

Elastografie, kvantifikace, fúze – principy, indikace, postavení v diagnostice

J. Foukal

Klinika Radiologie a nukleární medicíny FN Brno a LF MU

Elastografie

- UZ elastografie je souborem různých UZ metod, které zobrazují elastické vlastnosti tkání.
- Všechny elastografické metody měří pohyb tkání vyvolaný deformací.

Druhy elastografií

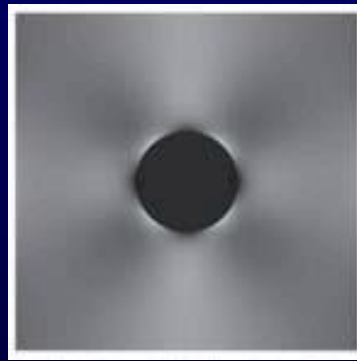
- Podle toho, co zobrazují:
 - Pnutí tkání - **Strain elastography** (SE)
 - Propagace příčných vln – **Shear-wave elastography** (SWE)
 - Lokální hodnota rychlosti - Transient Elastography (TE), Point Shear-wave Elastography (pSWE)
 - Mapa rychlostí příčných vln – 2D shear-wave elastography (2D SWE)
- Výsledkem je barevný obraz - **elastogram** nebo **lokální měření rychlosti**

Strain elastografie

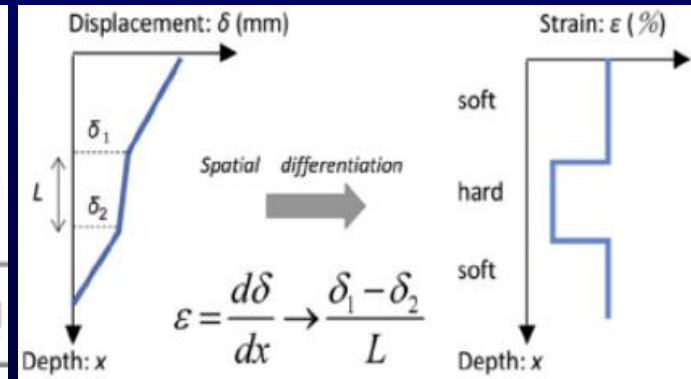
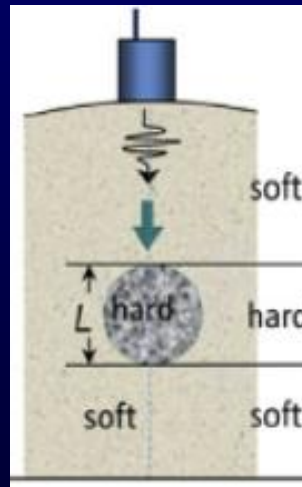
- Komprese tkání - aktivně (tlakem sondy), pasivně (pulzace cév, dýchání, svalové kontrakce)
- UZ přístroj porovnává sekvence obrazů a vypočítá rozdíl polohy jednotlivých ech - jen **axiální posuny**
- Každý posun se převede do obrazu pnutí – **lokální gradienty posunu**



displacement image
(posun klesá s hloubkou)



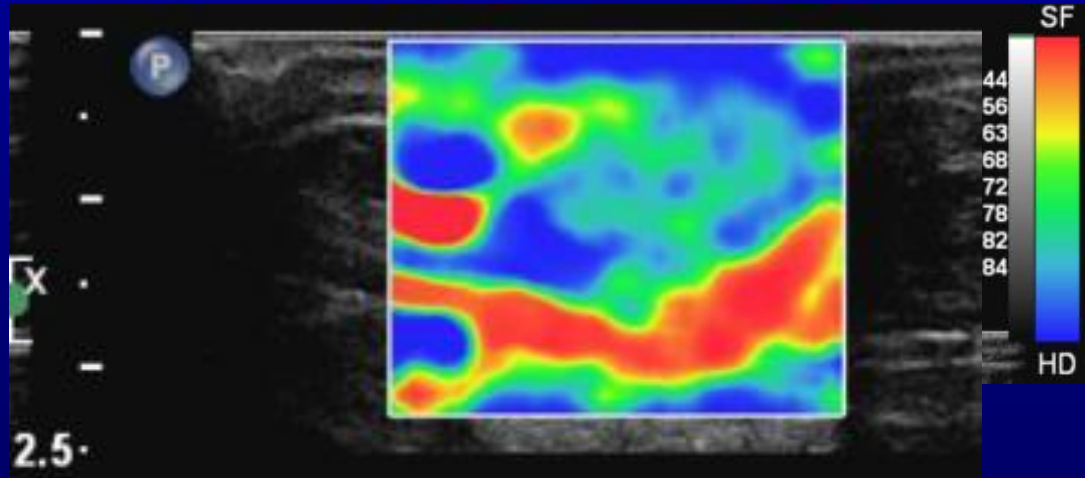
strain image
(stejný útvar)



