



LSNA

## Wirtualny trójwymiarowy model kręgosłupa lędźwiowego

Alberto Prats-Galino<sup>1</sup>, Miguel Angel Reina<sup>2</sup>, Marija Mavar Haramija<sup>1</sup>, Anna Puigdemívol-Sánchez<sup>1</sup>,  
Joan San Molina<sup>3</sup> and José Antonio De Andrés<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Laboratory of Surgical NeuroAnatomy (LSNA), Human Anatomy and Embryology Unit, Faculty of Medicine, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.

<sup>2</sup> Department of Clinical Medical Sciences and Applied Molecular Medicine Institute, CEU San Pablo University School of Medicine, Department of Anaesthesiology, Madrid-Montepíncipe University Hospital, Madrid, Spain.

<sup>3</sup> Department of Medical Sciences, Faculty of Medicine. Universitat de Girona, Spain.

<sup>4</sup> Department of Critical Care and Multidisciplinary Pain Management, General University Hospital, Valencia, Spain.

## Spis treści

1	Wstęp .....	3
1.1	O dokumencie .....	3
	Autorzy .....	3
1.2	Cele.....	4
2	Polecenia podstawowe .....	5
2.1	Obszar roboczy ekranu.....	6
2.2	Widoki standardowe .....	8
2.3	Wybór elementu .....	10
2.4	Funkcja potwierdzania wyboru elementu .....	12
2.5	Stopniowanie przezroczystości .....	12
2.6	Opcja “pokaż wszystko” .....	13
2.7	Opcja “ukryj wszystko” .....	13
2.8	Warstwy MRI .....	14
2.9	Poruszanie się między warstwami MRI .....	14
2.10	Funkcja przycinania obrazu .....	16
2.11	Orientacja płaszczyzny przycinania obrazu .....	16
2.12	Poziom płaszczyzny przycinania obrazu .....	17
2.13	Zdefiniowane widoki i krótkie objaśnienia .....	19
2.14	Opcja “Anuluj wybór” .....	19
2.15	Dostęp do instrukcji .....	19
3	Spis rycin .....	20
4	Podziękowania .....	21
5	Licencjonowanie .....	21

## 1 Wstęp

### 1.1 O dokumencie



Rycina 1 Interaktywny trójwymiarowy document PDF

### Autorzy

Alberto Prats-Galino<sup>1</sup>, Miguel Angel Reina<sup>2</sup>, Marija Mavar Haramija<sup>1</sup>, Anna Puigdemívol-Sánchez<sup>1</sup>, Joan San Molina<sup>3</sup> and José Antonio De Andrés<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Laboratory of Surgical NeuroAnatomy (LSNA), Human Anatomy and Embryology Unit, Faculty of Medicine, Universitat de Barcelona, Barcelona, Spain.

<sup>2</sup> Department of Clinical Medical Sciences and Applied Molecular Medicine Institute, CEU San Pablo University School of Medicine, Department of Anaesthesiology, Madrid-Montepíncipe University Hospital, Madrid, Spain.

<sup>3</sup> Department of Medical Sciences, Faculty of Medicine. Universitat de Girona, Spain.

<sup>4</sup> Department of Critical Care and Multidisciplinary Pain Management, General University Hospital, Valencia, Spain.

Adres poczty elektronicznej do korespondencji:

Alberto Prats-Galino: [aprats@ub.edu](mailto:aprats@ub.edu)

Miguel Angel Reina: [miguelangel@perticone.e.telefonica.net](mailto:miguelangel@perticone.e.telefonica.net)

Niniejszy interaktywny model został zbudowany z trójwymiarowych rekonstrukcji obrazów rezonansu magnetycznego człowieka.

Autorzy nie zgłaszają konfliktu interesów.

### 1.2 Cele

Format PDF, w którym przygotowano niniejszy trójwymiarowy interaktywny model anatomiczny, bardzo upraszcza jego używanie i przechowywanie ze względu na możliwość kompresji pliku oraz zapewnia zgodność i możliwość przenoszenia między różnymi platformami. Prezentowany trójwymiarowy model anatomiczny może zostać wykorzystany w obszarach obejmujących:

#### Działania edukacyjne

Wsparcie przez rzeczywiste trójwymiarowe obrazowanie nauczania anatomii blokad centralnych i znieczuleń regionalnych.

Pomoc wizualna w opracowywaniu nowych dostępów w technikach znieczulenia regionalnego.

#### Programy badawcze

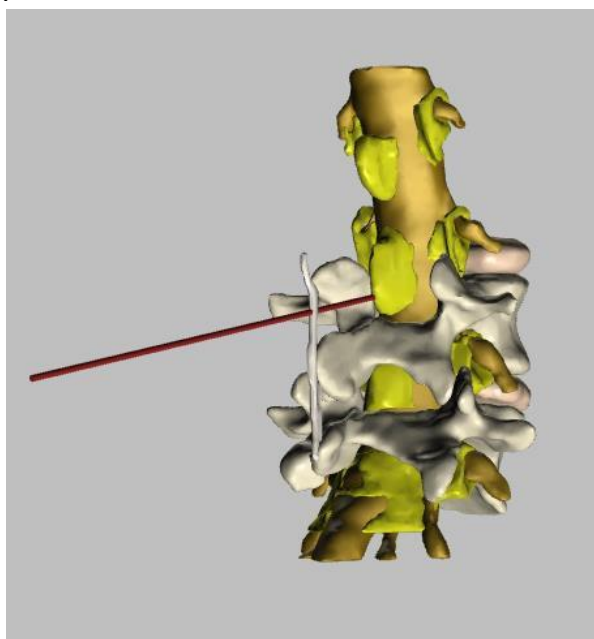
Przegląd danych pacjenta i analiza technik znieczulenia.

Analiza wyników badań obrazowych w przypadkach powikłań znieczuleń regionalnych.

#### Informowanie pacjenta

Uzupełniająca pomoc wizualna, użyteczna dla pacjentów, podczas udzielania informacji o technikach inwazyjnego leczenia bólu i operacjach chirurgicznych.

Program ten pozwala użytkownikom dokładnie przyjrzeć się rekonstrukcjom obrazów MR człowieka na trójwymiarowym interaktywnym modelu anatomicznym, szczególnie przydatnym dla wykonujących znieczulenia regionalne i procedury inwazyjne w medycynie bólu (np. Rycina 2 pokazuje na naszym modelu dostęp rdzeniowy pośrodkowy).



