



Modelo 3D virtual de la columna vertebral lumbar

Alberto Prats-Galino¹, Miguel A. Reina², Marija Mavar Haramija¹, Anna Puigdemívol-Sánchez¹,
Joan San Molina³, José A. De Andrés⁴.

¹ Laboratorio de Neuroanatomía Quirúrgica (LSNA), Unidad de Anatomía y Embriología Humana, Facultad de Medicina, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

² Departamento de Ciencias Médicas Clínicas e Instituto de Medicina Molecular Aplicada, Facultad de Medicina, Universidad CEU San Pablo. Servicio de Anestesiología, Hospital Universitario Madrid-Montepríncipe, Madrid, España.

³ Departamento de Ciencias Médicas, Facultad de Medicina, Universitat de Girona, España.

⁴ Servicio de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor, Hospital Universitario General, Valencia, España.

Índice

1	Introducción	3
1.1	Información sobre el proyecto.....	3
	Autores.....	3
1.2	Objetivos	4
2	Instrucciones Básicas	5
2.1	Área de trabajo de la pantalla.....	6
2.2	Vistas predefinidas.....	8
2.3	Selección de estructuras	10
2.4	Función validación de la estructura	12
2.5	Control de transparencia	12
2.6	Opción “Mostrar todo”	13
2.7	Opción “Ocultar todo”	13
2.8	Imágenes seccionales de RM	14
2.9	Navegación a través de secciones de imágenes de RM.....	14
2.10	Función de corte (clipping)	16
2.11	Orientación del plano de corte	16
2.12	Desplazamiento del plano de corte	17
2.13	Vistas prediseñadas con explicaciones breves.....	19
2.14	Opción “Desactivar selección”	19
2.15	Acceso directo a las Instrucciones	19
3	Figuras	20
4	Agradecimientos	21
5	Licencias	21

1 Introducción

1.1 Información sobre el proyecto

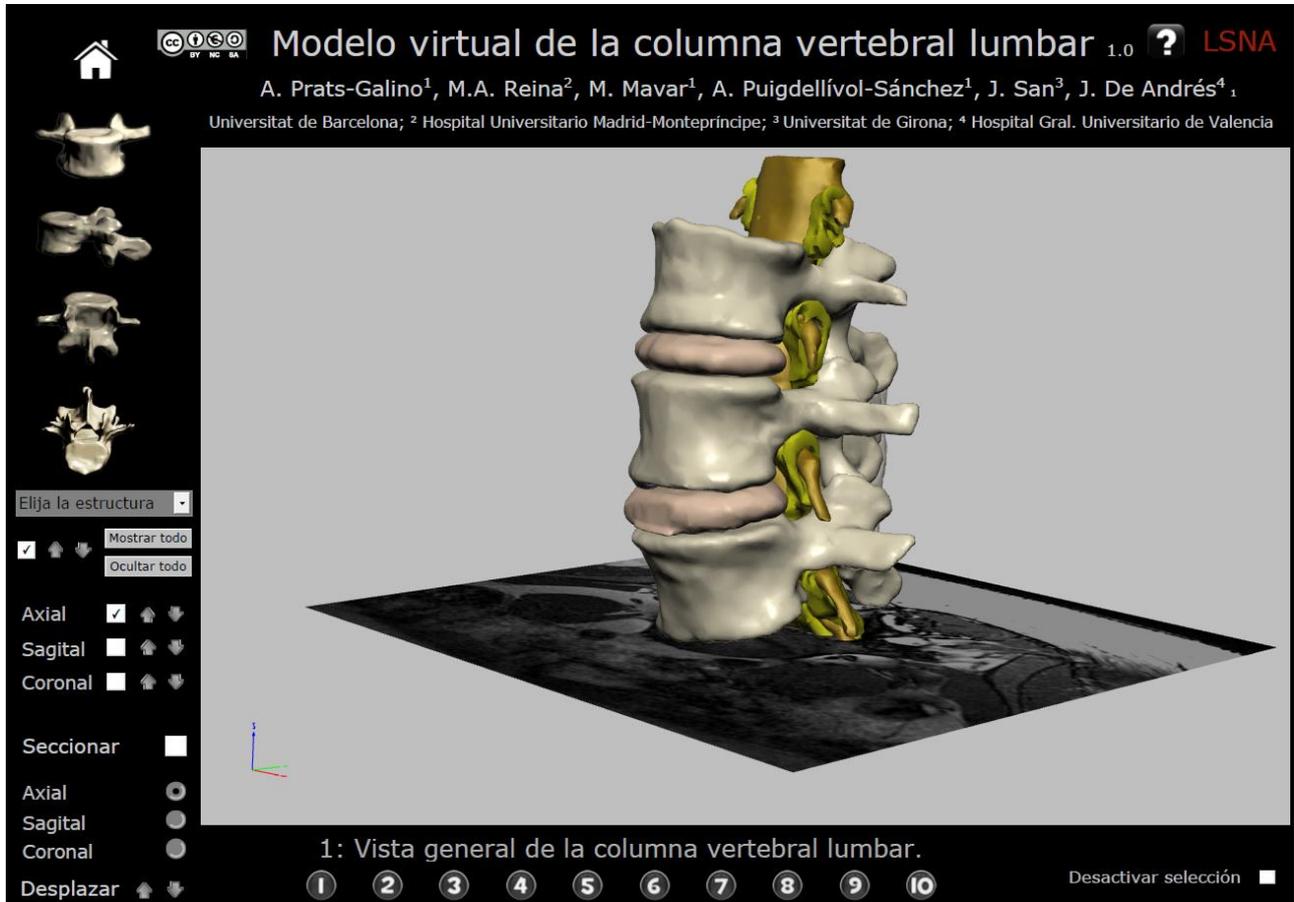


Figura 1 Documento PDF del modelo 3D interactivo

Autores

Alberto Prats-Galino¹, Miguel Angel Reina², Marija Mavar Haramija¹, Anna Puigdellívol-Sánchez¹, Joan San Molina³ and José Antonio De Andrés⁴.

¹ Laboratorio de Neuroanatomía Quirúrgica (LSNA), Unidad de Anatomía y Embriología Humana, Facultad de Medicina, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

² Departamento de Ciencias Médicas Clínicas e Instituto de Medicina Molecular Aplicada, Facultad de Medicina, Universidad CEU San Pablo. Servicio de Anestesiología, Hospital Universitario Madrid-Montepríncipe, Madrid, España.

³ Departamento de Ciencias Médicas, Facultad de Medicina, Universitat de Girona, España.

⁴ Servicio de Anestesiología, Reanimación y Tratamiento del Dolor, Hospital Universitario General, Valencia, España.

Correspondencia

Alberto Prats-Galino:

aprats@ub.edu

Miguel Angel Reina:

miguelangel@perticone.e.telefonica.net

El modelo interactivo ha sido desarrollado a partir de reconstrucciones tridimensionales de imágenes de resonancia magnética (RM).

Los autores declaran que no tienen conflictos de intereses.

1.2 Objetivos

La inclusión de este modelo anatómico tridimensional (3D) en un documento PDF facilita su uso, portabilidad, compatibilidad y almacenamiento, por la posibilidad de ser comprimido y transferido a través de múltiples plataformas. Los principales campos de interés relacionados con este tipo específico de modelo anatómico 3D incluyen:

Formación continuada

Ofrece soporte visual para la enseñanza de la anatomía neuroaxial y anestesia regional.

Proporciona el desarrollo de nuevos abordajes en técnicas de anestesia regional.

Programas de investigación

Revisión de datos de pacientes y análisis de técnicas anestésicas.

Técnicas de visualización de imagen sobre complicaciones en anestesia regional.

Información para el paciente

Ayuda visual complementaria para explicar al paciente técnicas instrumentales y procedimientos quirúrgicos de relevancia.

Este proyecto permite al usuario el examen de reconstrucciones 3D a partir de imágenes de RM.

Presentamos un modelo anatómico 3D interactivo de interés en anestesia regional y clínica del dolor (ver por ej., la Figura 2 que muestra en nuestro modelo un abordaje espinal medial).