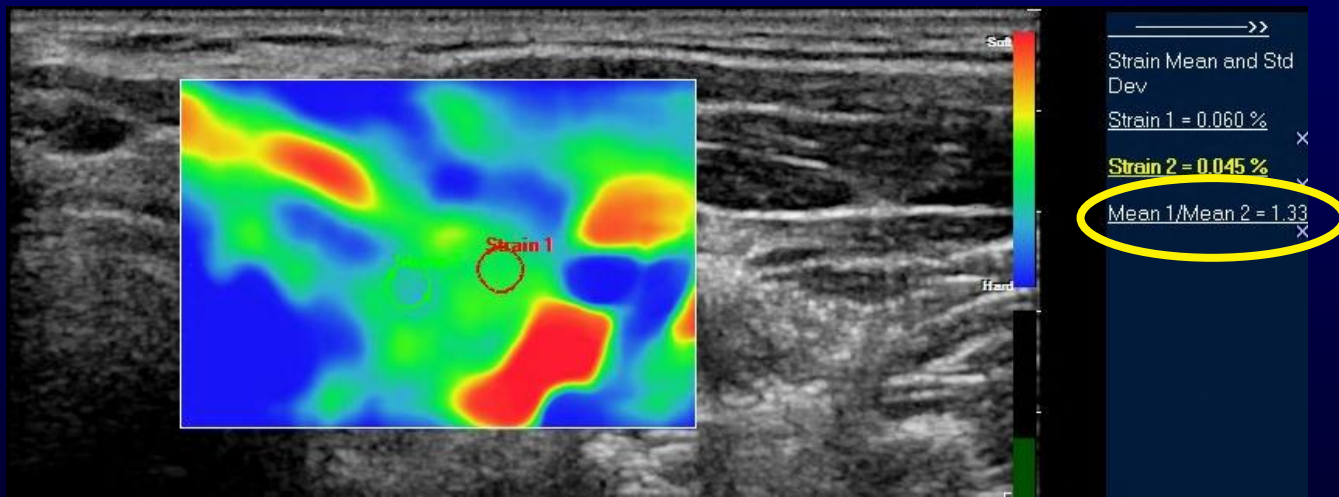
WFUMB guidelines and recommendations for clinical use of ultrasound elastography: Part 1: basic principles and terminology

Strain elastografie

- Kvalitativní hodnocení



- Semikvantitativní - Strain ratio (mezi lézí a referenční tkání)



Shear-wave elastografie

- Příčné vlny

- vznikají jako **odezva** elastického odporu tkáně na **vibrace** s nízkou frekvencí
- zdrojem vibrací jsou pulzy akustického tlaku vytvořené **fokusem UZ paprskem** (Acoustic Radiation Force)
- Malá rychlost (1 až 10m/s)
- Tuhost a rychlost příčné vlny mají jednoduchý vztah:

$$E = 3\rho c^2$$

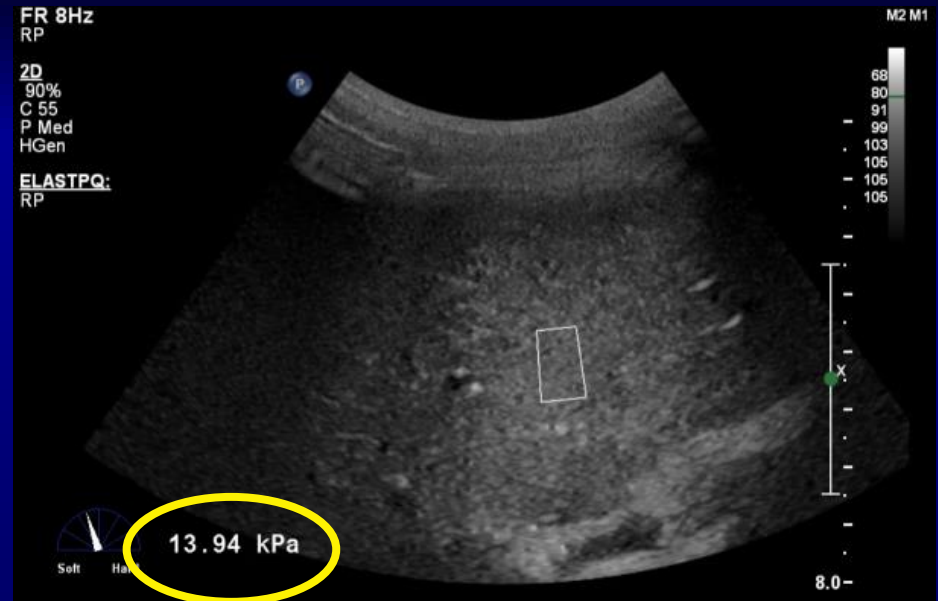
E ... tuhost [Pa]

ρ ... hustota prostředí [kg.m^{-3}]

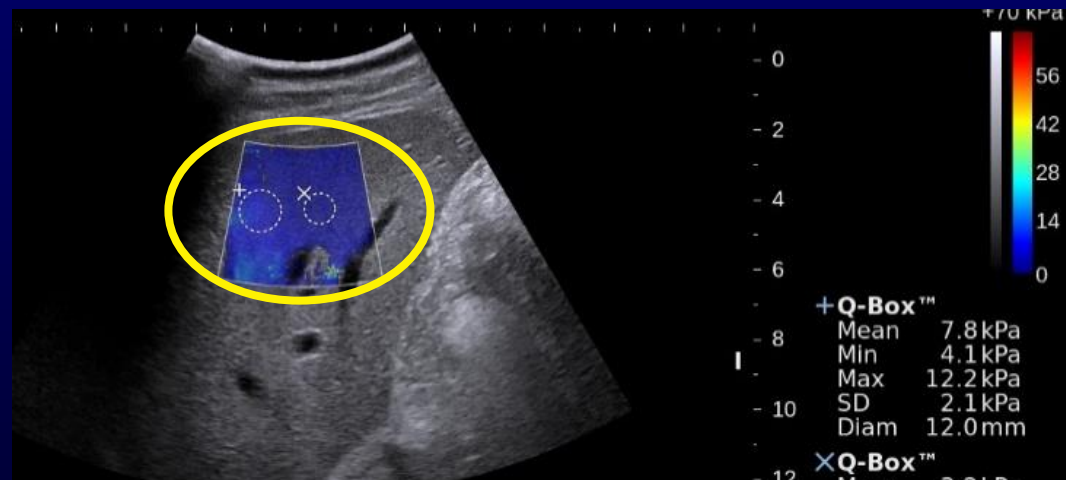
c ... rychlost šíření vlny [m.s^{-1}]

Shear wave elastografie

- Jednobodová – pSWE
 - Výstupem rychlost/tuhost



- 2D SWE
 - Výstupem je barevná mapa rychlostí SW
 -



Klinické využití elastografie

- Játra
 - Fibróza
 - (ložiska)
- Slezina
 - Portální hypertenze
- Prsa
- Štítná žláza
- Prostata
- Uzliny
- ...