Rycina 2 Przykład: Dostęp rdzeniowy pośrodkowy

Technologia, której użyto do skonstruowania modelu, została ostatnio zastosowana w medycynie i umożliwiła stworzenie interaktywnego trójwymiarowego modelu za pomocą złożonej i żmudnej techniki budowania obrazów trójwymiarowych z obrazów dwuwymiarowych dzięki specjalnemu oprogramowaniu (Amira 5.4.0

©). W wyniku otrzymano nieskomplikowane i użyteczne narzędzie do nauczania, pracy i badań naukowych.

Niniejszy projekt zawiera rekonstrukcje trzonów, krążków międzykręgowych, łuków kręgowych, więzadła żółtego, więzadeł nadkolcowych, więzadeł międzykolcowych, tłuszczu zewnątrzoponowego, tłuszczu otworowego, worka opony twardej, pochewki korzeni nerwowych, korzeni nerwowych czuciowych i ruchowych.

Dysponuje możliwością dynamicznego widoku 360°, włącznie z częściowym lub pełnym obrazem każdego elementu, z funkcją powiększania i pomniejszania.

## 2 Polecenia podstawowe

Dokument PDF jest uruchamiany w programie Adobe Acrobat 11 lub wyższej wersji.

Nawigacja w programie może być rozpoczęta z różnych punktów ekranu roboczego. Początkowo może zostać wybrany do wyświetlenia jeden lub więcej elementów, jak również jeden z predefiniowanych widoków trójwymiarowej rekonstrukcji obrazu. Obrazem steruje się przy pomocy myszy. Pozwala to na poruszanie modelem i umożliwia oglądanie elementów z różnej perspektywy. Dotyczy to również obrazów MRI różnych warstw w projekcji osiowej, strzałkowej i wieńcowej.

Interaktywny model anatomiczny pozwala na cięcie w płaszczyznach osiowej, strzałkowej i wieńcowej. Przycinanie może dotyczyć każdego elementu rekonstruowanego w modelu. Pozostałe opcje obsługi modelu są intuicyjne i łatwe do opanowania.



Rycina 3 Opis funkcji: Kliknij na ponumerowany przycisk, żeby przeskoczyć do odpowiedniego rozdziału

Działanie tego dokumentu pdf jest opisane w 15 krótkich instrukcjach. Każda z nich wyjaśnia poszczególną funkcję/działanie przycisku. Można kliknąć na niebiesko ponumerowane przyciski na rycinie 3, żeby przeskoczyć do rozdziału opisującego odpowiednią funkcję.

### 2.1 Obszar roboczy ekranu

Tryb pracy pełnoekranowej jest uruchamiany przez naciśnięcie kombinacji klawiszy Control + L, a kończony przez naciśnięcie klawisza ESC.



Rycina 4 Obszar roboczy



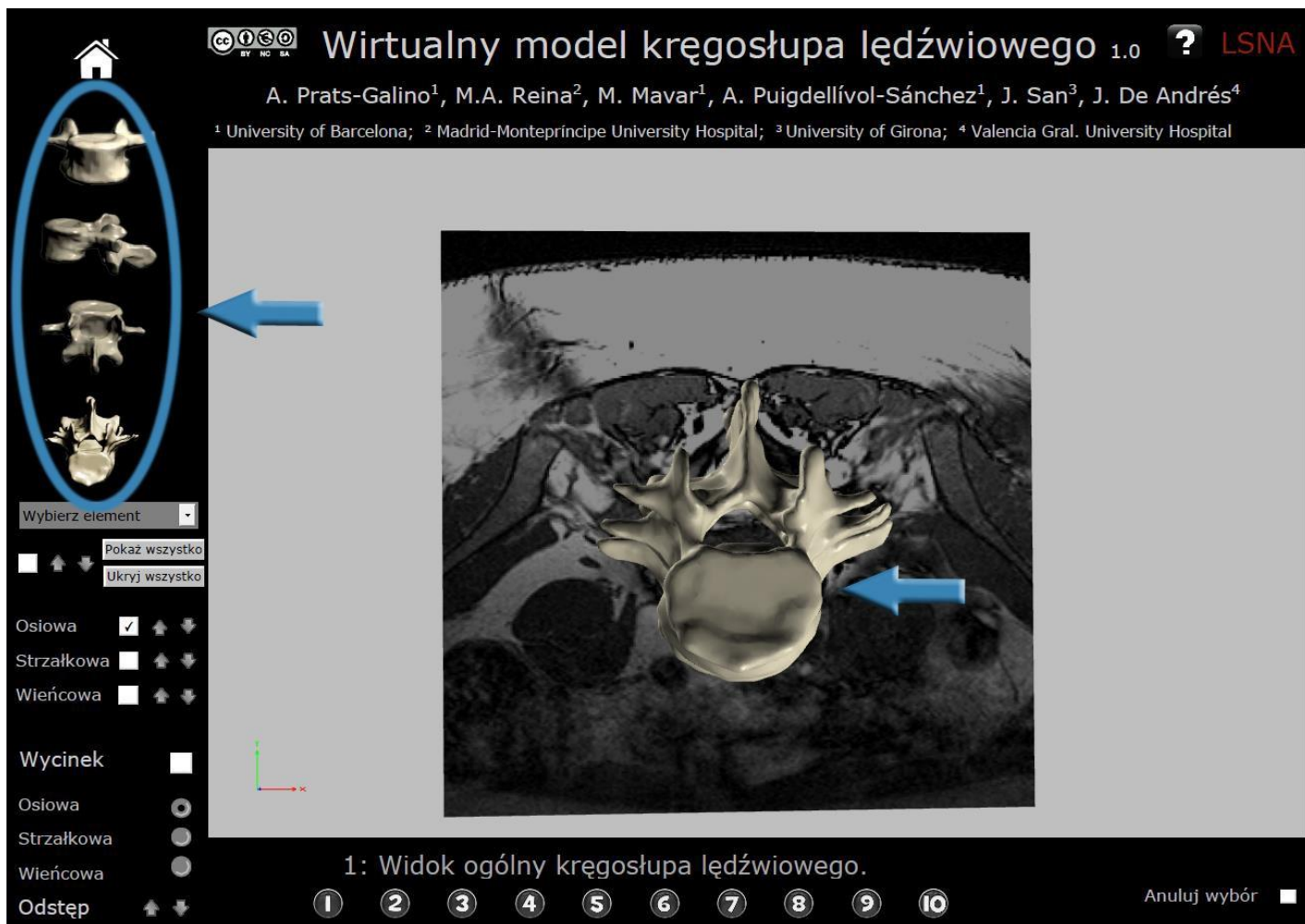
Dynamiczny widok 360° jest uzyskiwany przez ruch myszą z jednocześnie przytrzymanym naciśniętym lewym przyciskiem myszy.