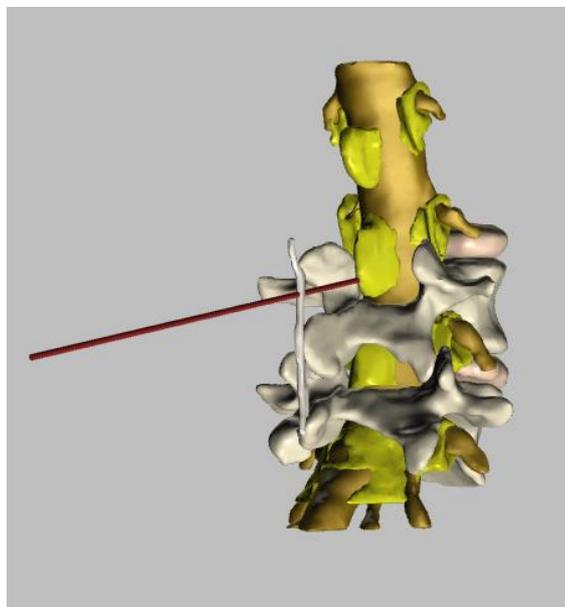


Figura 2 Ejemplo de abordaje espinal medial

La tecnología empleada para construir este modelo interactivo ha empezado a utilizarse recientemente en Medicina, y permite generar modelos 3D interactivos por medio de una técnica compleja de reconstrucción de imágenes 3D a partir de imágenes 2D, con la ayuda de un programa específico (Amira 5.4.0 ©). Como resultado se ha desarrollado una herramienta simple y útil de enseñanza, de trabajo y de investigación. El

uso de este tipo de modelo es sencillo y no requiere de experiencia previa, ya que es un producto bastante intuitivo, distribuido en formato PDF que puede visualizarse en ordenadores Windows o Mac. Es de destacar que puede ser usado de forma gratuita por los médicos.

El presente proyecto incluye reconstrucciones de vértebras, discos intervertebrales, arcos vertebrales, ligamento amarillo, ligamento supraespinoso, ligamento interespinoso, grasa epidural, grasa foraminal, saco dural, manguitos duros, raíces nerviosas motoras y sensitivas.

El modelo permite una visión dinámica de 360º, incluyendo visiones parciales o totales de cada una y de todas las estructuras, pudiendo aplicar un efecto de ampliación (zoom).

2 Instrucciones Básicas

El documento PDF debe ser usado bajo Adobe Acrobat 11 o versión superior.

La navegación puede ser iniciada desde diferentes puntos. Es posible seleccionar inicialmente una o varias estructuras o bien seleccionar una opción con vistas ya prediseñadas del modelo reconstruido 3D.

La interacción del ratón con la pantalla permite mover el modelo, ofreciendo visiones de las estructuras que contiene desde diferentes perspectivas. También incluye imágenes axiales, sagitales y coronales de RM como referencia.

Este fichero interactivo también permite cortar el modelo 3D en planos axiales, sagitales o coronales. Los cortes pueden incluir todas estructuras internas del modelo. Las opciones restantes son intuitivas y fáciles de encontrar.

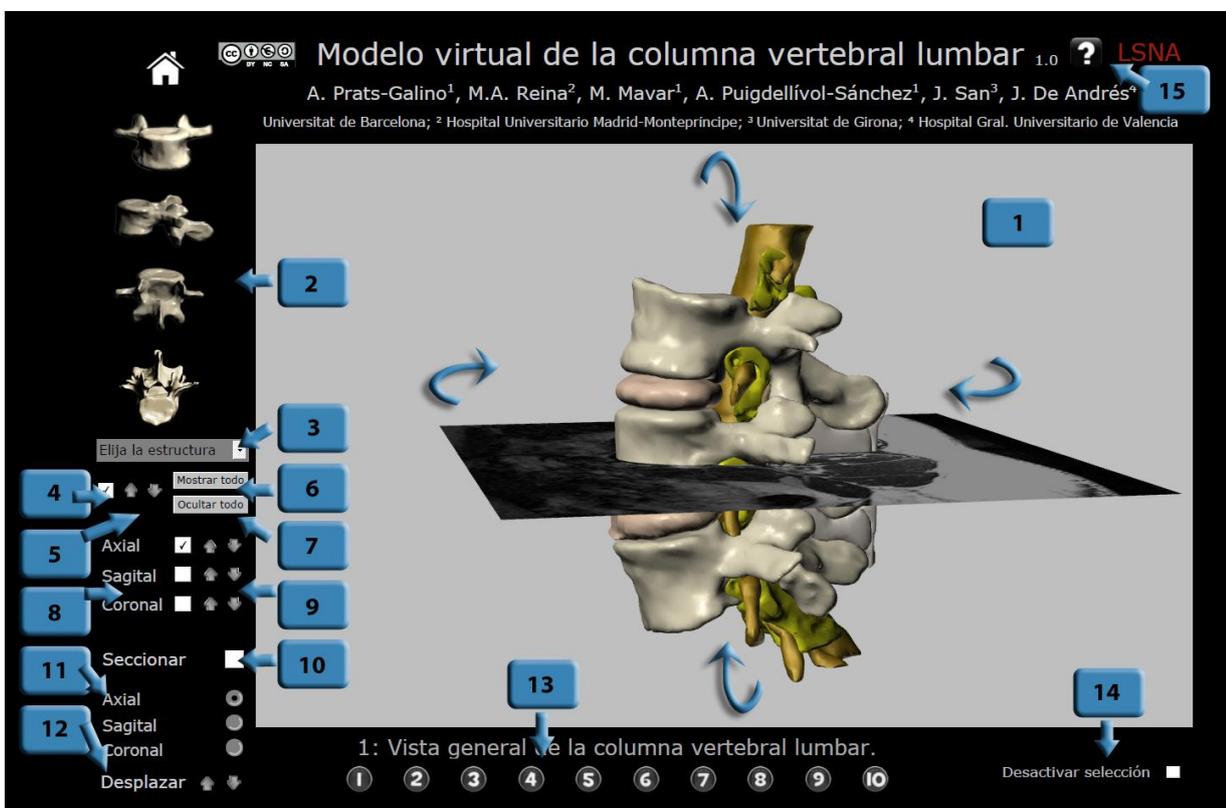


Figura 3 Descripción de las funciones: Hacer clic sobre los botones numerados para acceder al capítulo correspondiente

Todas las funciones soportadas por este documento PDF se describen en 15 breves instrucciones, que explican la función asociada a cada botón.

Se puede hacer clic sobre los botones azules numerados de la Figura 3 y saltar al capítulo que describe la función correspondiente.

2.1 Área de trabajo de la pantalla

Pulsar simultáneamente las teclas Control + L para entrar en modo de pantalla completa, y la tecla ESC para salir.