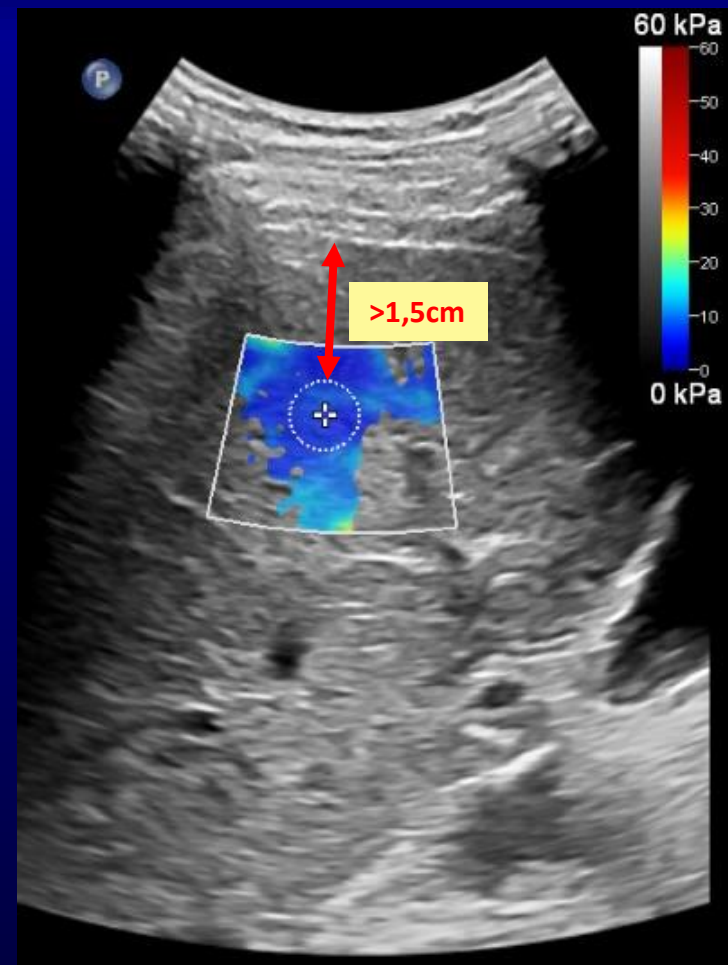
Elastografie jater

- TE (Fibroscan)
- pSWE (Philips, Siemens)
- 2D SWE (Supersonic, Canon, GE, Siemens, Philips)
- Vysoká korelace SWE se stupněm fibrózy (náhrada biopsie)
- Steatosa neovlivňuje výsledek SWE
- Nejasný vliv zánětlivé aktivity na SWE