Rycina 5 Obrót modelu o 360°

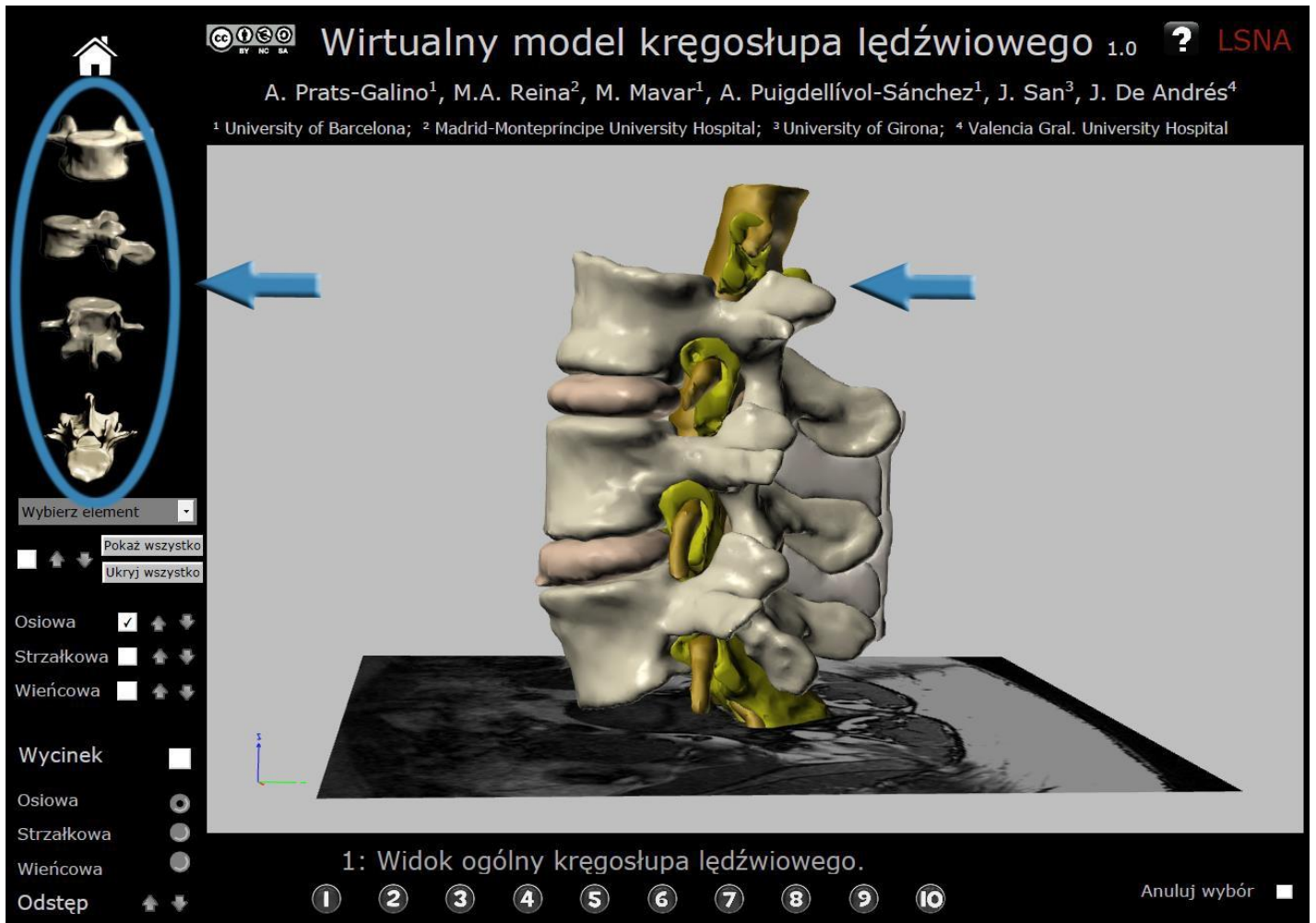
## 2.2 Widoki standardowe

W tej grupie przycisków można dokonać wyboru między czterema standardowymi pozycjami, w których model może być wyświetlany (widok z przodu, z boku, z tyłu i z góry).



Rycina 6 Przykład standardowego widoku: widok z góry





Rycina 7 Przykład standardowego widoku: widok z boku

## 2.3 Wybór elementu

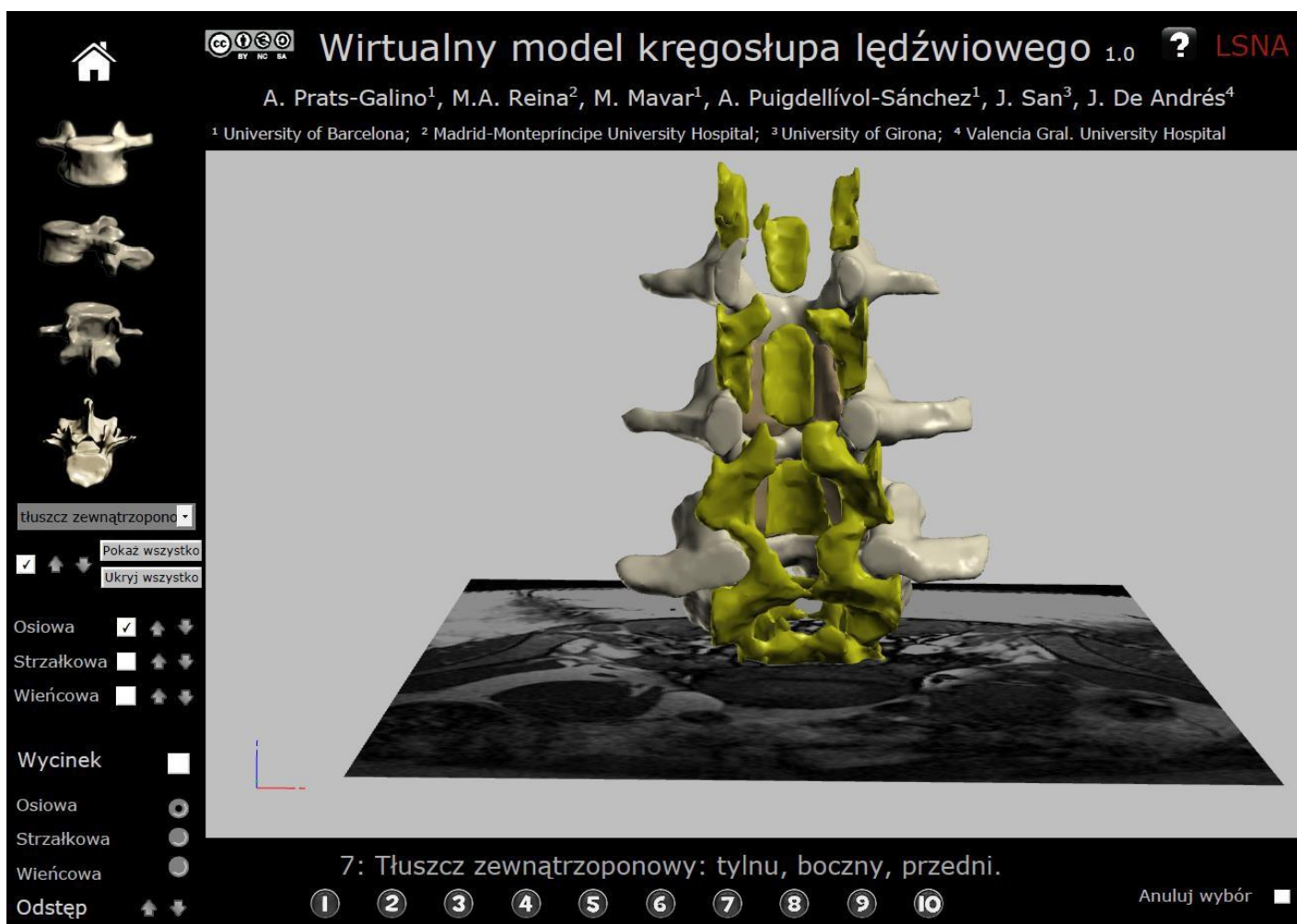
W celu stopniowego budowania modelu na ekranie należy wybrać element z rozwijanej listy. Wybór jest zatwierdzany przez zaznaczenie pola wyboru funkcji nr 4 (pokaż/ukryj wybrany element). Elementy mogą być kolejno włączane do modelu na ekranie.