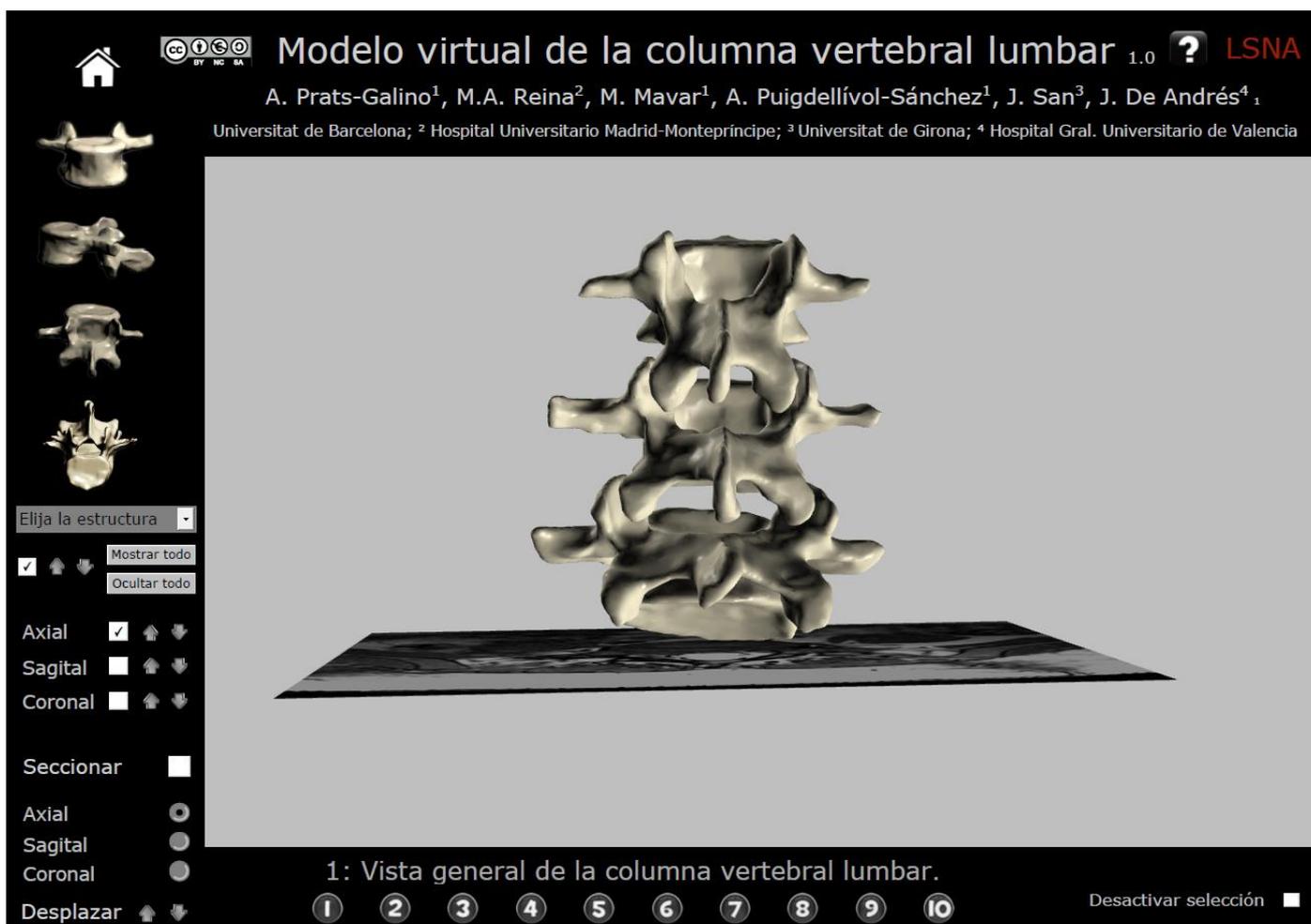


Figura 4 Área de trabajo

Una vista dinámica de 360° se obtiene moviendo el ratón mientras se mantiene pulsado su botón izquierdo.



Figura 5 Rotación del modelo de 360°

2.2 Vistas predefinidas

Se puede seleccionar entre cuatro vistas preestablecidas para mostrar el modelo (vista anterior, lateral, posterior o superior).

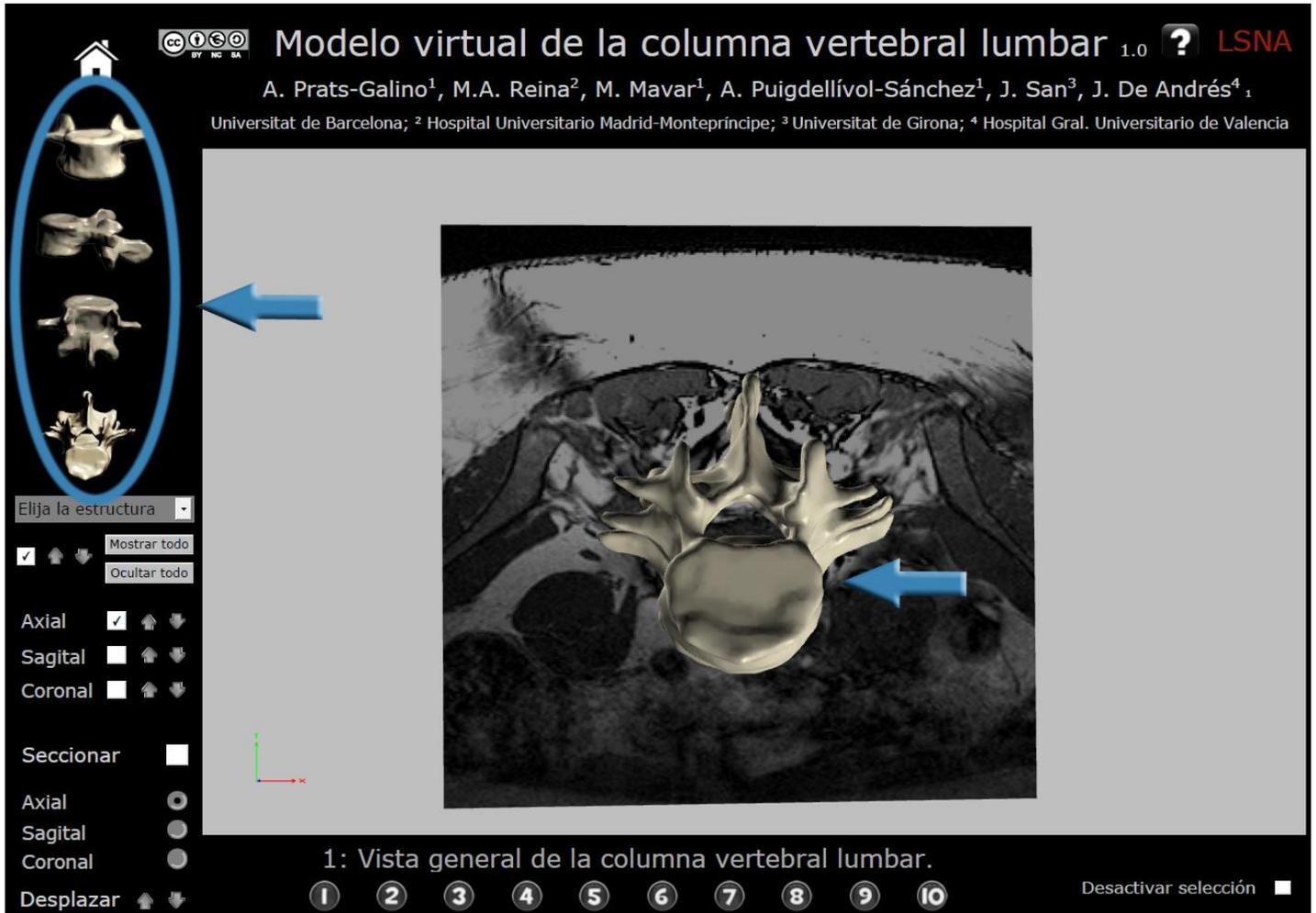


Figura 6 Ejemplo de vistas predefinidas: Vista superior

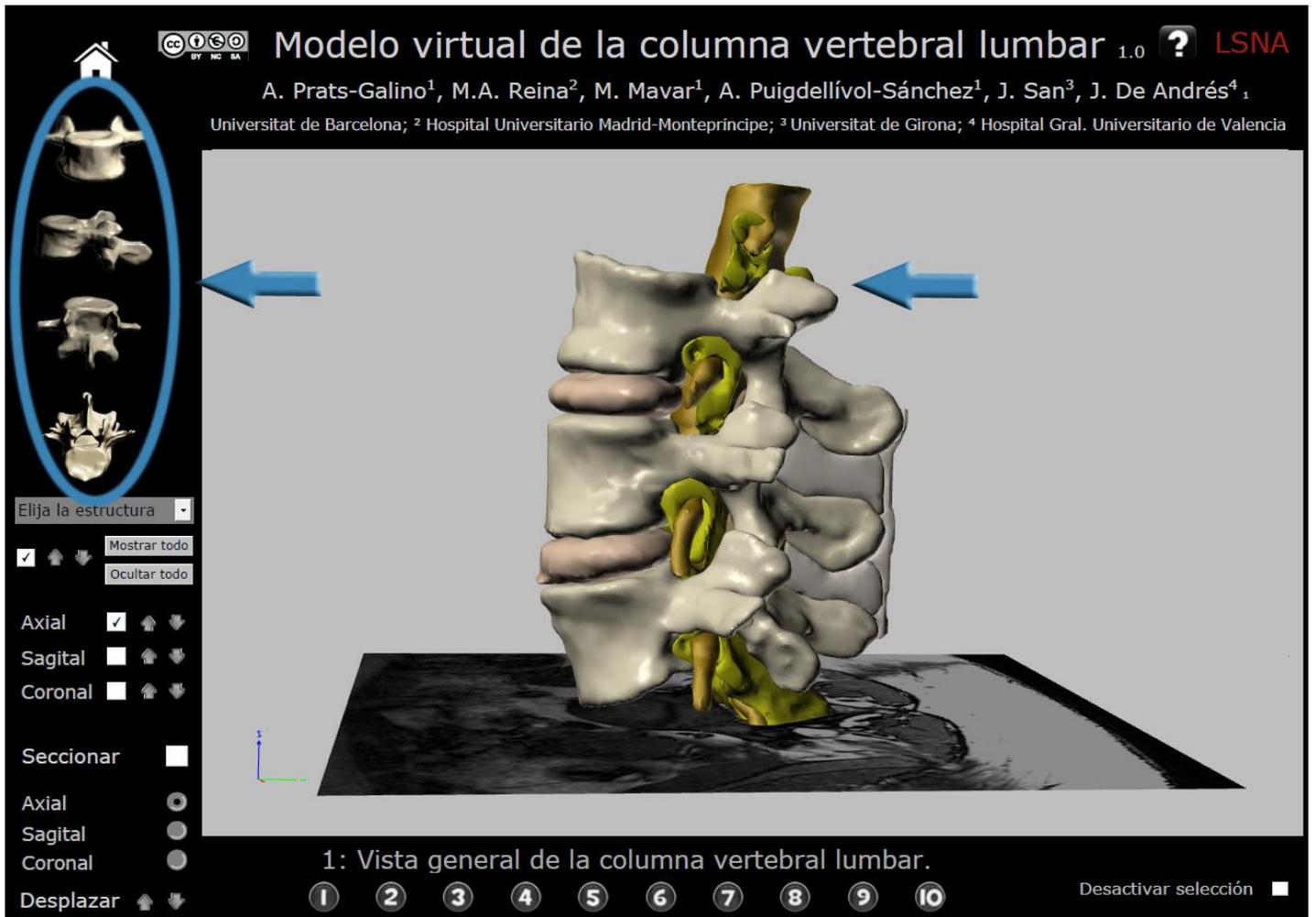


Figura 7 Ejemplo de vistas predefinidas: Vista lateral

2.3 Selección de estructuras

Para construir el modelo que se mostrará en la pantalla hacer clic sobre las estructuras del menú desplegable. Esta selección será validada al hacer clic sobre la casilla Nº4 (Mostrar/ocultar la estructura seleccionada). Cada estructura puede ser sucesivamente incorporada al modelo que aparece en pantalla.

