

# Využití umělé inteligence v dg LC současný stav a perspektivy



Lukáš Lambert

Radiodiagnostická klinika VFN a 1. LF UK

- Skiografie
- Výpočetní tomografie
- Scintigrafie, PET
- Bronchoskopie

## • Tvorba obrazu

- Detekce anatomie, nastavení expozice
- Odstranění šumu
- Rekonstrukce obrazu

## • Detekce patologie

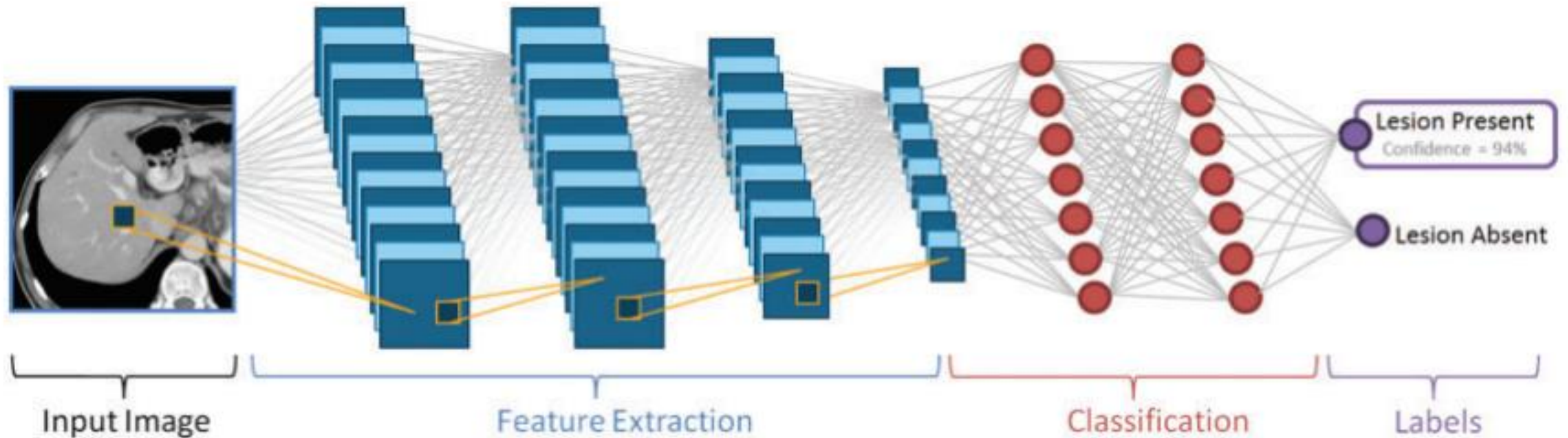
- Difúzní
- Ložisková

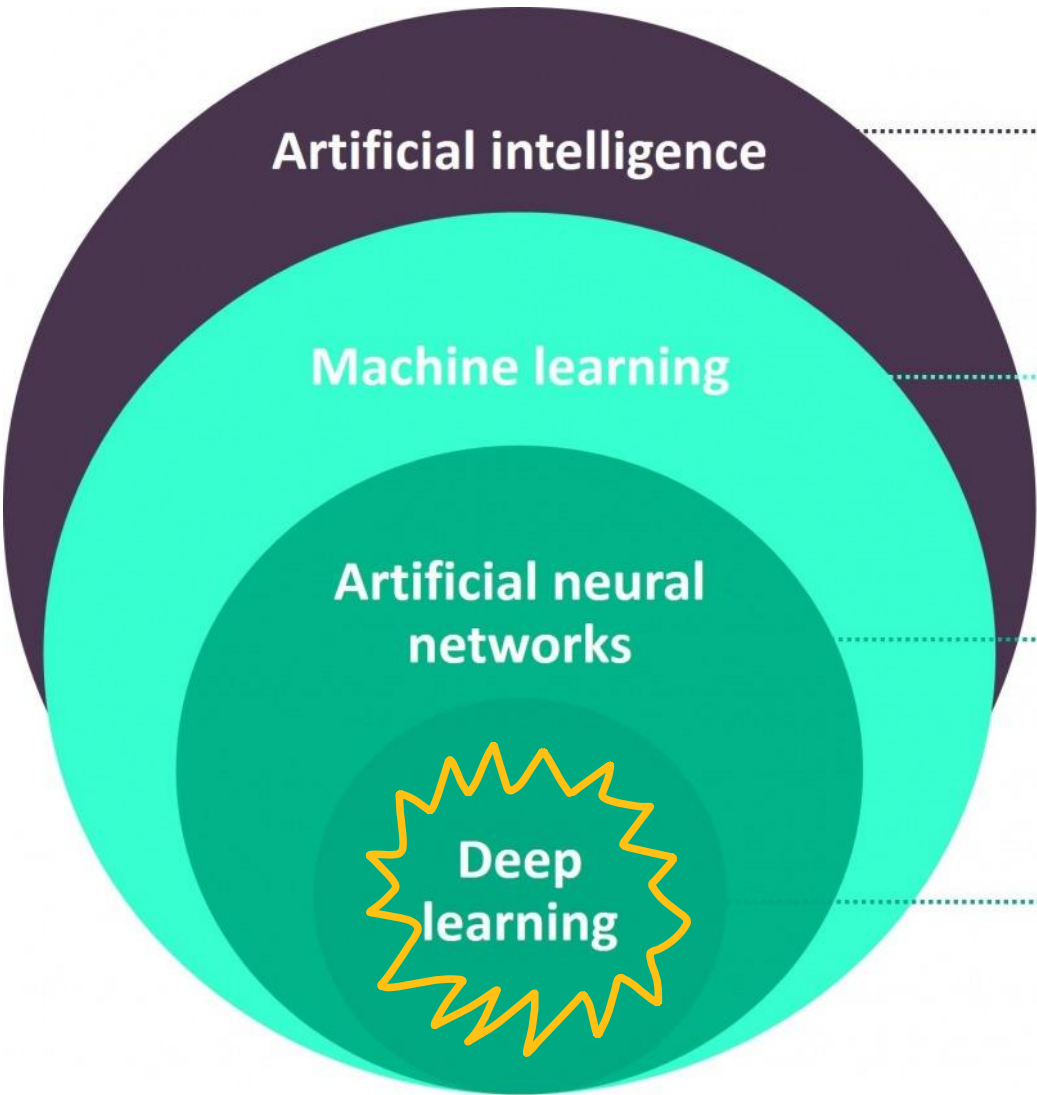
## • Segmentace

- Velikost, srovnání

## • Klasifikace

- Nádor nebo benigní





**Artificial intelligence**

**Artificial intelligence (AI)**

Any techniques that enable machines to solve a task in a way like humans do

**Machine learning**

**Machine learning (ML)**

Algorithms that allow computers to learn from examples without being explicitly programmed

**Artificial neural networks**

**Artificial neural networks (ANN)**

Brain-inspired machine learning models

**Deep learning**

**Deep learning (DL)**

A subset of ML which uses deep artificial neural networks as models and automatically builds a hierarchy of data representations





## **Artificial intelligence (AI)**

Any techniques that enable machines to solve a task in a way like humans do

## **Machine learning (ML)**

Algorithms that allow computers to learn from examples without being explicitly programmed

## **Artificial neural networks (ANN)**

Brain-inspired machine learning models

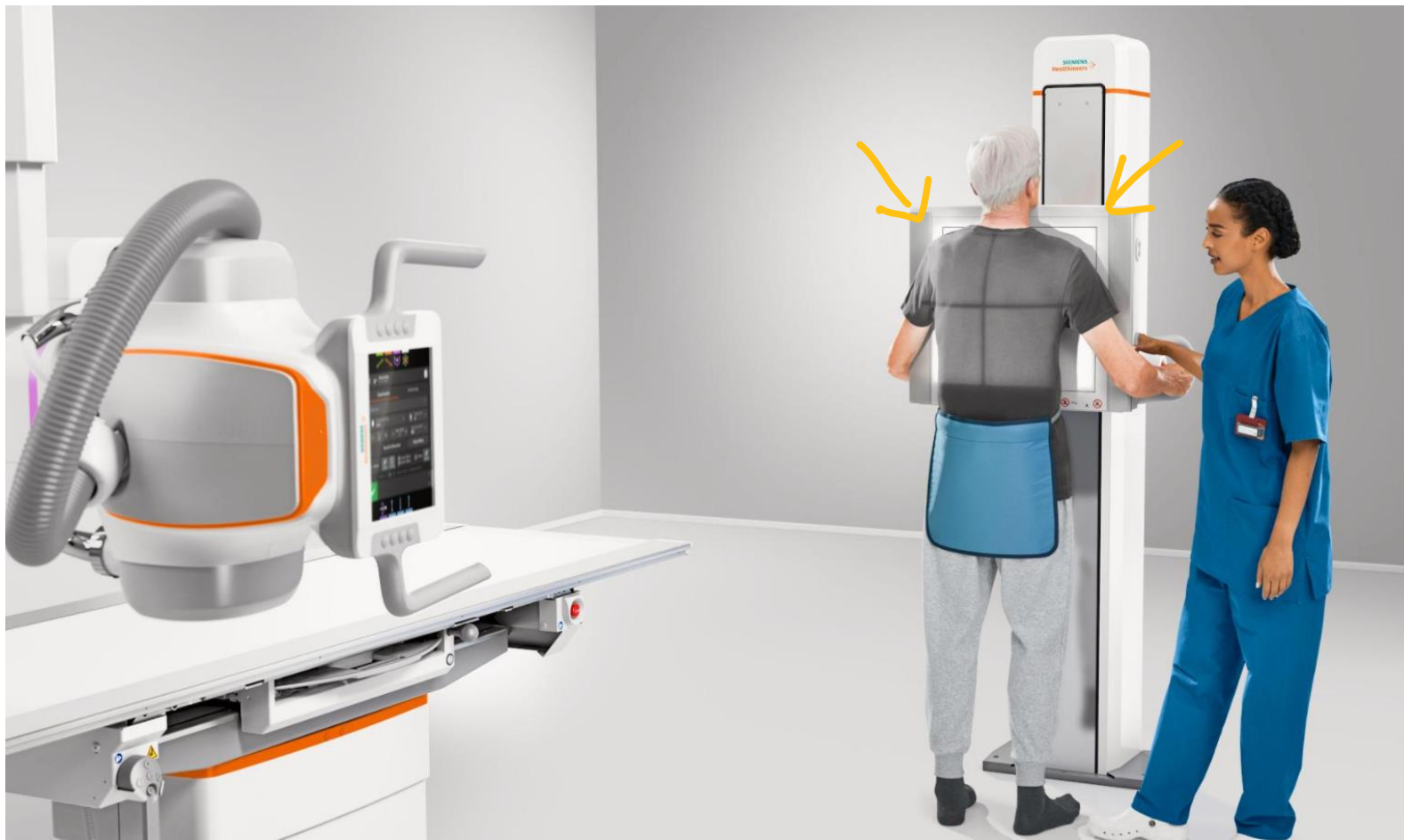
## **Deep learning (DL)**

A subset of ML which uses deep artificial neural networks as models and automatically builds a hierarchy of data representations