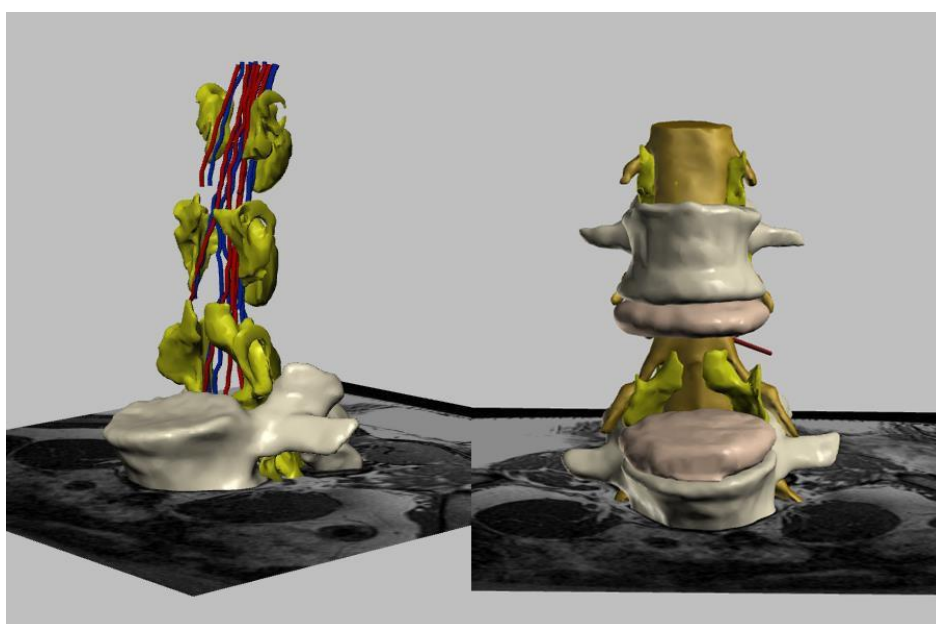
Rycina 8 Funkcja wybór elementu



Rycina 9 Przykład wyboru elementu: wybrany tłuszcz zewnątrzoponowy (na czerwono)



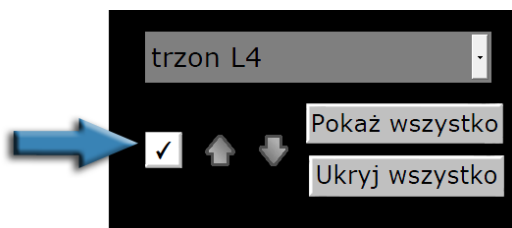
Rycina 10 Przykład wyboru elementu: wybrany tłuszcz zewnątrzoponowy



Rycina 11 Przykłady funkcji pokaz/ukryj dla różnych elementów

## 2.4 Funkcja potwierdzania wyboru elementu

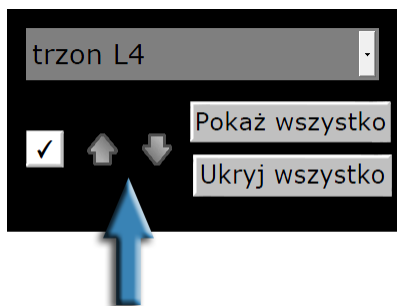
Po zaznaczeniu przycisku potwierdzenia wyboru elementu, wybrany element jest dodawany do modelu w obszarze roboczym. Po usunięciu zaznaczenia, wybrany element jest usuwany z modelu.



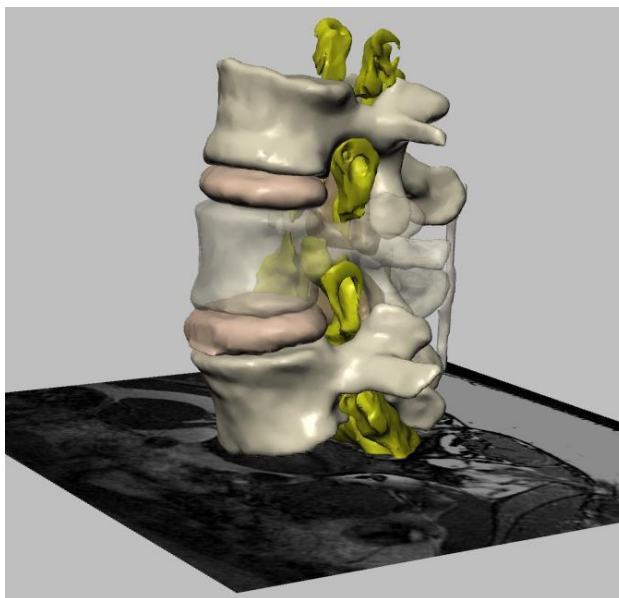
Rycina 12 Potwierdzenie wyboru elementu: pokaż/ukryj wybrany element

## 2.5 Stopniowanie przezroczystości

Strzałki modyfikują stopień przezroczystości, pozwalając stopniowo zanikać na ekranie wybranemu elementowi, w miarę zwiększania stopnia przezroczystości.