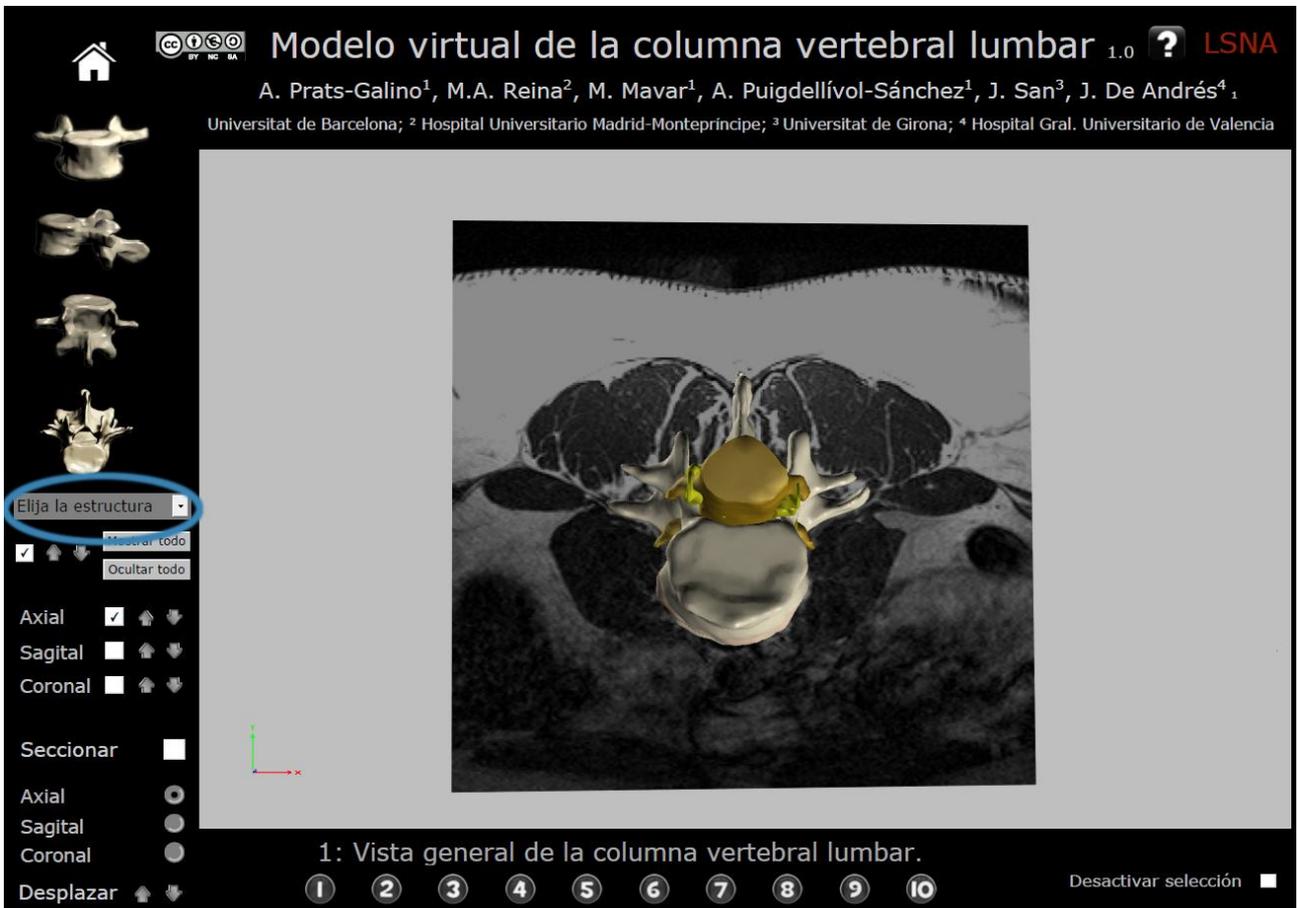


Figura 8 Función selección de estructura

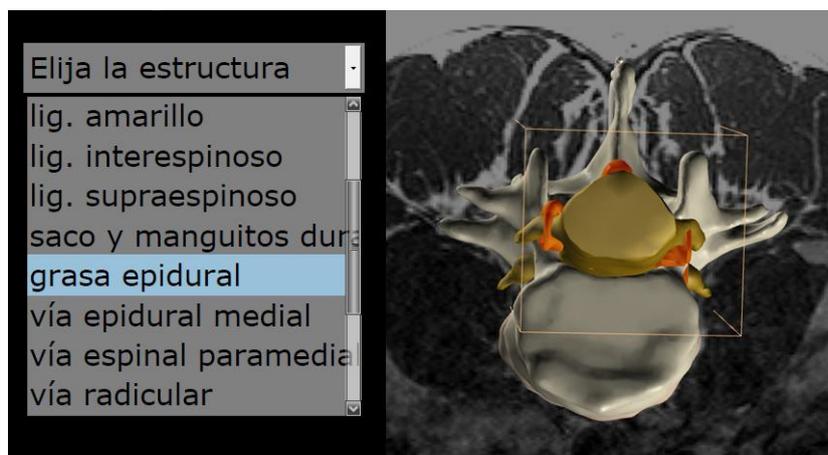


Figura 9 Ejemplo de selección de una estructura. Selección de grasa epidural (en rojo)

