



Návod na laboratorní úlohu Vytváření 3D modelů segmentací CT snímků Creating 3D models by segmenting CT scans

Název studijního předmětu: Microwave Hyperthermia

Vedoucí cvičení/experimentu: Ing. Tomáš Dřížd'al, Ph.D.

Připravili: Doc. Ing. David Vrba, Ph.D., Ing. Tomáš Dřížd'al, Ph.D.

1. Anotace cvičení/experimentu:

Pro správné nastavení fokusace výkonu do léčené oblasti během mikrovlnné regionální hypertermie je nutné provést plánování léčby zvláště pro každého pacienta. To vyžaduje anatomicky a dielektricky přesné 3D modely pacienta, které lze získat segmentací individuálních patientských CT snímků.

2. Cíle cvičení/experimentu:

Cílem tohoto laboratorního cvičení je seznámit studenty se segmentací CT snímků a vytvářením anatomicky věrných 3D modelů pacienta. Tento model bude použit v navazujícím laboratorním cvičení ke klinicky realistickému plánování léčby regionální hypertermií.

3. Popis použitých zařízení/přístrojů:

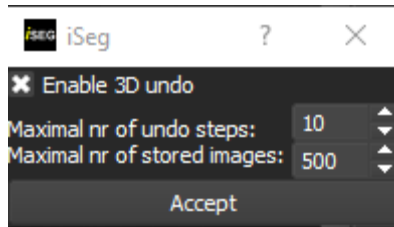
1. Výkonná pracovní stanice
2. CT snímky <https://www.aylward.org/notes/open-access-medical-image-repositories>
3. iSeg segmentační nástroj
4. Sim4Life

4. Segmentace

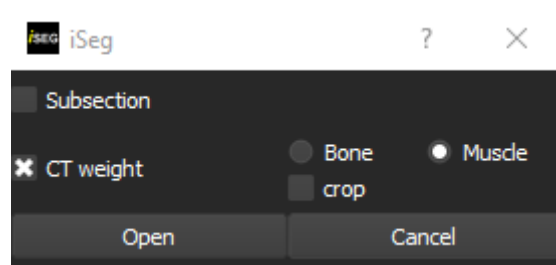
1. Stáhněte si lokálně na počítač [soubory](#) (platnost odkazu do 25.3.2020 a přístup s heslem: FBMI_Kladno) a rozbalte obsah z „iSeg_v1.1.zip“, „DHT_TissueList.zip“ a „8004.zip“...
2. Spustíte „iSeg.exe“ a ve „File“, „Open Project ...“ otevřete „DHT_TissueList.prj“.
3. V „File“ zvolte „Set Tissuelist as Default“, zavřete „iSeg.exe“ (neukládejte žádné změny) a znovu spustíte „iSeg.exe“. Tímto docílíme shodného nastavení názvů a barevného označení segmentovaných tkání, které vidíte v panelu nástrojů „Tissues“ – pokud toto menu není na přítomné aktivujte ho v „View/Toolbars/Tissues (1)“
4. V „Edit“ zvolte „Configure Undo ...“ zaškrtněte „Enable 3D undo“ a nastavte „Maximal nr of undo steps:“ na hodnotu „10“ (udává kolik bude umožněno maximálních zpětných kroků) a „Maximal nr os stored images:“ na hodnotu „500“ (udává maximální počet uložených snímků v projektu – pokud by bylo načteno 501 snímků, tak by 3D undo s tímto nastavením nefungovalo a tato hodnota by se musela zvětšit).

V celém dokumentu platí, že pokud není uvedena u obrázku reference, jedná se o autorské dílo.

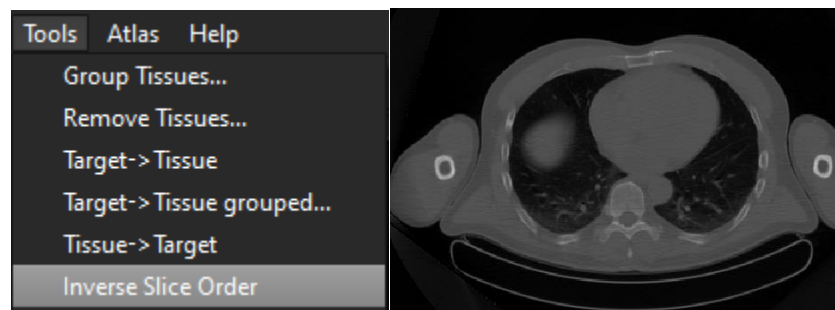




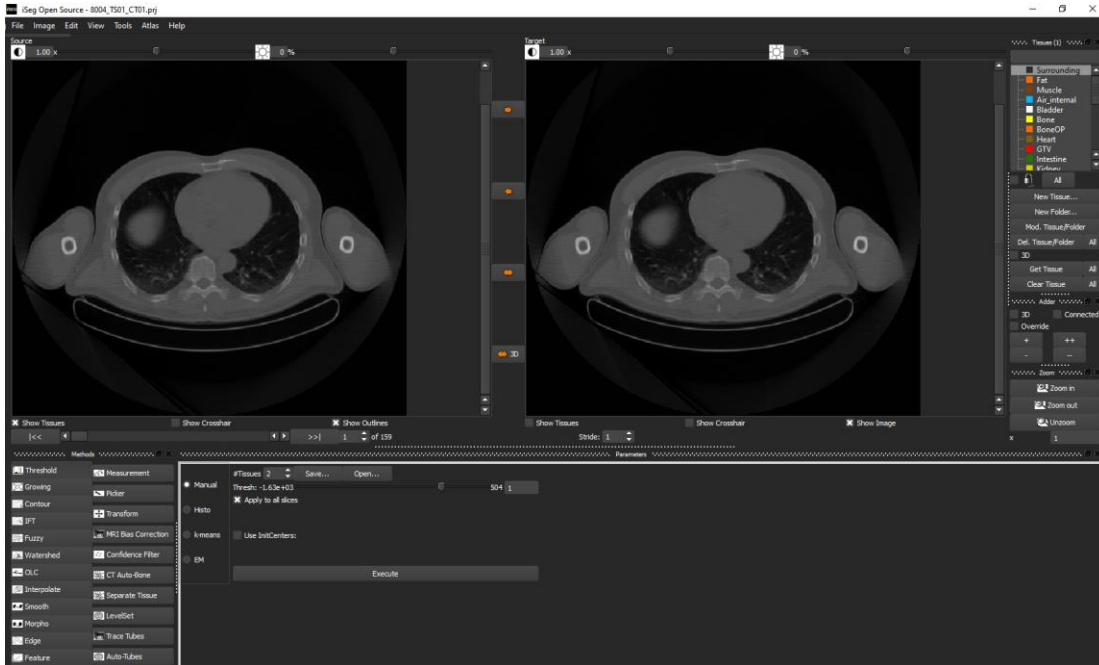
5. V „File“ zvolte „Open/Open .dcm“ a označte všechny rozbalené *.dcm soubory z „8004.zip“
6. Zakažte „Subsection“, pomocí kterého by bylo možné importovat pouze určitou definovanou část *.dcm snímků. Označte „CT weight“, zakažte „crop“ a zvolte „Muscle“, které se použije pro nastavení jasu a kontrastu tak, aby bylo na obrazovce dobře viditelné svalové tkáně. Dále se volbou tkáně volí rozsah pro segmentaci pomocí „Threshold“, použité v bodě 10 tohoto návodu.