Rycina 13 Stopniowa zmiana przezroczystości wybranego elementu.

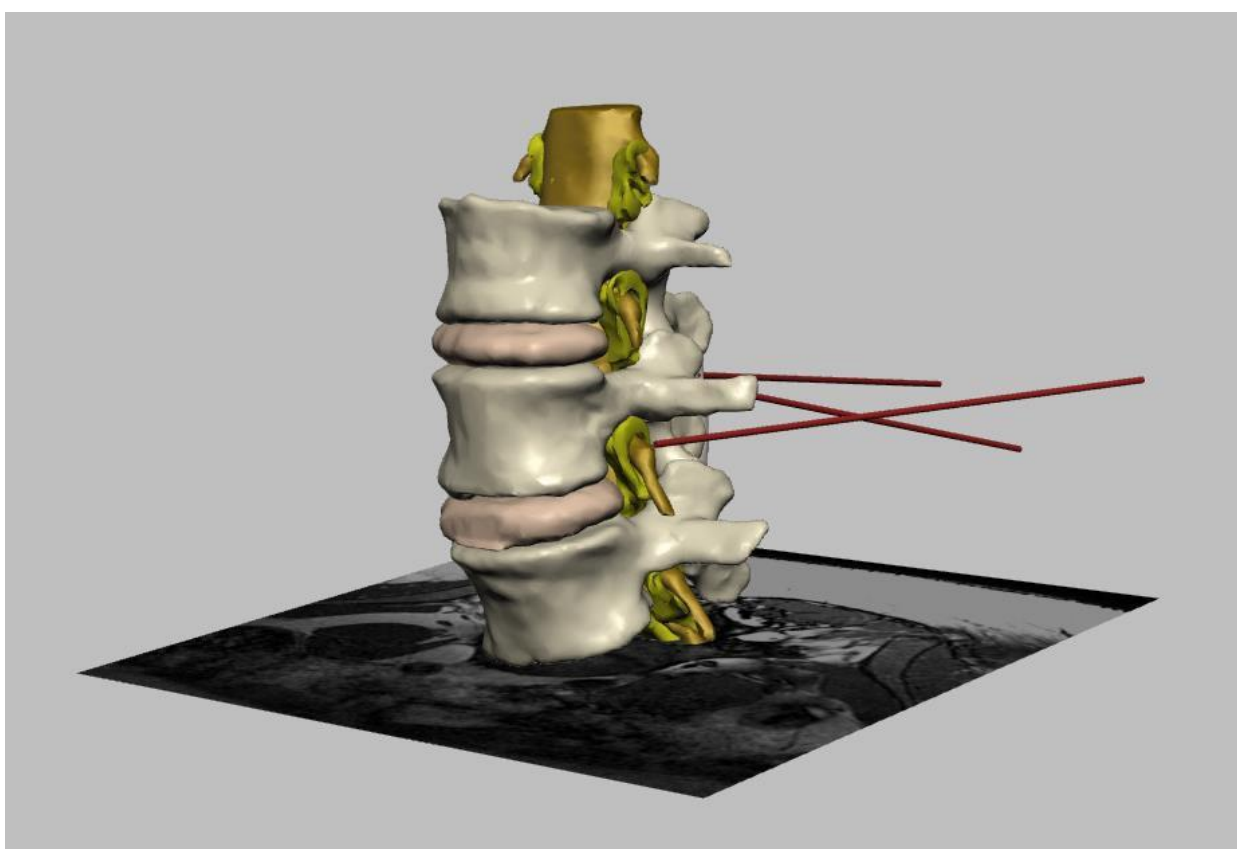


Rycina 14 Przykład stopniowania przezroczystości: Półprzezroczysty krąg L4

## 2.6 Opcja “pokaż wszystko”

Naciśnięcie tego przycisku powoduje wyświetlenie na ekranie wszystkich elementów modelu trójwymiarowego. Można wybrać dowolny element leżący powierzchownie i zwiększyć jego przezroczystość, pozwalając pojawić się na ekranie elementom leżącym głębiej. W celu usunięcia elementu z ekranu, należy wybrać element przez kliknięcie na nim i usunięcie zaznaczenia przycisku potwierdzenia wyboru elementu (2.4).

Innym sposobem usunięcia elementu z ekranu jest wybór jego nazwy z rozwijanej listy (2.3) i usunięcie zaznaczenia przycisku potwierdzenia wyboru elementu (2.4).



Rycina 15 Pokaż wszystko: Wszystkie elementy modelu są widoczne

## 2.7 Opcja “ukryj wszystko”

Naciśnięcie przycisku “ukryj wszystko” powoduje usunięcie wszystkich elementów wyświetlanych w obszarze roboczym ekranu.



## 2.8 Warstwy MRI

Ta funkcja wyświetla lub usuwa warstwy MRI z obszaru roboczego.

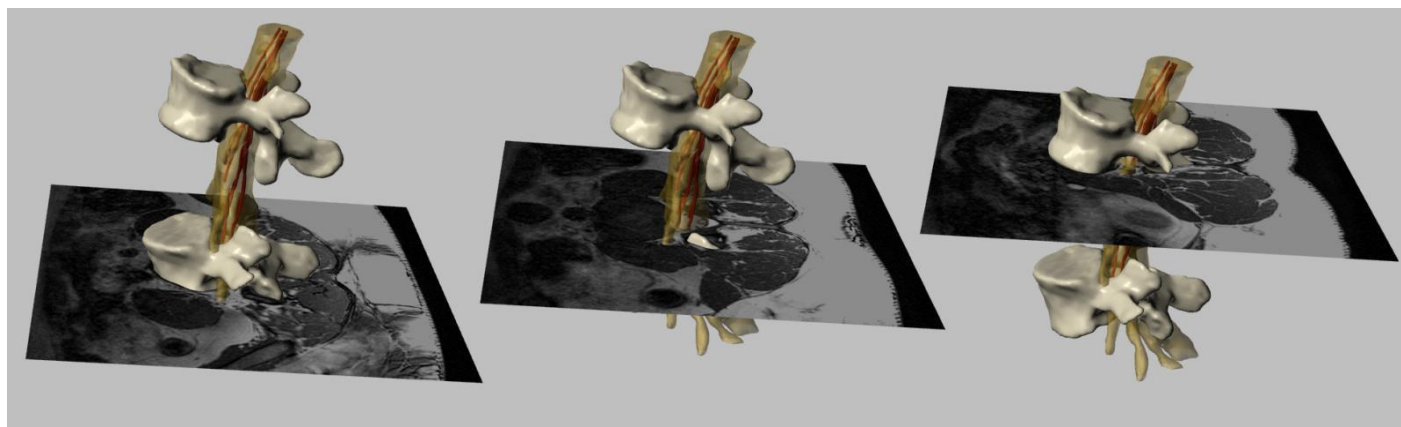
Możliwy jest wybór warstwy osiowej, strzałkowej i wieńcowej, zarówno pojedynczo jak i w połączeniu z innymi.