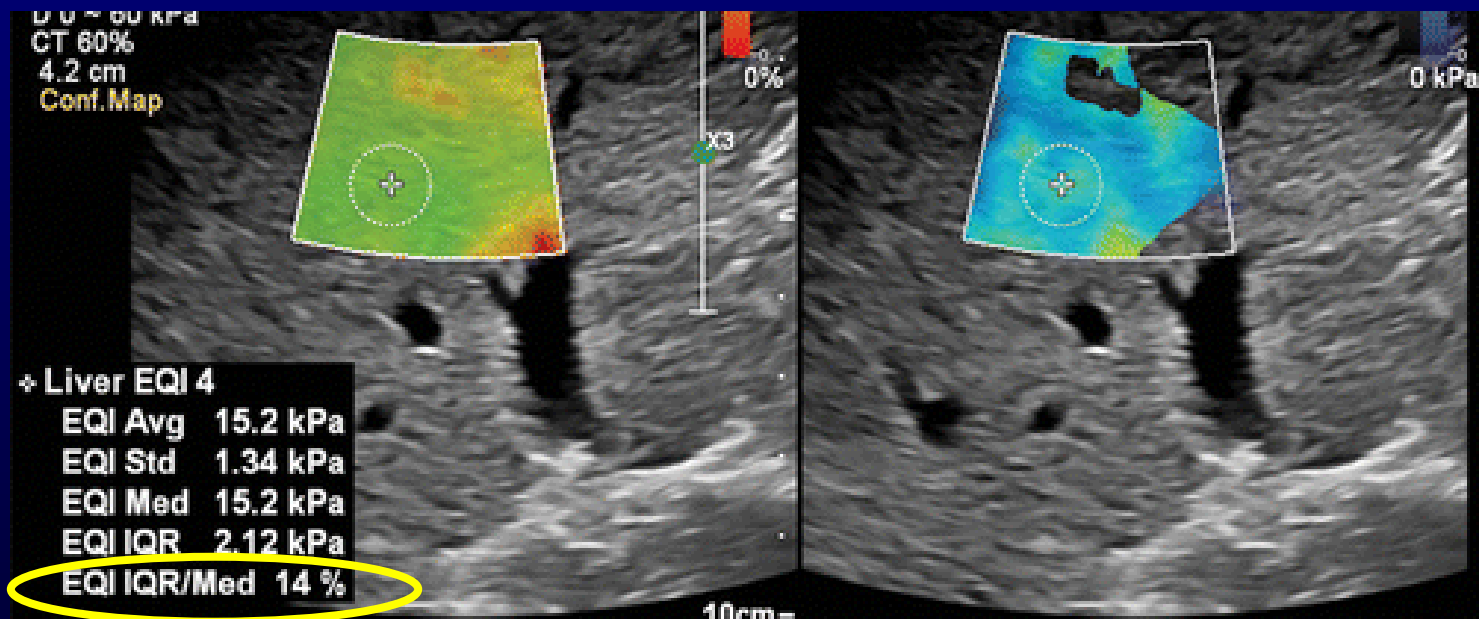
Technika vyšetření

- Nalačno (4 hodiny)
- Vleže na **zádech** nebo lehce na **levém boku** (30°) s **elevací pravé HK** (rozšíření interkostálního prostoru)
- **Interkostální přístup**
- **Pravý lalok** jater
- Kolmo na kapsulu jater
- **Zadržení dechu** bez hlubokého inspira
- Měření **alespoň 1,5-2cm od kapsuly jater** (barevná ROI může být blíže, ale samotné kruhové měření v ní ne), optimálně 4-4,5cm od sondy
- Vyhnout se větším cévám, žlučovodům, ložiskům
- Kruhová oblast měření optimálně uprostřed barevné mapy
- Nutný i kvalitní obraz B-módu (slouží k měření rychlosti vln)



Játra - počet měření

- *pSWE* - 10 měření.
- **2D SWE** - 5 měření, pokud je i kontrola kvality.
- Kvalita měření: **IQR/M** (poměr interkvartilového rozpětí a mediánu)
 - $\leq 30\%$, při měření v kPa
 - $\leq 15\%$, při měření v m/s



Cut-off hodnoty společné pro různé přístroje (2020)

- **Pravidlo 4** (zvedání hodnoty v kPa o 4 – 5, 9, 13, 17)

Table 2: Recommendation for Interpretation of Liver Stiffness Values Obtained with ARFI Techniques in Patients with Viral Hepatitis and NAFLD

Liver Stiffness Value	Recommendation
≤5 kPa (1.3 m/sec)	High probability of being normal
<9 kPa (1.7 m/sec)	In the absence of other known clinical signs, rules out cACLD. If there are known clinical signs, may need further test for confirmation
9–13 kPa (1.7–2.1 m/sec)	Suggestive of cACLD but need further test for confirmation
>13 kPa (2.1 m/sec)	Rules in cACLD
>17 kPa (2.4 m/sec)	Suggestive of CSPH

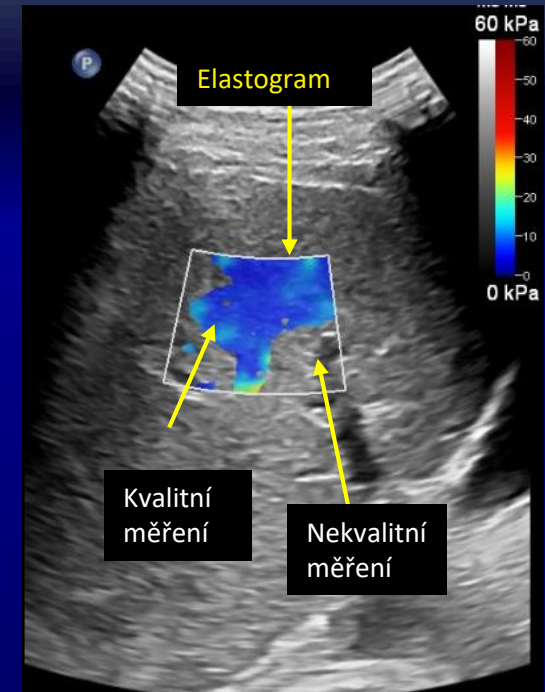
Note.—ARFI = acoustic radiation force impulse, cACLD = compensated advanced chronic liver disease, CSPH = clinically significant portal hypertension, NAFLD = non-alcoholic fatty liver disease.

Barr, Richard G., et al. "Update to the society of radiologists in ultrasound liver elastography consensus statement." *Radiology* 296.2 (2020): 263-274.

2D SWE jater - prakticky

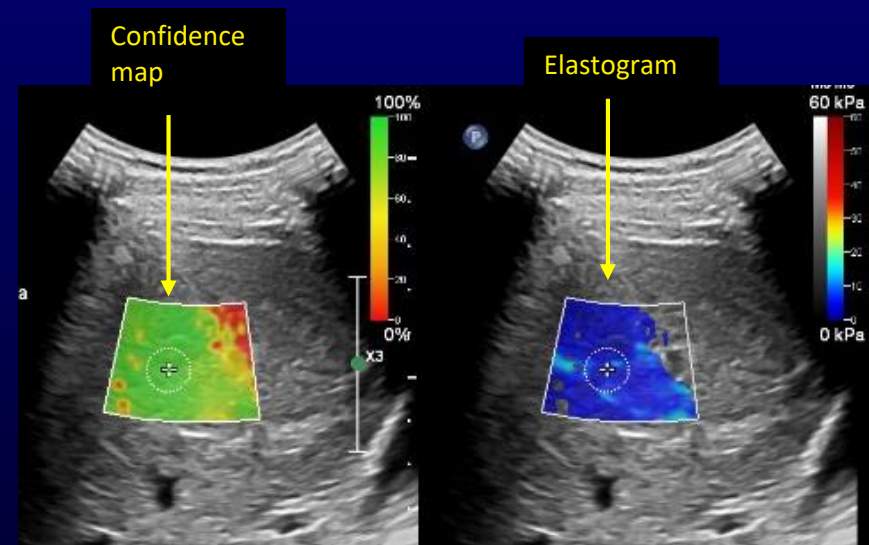
• SWE

- Barevná mapy rychlosti/tuhosti
- Zobrazí jen místa s kvalitním měřením



• Confidence map

- Mapa kvality měření v %
- Nekvalitní (<60%) se nezobrazí v elastogramu
- Pomáhá ve výběru vhodného obrazu pro měření a také v umístění ROI



pSWE - steatosa

C 55
P Med
HGen

ELASTPQ:

RP
87Hz

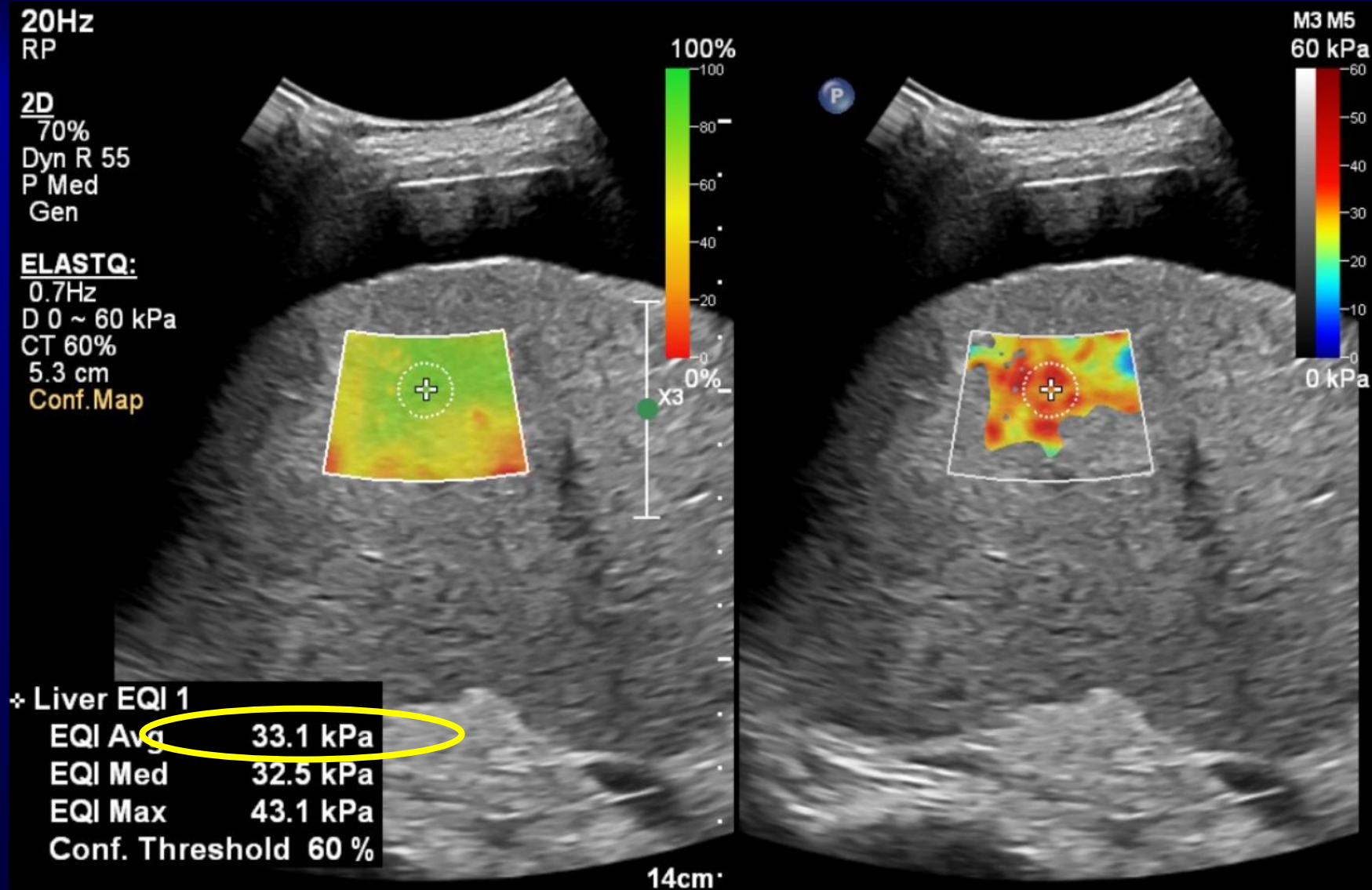
96
105
105
105
105
105



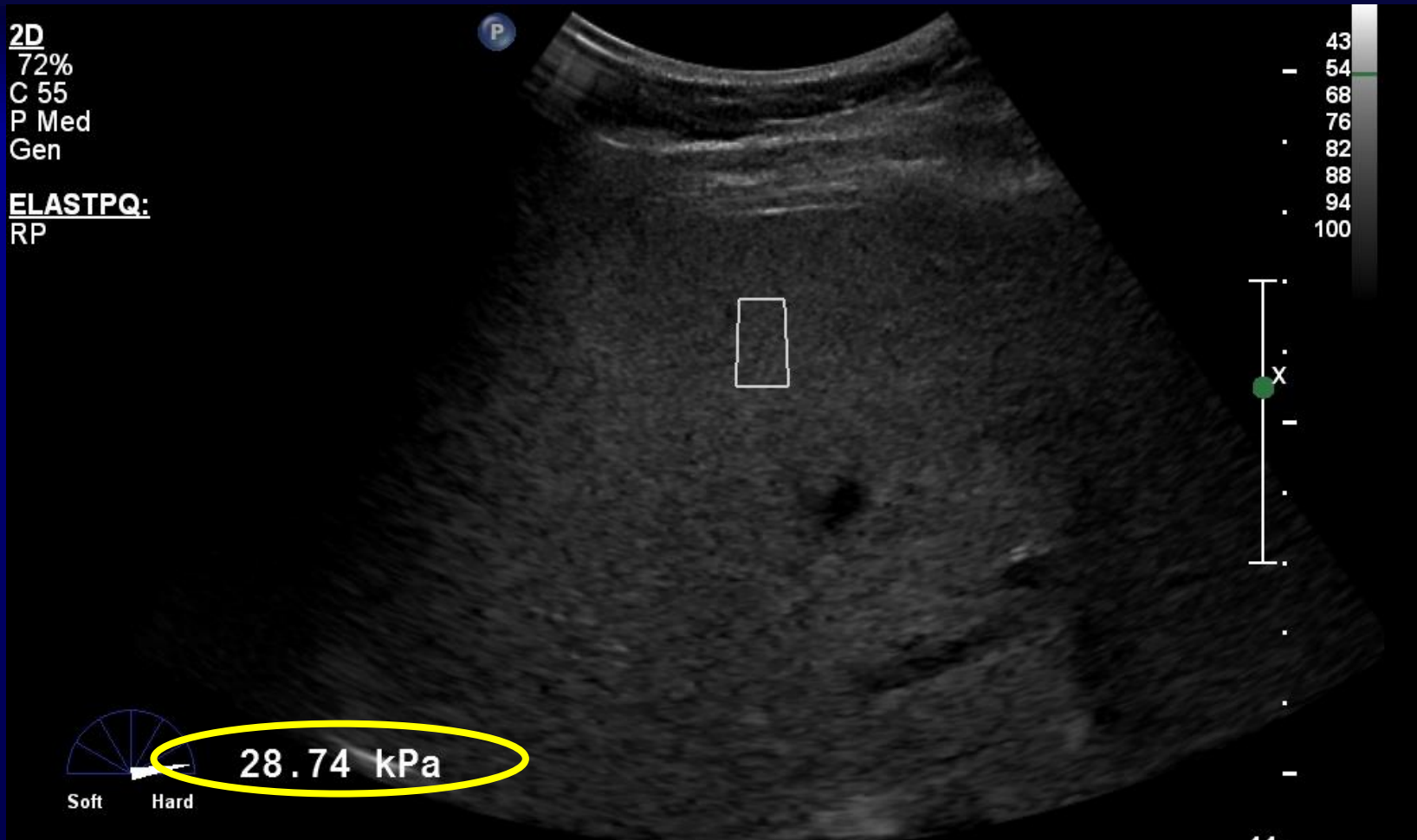
$3.24 \pm 1.58 \text{ kPa}$

16