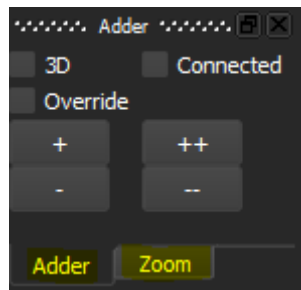
7. Zvolte „Tools/Inverse Slice Order“ tak aby na prvním snímku byl zobrazen řez hrudníkem



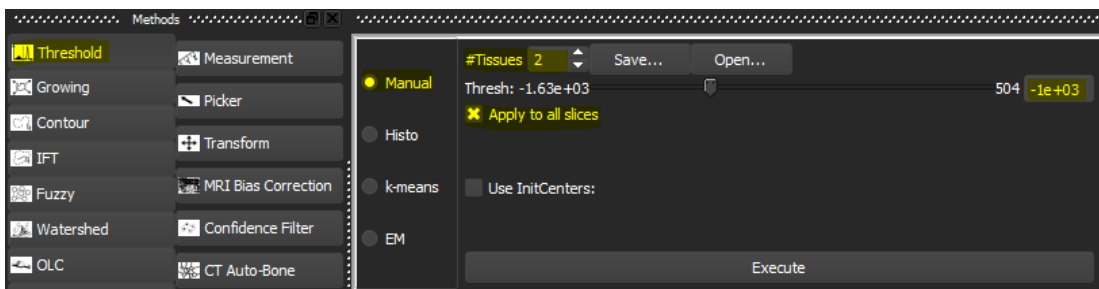
8. Uložte projekt v „File/Save Project as...“ například jako „8004_TS01_CT01.prj“
9. Můžete upravit obrazovku zavřením některých panelů nástrojů. Na uvedené obrazovce je vlevo zobrazené zdrojové CT („Source“), pod kterým je zleva možné zobrazit přes CT segmentované tkáně („Show Tissues“), pomocí „Show Crosshair“ je pak indikován řez při zobrazení v jiných rovinách, které je možné aktivovat v záložce „Image“ a „x Sliced“ nebo „y sliced“. „Show Outlines“ pak zobrazí konturu obrázku v okně „Target“ po provedení „threshold“ (viz. krok 10 tohoto návodu) operaci. V okně „Target“ se zobrazí výsledek „threshold“ operací (při zaškrtnutém „Show Image“), a dále je zde možné zobrazit nasegmentované tkáně „Show Tissues“ a „Show Crosshair“. Vpravo pak jsou panely nástrojů se seznamem tkání („Tissues“), s přiřazováním tkání („Adder“) a „Zoom“. Dole pak je panel nástrojů různých metod pro segmentaci („Methods“)



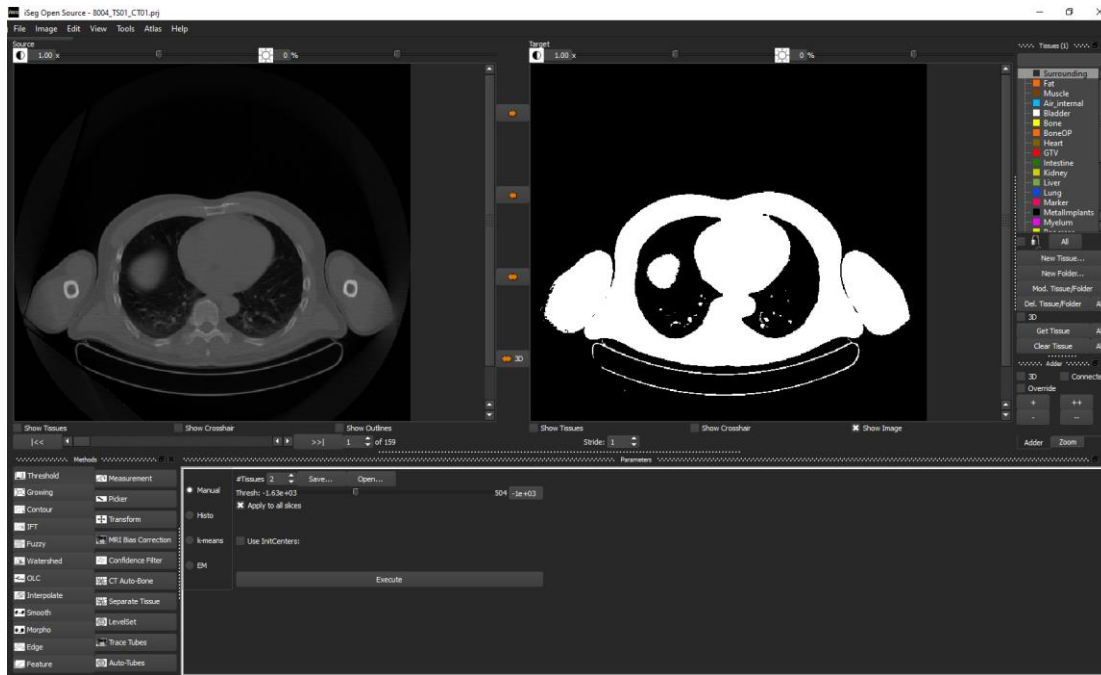
Pokud používáte laptop tak příčné rozlišení Vaší obrazovky nemusí umožňovat takovéto uspořádání, můžete jednotlivé panely nástrojů umístit jeden přes druhý (jako například „Adder“ a „Zoom“). Klikněte levým tlačítkem myši na záhlaví „Adder“ a se stále stisknutým tlačítkem tento panel nástrojů umístěte přes panel nástrojů „Zoom“.



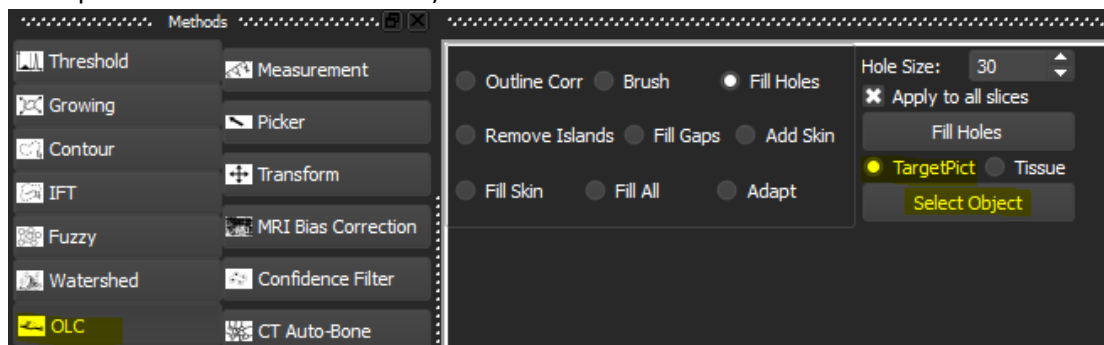
10. V panelu nástrojů „Methods“, který se nachází pod levým („Source“) oknem zvolte „Threshold“, a dále pak „Manual“. Pro dvě tkáně („#Tissues“ rovno „2“) nastavte „Thresh:“ rovno „-1000“, zaškrtně „Apply to all slices“ a zmáčkněte „Execute“



Po provedení operace byste měli vidět na Vašem PC v „Targets“ podobný černobílý obrázek uvedený dole, u kterého je černě zobrazena oblast s nižší hodnotou intenzity obrazu než zvolená hodnota „Threshold“ - 1000 a bíle pak oblast s vyšší hodnotou signálu.