Rycina 16 Wyświetlanie warstw MRI w obszarze roboczym

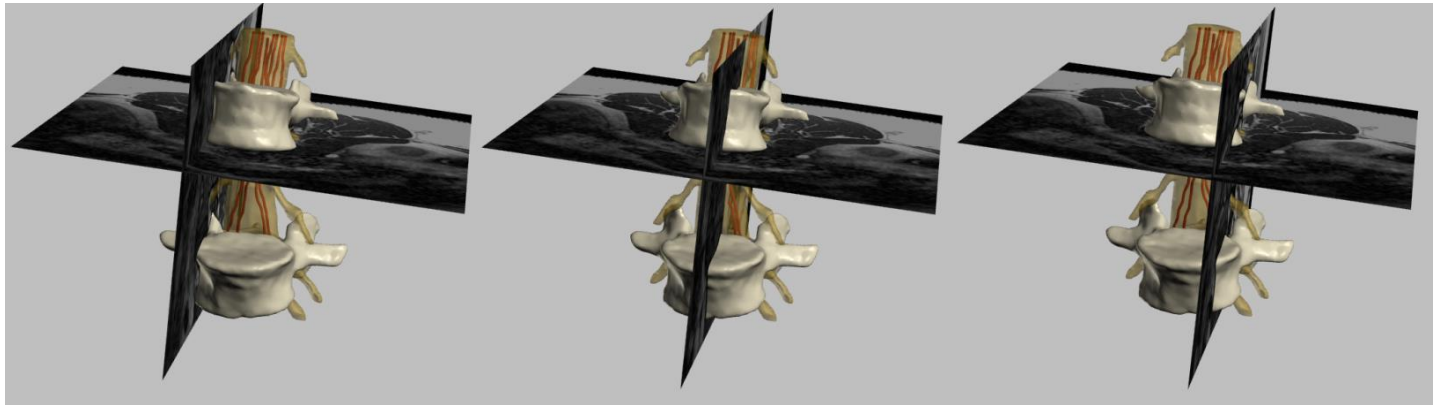
## 2.9 Poruszanie się między warstwami MRI

Strzałki pozwalają przechodzić z jednej warstwy MRI do kolejnej. Są po dwie strzałki dobrane w pary dla każdej płaszczyzny. W modelu zawarto dziewięć warstw osiowych, siedem – strzałkowych i sześć – wieńcowych.

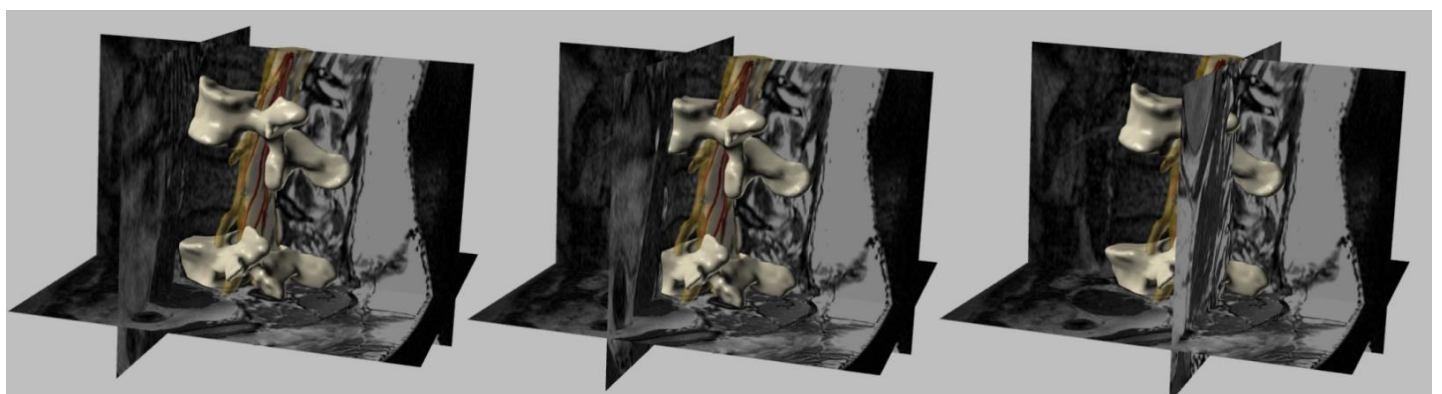


Rycina 17 Warstwy osiowe MRI





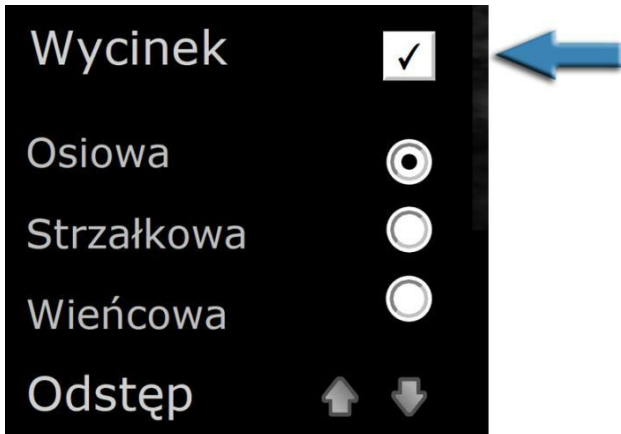
Rycina 18 Warstwy strzałkowe MRI



Rycina 19 Warstwy wieńcowe MRI

## 2.10 Funkcja przycinania obrazu

Ta funkcja pozwala wyświetlać wycinki początkowego trójwymiarowego modelu wraz z warstwami MRI wybranymi funkcją 11.



Rycina 20 Przycinanie modelu

## 2.11 Orientacja płaszczyzny przycinania obrazu

Ta funkcja pozwala wybrać różne orientacje płaszczyzny przycinania obrazu: osiową, strzałkową lub wieńcową.