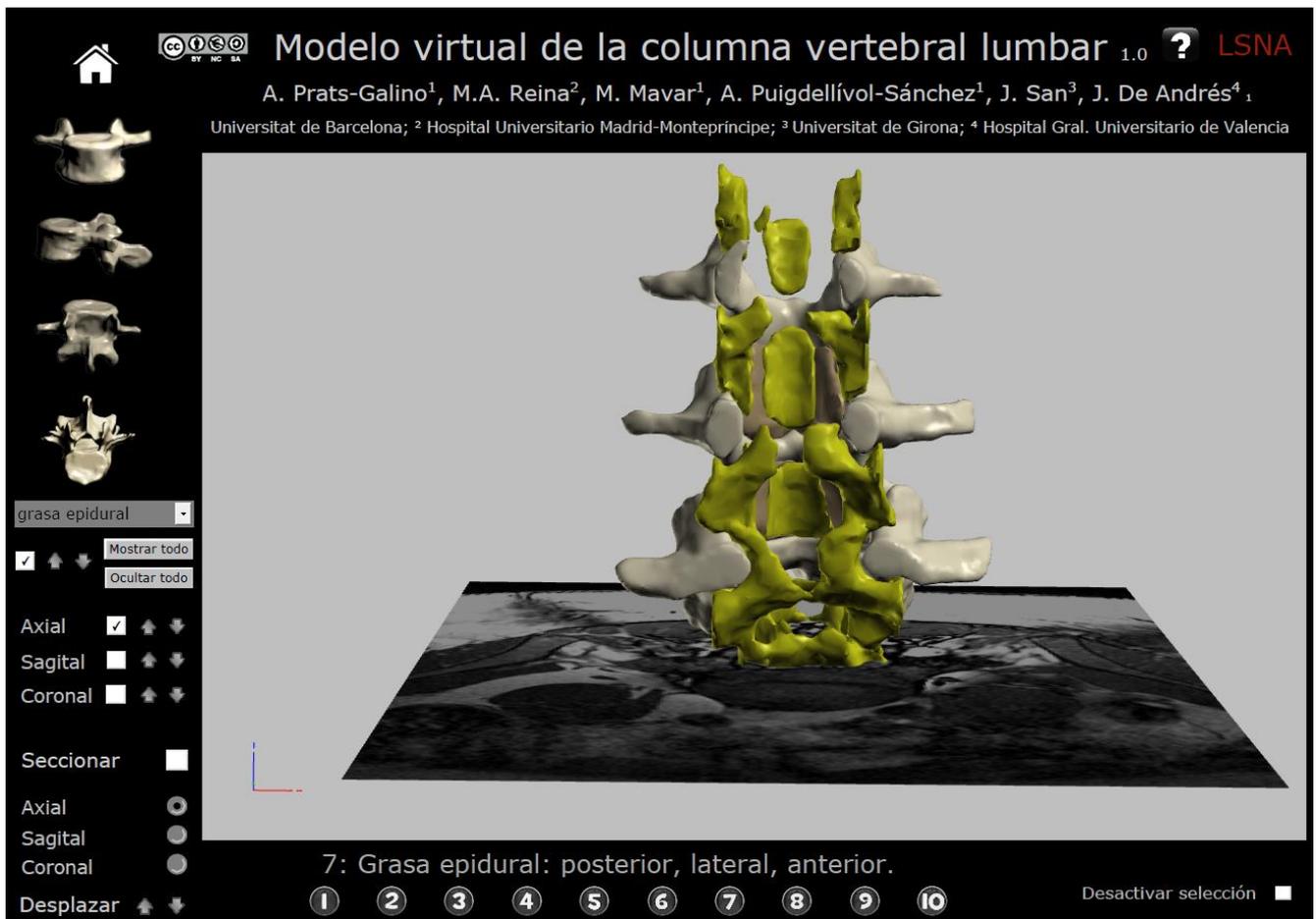


Figura 10 Ejemplo de selección de una estructura: grasa epidural seleccionada.

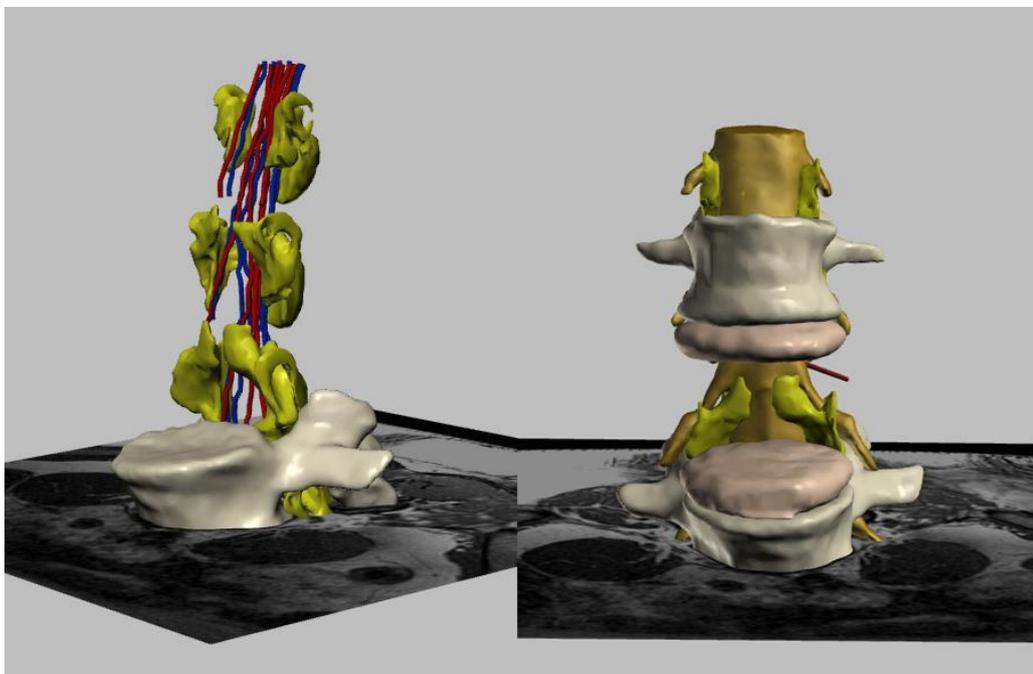


Figura 11 Ejemplos de diferentes estructuras visibles/ocultas

2.4 Función validación de la estructura

Cuando se hace clic sobre la casilla de validación de la estructura seleccionada, ésta se agrega al modelo mostrado en el área de trabajo. También puede hacer clic para desactivar la validación, y en tal caso la estructura seleccionada deja de ser visible.

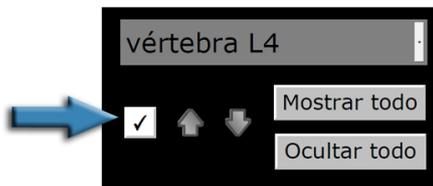


Figura 12 Validación de estructura: mostrar/ocultar la estructura seleccionada

2.5 Control de transparencia

Pulsando las flechas es posible modificar el grado de transparencia, permitiendo que la estructura seleccionada en la pantalla desaparezca a medida que cambia su color.

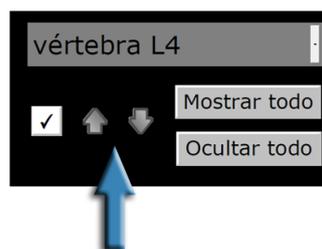


Figura 13 Cambio gradual de la transparencia de la estructura seleccionada

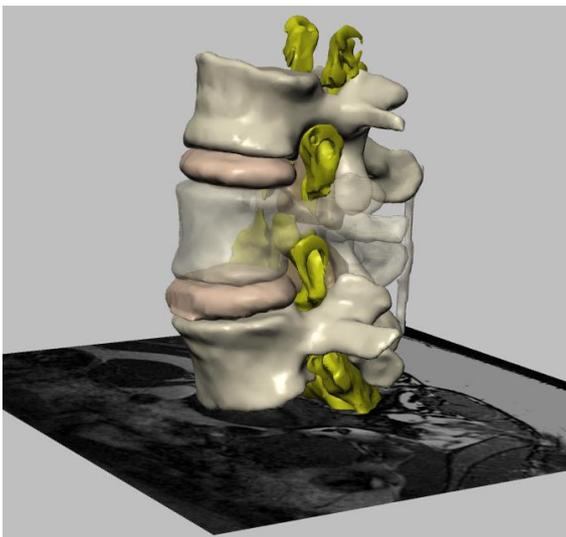


Figura 14 Ejemplo de graduación de la transparencia: Vértebra L4 semitransparente

2.6 Opción "Mostrar todo"

Este botón muestra en la pantalla todas las estructuras del modelo 3D. Las estructuras más superficiales pueden seleccionarse y hacerse transparentes permitiendo que las estructuras más internas aparezcan en la pantalla. Para eliminar una determinada estructura de la pantalla, seleccionarla haciendo clic sobre ella, y a continuación deseleccionar la casilla de validación (2.4).

Alternativamente, las estructuras también pueden eliminarse de la pantalla seleccionando su nombre en el menú desplegable (2.3) y haciendo clic en la casilla de validación para deseleccionarla (2.4).

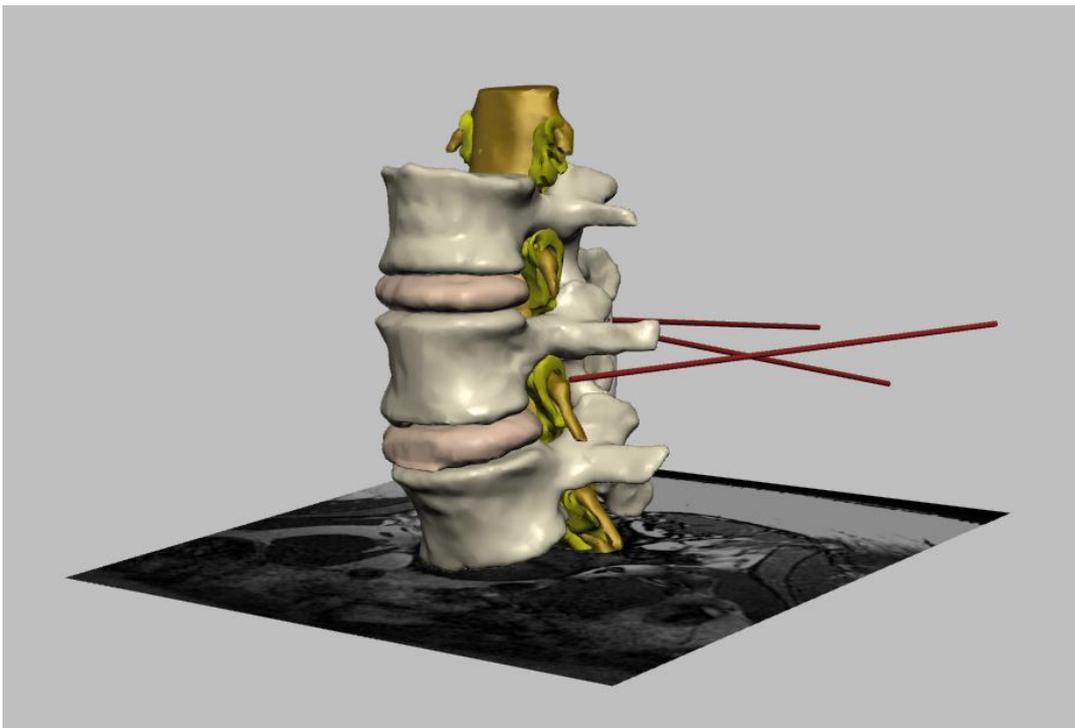


Figura 15 Mostrar todo: Todas las estructuras incluidas en el modelo se hacen visibles

2.7 Opción "Ocultar todo"

El botón "Ocultar todo" elimina todas las estructuras que se muestran en el área de trabajo de la pantalla.