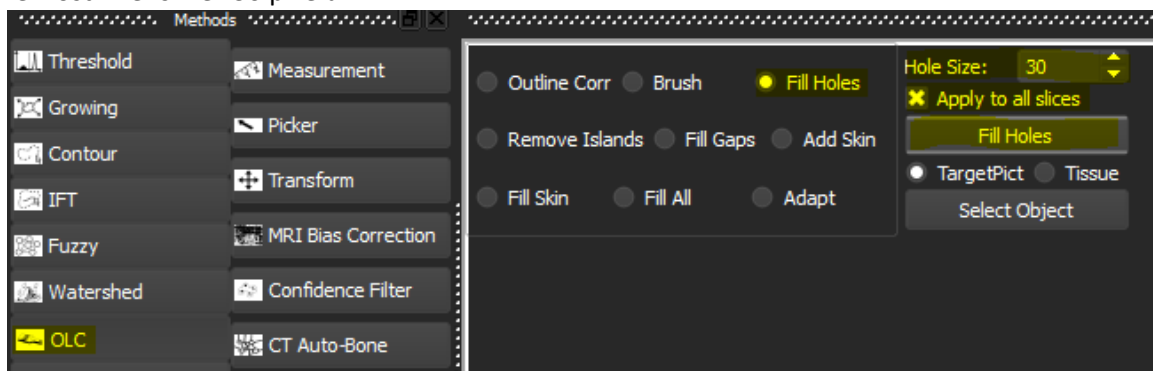


11. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „OLC“, a dále pak zaškrtněte „TargetPict“, zmáčkněte „Select Object“ a v okně „Target“ klikněte kdekoli na bílou plochu obrázku (tímto se budou prováděné operace aplikovat na bílou část obrázku).

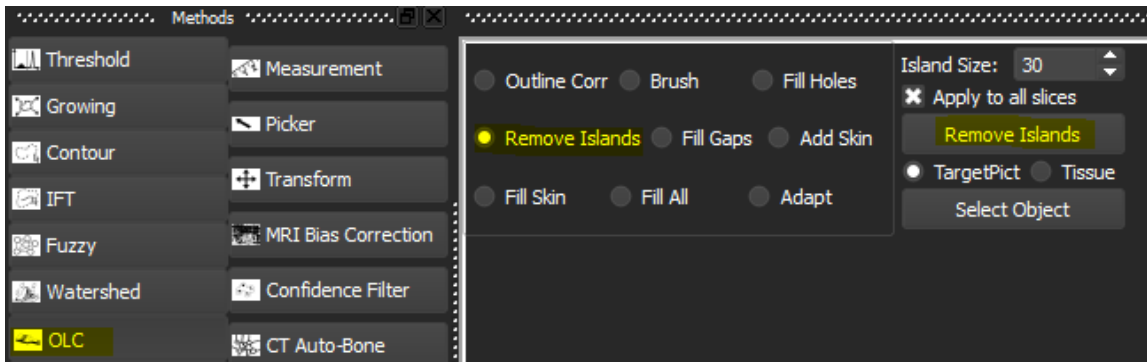




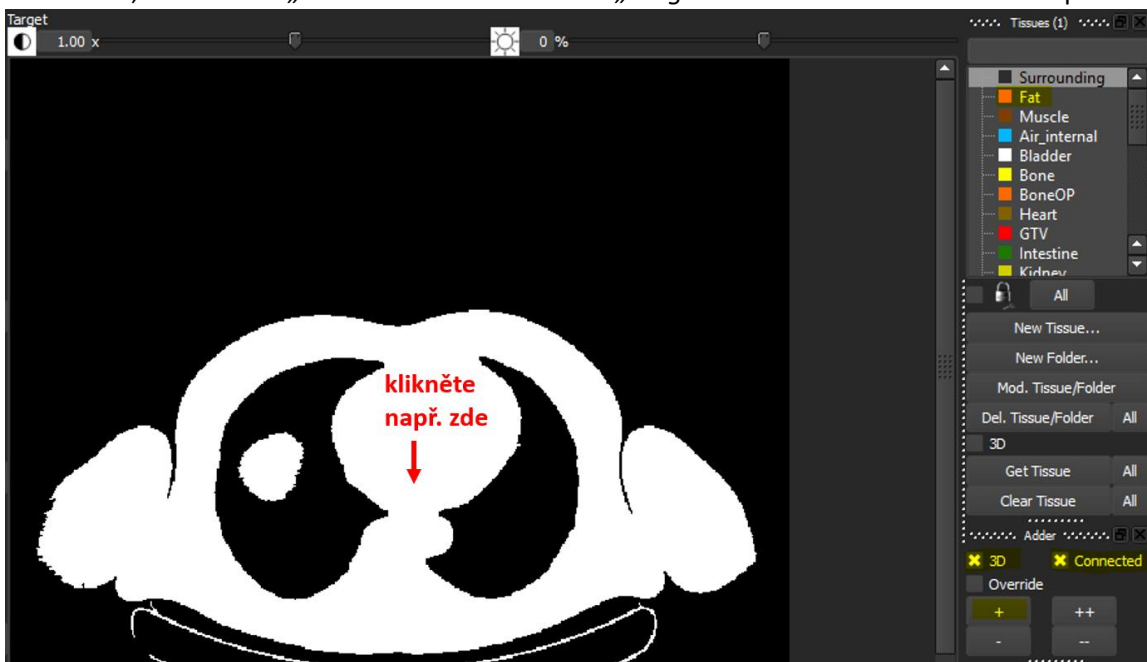
12. V „OLC“ dále zvolte „Fill Holes“, zvolte „Hole Size“ rovno „30“, zaškrtněte „Apply to all slices“ a zmáčkněte tlačítko „Fill Holes“. Touto operací vyplníme černá místa uzavřená uvnitř bílé plochy s velikostí menší než 30 pixelů.



13. Následně v „OLC“ zvolte „Remove Islands“ a zmáčkněte tlačítko „Remove Islands“. Touto operací odstraníme bílé plochy s velikostí menší než 30 pixelů. Obě tyto operace provádíme s ohledem na zanedbání menších struktur z důvodu rychlejšího generování výsledných 3D modelů v simulátoru elektromagnetického pole Sim4Life, a dále pak z důvodu menší velikosti generovaných Sim4Life souborů. Hodnota 30 pixelů byla zvolena subjektivně v závislosti na zkušenostech a může být modifikována na libovolnou hodnotu, případně tyto dva kroky mohou být přeskočeny.



14. V panelu nástrojů „Tissues“ klikněte na „Fat“ a v panelu nástrojů „Adder“ pak zaškrtněte políčka „3D“, „Connected“, klikněte na „+“ znak a následně v okně „Target“ na některé místo uvnitř těla pacienta.