# Aplikace v zobrazování plic

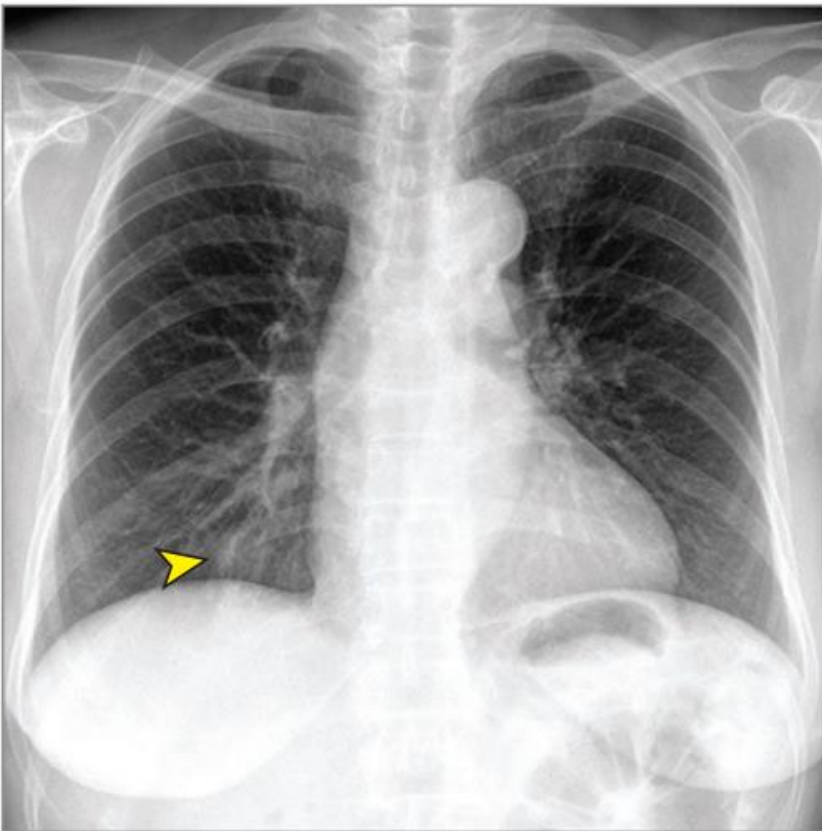
# Skiagrafie hrudníku

- Automatická kolimace RTG snímku hrudníku
- 3D kamera

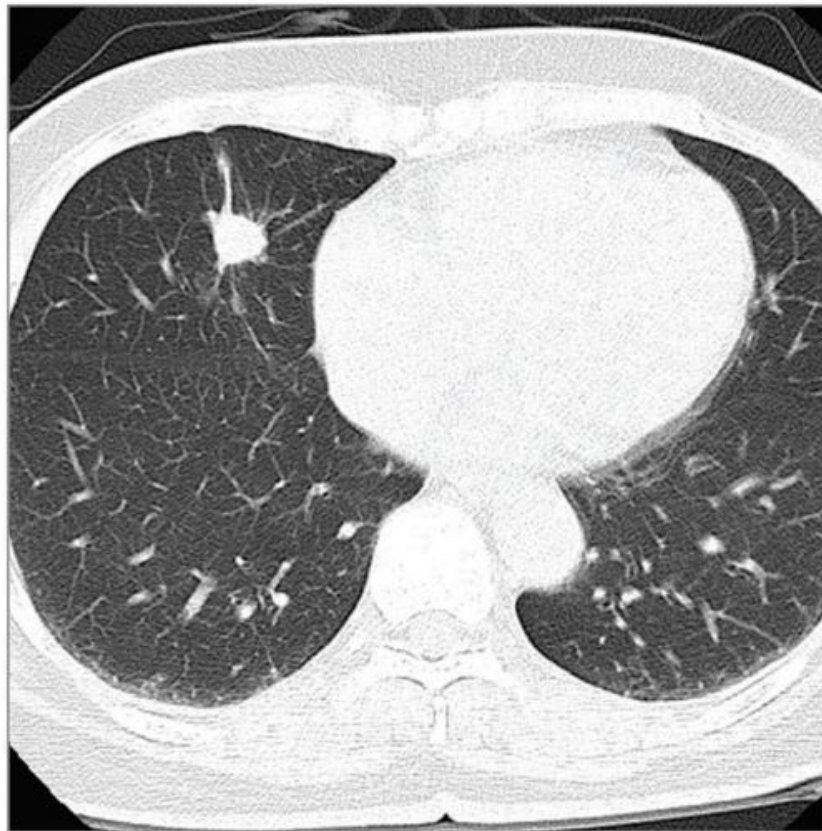




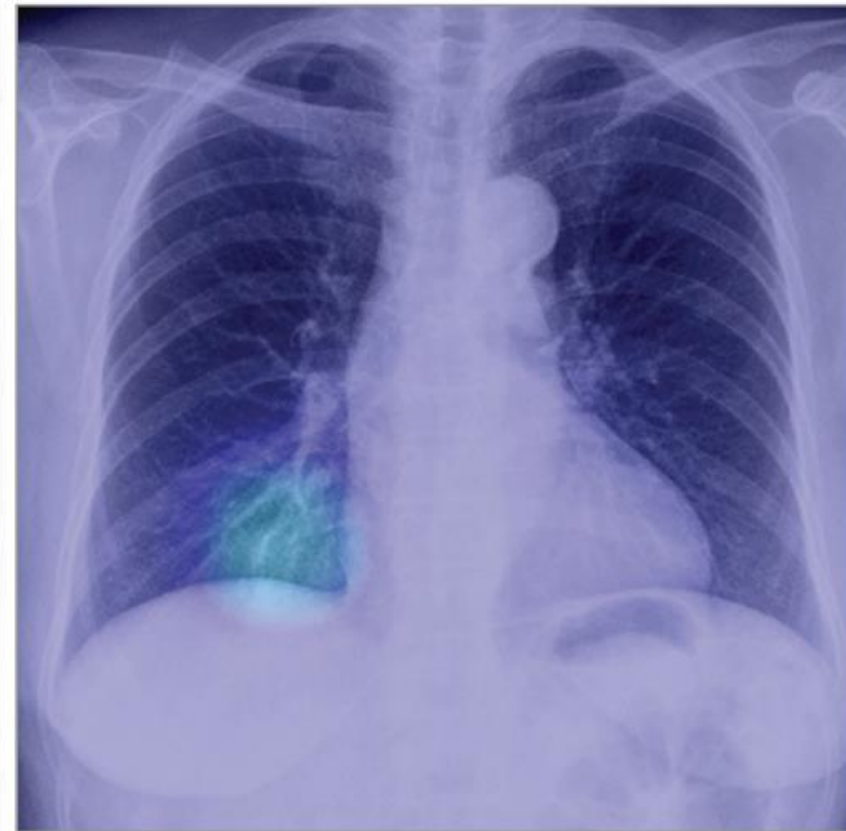
**A** CR with malignant neoplasm



**B** CT with malignant neoplasm



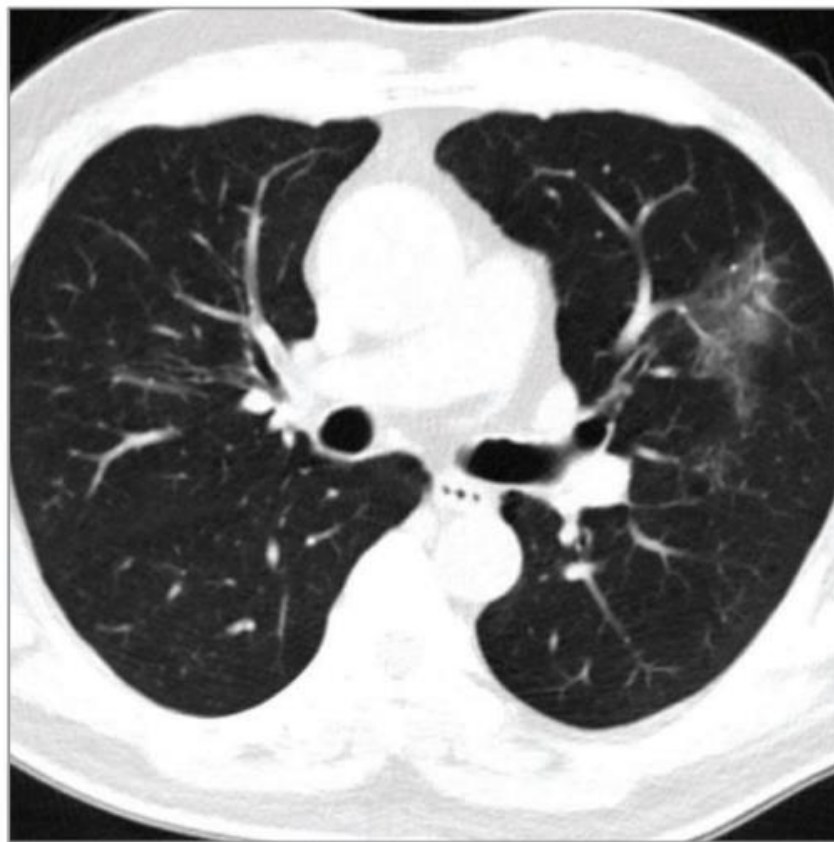
**C** Malignant neoplasm identified by DLAD



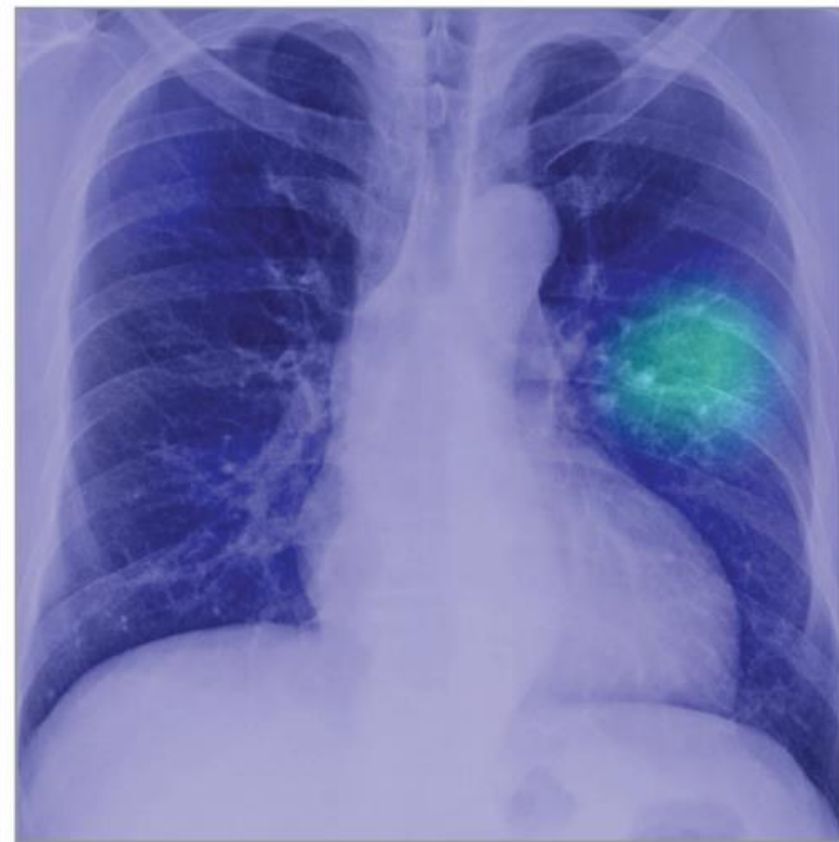
**A** CR with pneumonia



**B** CT with pneumonia



**C** Pneumonia identified by DLAD





Original CR



Probability map  
Pulmonary malignancy



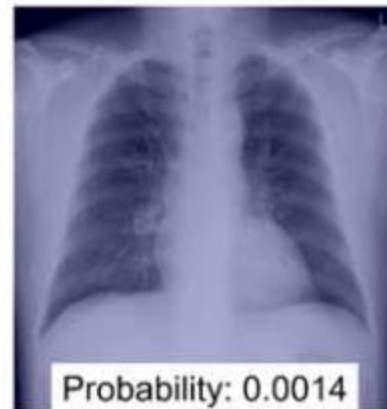
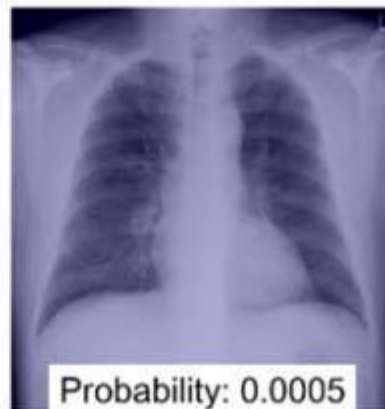
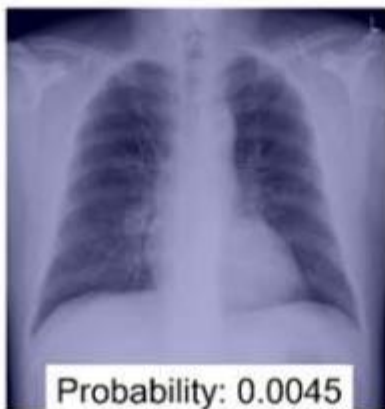
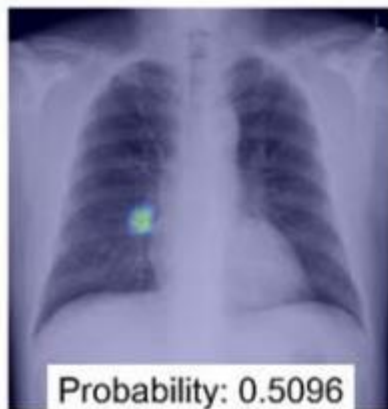
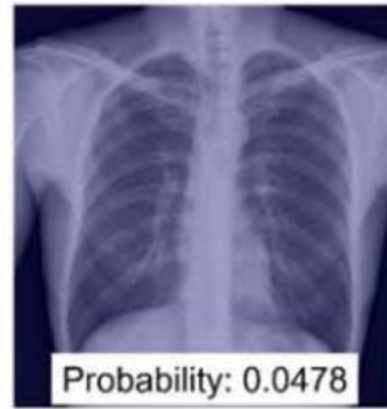
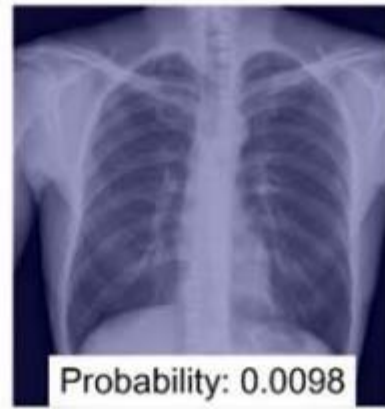
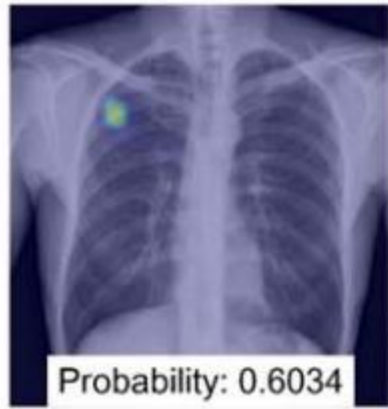
Probability map  
Active tuberculosis