2.8 Imágenes seccionales de RM

Esta función muestra u oculta imágenes seccionales de RM en el área de trabajo.

Las opciones de sección axial, sagital y coronal pueden ser seleccionadas de forma independiente o combinada.

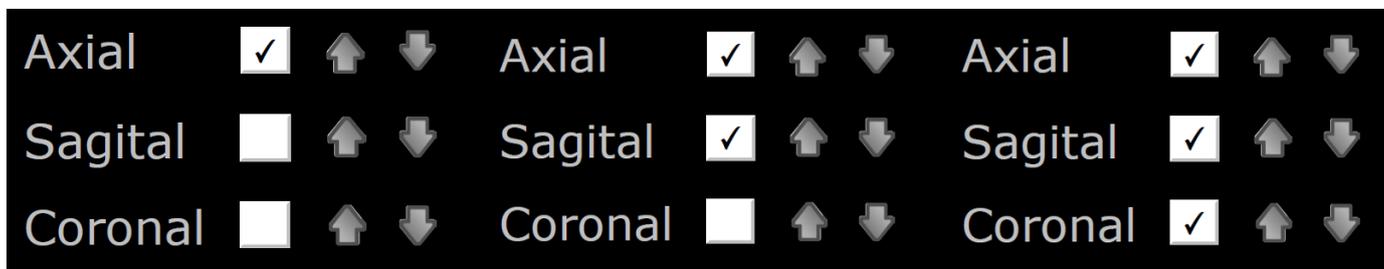


Figura 16 Controles para visualización de imágenes seccionales de RM en el área de trabajo

2.9 Navegación a través de secciones de imágenes de RM

Pulsando las flechas se puede navegar de una sección de RM a la siguiente. Cada una de las orientaciones está asociada a un par de flechas: se incluyen nueve secciones axiales, siete sagitales y seis coronales.