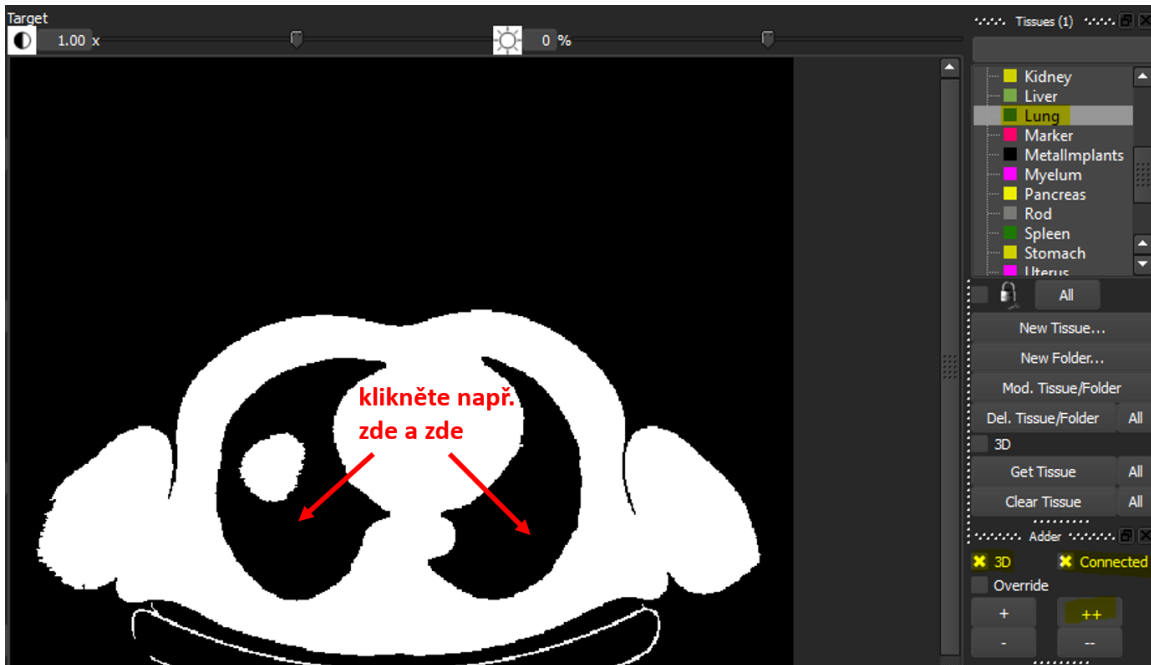


V panelu nástrojů „Adder“ volbou „3D“ dosáhneme přiřazení tuku ve 3D, zaškrtnuté políčko „Connected“ zajistí přiřazení pouze bílých oblastí, které mají kontakt s místem, na které jsme v okně „Target“ klikli. V kombinaci s „3D“ se tato kontrola provede na všech aktivních snímcích – je tedy možné, že např. při označení oblasti levé nohy, dojde k označení i pravé přes pánevní oblast. Bez zaškrtnutého „Connected“ by došlo k přiřazení všech bílých pixelů v 3D tuku. „Override“ se používá při přepisu již přiřazené oblasti snímku jako např. v bodě 16 tohoto návodu. Tlačítko „+“ je aktivní pro jedno přiřazení (klik) zatímco „++“ umožňuje několikanásobné přiřazení – pozor na jeho následné vypnutí kliknutím na „++“. Pokud by bylo aktivní, může dojít k nechtěnému přiřazení v některém kroku jako např. při manuálních korekcích a nebo při výběru provedeného v bodě 11 tohoto návodu.

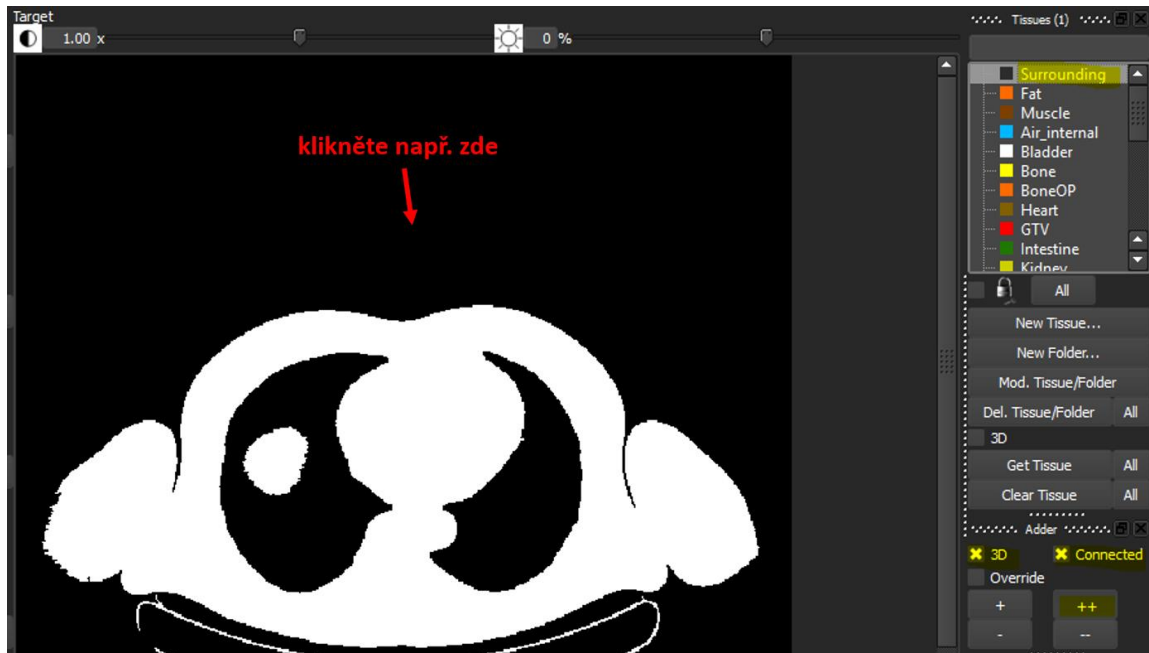
15. Po zobrazení tkání „Show Tissues“ v okně „Source“ byste měli obdržet podobný obrázek.



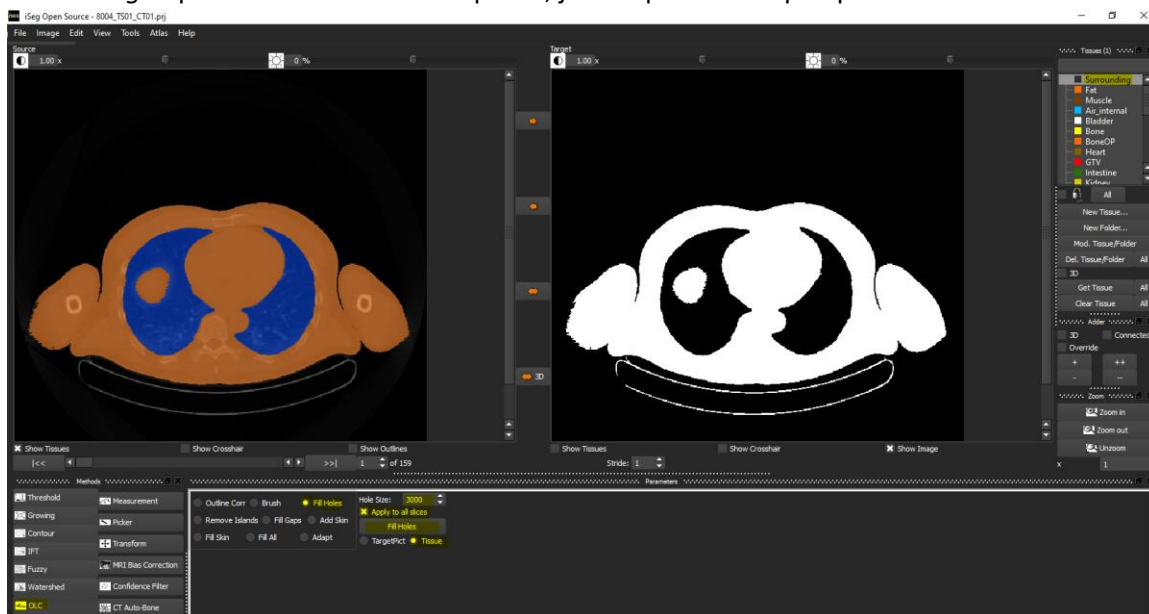
16. V „Tissues“ zvolte „Lung“, v „Adder“ ponechte nastavení z předcházejícího kroku a zmáčkněte „++“ a klikněte na levou a pravou plíci zvlášť.



17. Dále v „Tissues“ zvolte „Surrounding“ a klikněte na černé pozadí kolem pacienta, deaktivujte přiřazení opětovným kliknutím na „++“.