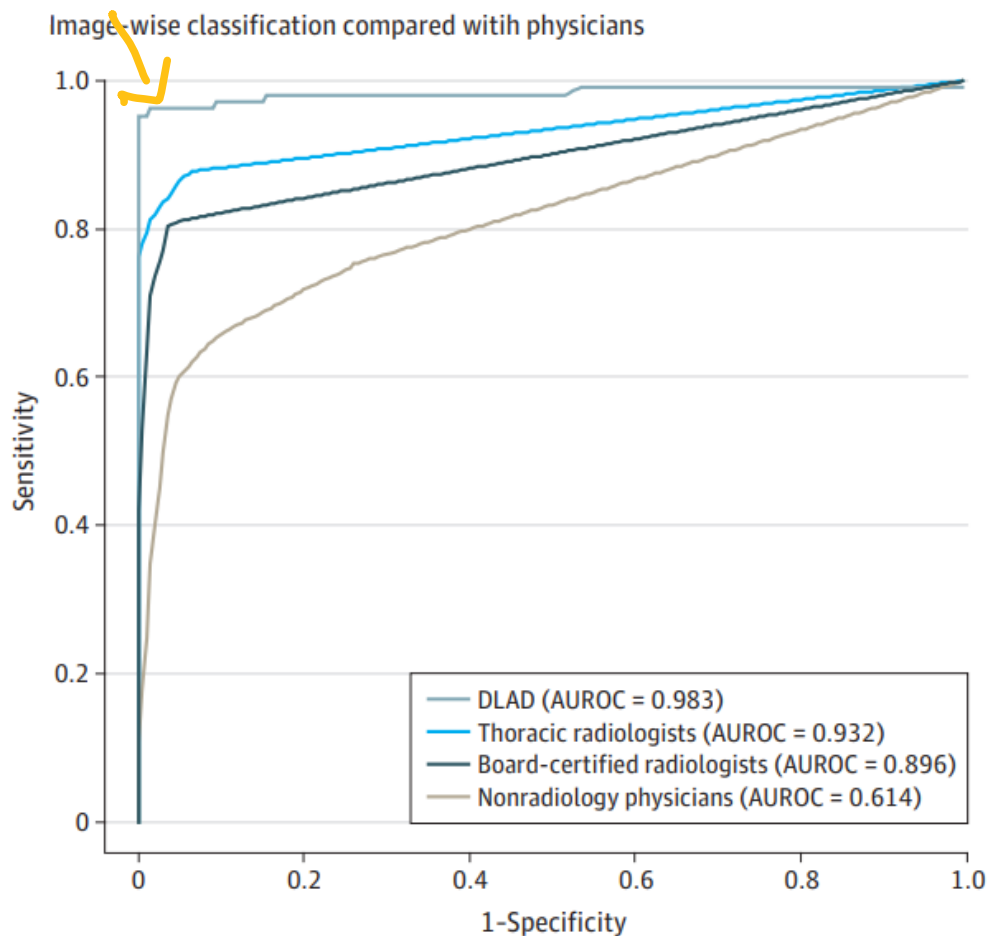
Probability map  
Pneumonia



Probability map  
Pneumothorax



# Skiagrafie hrudníku – hodnocení čtyř patologií



- 90 000 anotovaných RTG snímků
  - Malignita
  - Aktivní TBC
  - Pneumonie
  - Pneumothorax
  - Normální

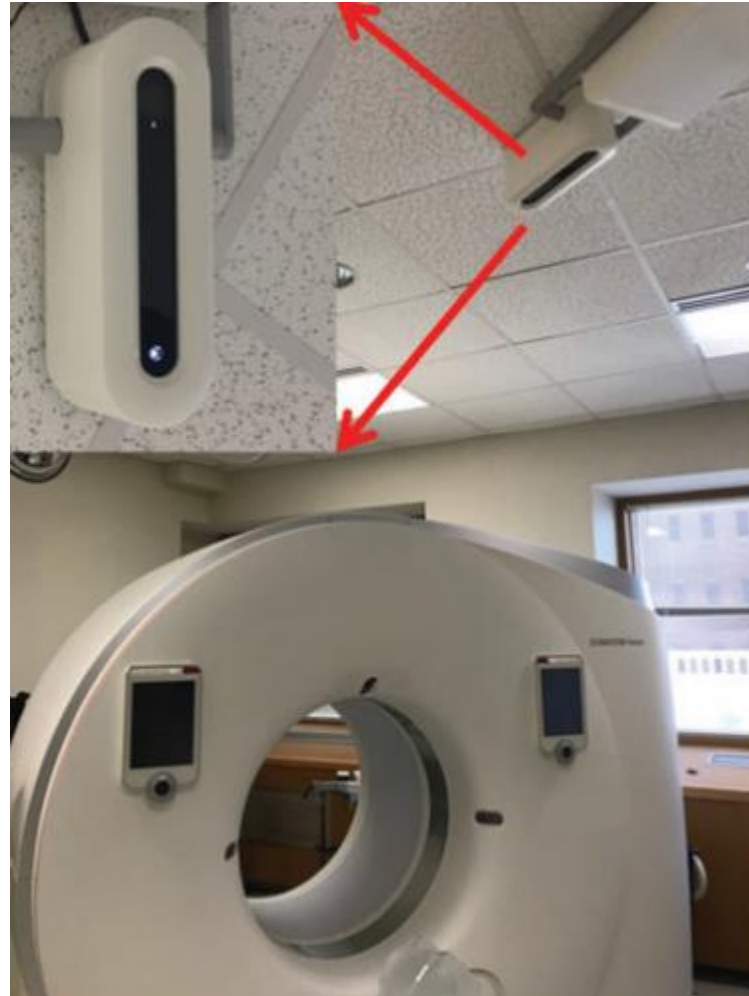


CT

- Plánování a akvizice
- Rekonstrukce
- Prezentace
- Segmentace
- Kvantifikace

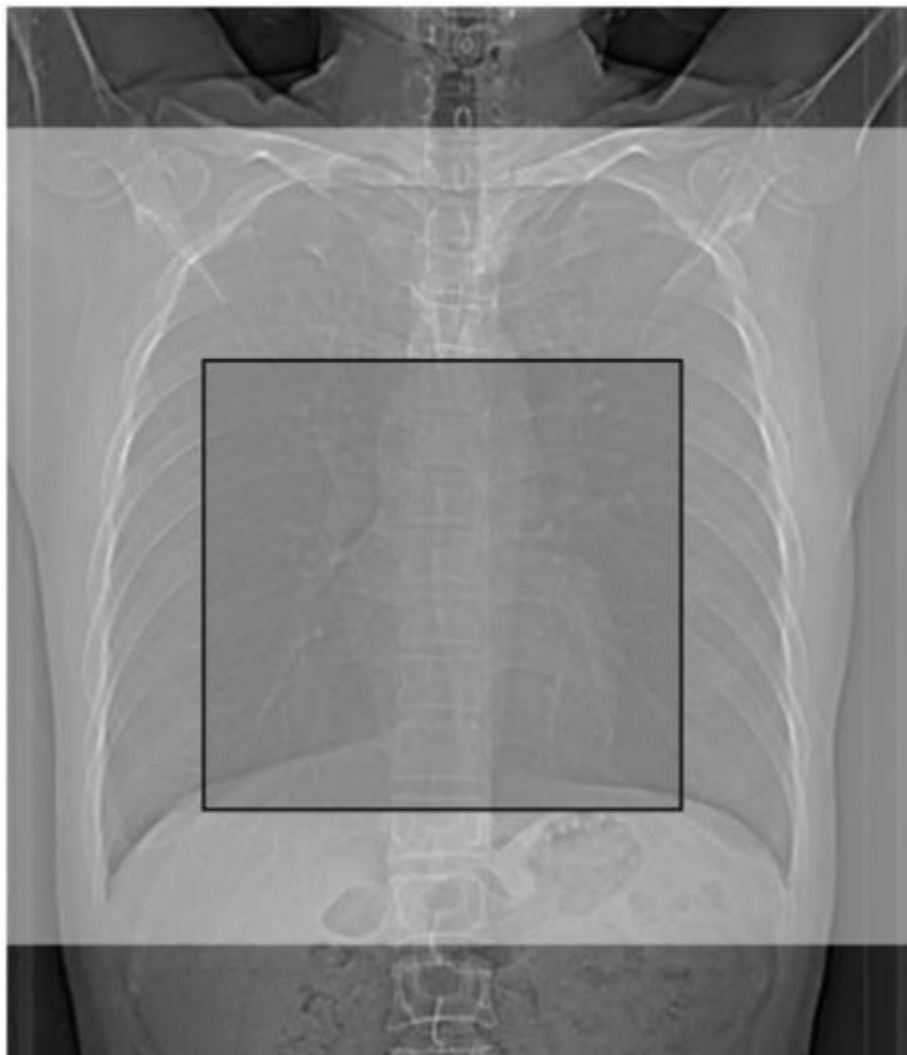
# CT vyšetření - polohování vyšetřovacího stolu