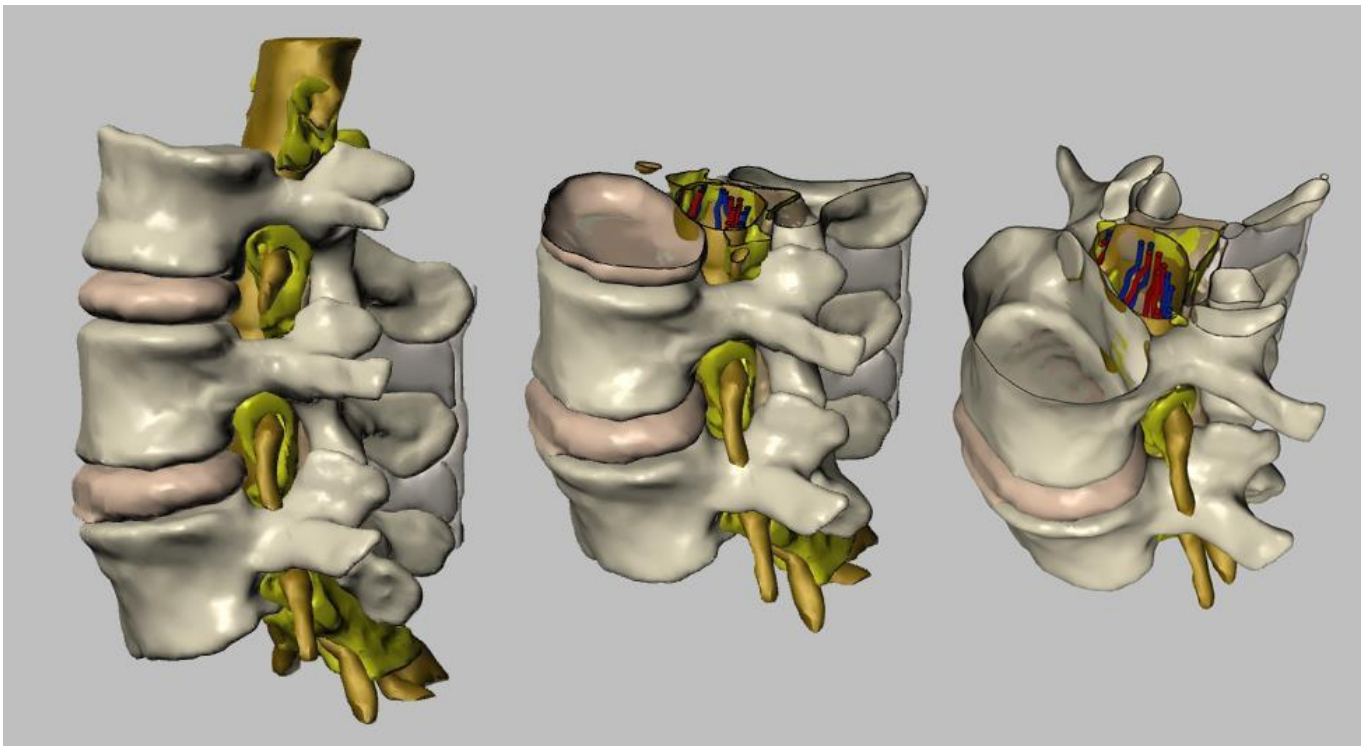
Rycina 21 Orientacja płaszczyzny przycinania obrazu

## 2.12 Poziom płaszczyzny przycinania obrazu

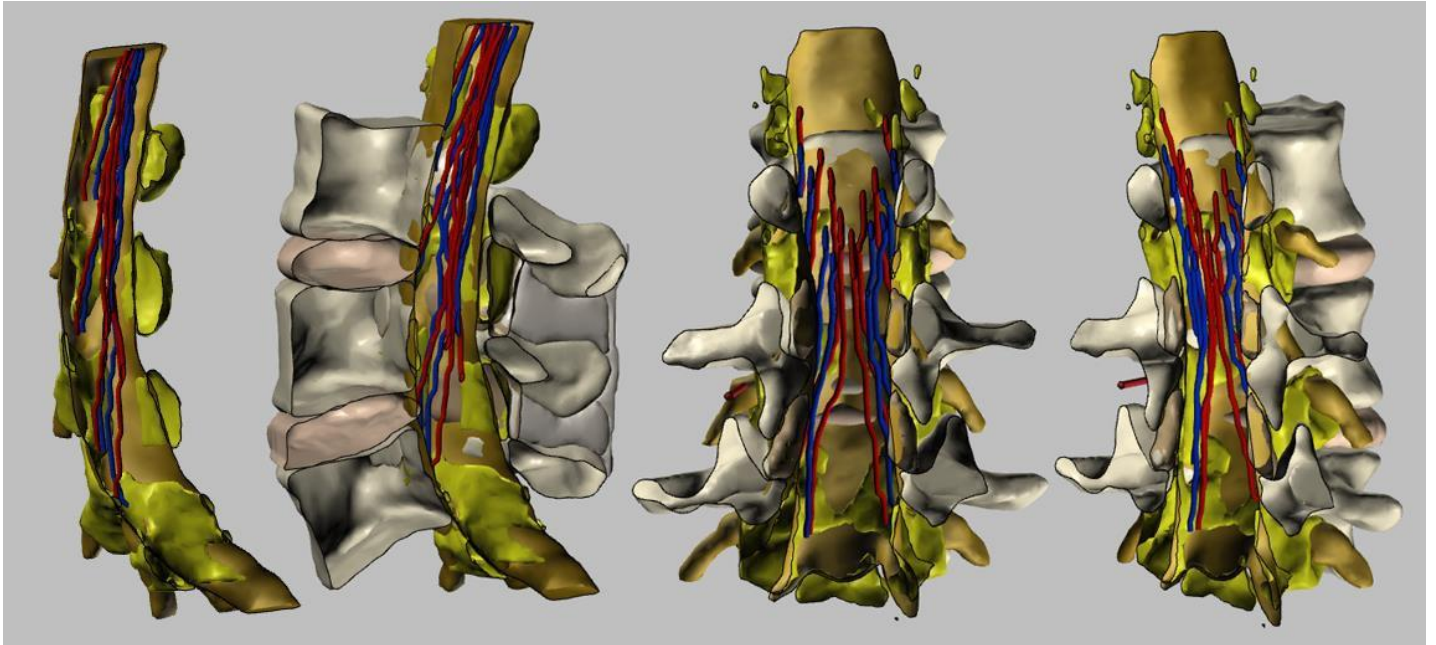
Ta funkcja pozwala przechodzić z jednego wycinka modelu do kolejnego (przez przesuwanie płaszczyzny przycinania obrazu).