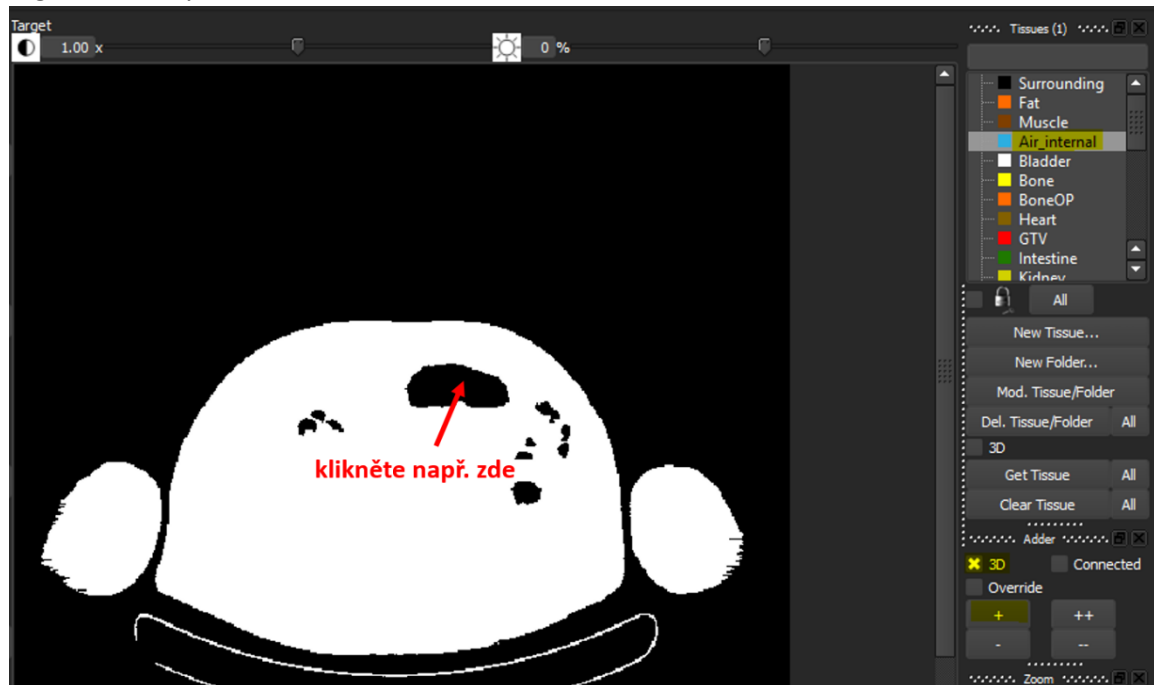


18. V „OLC“ dále zvolte „Fill Holes“, zvolte „Hole Size“ rovno „3000“, zaškrtněte „Apply to all slices“, zaškrtněte „Tissue“, zkontrolujte že je v panelu nástrojů „Tissues (1)“ stále vybrané „Surrounding“) a zmáčkněte tlačítko „Fill Holes“. Tímto jsme odstranily všechny oblasti již přiřazených tkání uvnitř „Surrounding“ s plochou menší než 3000 pixelů, jako například stůl pod pacientem.



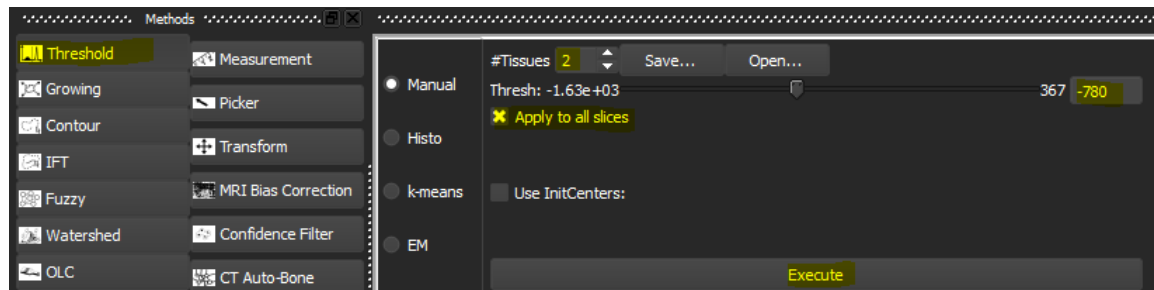
19. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ vyberte „Air_internal“, v „Adder“ zaškrtněte pouze „3D“, klikněte na „+“ a na některém snímku, například 22, klikněte na černou plochu uvnitř pacienta. Tímto přiřadíme všem zbývajícím černým pixelům, které nebyly označeny za „Surrounding“ vzduch („Air_internal“). Každý pixel by tak měl být přiřazen k některé tkáni, což je důležité při rekonstrukci modelu v Sim4Life,

kde by nepřizášené pixely byly vyplněny například deionizovanou vodou v hypertermickém plánování regionální léčby.

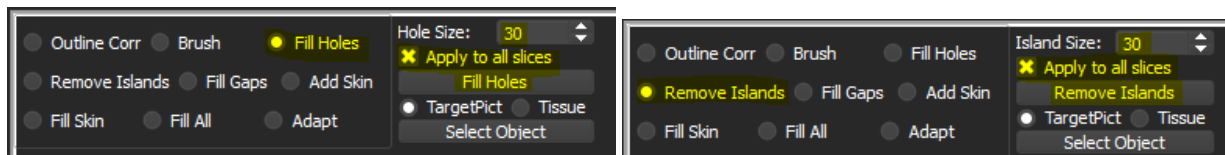


20. Projekt uložíme.

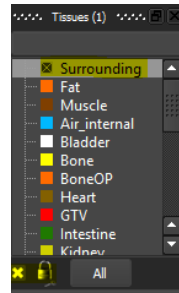
21. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „Threshold“ a dále pak „Manual“. Pro dvě tkáně („#Tissues“ rovno „2“) nastavte „Thresh:“ rovno „-780“, zaškrtně „Apply to all slices“ a zmáčkněte „Execute“



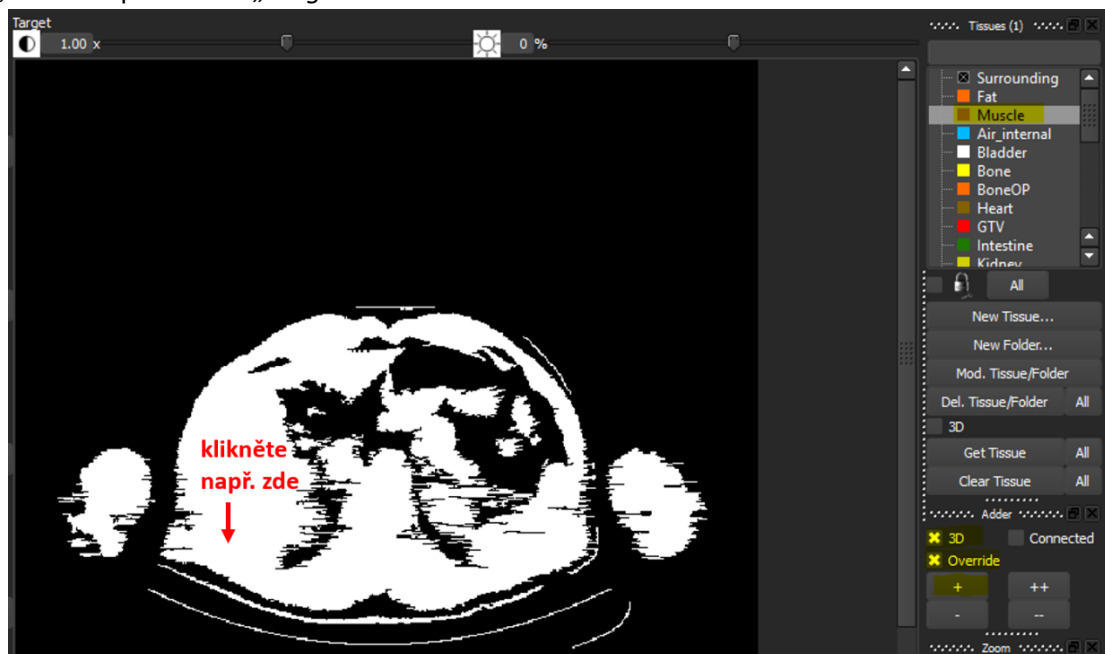
22. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „OLC“ a dále zvolte „Fill Holes“, „Hole Size“ rovno „30“, zaškrtněte „Apply to all slices“ a zmáčkněte tlačítko „Fill Holes“. Následně v „OLC“ zvolte „Remove Islands“ a zmáčkněte tlačítko „Remove Islands“.