- 3D kamera

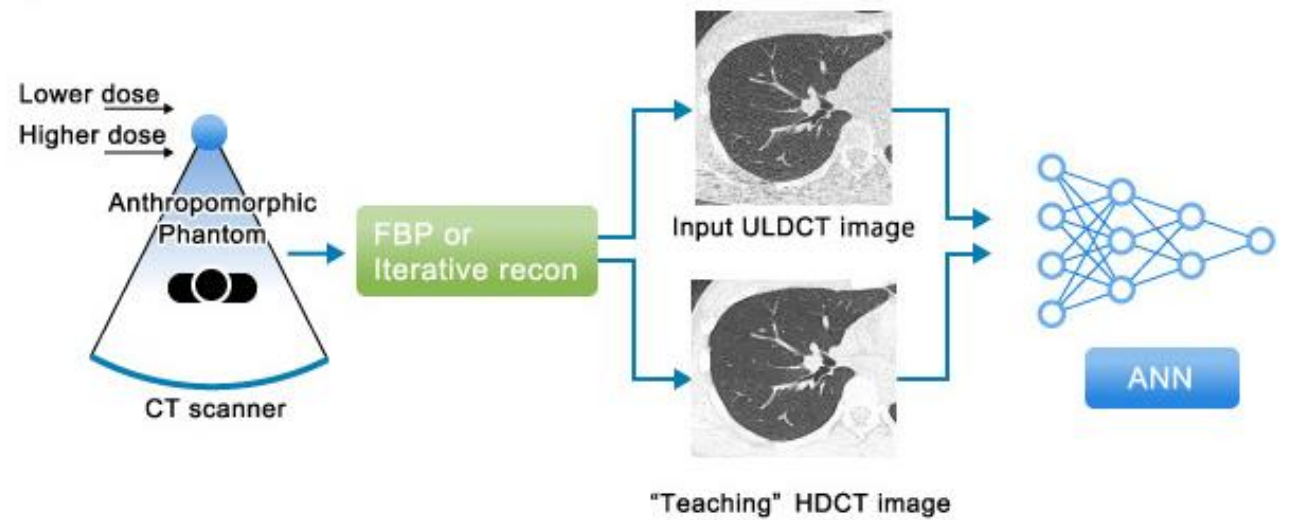
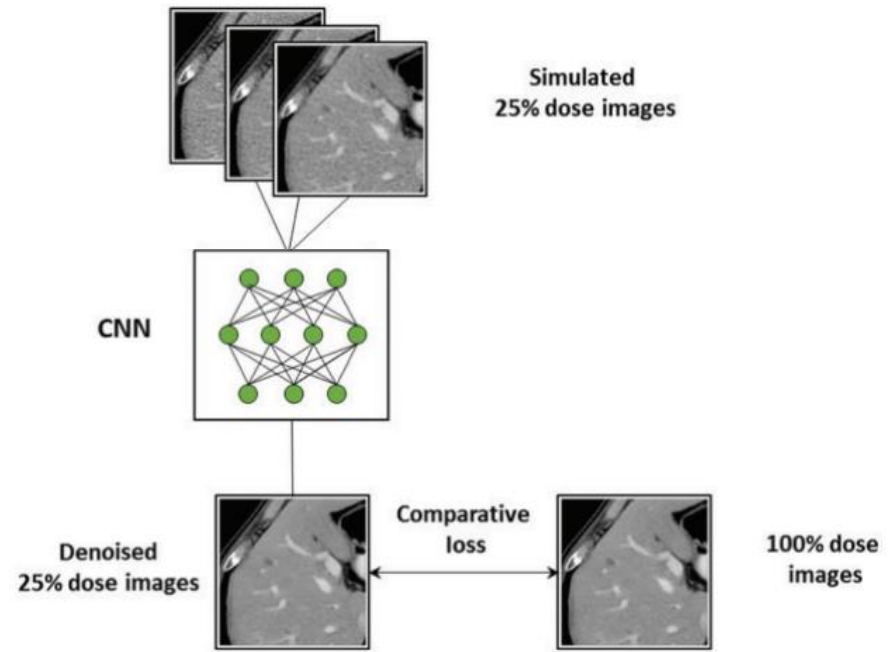




# Automatický lokalizér

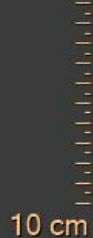


# AI-based rekonstrukce





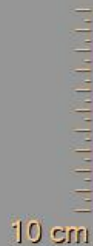
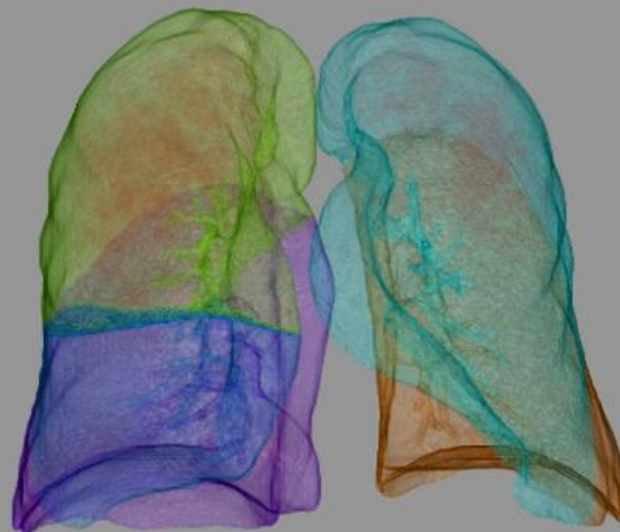
# Segmentace dle rekonstrukčního algoritmu



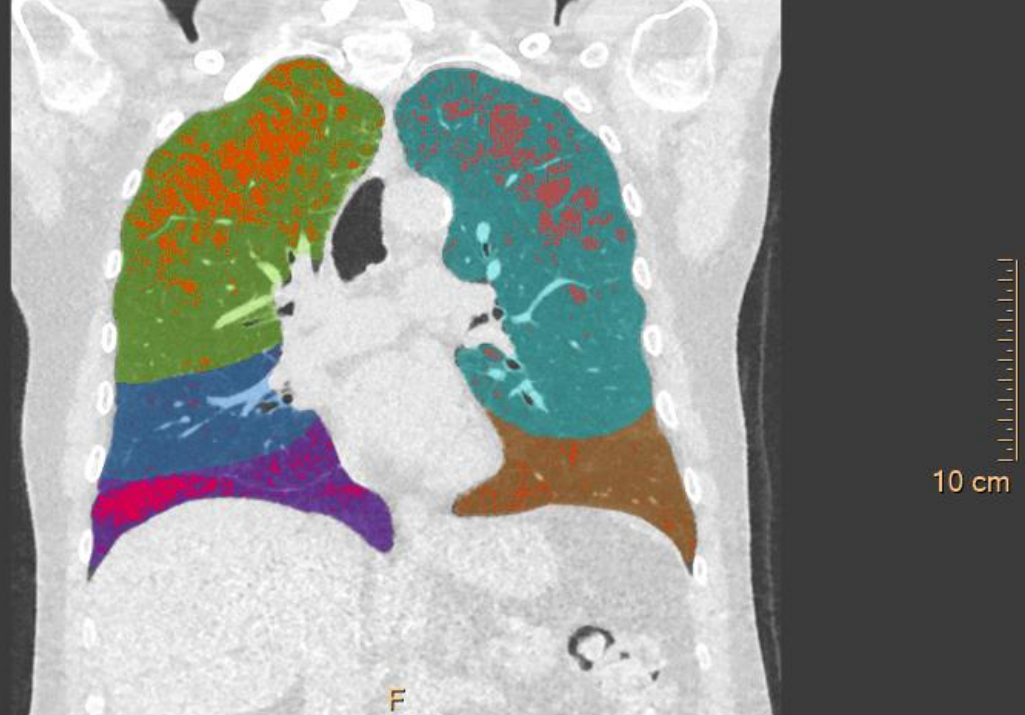
IR  
(Admire)

Volumetric Measurements

		Volumetric Measurements		
		LA Volume (cc) Threshold = -950 HU	Total Volume (cc)	LA Volume Ratio(%) Threshold = -950 HU
Both Lungs	■	797.5	6766.3	11.8
Right Lung	■	528.6	3756.1	14.1
Right Upper Lobe (RUL)	■	374.9	1689.6	22.2
Right Middle Lobe (RML)	■	68.9	682.9	10.1
Right Lower Lobe (RLL)	■	84.8	1383.6	6.1
Left Lung	■	268.9	3010.2	8.9
Left Upper Lobe (LUL)	■	222.1	1807.6	12.3
Left Lower Lobe (LLL)	■	46.8	1202.6	3.9



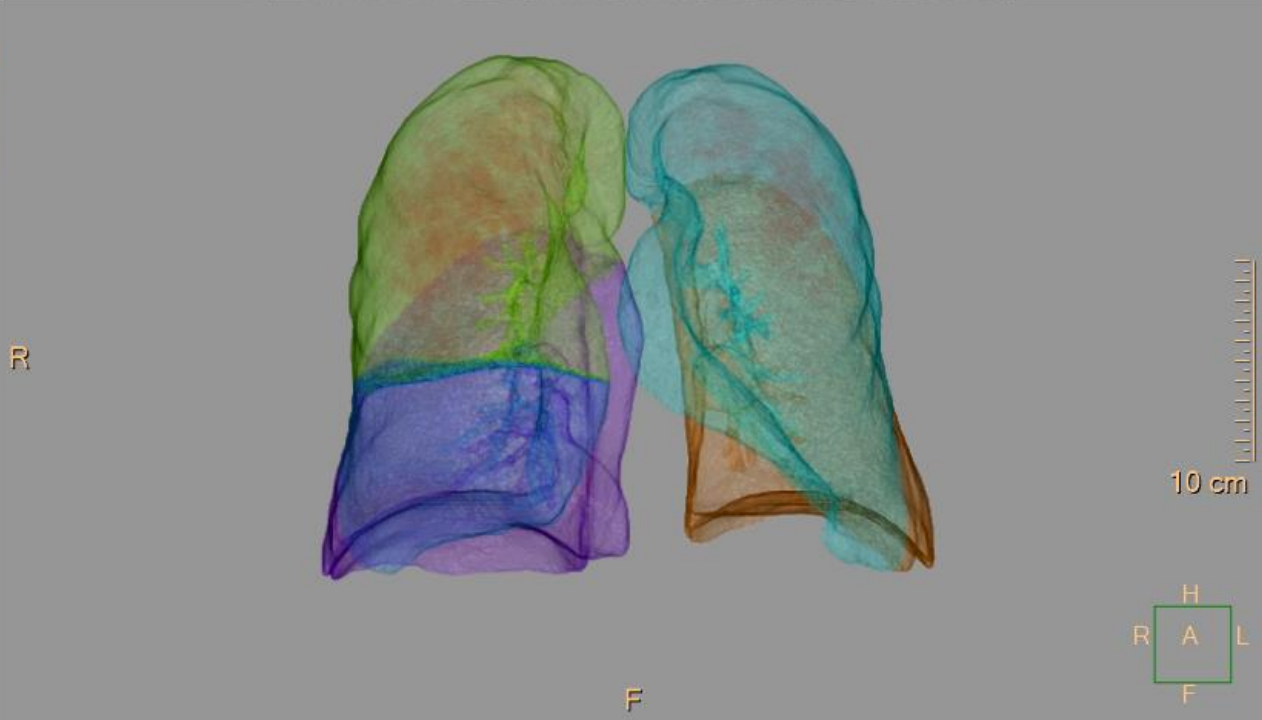
# Segmentace dle rekonstrukčního algoritmu



Hodně IR  
(Admire)

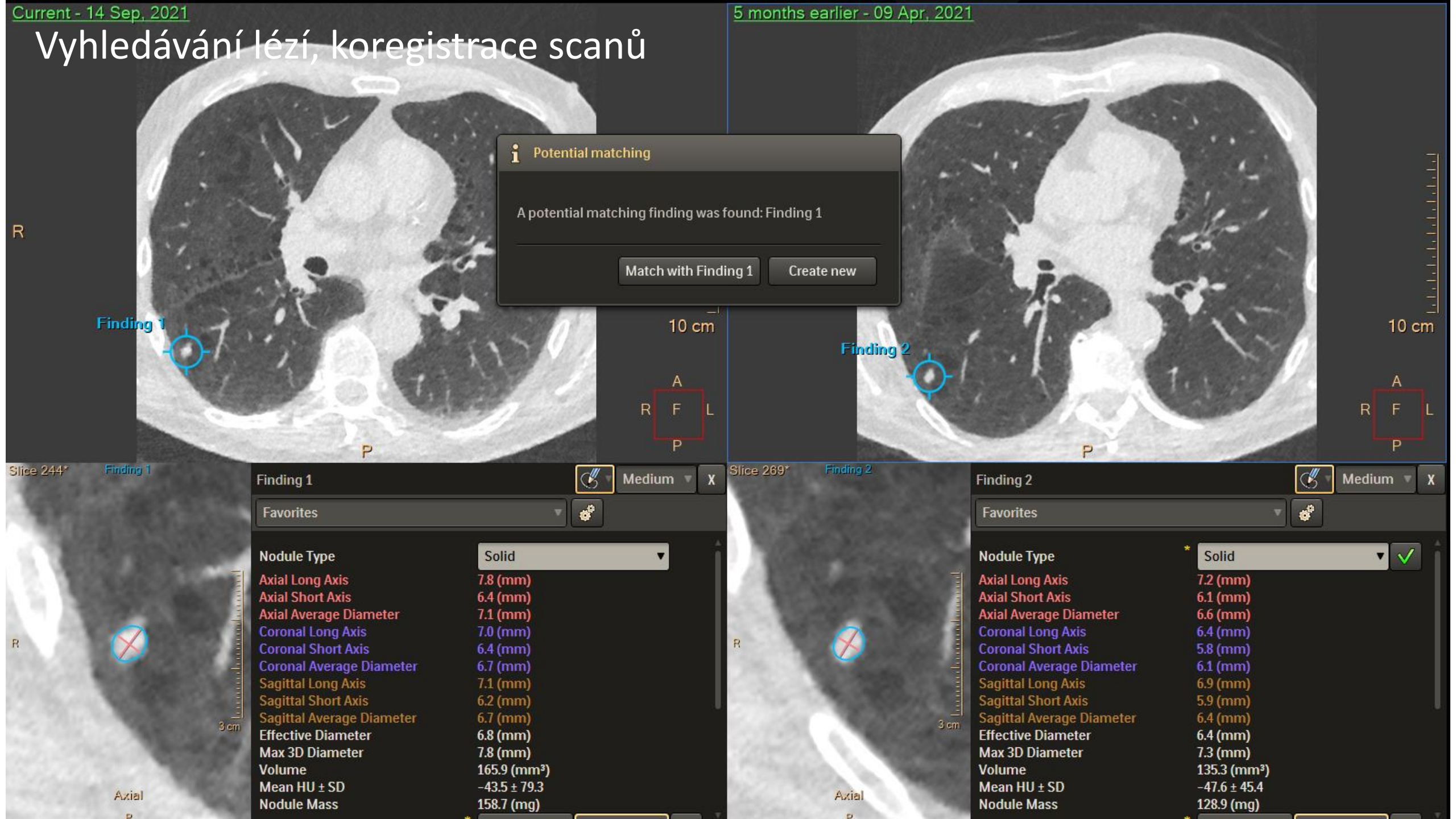
Volumetric Measurements

Volumetric Measurements			
	Volumetric Measurements		
	LA Volume (cc) Threshold = -950 HU	Total Volume (cc)	LA Volume Ratio(%) Threshold = -950 HU
Both Lungs	595.3	6772.8	8.8
Right Lung	419.4	3759.7	11.2
Right Upper Lobe (RUL)	331.2	1710.1	19.4
Right Middle Lobe (RML)	36.2	667.5	5.4
Right Lower Lobe (RLL)	52	1382.2	3.8
Left Lung	175.9	3013.1	5.8
Left Upper Lobe (LUL)	158.2	1814.9	8.7
Left Lower Lobe (LLL)	17.8	1198.2	1.5