Rycina 22 Poziom płaszczyzny przycinania obrazu: przechodzenie między wycinkami modelu



Rycina 23 Przykład przycinania obrazu: przycinanie w płaszczyźnie osiowej



Rycina 24 Przykład przycinania obrazu: przycinanie w płaszczyźnie strzałkowej i wieńcowej

### 2.13 Zdefiniowane widoki i krótkie objaśnienia

Udostępniono kilka zdefiniowanych widoków, łącznie z krótkimi ich objaśnieniami. Wszystkie wyżej omówione funkcje mogą być zastosowane w każdym zdefiniowanym widoku.

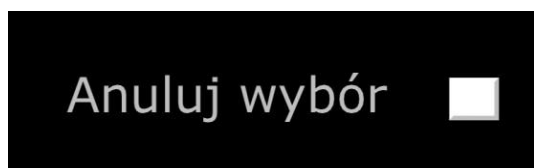


Rycina 25 Zdefiniowane widoki i objaśnienia

### 2.14 Opcja "Anuluj wybór"

Ta opcja, przez zaznaczenie przycisku, umożliwia anulowanie wyboru podświetlenia poszczególnych elementów.

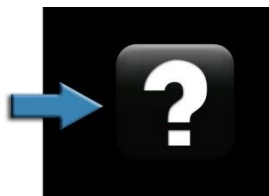
Może być przydatna w różnych sytuacjach: w przypadku kłopotów z wyświetlaniem obrazu z powodu problemów z przetwarzaniem grafiki przez komputer lub po prostu, gdy chcemy obrócić model bez niezamierzonego podświetlenia elementów i ich zaznaczenia na czerwono.



Rycina 26 Opcja "Anuluj wybór"

### 2.15 Dostęp do instrukcji

Instrukcje jak używać interaktywnego pliku PDF są dostępne po kliknięciu przycisku z symbolem pytajnika w prawym, górnym rogu ekranu.



Rycina 27 Dostęp do instrukcji

### 3 Spis rycin

Rycina 1 Interaktywny trójwymiarowy dokument PDF .....	3
Rycina 2 Przykład: Dostęp rdzeniowy pośrodkowy .....	4
Rycina 3 Opis funkcji: Kliknij na ponumerowany przycisk, żeby przeskoczyć do odpowiedniego rozdziału .....	5
Rycina 4 Obszar roboczy .....	6
Rycina 5 Obrót modelu o 360° .....	7
Rycina 6 Przykład standardowego widoku: widok z góry .....	8
Rycina 7 Przykład standardowego widoku: widok z boku .....	9
Rycina 8 Funkcja wybór elementu .....	10
Rycina 9 Przykład wyboru elementu: wybrany tłuszcz zewnątrzoponowy (na czerwono) .....	10
Rycina 10 Przykład wyboru elementu: wybrany tłuszcz zewnątrzoponowy .....	11
Rycina 11 Przykłady funkcji pokaż/ukryj dla różnych elementów .....	11
Rycina 12 Potwierdzanie wyboru elementu: pokaż/ukryj wybrany element .....	12
Rycina 13 Stopniowa zmiana przezroczystości wybranego elementu. ....	12
Rycina 14 Przykład stopniowania przezroczystości: Półprzezroczysty krąg L4 .....	12
Rycina 15 Pokaż wszystko: Wszystkie elementy modelu są widoczne .....	13
Rycina 16 Wyświetlanie warstw MRI w obszarze roboczym .....	14
Rycina 17 Warstwy osiowe MRI .....	14
Rycina 18 Warstwy strzałkowe MRI .....	15
Rycina 19 Warstwy wieńcowe MRI .....	15
Rycina 20 Przycinanie: cięcie modelu przez płaszczyznę przycinania .....	16
Rycina 21 Orientacja płaszczyzny przycinania obrazu .....	16
Rycina 22 Poziom płaszczyzny przycinania obrazu: przechodzenie między wycinkami modelu .....	17
Rycina 23 Przykład przycinania obrazu: przycinanie w płaszczyźnie osiowej .....	17
Rycina 24 Przykład przycinania obrazu: przycinanie w płaszczyźnie strzałkowej i wieńcowej .....	18
Rycina 25 Zdefiniowane widoki i objaśnienia .....	19
Rycina 26 Opcja "Anuluj wybór" .....	19
Rycina 27 Dostęp do instrukcji .....	19



## 4 Podziękowania

Praca badawcza była w części wsparta przez grant „Marató TV3 Project” [411/U/2011 – TYTUŁ: Analiza ilościowa i wspierana komputerowo symulacja małoinwazyjnych dostępow do wewnątrzczaszkowych uszkodzeń naczyniowych.] i "2012PID-UB/002 Project" [Grupo de Anatomía Virtual y de Simulación, Universitat de Barcelona].

Dziękujemy również Oldze Fuentes<sup>1</sup> za jej pomoc techniczną.

Tłumaczenie na język polski było możliwe dzięki współpracy: dr n. med. Andrzej Daszkiewicz, Śląski Uniwersytet Medyczny w Katowicach, Wydział Lekarski z Oddziałem Lekarsko-Dentystycznym w Zabrze, Katedra i Klinika Anestezjologii, Intensywnej Terapii i Medycyny Ratunkowej, Zakład Badania i Leczenia Bólu.

## 5 Licencjonowanie

Plik PDF zawierający trójwymiarowy interaktywny wirtualny model kręgosłupa jest udostępniany na podstawie licencji CC BY-NC-SA 2.0<sup>2</sup>, która wymaga uznania autorstwa, ale pozwala na tworzenie dokumentów pochodnych bez przeznaczenia komercyjnego, pod warunkiem, że są rozpowszechniane na podstawie tej samej licencji co dokument oryginalny.

Kod źródłowy Java Script i oryginalna powierzchniowa geometria modelu nie są publiczne i nie można do nich uzyskiwać dostępu ich ani modyfikować.

W przypadku wykorzystania jakiegokolwiek części wspomnianego dokumentu (np. przechwycenia obrazu modelu anatomicznego) zgodnie z licencją CC BY-NC-SA 2.0 proszę zacytować tę pracę zgodnie z poniższym:

- 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.

Oryginalny trójwymiarowy dokument PDF, łącznie z plikami instrukcji i licencji, jest bezpłatnie dostępny pod adresem <http://diposit.ub.edu/dspace/handle/2445/44844?locale=en>.

---

<sup>1</sup> Laboratory of Surgical NeuroAnatomy (LSNA), Human Anatomy and Embryology Unit, Faculty of Medicine, Universitat de Barcelona, Barcelona.

<sup>2</sup> <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.0/>