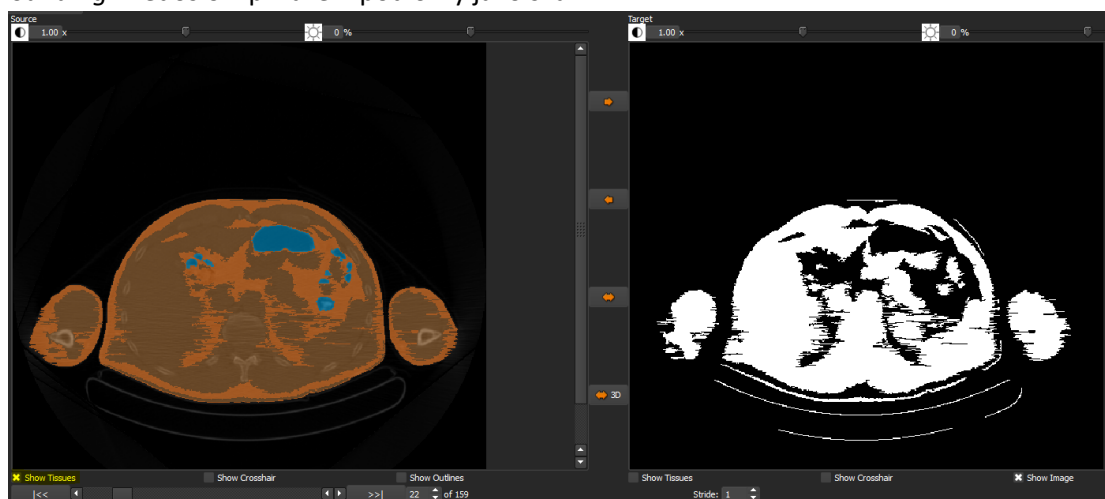
23. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Surrounding“ a zamkněte tuto tkáň zaškrtnutím znaku zámku pod seznamem tkání. Po provedení operace se zobrazí kříž přes „Surrounding“.



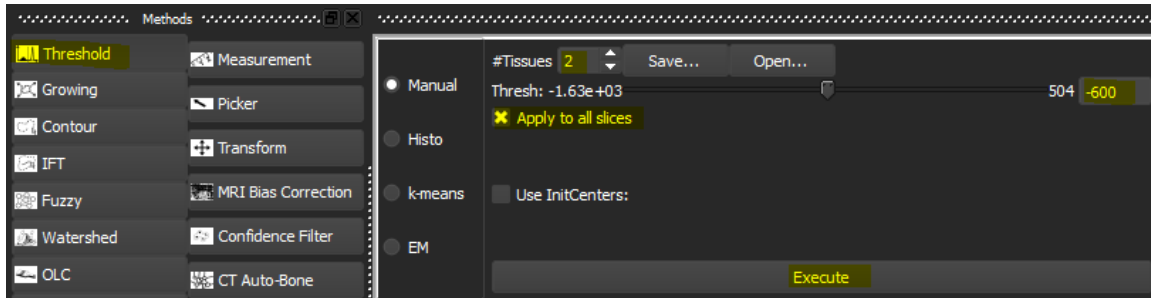
24. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Muscle“ a pak v „Adder“ zaškrtněte „3D“, „Override“, klikněte na „+“ a dále pak v okně „Target“ na libovolnou svalovou tkáň.



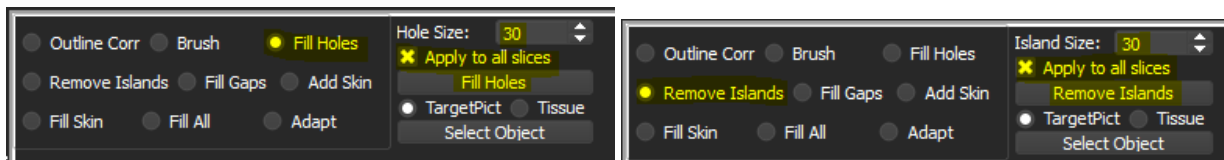
25. Po zobrazení tkání „Show Tissues“ v okně „Source“ byste měli obdržet podobný obrázek. Zamknutím „Surrounding“ nedošlo k přiřazení podložky jako sval.



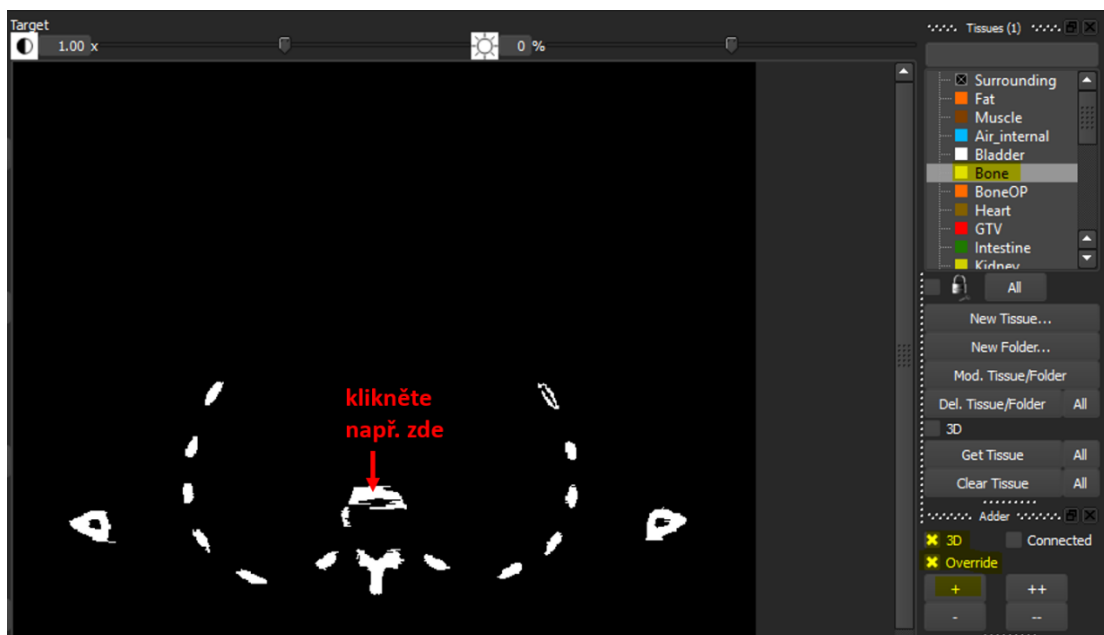
26. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „Threshold“ a dále pak „Manual“. Pro dvě tkáně („#Tissues“ rovno „2“) nastavte „Thresh:“ rovno „-600“, zaškrtně „Apply to all slices“ a zmáčkněte „Execute“



27. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „OLC“ a dále zvolte „Fill Holes“, zvolte „Hole Size“ rovno „30“, zaškrtněte „Apply to all slices“ a zmáčkněte tlačítko „Fill Holes“. Následně v „OLC“ zvolte „Remove Islands“ a zmáčkněte tlačítko „Remove Islands“. Tento krok je shodný s krokem 22 a je doporučen vždy po aplikaci „Threshold“.

