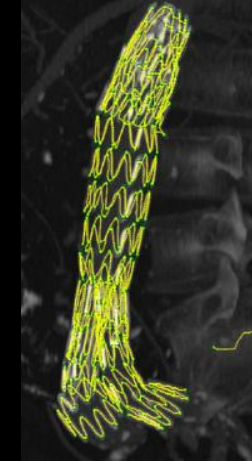
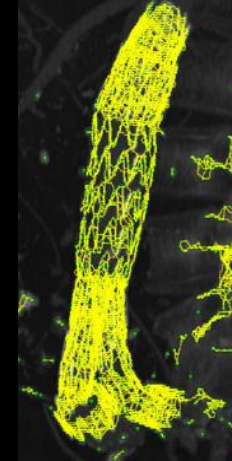
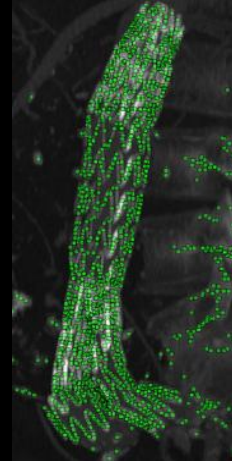
Aristas iniciales



Resultado



Zenith



- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- **Resultados**
- Trabajo futuro
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Trabajo futuro

---



- Otros tipos de endoprótesis
  - Talent (Medtronic) (pruebas iniciales satisfactorias)
  - Excluder (Gore) (pruebas iniciales poco alentadoras)
- Ajuste de parámetros para cada prótesis/fuente CT
- Simulación (bio-)mecánica para comprobar fuerzas y movimientos
  - Cálculo del campo de desplazamiento: registro entre fases cardiacas
  - Cálculo del cambio en la angulación entre aristas
  - Nodos o aristas erróneas o ausentes producirían cálculos de fuerzas inválidos
  - Incorporación de la información de rigidez al modelo
  - Información sobre las fuerzas/deformación presente
- Incorporación información al diseño de endoprótesis

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- **Trabajo futuro**
- Referencias
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

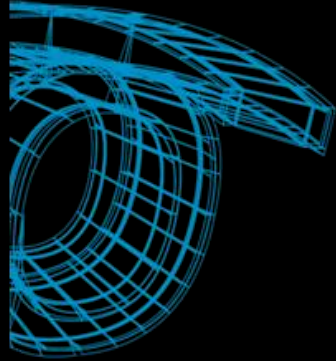
## Referencias



- Klein, A. *Segmentation and motion estimation of stent grafts in abdominal aortic aneurysms*. PhD thesis, University of Twente, 2011
- Langs, G., Paragios, N., Desgranges, P., Rahmouni, A., Kobeiter, H. *Learning deformation and structure simultaneously: in situ endograft deformation analysis*. *Med Image Anal.* 15, 12–21, 2011
- Langs, G., Paragios, N., Donner, R., Desgranges, P., Rahmouni, A., Kobeiter, H. *Motion analysis of endovascular Stent-Grafts by MDL based registration*. In: *Proceedings of the IEEE International Conference of Computer Vision*, 1–8, 2007
- Mattes, J., Steingruber, I., Netzer, M., Fritscher, K., Kopf, H., Jaschke, W., Schubert, R. *Spatio-temporal changes and migration of stent grafts after endovascular aortic aneurysm repair*. *Int. Congr. Ser.* 1281, 393–397, 2005
- Urban, M. *Model-based Segmentation of Abdominal Aortic Stent Grafts in 2D and 3D Interventional Images*. Diploma Thesis, Technische Universität München, 2009
- Maiora, J., García, G., Tapia, A., Macía, I., Legarreta, J.H., Paloc, C., Graña, de Blas, M. *Stent Graft Change Detection after Endovascular Abdominal Aortic Aneurysm Repair*. In: *Proceedings of the International Conference on Intelligent Data Engineering and Automated Learning (IDEAL)*, 656-663, 2009

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- **Referencias**
- Resumen algoritmos útiles Ph.D.

## Resumen algoritmos útiles Ph.D. (I)



- Promediado fases ECG (reducción de ruido)
- Despliegue de la endoprótesis (*unwrapping, unfolding*)
  - *Resampling*
  - Coordenadas polares
- Teoría de Grafos
  - Minimal Cost Path
    - *Level-set*: propagación de un frente de ondas según una función de coste no negativa
    - Variante del algoritmo de Dijkstra: camino más corto entre nodos conectados
    - Diagramas de Voronoi: identificación de frentes de ondas que colisionan
  - Edit-Distance

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- **Resumen algoritmos útiles Ph.D.**

## Resumen algoritmos útiles Ph.D. (II)

### ○ Inter-disciplinariedad (?)

Interdisciplinary Madness!

<p>I work in</p> <p>_____</p> <p>(Lab)</p>	<p>but get paid by</p> <p>_____</p> <p>(Program)</p>	<p>My Advisor is in</p> <p>_____</p> <p>(Department)</p>
<p>...but my <i>real</i> Advisor is in</p> <p>_____</p> <p>(another Department)</p>	<p>Officially, I'm part of</p> <p>_____</p> <p>(Research Center)</p>	<p>...even though my office is in</p> <p>_____</p> <p>(Basement of another building)</p>
<p>Most of my classes are on</p> <p>_____</p> <p>(Stuff I haven't seen since High School)</p>	<p>yet technically, my degree is in</p> <p>_____</p> <p>(Major other than my undergrad's)</p>	<p>So basically, I belong</p> <p>_____</p> <p>(Nowhere)</p>

JORGE CHAN © 2010

WWW.PHDCOMICS.COM

- Introducción: problema clínico
- Introducción: problema del Ph.D.
- Solución Klein
- Segmentación y Modelo Geométrico
- Resultados
- Trabajo futuro
- Referencias
- **Resumen algoritmos útiles Ph.D.**



# ESKERRIK ASKO

[jhlegarreta@vicomtech.org](mailto:jhlegarreta@vicomtech.org)