# Vyhledávání lézí, koregistrace scanů



**i Potential matching**

A potential matching finding was found: Finding 1

Match with Finding 1    Create new

**Finding 1**    Medium    X

Favorites    ⚙️

<b>Nodule Type</b>	Solid
Axial Long Axis	7.8 (mm)
Axial Short Axis	6.4 (mm)
Axial Average Diameter	7.1 (mm)
Coronal Long Axis	7.0 (mm)
Coronal Short Axis	6.4 (mm)
Coronal Average Diameter	6.7 (mm)
Sagittal Long Axis	7.1 (mm)
Sagittal Short Axis	6.2 (mm)
Sagittal Average Diameter	6.7 (mm)
Effective Diameter	6.8 (mm)
Max 3D Diameter	7.8 (mm)
Volume	165.9 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-43.5 ± 79.3
Nodule Mass	158.7 (mg)

**Finding 2**    Medium    X

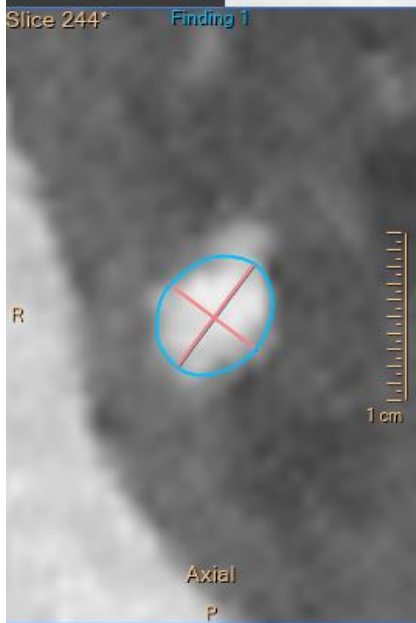
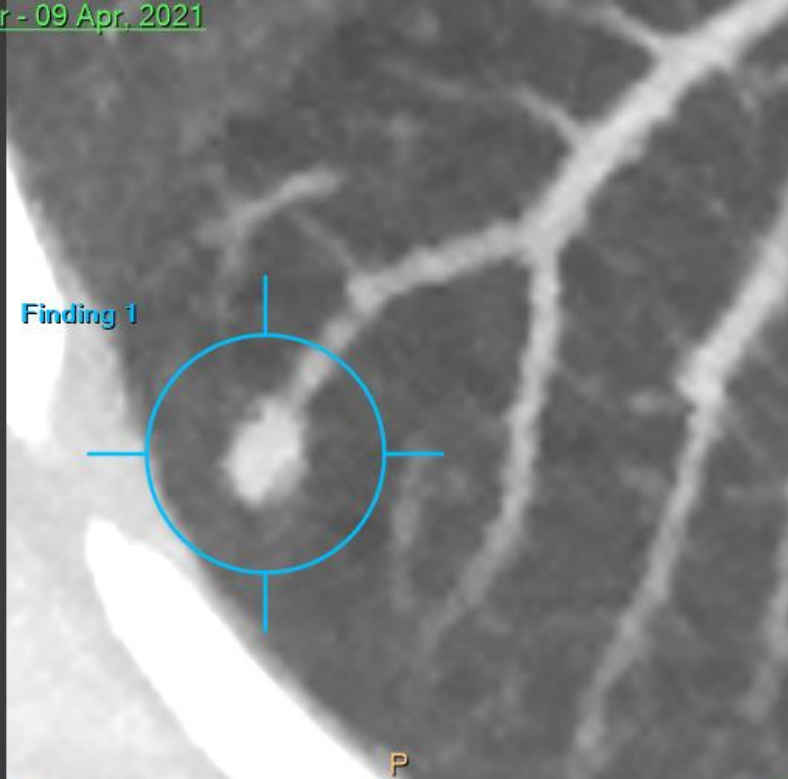
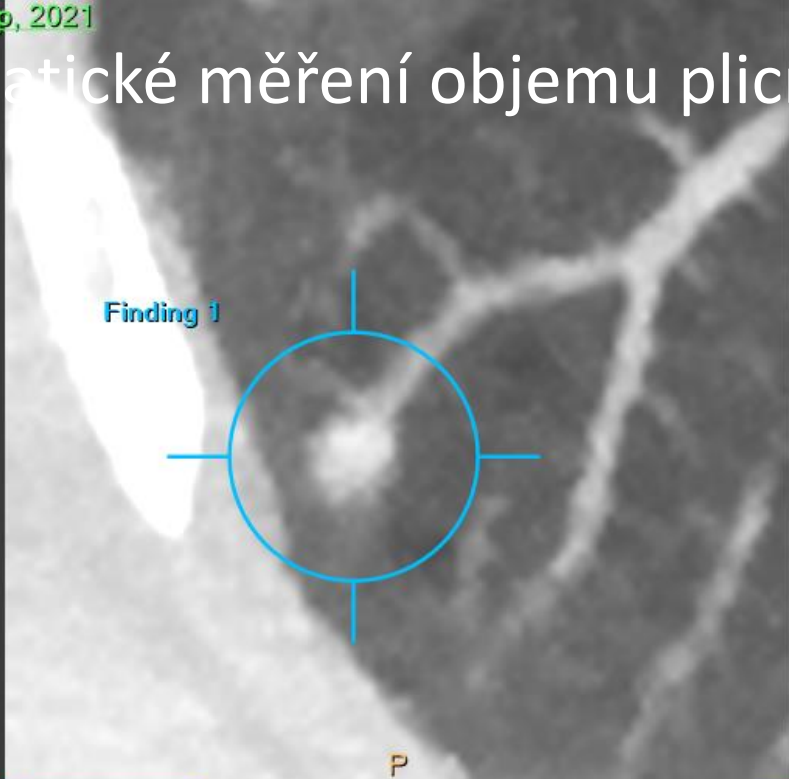
Favorites    ⚙️

<b>Nodule Type</b>	Solid
Axial Long Axis	7.2 (mm)
Axial Short Axis	6.1 (mm)
Axial Average Diameter	6.6 (mm)
Coronal Long Axis	6.4 (mm)
Coronal Short Axis	5.8 (mm)
Coronal Average Diameter	6.1 (mm)
Sagittal Long Axis	6.9 (mm)
Sagittal Short Axis	5.9 (mm)
Sagittal Average Diameter	6.4 (mm)
Effective Diameter	6.4 (mm)
Max 3D Diameter	7.3 (mm)
Volume	135.3 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-47.6 ± 45.4
Nodule Mass	128.9 (mg)

Current - 14 Sep, 2021

5 months earlier - 09 Apr, 2021

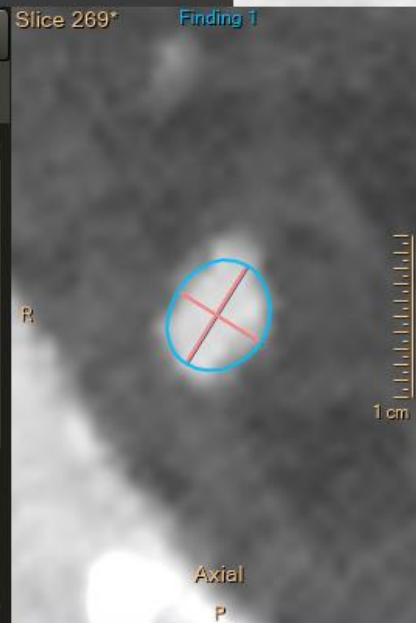
# Automatické měření objemu plicních uzlů



Finding 1 Medium X

Favorites ⚙️

<b>Nodule Type</b>	Solid
Axial Long Axis	7.8 (mm)
Axial Short Axis	6.4 (mm)
Axial Average Diameter	7.1 (mm)
Coronal Long Axis	7.0 (mm)
Coronal Short Axis	6.4 (mm)
Coronal Average Diameter	6.7 (mm)
Sagittal Long Axis	7.1 (mm)
Sagittal Short Axis	6.2 (mm)
Sagittal Average Diameter	6.7 (mm)
Effective Diameter	6.8 (mm)
Max 3D Diameter	7.8 (mm)
Volume	165.9 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-43.5 ± 79.3
Nodule Mass	158.7 (mg)



Finding 1 Medium X

Favorites ⚙️

<b>Nodule Type</b>	Solid <span>✓</span>
Axial Long Axis	7.2 (mm)
Axial Short Axis	6.1 (mm)
Axial Average Diameter	6.6 (mm)
Coronal Long Axis	6.4 (mm)
Coronal Short Axis	5.8 (mm)
Coronal Average Diameter	6.1 (mm)
Sagittal Long Axis	6.9 (mm)
Sagittal Short Axis	5.9 (mm)
Sagittal Average Diameter	6.4 (mm)
Effective Diameter	6.4 (mm)
Max 3D Diameter	7.3 (mm)
Volume	135.3 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-47.6 ± 45.4
Nodule Mass	128.9 (mg)



Nodule type	Solid	Solid	-
Axial long axis	7.8 (mm)	7.2 (mm)	0.6 (8.3 %)
Axial short axis	6.4 (mm)	6.1 (mm)	0.3 (4.9 %)
Axial average diameter	<b>7.1 (mm)</b>	<b>6.6 (mm)</b>	0.5 (7.6 %)
Coronal long axis	7.0 (mm)	6.4 (mm)	0.6 (9.4 %)
Coronal short axis	6.4 (mm)	5.8 (mm)	0.6 (10.3 %)
Coronal average diameter	6.7 (mm)	6.1 (mm)	0.6 (9.8 %)
Sagittal long axis	7.1 (mm)	6.9 (mm)	0.2 (2.9 %)
Sagittal short axis	6.2 (mm)	5.9 (mm)	0.3 (5.1 %)
Sagittal average diameter	6.7 (mm)	6.4 (mm)	0.3 (4.7 %)
Effective Diameter	6.8 (mm)	6.4 (mm)	0.4 (6.2 %)
Max 3D Diameter	7.8 (mm)	7.3 (mm)	0.5 (6.8 %)
Volume	165.9 (mm <sup>3</sup> )	135.3 (mm <sup>3</sup> )	30.6 (22.6 %)
Mean HU ± SD	-43.5 ± 79.3	-47.6 ± 45.4	4.1
Nodule Mass	158.7 (mg)	128.9 (mg)	29.8 (23.1 %)
Spiculation	No	No	-
Shape	Oval	Oval	-
Endobronchial	No	No	-
Perifissural\Subpleural	No	No	-
Lobe	RLL	RLL	-
Doubling Days	534		



**Compare & Match**

Inspect Chest  
 Registration:

Windowing:

Slab Thickness:

Collect Findings

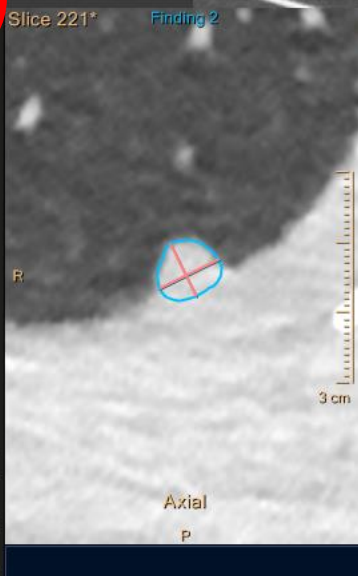
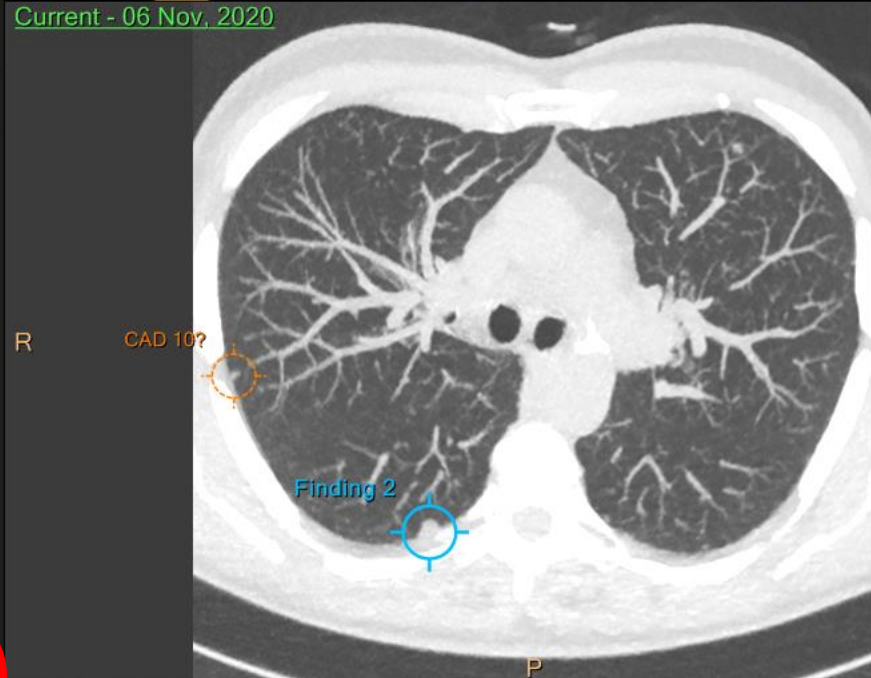
Show Findings

Show CAD Suggestions (21|82)

	Current 06 Nov, 2020	Previous 14 Aug, 2020
Finding 1	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Finding 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Finding 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Finding 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
CAD 2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unconfirmed CAD 3	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Unconfirmed CAD 4	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Key Images

Current - 06 Nov, 2020

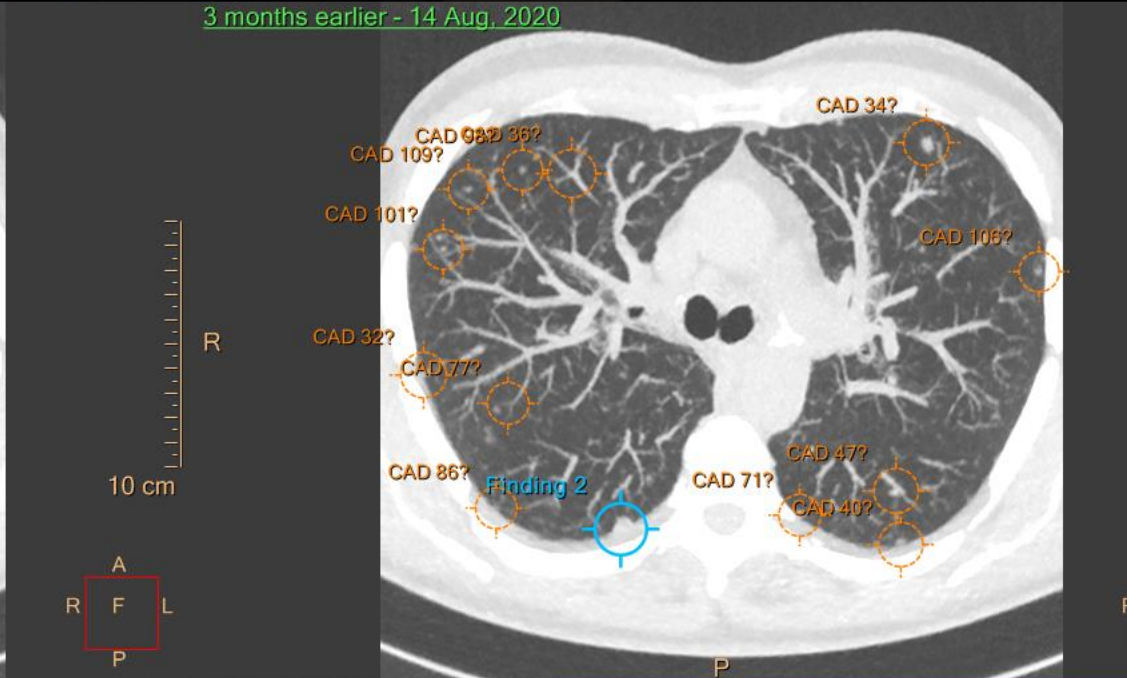


**Finding 2**

Medium X

Favorites	
Nodule Type	Solid
Axial Long Axis	9.5 (mm)
Axial Short Axis	8.4 (mm)
Axial Average Diameter	8.9 (mm)
Coronal Long Axis	9.8 (mm)
Coronal Short Axis	6.5 (mm)
Coronal Average Diameter	8.2 (mm)
Sagittal Long Axis	8.6 (mm)
Sagittal Short Axis	7.5 (mm)
Sagittal Average Diameter	8.1 (mm)
Effective Diameter	8.2 (mm)
Max 3D Diameter	10.2 (mm)
Volume	284.7 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-53.9 ± 54.2
Nodule Mass	269.4 (mg)
Spiculation	YES

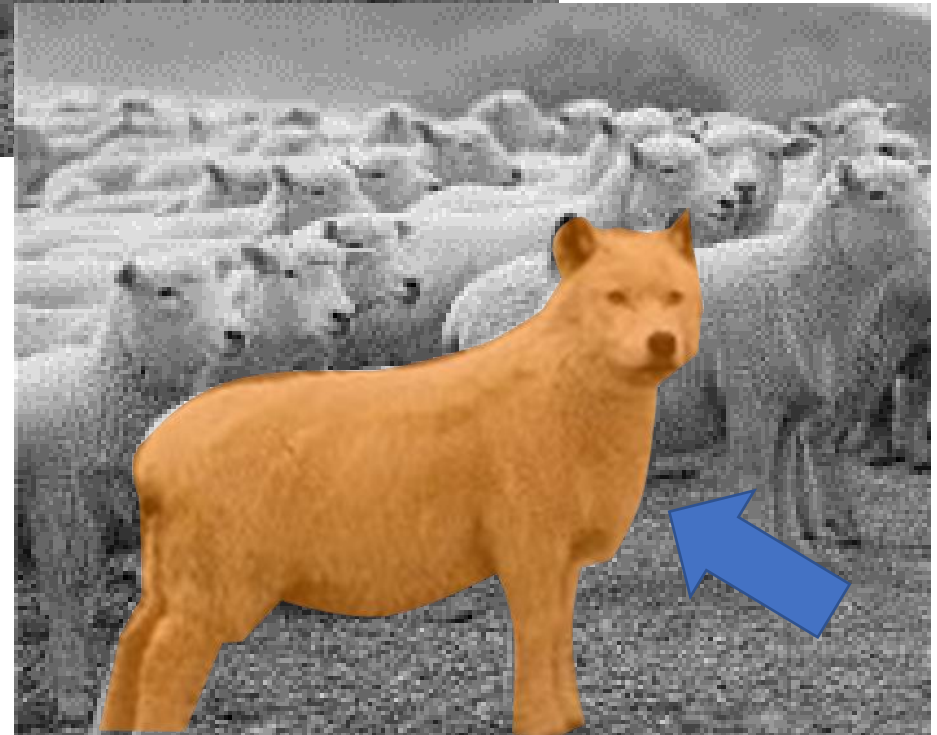
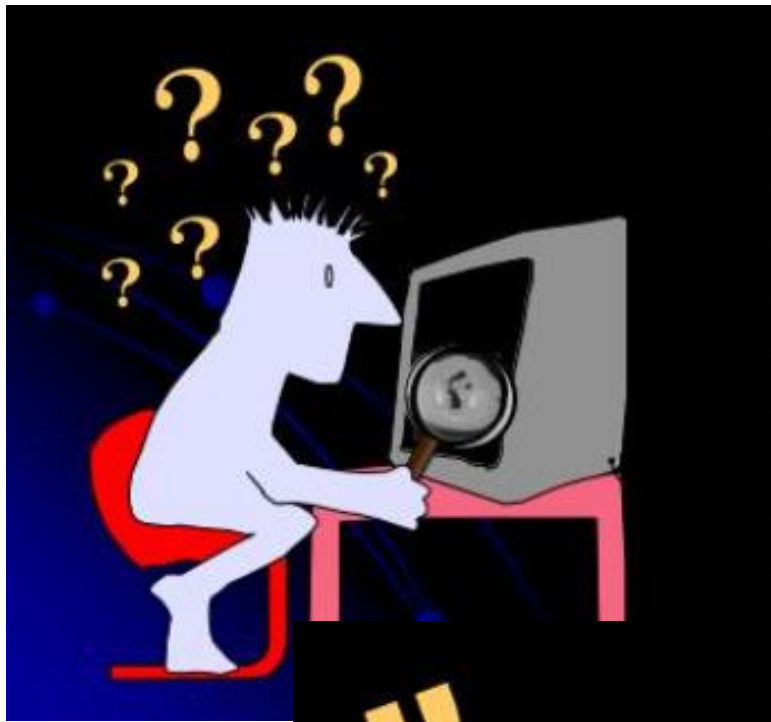
3 months earlier - 14 Aug, 2020



**Finding 2**

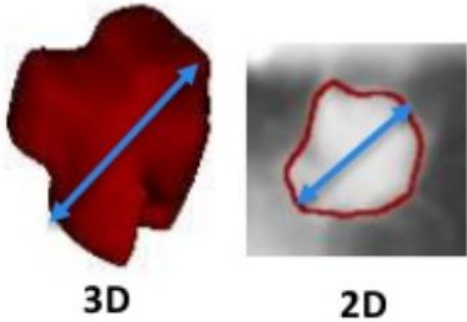
Medium X

Favorites	
Nodule Type	Solid
Axial Long Axis	8.8 (mm)
Axial Short Axis	7.0 (mm)
Axial Average Diameter	7.9 (mm)
Coronal Long Axis	9.2 (mm)
Coronal Short Axis	5.9 (mm)
Coronal Average Diameter	7.6 (mm)
Sagittal Long Axis	7.7 (mm)
Sagittal Short Axis	6.5 (mm)
Sagittal Average Diameter	7.1 (mm)
Effective Diameter	7.4 (mm)
Max 3D Diameter	9.6 (mm)
Volume	213.0 (mm <sup>3</sup> )
Mean HU ± SD	-16.4 ± 48.7
Nodule Mass	209.5 (mg)
Spiculation	YES