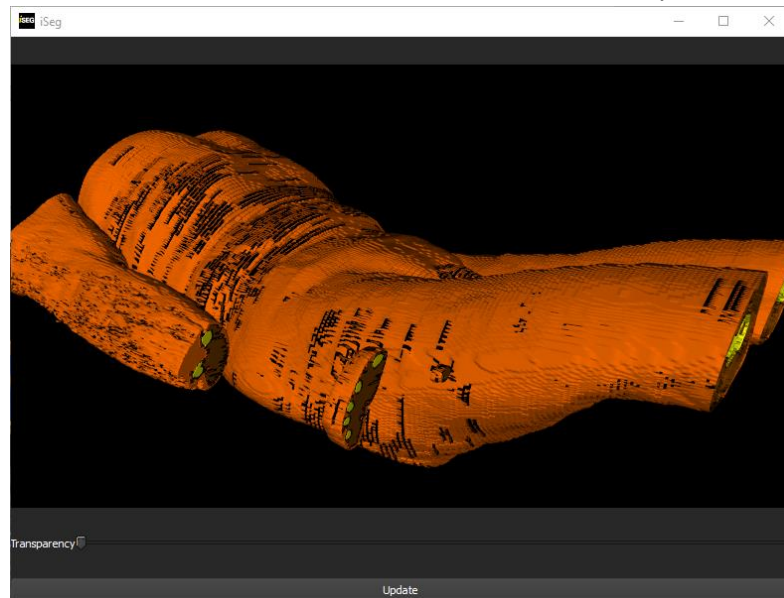


28. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Bone“, a pak v „Adder“ zaškrtněte „3D“, „Override“, klikněte na „+“, a dále pak v okně „Target“ na libovolnou oblast kostí (příklad je uveden pro snímek 22).

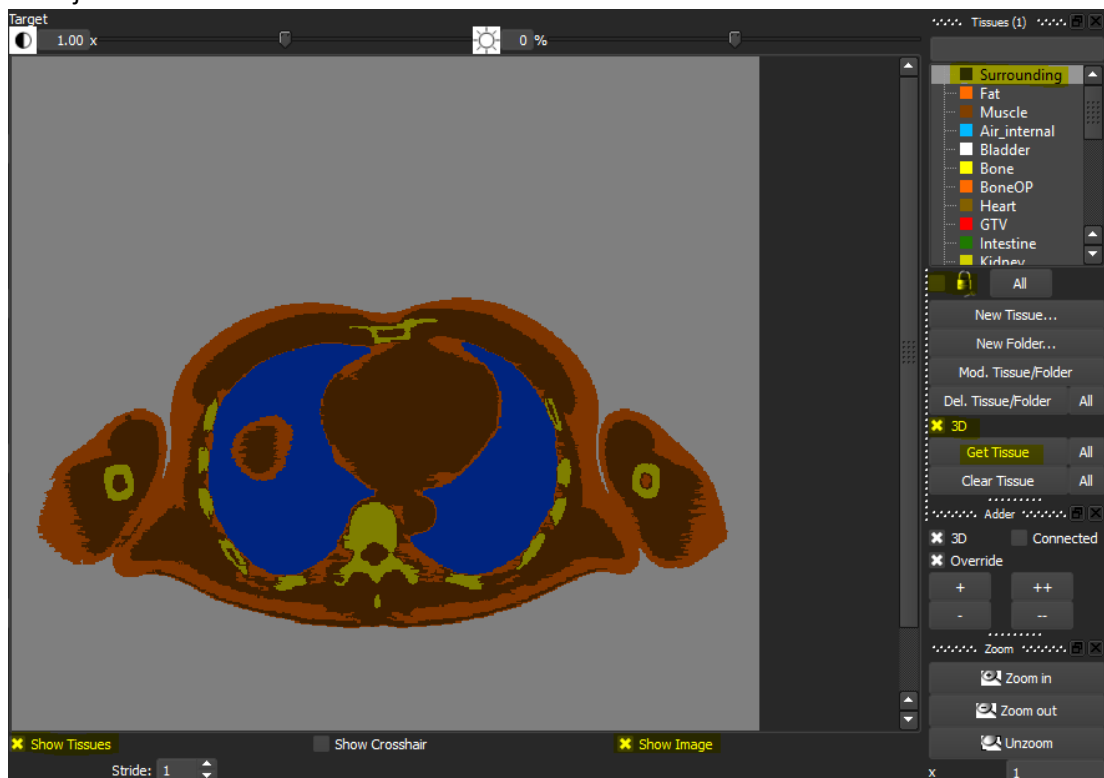


29. Uložte projekt.

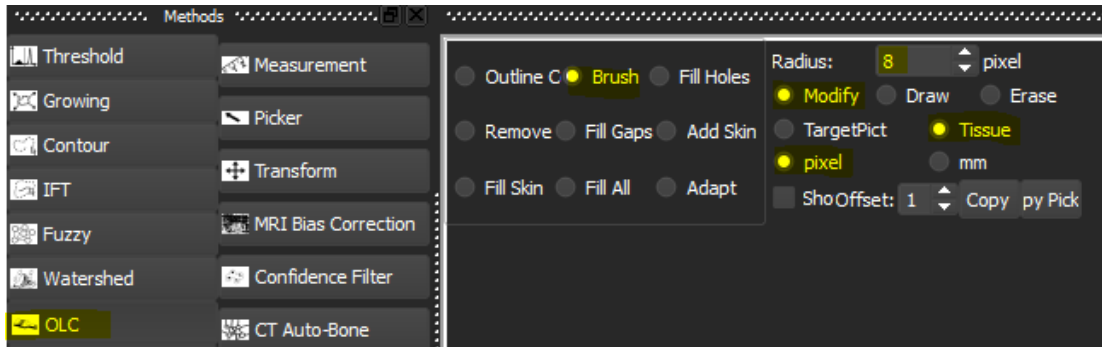
30. Prozatímní výsledek segmentace v 3D je možné zobrazit v menu „Image“ a dále pak volbou „Tissue surface view“. Otevření nového okna může chvíli trvat v závislosti na výkonnosti Vašeho PC.



31. Z důvodu umístění pánevní oblasti uvnitř hypertermického regionálního systému, je potřeba manuálně smazat ruce dotýkající se těla v oblasti boku. Pod oknem „Target“ zaškrtněte „Show Tissues“ a „Show Image“ a v panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Surrounding“ a odemkněte ho. Dále pak zaškrtněte políčko „3D“ a zmáčkněte „Get Tissue“. Bíle se zobrazí prostor, který byl již přiřazen „Surrounding“. Toto je provedeno pro snazší vizualizaci při manuálním kreslení „Surrounding“ v následujícím kroku.



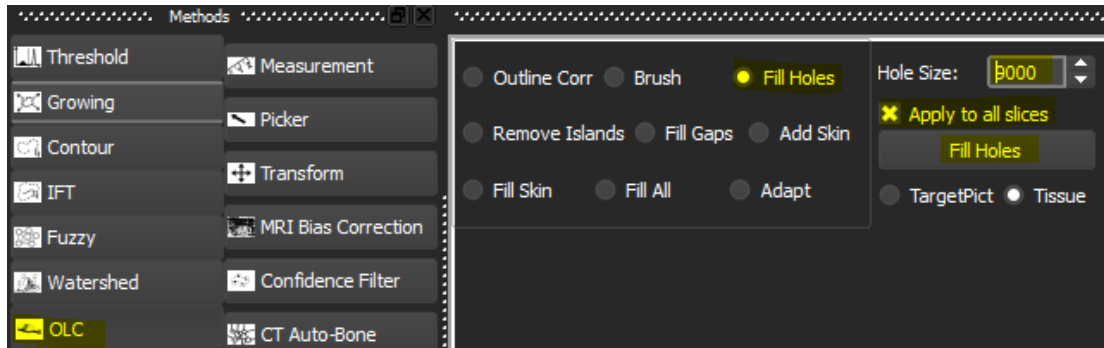
32. V panelu nástrojů „Methods“, zvolte „OLC“ a dále zvolte „Brush“, „Modify“, „Tissue“, „pixels“ a v „Radius“ vyplňte „8“. Případně je možné použít i menší nebo větší radius, což zaleží na osobních preferencích.