2D SWE – cirhóza toxonutritivní



Akutní selhání jater

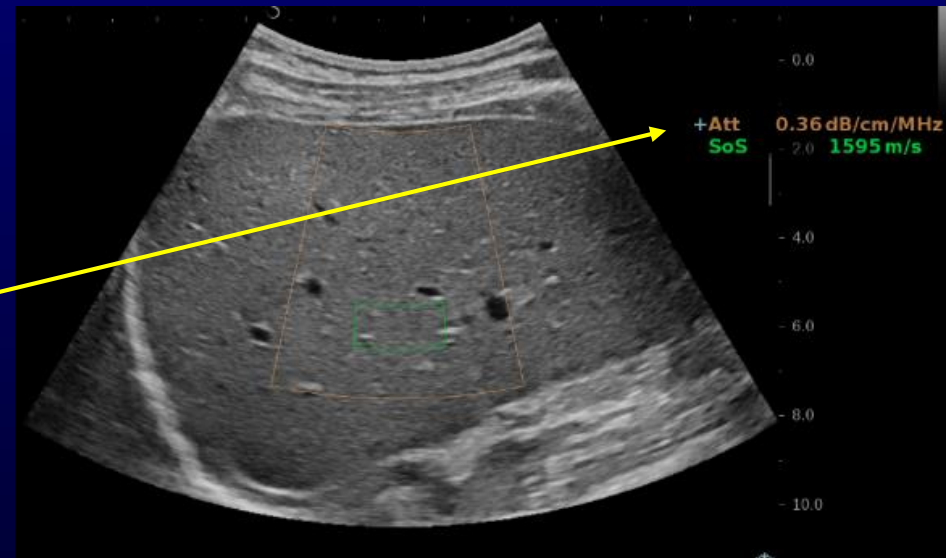
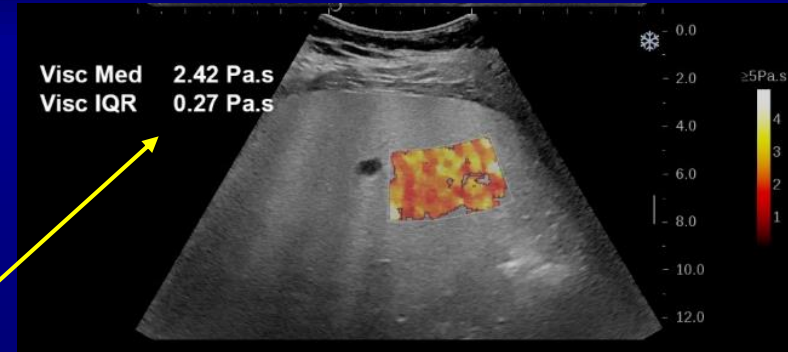


Biopsie jater:

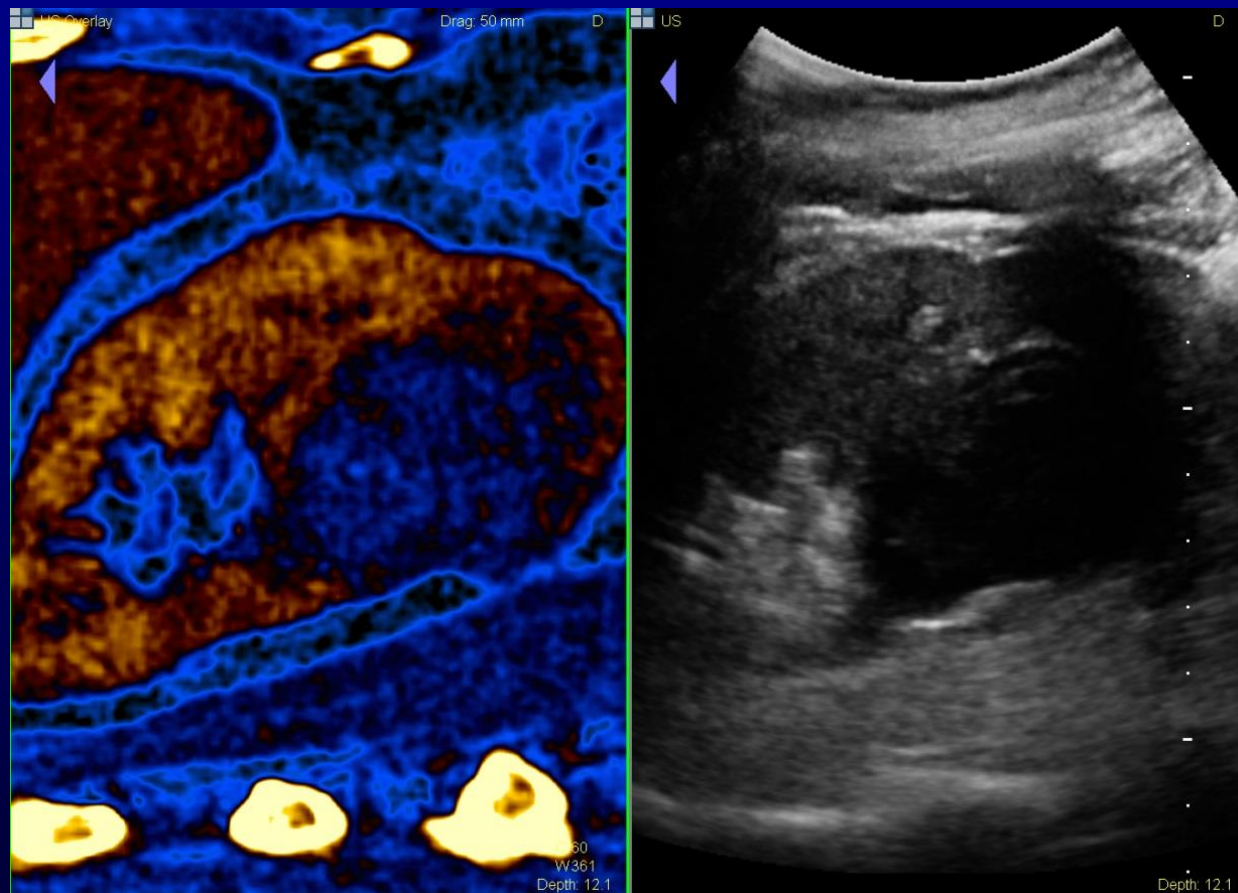
- Aktivní hepatitida se střední fibrózou (F2)

Další možnosti v hodnocení jater

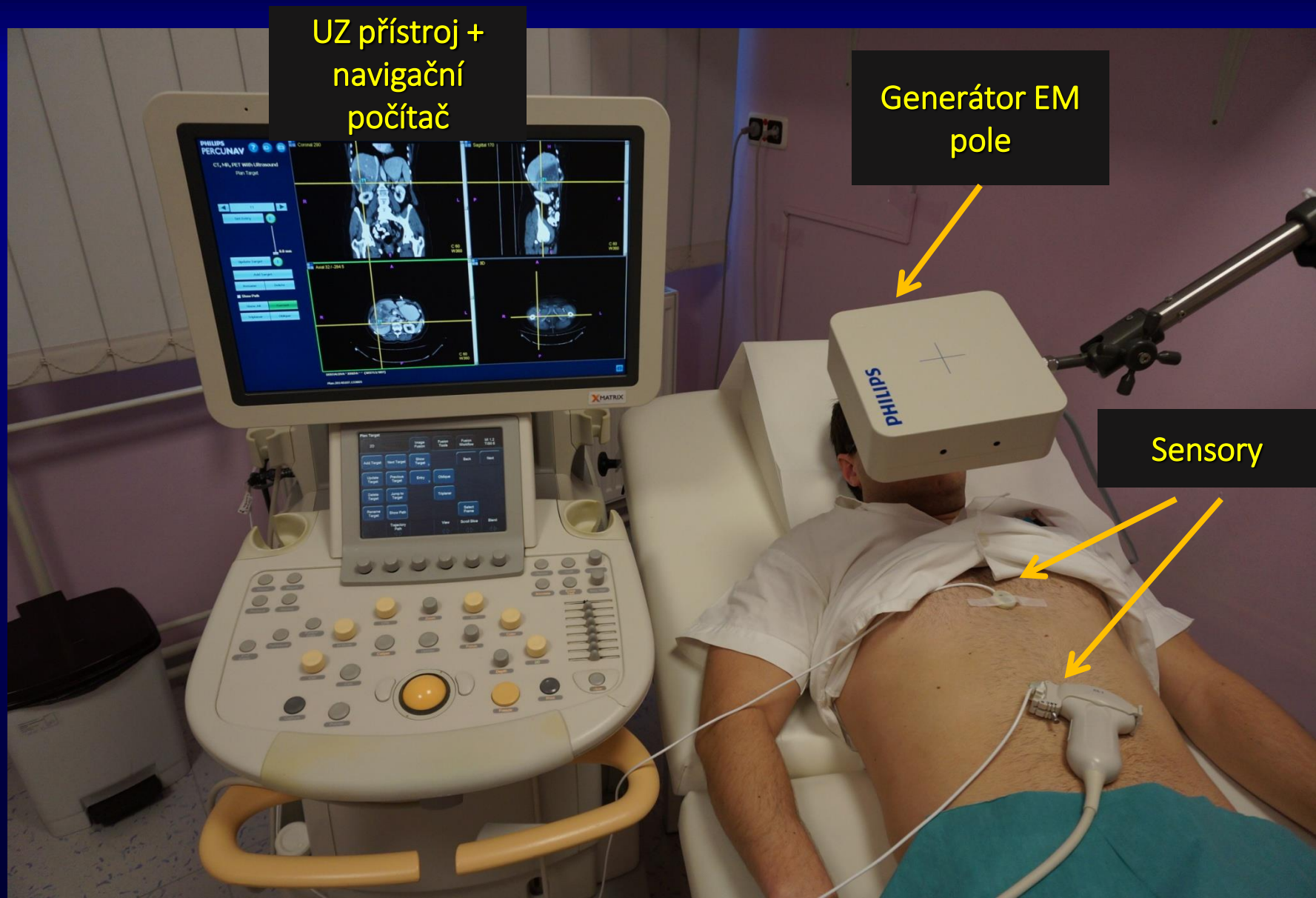
- Disperzní mapa
 - Se zvyšující se frekvencí roste u viskoznější tkáně více rychlost SW
 - Odpovídá viskozitě
 - Vztah k zánětlivým změnám
- Attenuace (dB/cm/Hz)
 - Útlum signálu
 - Kvantifikace steatózy