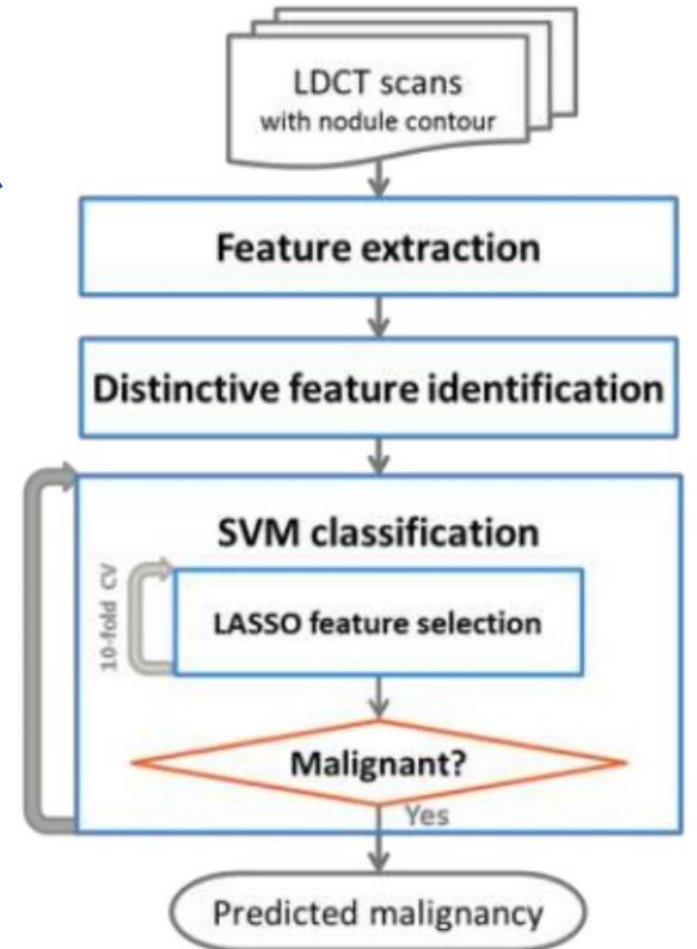
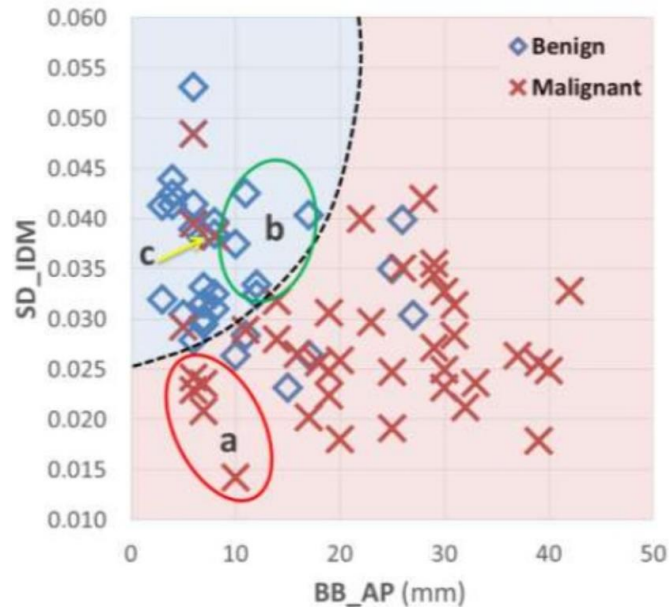
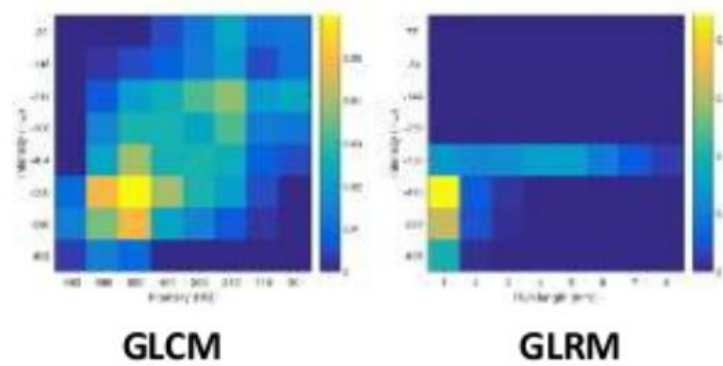


# Charakterizace plicního uzle - radiomics

Shape features

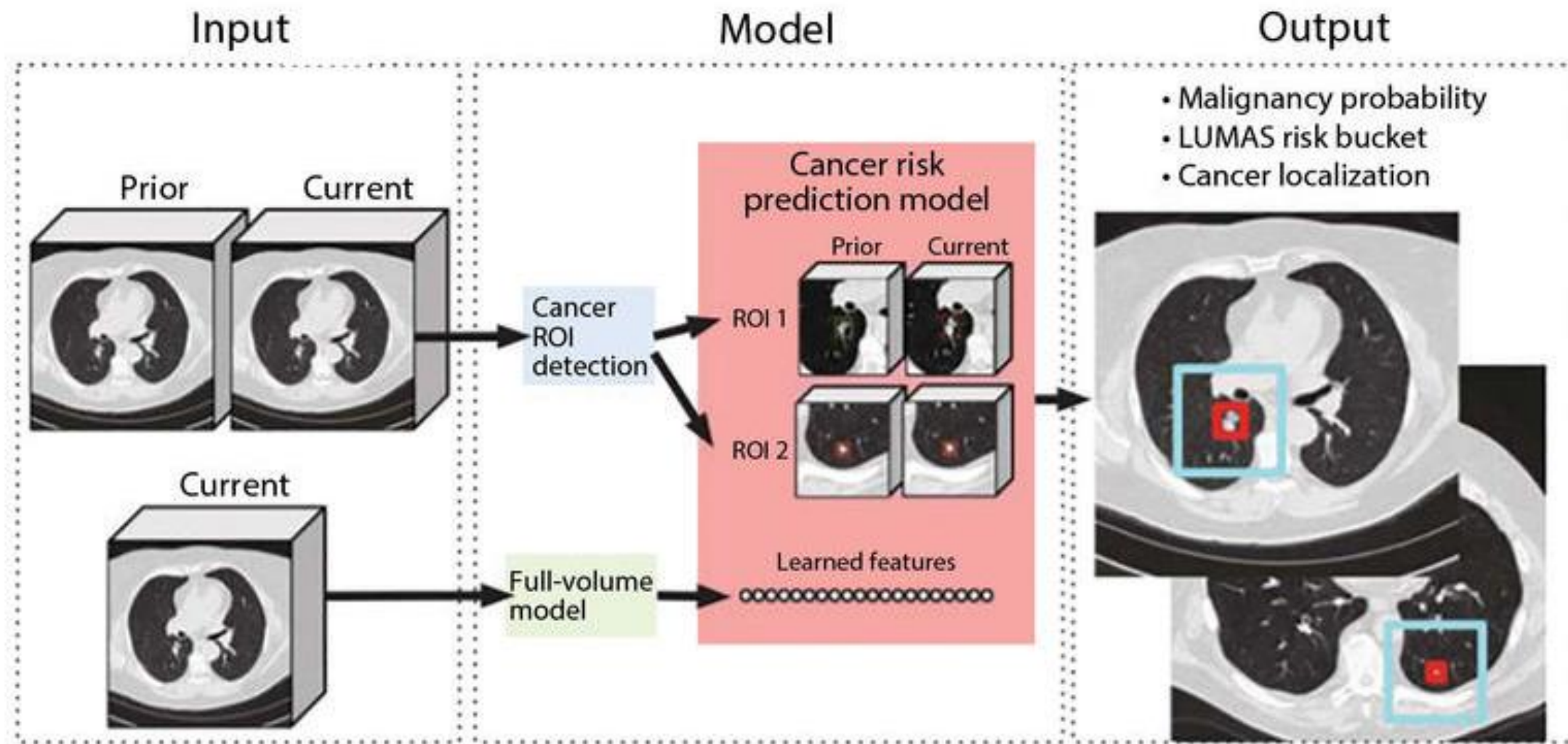


Texture features





# Výpočet rizika, porovnání dvou CT vyšetření



# How to – předtrénované sítě

CONTENTS

- « Documentation Home
- « Examples
- « Deep Learning Toolbox

---

**Category**


- Get Started with Deep Learning Toolbox 9
- Deep Learning with Images 23**
- Deep Learning with Time Series, Sequences, and Text 23
- Deep Learning Tuning and Visualization 24
- Deep Learning in Parallel and in the Cloud 9
- Deep Learning Applications 67
- Deep Learning Import, Export, and Customization 22
- Deep Learning Data Preprocessing 10
- Deep Learning Code Generation 24
- Function Approximation, Clustering, and Control 24

---

**Type**

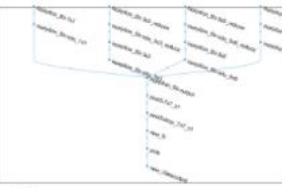
- All 23
- MATLAB 21
- Simulink 2

## Deep Learning with Images — Examples




**Classify Webcam Images Using Deep Learning**

Classify images from a webcam in real time using the pretrained deep convolutional neural network GoogLeNet.




**Train Deep Learning Network to Classify New Images**

Use transfer learning to retrain a convolutional neural network to classify a new set of images.



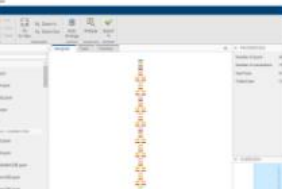
**Train Residual Network for Image Classification**

Create a deep learning network with residual connections and train it on CIFAR-10. Residual connections are



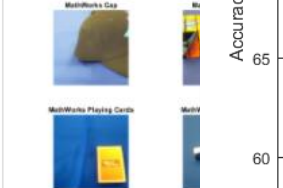
**Classify Image Using GoogLeNet**

Classify an image using the pretrained deep convolutional neural network GoogLeNet.



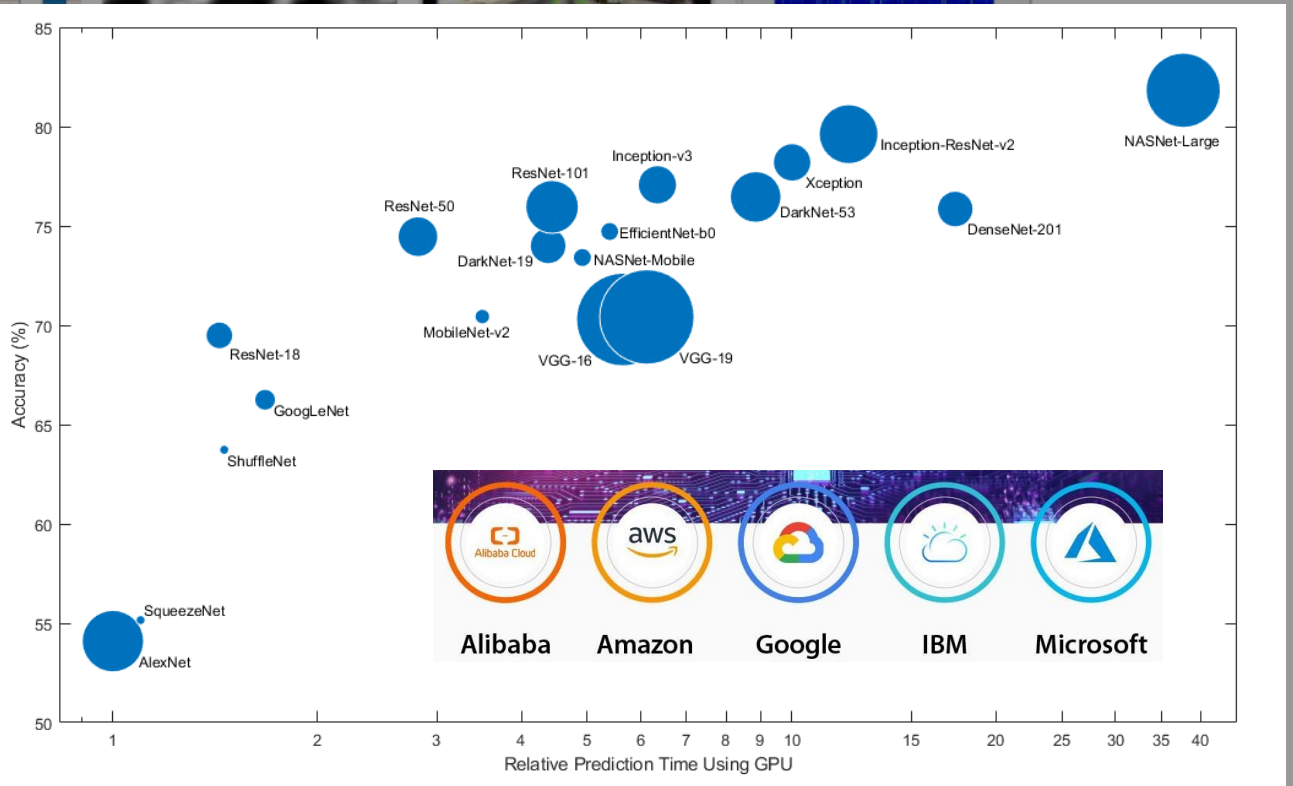
**Transfer Learning with Deep Network Designer**

Interactively fine-tune a pretrained deep learning network to learn a new image classification task.