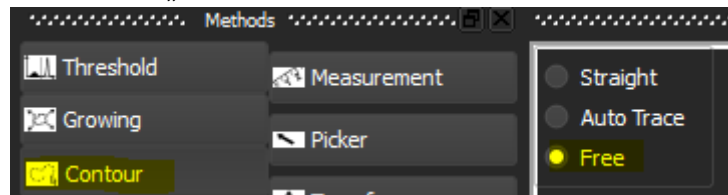
33. Pro snímek 92, zespodu pod levou rukou klikneme levým tlačítkem myši a pohybem okopírujeme konturu pacienta. Pro lepší manipulaci je dobré si CT snímek zvětšit v panelu nástrojů „Zoom“. S pomocí „Modify“ lze modifikovat tkáň s ohledem na směr pohybu, tj. pokud bychom chtěli kreslit sval přes pozadí, najeli bychom myši na sval, stiskli levé tlačítko myši a pak pohybem směrem k „Surrounding“ bychom překreslovali pouze tuto tkáň (tuk, kost by zůstali bez změny). Samozřejmě je i možné použít funkce „Draw“ a „Erase“ přítomné vedle „Modify“. Uvedené manuální korekce je možné provádět i v okně „Source“. Není potřeba překreslovat celou část ruky, ale pouze „ji oddělit“, tak aby bylo možné použít funkci „Fill Holes“ jako v bodě 18 tohoto návodu. U těchto manuálních korekcí je dále dobré se přesvědčit o vypnutí „++“ tlačítka v panelu nástrojů „Adder“.



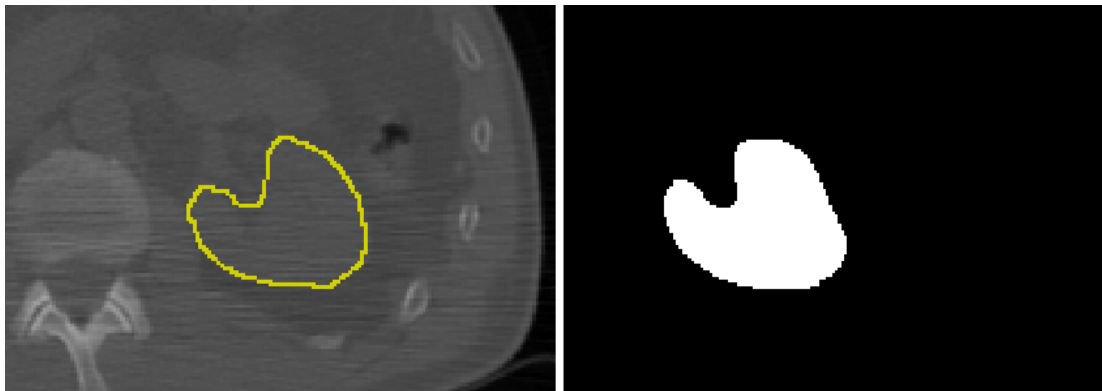
34. Tuto proceduru následně aplikujeme na všechny snímky na kterých jsou ruce v kontaktu s tělem a to jak pro levou tak pravou ruku. Mezi snímky je možné se pohybovat s použitím kláves „Page Up“ a „Page Down“. Projekt průběžně ukládejte.
35. V „OLC“ zvolte „Fill Holes“, zvolte „Hole Size“ rovno „9000“, zaškrtněte „Apply to all slices“, zaškrtněte „Tissue“, zkontrolujte že je v panelu nástrojů „Tissues (1)“ stále vybrané „Surrounding“) a zmáčkněte tlačítko „Fill Holes“.



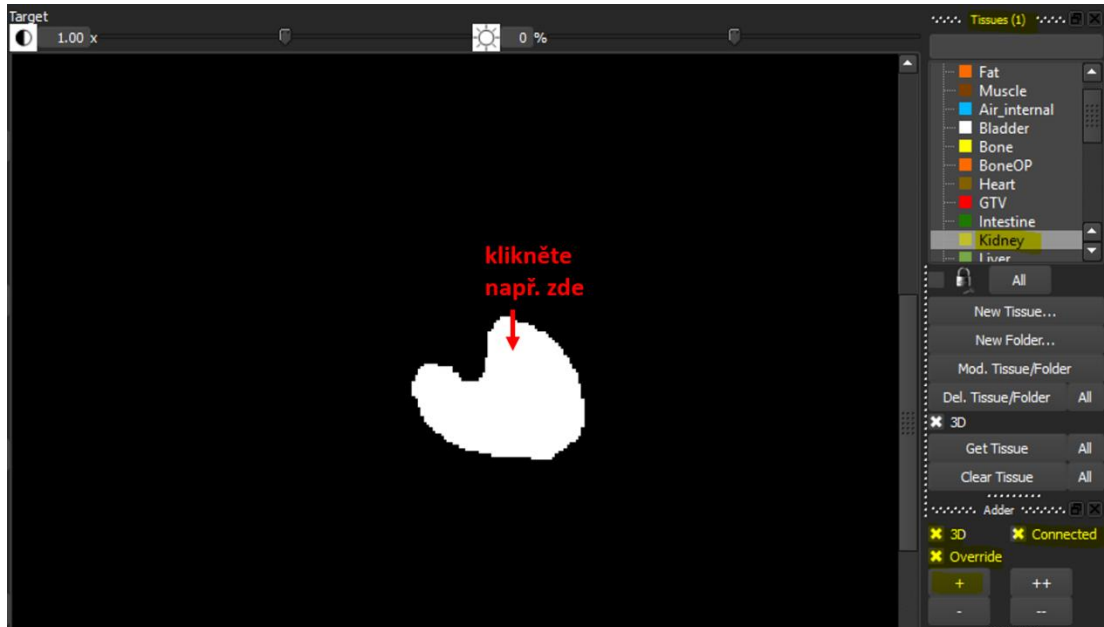
36. Body 34 a 35 zopakujeme pro horní část rukou na snímcích 1-8.
37. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Surrounding“ a dále pak zaškrtněte políčko „3D“ a zmáčkněte „Get Tissue“ (krok je zobrazen na obrázku k bodu 31 tohoto návodu).
38. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Kidney“, dále pak v panelu nástrojů „Methods“ zvolte „Contour“ a zaškrtněte možnost „Free“.



39. V panelu nástrojů „Zoom“ zmáčkněte „Zoom In“ a pro snímek 30 posuňte kurzor myši k okraji levé ledviny. Se stisknutým levým tlačítkem myši obkreslete konturu ledviny. V okně „Targets“ by se měl zobrazit výsledek operace „Contour“. Následně takto postupujte pro všechny snímky na kterých je ledvina přítomna.



40. V panelu nástrojů „Tissues (1)“ zvolte „Kidney“, zaškrtněte „3D“, „Connected“, „Override“, aktivujte funkci „+“ a klikněte na bílou oblast v okně „Target“



41. Pomocí kroků 38-40 přiřadte i pravou ledvinu a dále pak močový měchýř a játra.

42. Výsledný 3D model by měl vypadat následovně.