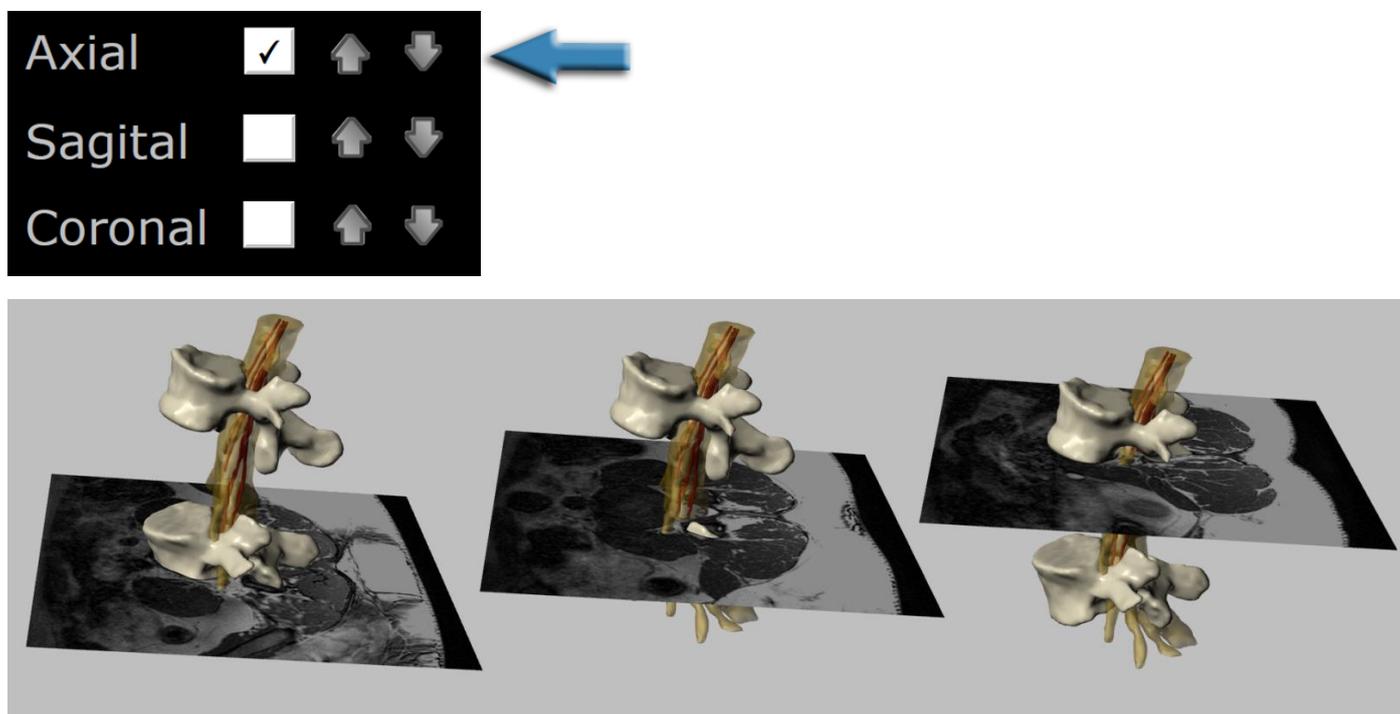


Figura 17 Navegación a través de imágenes axiales de RM

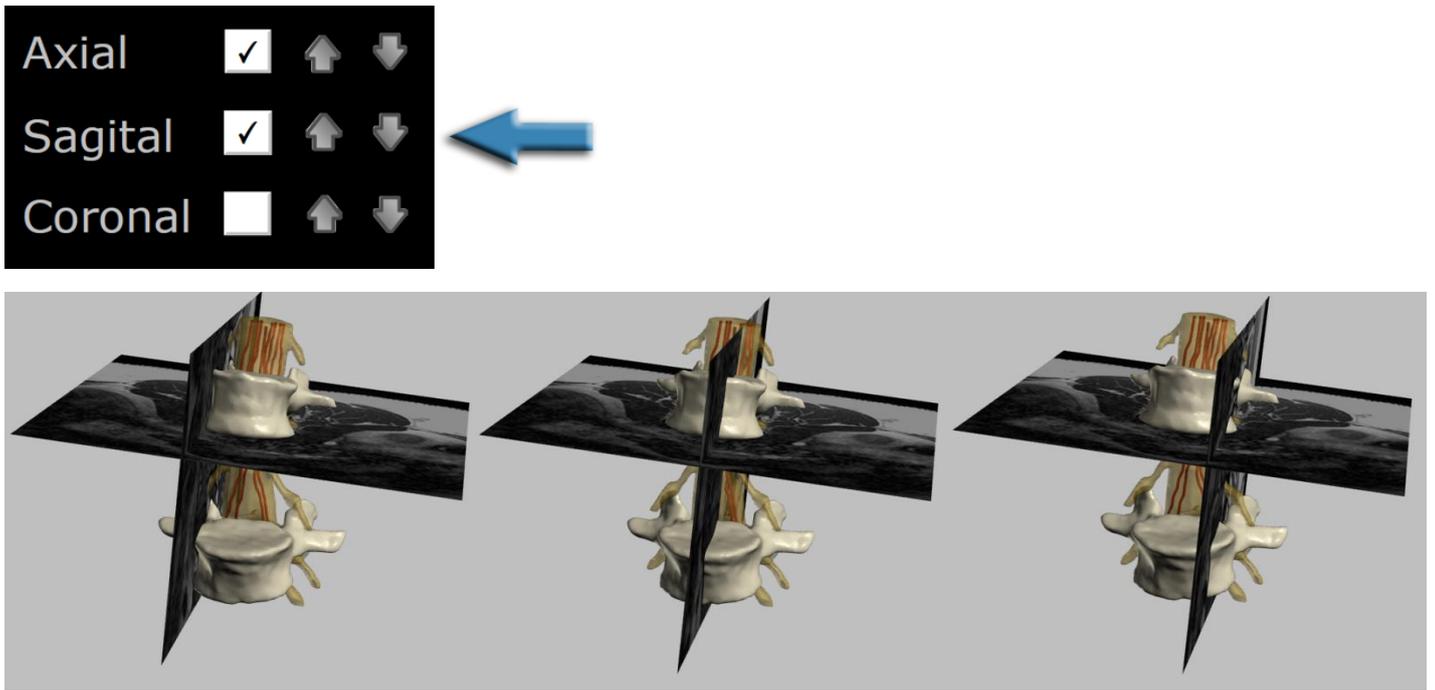


Figura 18 Navegación a través de imágenes sagitales de RM

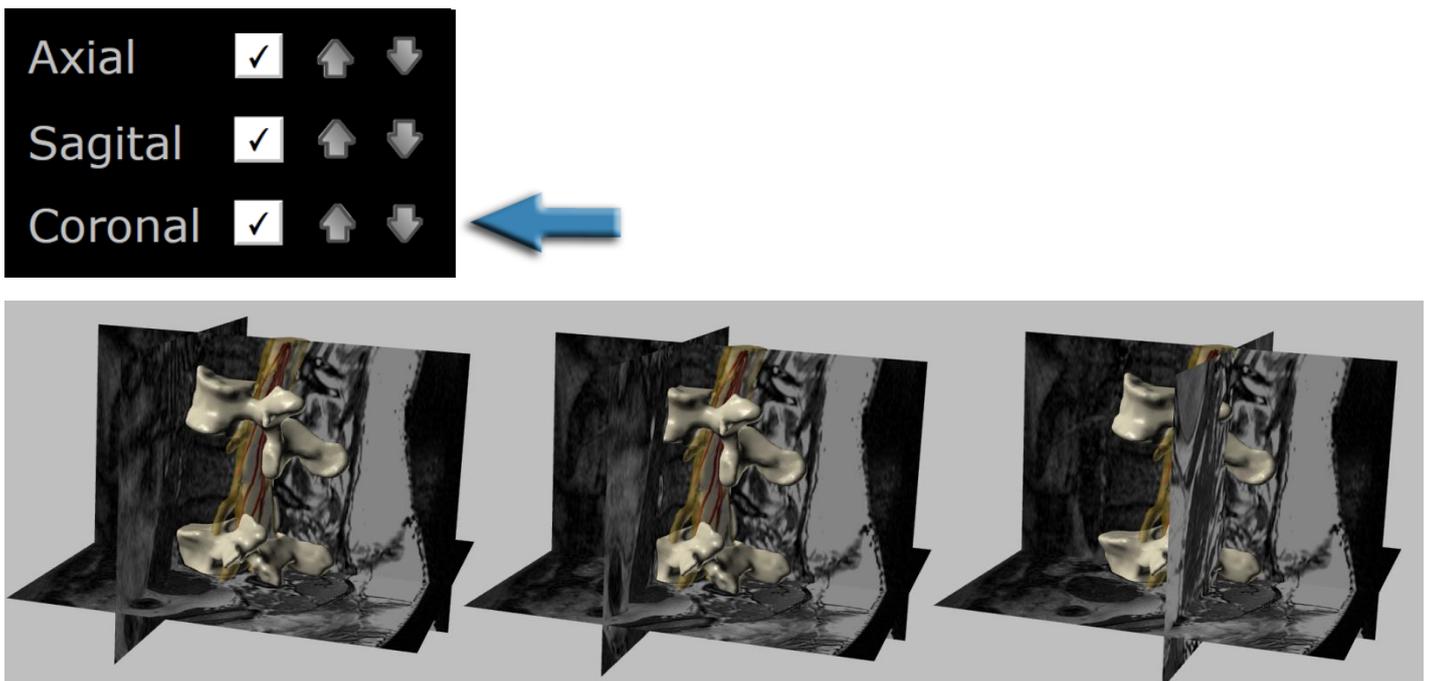


Figura 19 Navegación a través de imágenes coronales de RM

2.10 Función de corte (clipping)

Esta función permite cortar el modelo 3D original, incluyendo las imágenes de RM, en la orientación seleccionada con la función 11.



Figura 20 Selección de la opción corte del modelo 3D

2.11 Orientación del plano de corte

Esta función selecciona entre diferentes orientaciones de los planos de corte: axial, sagital o coronal.



Figura 21 Orientaciones de los planos de corte

2.12 Desplazamiento del plano de corte

Esta función permite la navegación a lo largo de sucesivos cortes del modelo 3D (desplazando el plano de corte seleccionado).