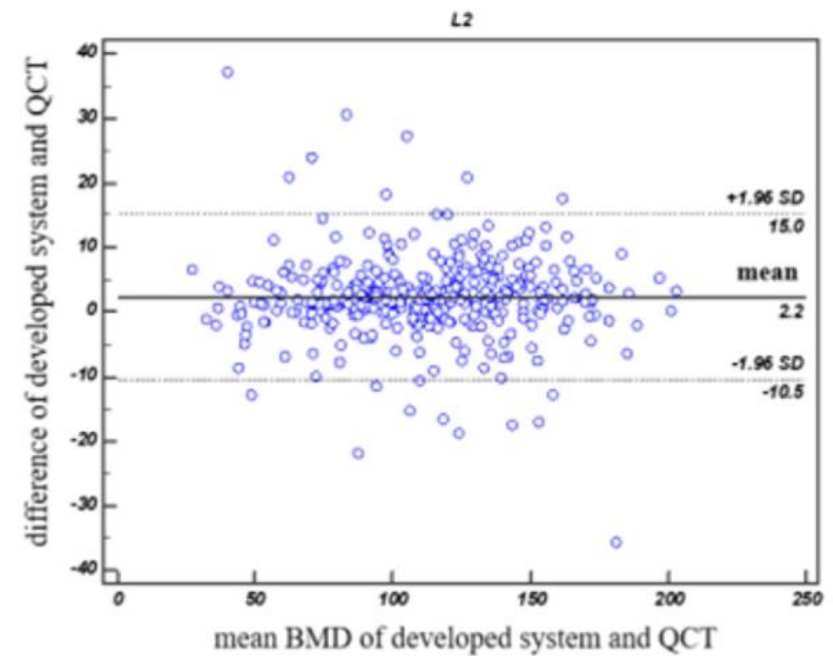
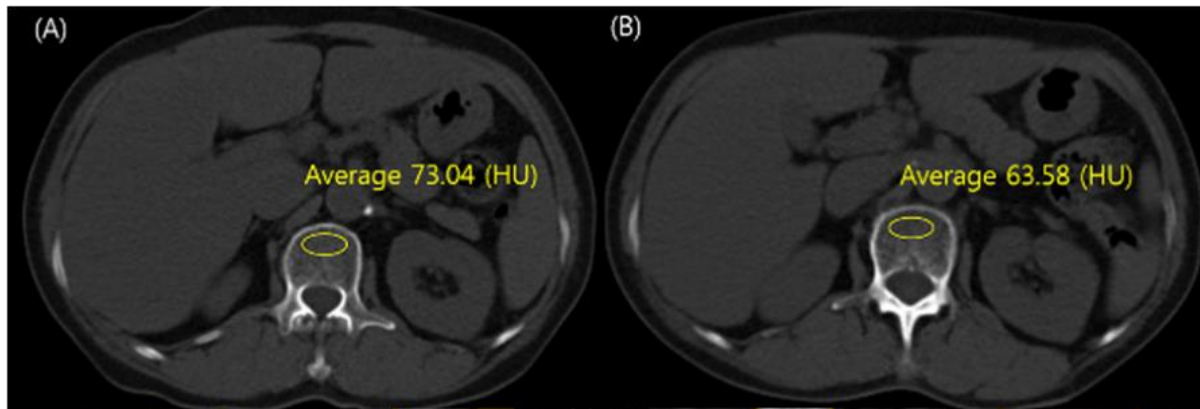
**Extract Image Features Using Pretrained Network**

Extract learned image features from a pretrained convolutional neural network and use those features to train an image classifier.



# Opportunistic screening

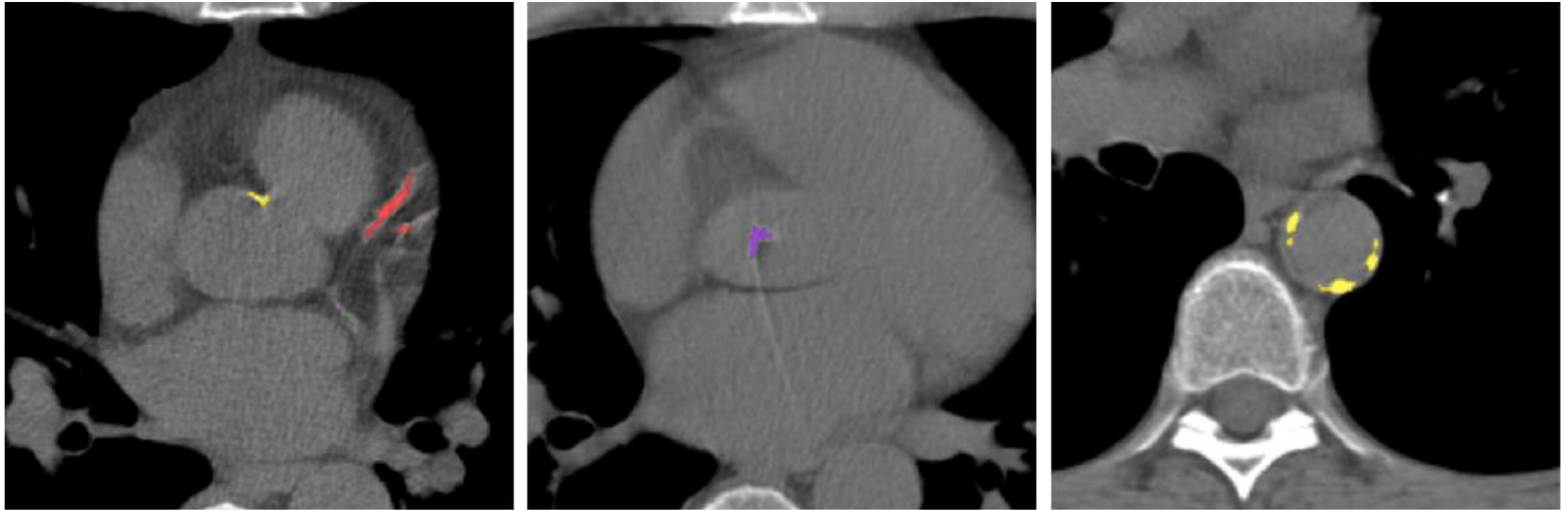
- Osteoporóza
- Nealkoholická steatóza jater (NAFLD)
- Emfyzém
- Fibróza



Pan Y, Shi D, Wang H, Chen T, Cui D, Cheng X, Lu Y. Automatic opportunistic osteoporosis screening using low-dose chest computed tomography scans obtained for lung cancer screening. *European radiology*. 2020;30(7):4107.



# Onemocnění věnčitých tepen (kalciové skóre)



Lessmann N, van Ginneken B, Zreik M, de Jong PA, de Vos BD, Viergever MA, Išgum I. Automatic calcium scoring in low-dose chest CT using deep neural networks with dilated convolutions. IEEE transactions on medical imaging. 2017 Nov 3;37(2):615-25.

# Otázky

- Return of investment (ROI) z pohledu
  - Zdravotnického zařízení
    - Urychlení vyšetření = lepší využití přístroje, radiologa
  - Plátce
    - Zlepšení a zpřesnění diagnózy, další diagnostické testy
- Problém kompatibility mezi výrobci, vyšetřovacími protokoly
- Vždy odpovědnost na nás

1. Jaká je u CT vyšetření radiační zátěž?	žádná	velmi nízká	nízká	středně vysoká	velmi vysoká
---	-------	-------------	-------	----------------	--------------

Jaké důsledky může mít na zdraví CT vyšetření?				
2a. Vznik tumoru	nemá vliv	malé riziko	střední riziko	vysoké riziko
2b. Zhoršení funkce jater	nemá vliv	malé riziko	střední riziko	vysoké riziko
2c. Zhoršení funkce ledvin	nemá vliv	malé riziko	střední riziko	vysoké riziko

3a. Z CT vyšetření	nemám obavu	mám mírné obavy	mám velké obavy
3b. Z podání kontrastní látky do žíly	nemám obavu	mám mírné obavy	mám velké obavy
3c. Z výsledku CT vyšetření	nemám obavu	mám mírné obavy	mám velké obavy

Po přečtení informací o CT vyšetření	
4a. jsem se dozvěděl(a) úplně nové informace	<input type="checkbox"/>
4b. jsem si zpřesnil(a) své informace	<input type="checkbox"/>
4c. jsem se nic nového nedozvěděl(a)	<input type="checkbox"/>
4d. jsem nadále rozhodnut(a) CT vyšetření podstoupit	<input type="checkbox"/>

5. Po přečtení informací o CT vyšetření jsou mé obavy z CT vyšetření	podstatně menší	o něco menší	stejně	o něco větší	podstatně větší
--	-----------------	--------------	--------	--------------	-----------------

6. Chtěl(a) bych CT vyšetření s nižší radiační zátěží	ano	je mi to jedno	ne
---	-----	----------------	----

7a. Výsledek se dozvím od svého lékaře do	několika dnů	týdne	měsíce	za více jak měsíc
7b. Výsledek se dozvím od svého lékaře	telefonicky	poštou	e-mailem	při příští návštěvě
7c. Přál(a) bych si znát alespoň předběžný výsledek	do hodiny	do dne	do 3 dnů	do týdne

8. Do doby, než budu znát alespoň předběžný výsledek,	budu v klidu	budu v mírné nejistotě	budu ve výrazné nepohodě
---	--------------	------------------------	--------------------------

9. Důvěřoval/a byste výsledku vyšetření, kdyby ho hodnotil <u>pouze</u> počítač (místo lékaře – specialisty)	plně	méně	velmi málo	vůbec
--	------	------	------------	-------

# Co na to pacienti?

Důvěřoval/a byste výsledku vyšetření, kdyby ho hodnotil pouze počítač



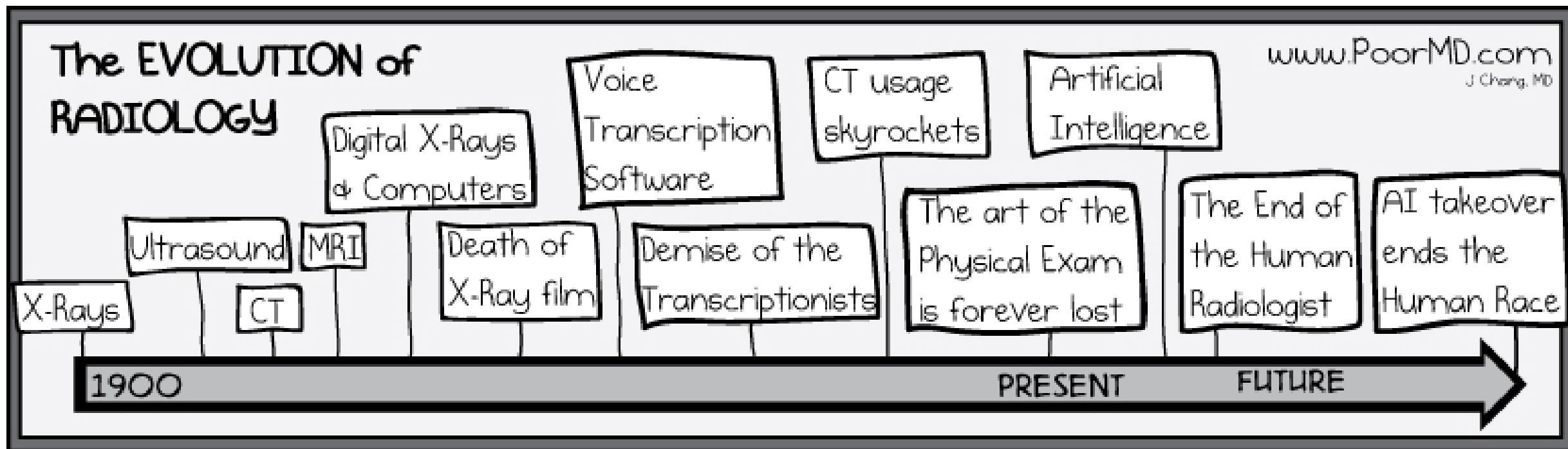
Lambertova A, Harsa P, Lambert L, Kuchynka P, Briza J, Burgetova A. Patient awareness, perception and attitude to contrast-enhanced CT examination: Implications for communication and compliance with patients' preferences. *Advances in Clinical and Experimental Medicine*. 2019;28(7):943-9.

Velmi Vám děkujeme za vyplnění dotazníku!!!



# Souhrn

- AI>ML>ANN>CNN
- Skiografie hrudníku
  - centrace, kolimace
  - detekce a hodnocení patologie
- Problém kompatibility mezi přístroji
- Cena
- CT
  - polohování
  - lokalizér
  - segmentace anatomie
  - detekce patologie
  - kvantifikace nálezů
  - koregistrace vyšetření
- Oportunistický screening
- Problém kompatibility mezi přístroji



Děkuji Vám za pozornost