Figura 22 Desplazamiento del plano de corte a lo largo del modelo

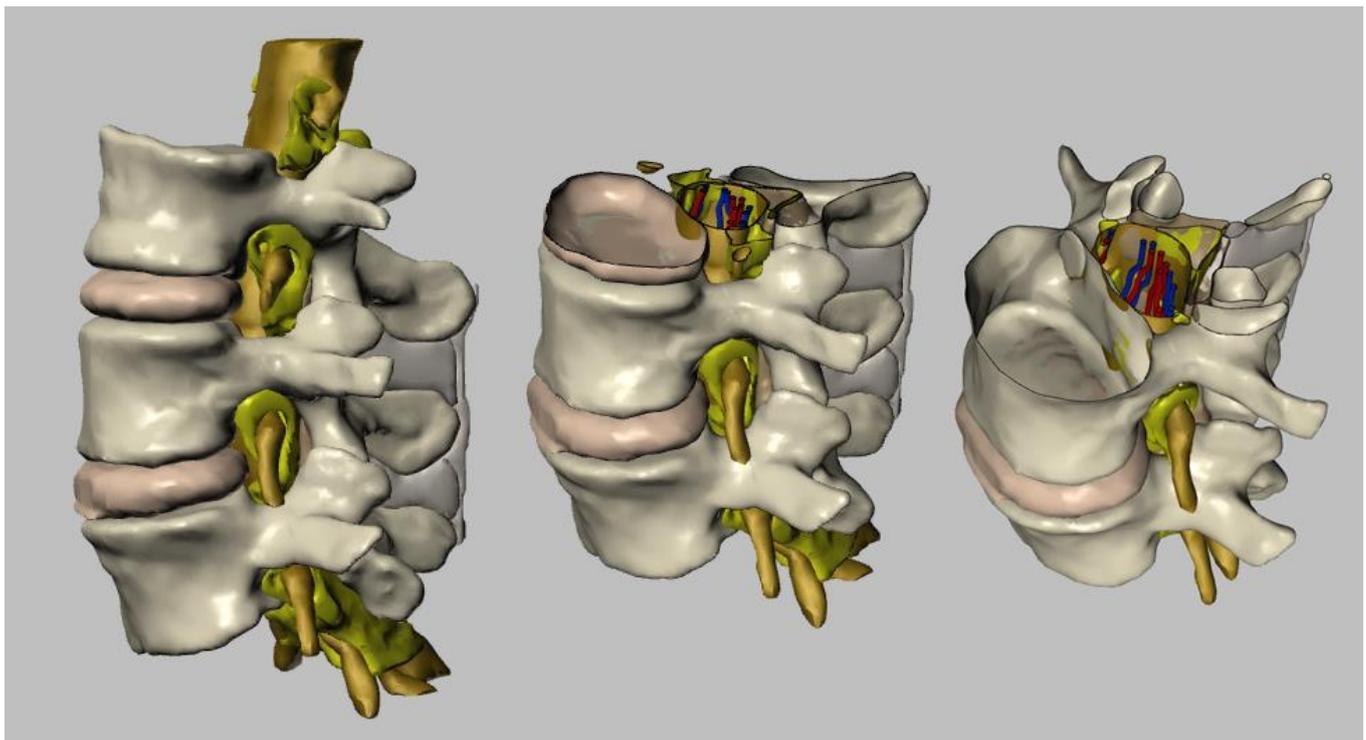


Figura 23 Ejemplo de cortes del modelo 3D: Cortes axiales

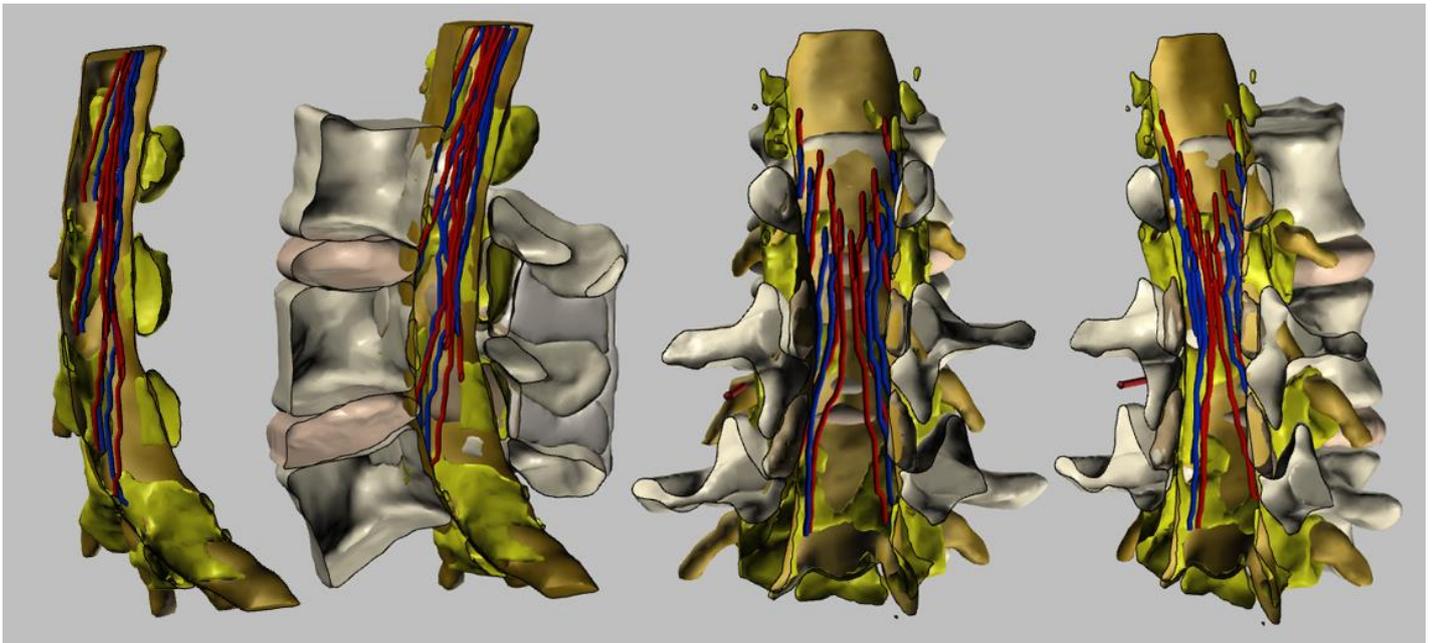


Figura 24 Ejemplo de cortes del modelo 3D: Cortes sagitales y coronales

2.13 Vistas prediseñadas con explicaciones breves

Diferentes vistas prediseñadas están disponibles, junto con una breve explicación asociada a cada una. Todas las funciones descritas anteriormente pueden ser aplicadas a cada vista.

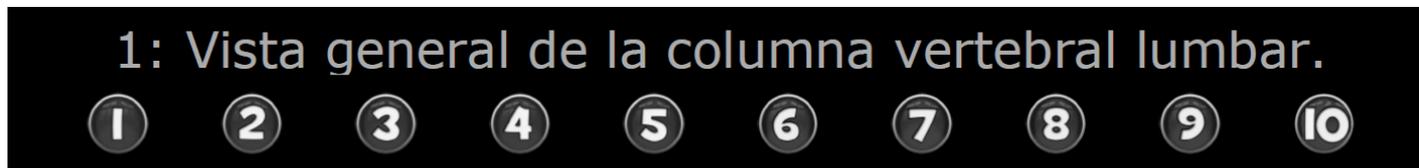


Figura 25 Vistas prediseñadas y comentarios

2.14 Opción "Desactivar selección"

Esta opción deshabilita la selección de estructuras por el usuario con un clic del ratón.

Ello puede ser útil en diferentes situaciones: si existen dificultades relacionadas con el rendimiento del área de la pantalla, por problemas de las propiedades gráficas del ordenador o similar, o por ejemplo si se intenta rotar el modelo 3D y se desea evitar la selección inadvertida de una estructura, que por tanto se mantendrá en color rojo.

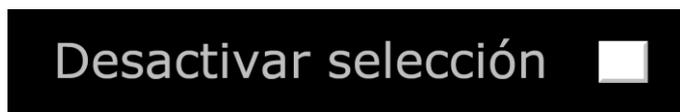


Figura 26 Desactivación de la selección de estructuras del modelo

2.15 Acceso directo a las Instrucciones

Se puede acceder a las Instrucciones desde el fichero PDF interactivo haciendo clic sobre la imagen del signo interrogante que se encuentra en la parte superior derecha del documento.

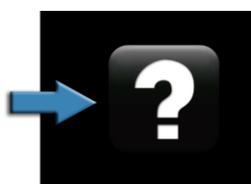


Figura 27 Acceso a las Instrucciones

3 Figuras

Figura 1 Documento PDF del modelo 3D interactivo	3
Figura 2 Ejemplo de abordaje espinal medial.....	4
Figura 3 Descripción de las funciones: Hacer clic sobre los botones numerados para acceder al capítulo correspondiente.....	5
Figura 4 Área de trabajo	6
Figura 5 Rotación del modelo de 360º.....	7
Figura 6 Ejemplo de vistas predefinidas: Vista superior	8
Figura 7 Ejemplo de vistas predefinidas: Vista lateral	9
Figura 8 Función selección de estructura	10
Figura 9 Ejemplo de selección de una estructura. Selección de grasa epidural (en rojo)	10
Figura 10 Ejemplo de selección de una estructura: grasa epidural seleccionada.	11
Figura 11 Ejemplos de diferentes estructuras visibles/ocultas	11
Figura 12 Validación de estructura: mostrar/ocultar la estructura seleccionada	12
Figura 13 Cambio gradual de la transparencia de la estructura seleccionada	12
Figura 14 Ejemplo de graduación de la transparencia: Vértebra L4 semitransparente	12
Figura 15 Mostrar todo: Todas las estructuras incluidas en el modelo se hacen visibles	13
Figura 16 Controles para visualización de imágenes seccionales de RM en el área de trabajo	14
Figura 17 Navegación a través de imágenes axiales de RM	14
Figura 18 Navegación a través de imágenes sagitales de RM	15
Figura 19 Navegación a través de imágenes coronales de RM.....	15
Figura 20 Selección de la opción corte del modelo 3D.....	16
Figura 21 Orientaciones de los planos de corte.....	16
Figura 22 Desplazamiento del plano de corte a lo largo del modelo	17
Figura 23 Ejemplo de cortes del modelo 3D: Cortes axiales.....	17
Figura 24 Ejemplo de cortes del modelo 3D: Cortes sagitales y coronales	18
Figura 25 Vistas prediseñadas y comentarios.....	19
Figura 26 Desactivación de la selección de estructuras del modelo	19
Figura 27 Acceso a las Instrucciones.....	19

4 Agradecimientos

Este proyecto ha sido parcialmente subvencionado por la Beca "Project TV3 Marató" 411/U/2011.

Proyecto: Quantitative analysis and computer aided simulation of minimally invasive approaches for intracranial vascular lesions, y por el proyecto "2012PID-UB/002" del Grupo de Anatomía Virtual y Simulación de la Universitat de Barcelona.

Agradecemos también a Dña. Olga Fuentes por su asistencia técnicaⁱ.

5 Licencias

El archivo PDF interactivo del Modelo Virtual 3D de la columna vertebral se distribuye bajo licencia CC BY-NC-SA 2.0ⁱⁱ, que protege los derechos de sus autores, pero que permite su uso en trabajos derivados de tipo no comercial, permitiendo que éstos sean compartidos bajo la misma licencia que el documento original.

El código fuente JavaScript y la geometría del modelo de superficie original no son públicos, y por tanto no se debe acceder a éstos ni modificarlos.

De acuerdo con la Licencia CC BY-NC-SA 2.0², usted podrá usar imágenes capturadas desde el modelo 3D en sus propios proyectos, citando la siguiente referencia:

- Prats-Galino A, Mavar M, Reina MA, Puigdemívol-Sánchez A, San-Molina J, De Andrés JA. Three-dimensional interactive model of lumbar spinal structures. *Anaesthesia* 2014; 69: 521.

El documento PDF 3D original junto a sus instrucciones y el fichero de su licencia, está disponible de forma libre en:

- <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/44844?locale=en>

ⁱ Laboratorio de Neuroanatomía Quirúrgica (LSNA), Unidad de Anatomía y Embriología Humana, Facultad de Medicina, Universitat de Barcelona, Barcelona, España.

ⁱⁱ <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>