Fúze UZ s další modalitou



Součásti systému



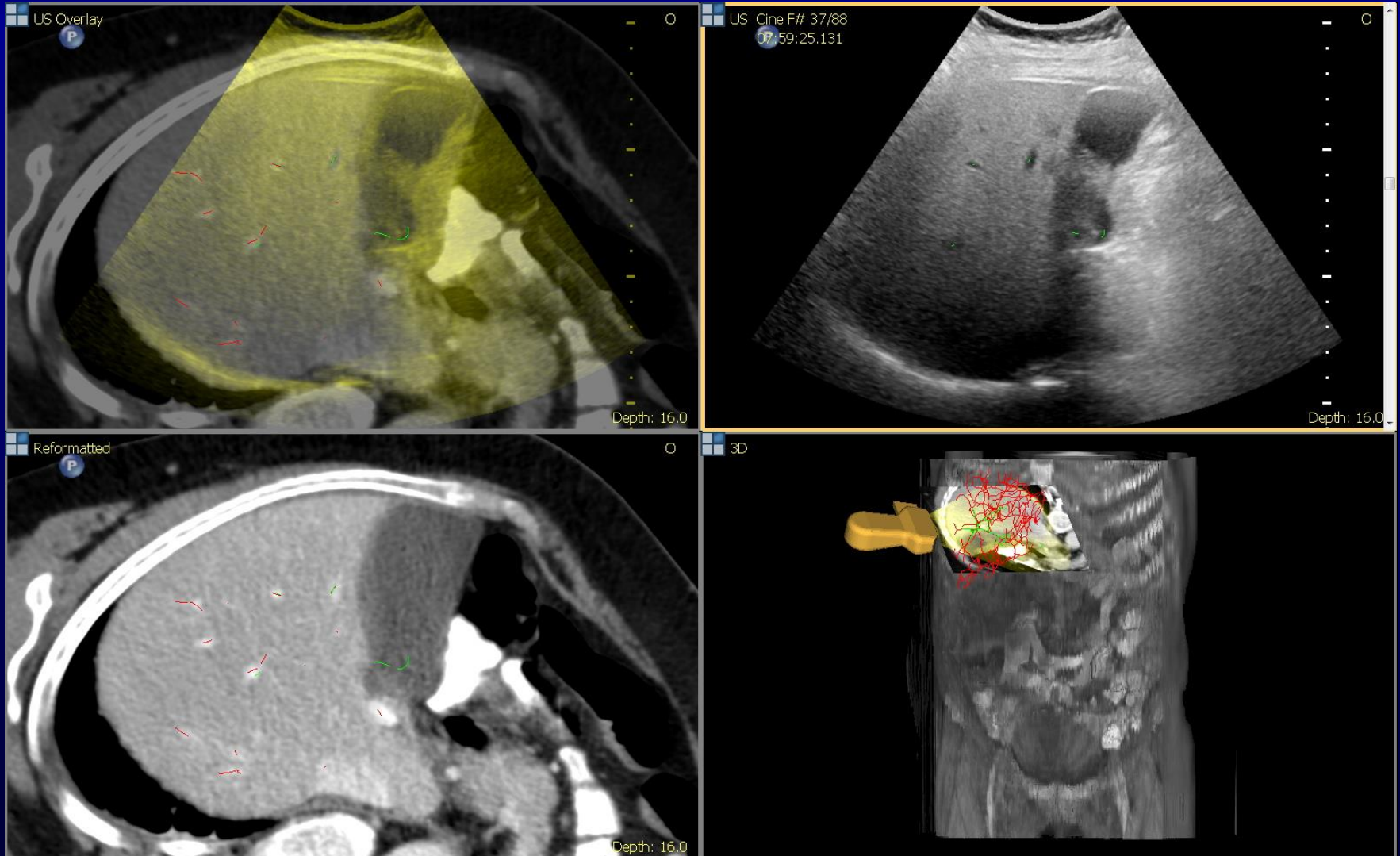
UZ přístroj +
navigační
počítač

Generátor EM
pole

Sensory

Fúze CT +UZ

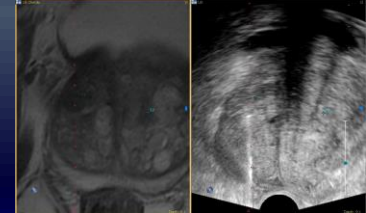
- Vessel



Fúze CT +UZ (video)



Fúze MR + TRUS



- Cílená fúzní MR/TRUS biopsie detekuje více klinicky významných karcinomů ($GS \geq 7$) při menším počtu vzorků

Valerio M, et al. Detection of clinically significant prostate cancer using magnetic resonance imaging-ultrasound fusion targeted biopsy: a systematic review. Eur Urol. 2015;68(1):8–19.

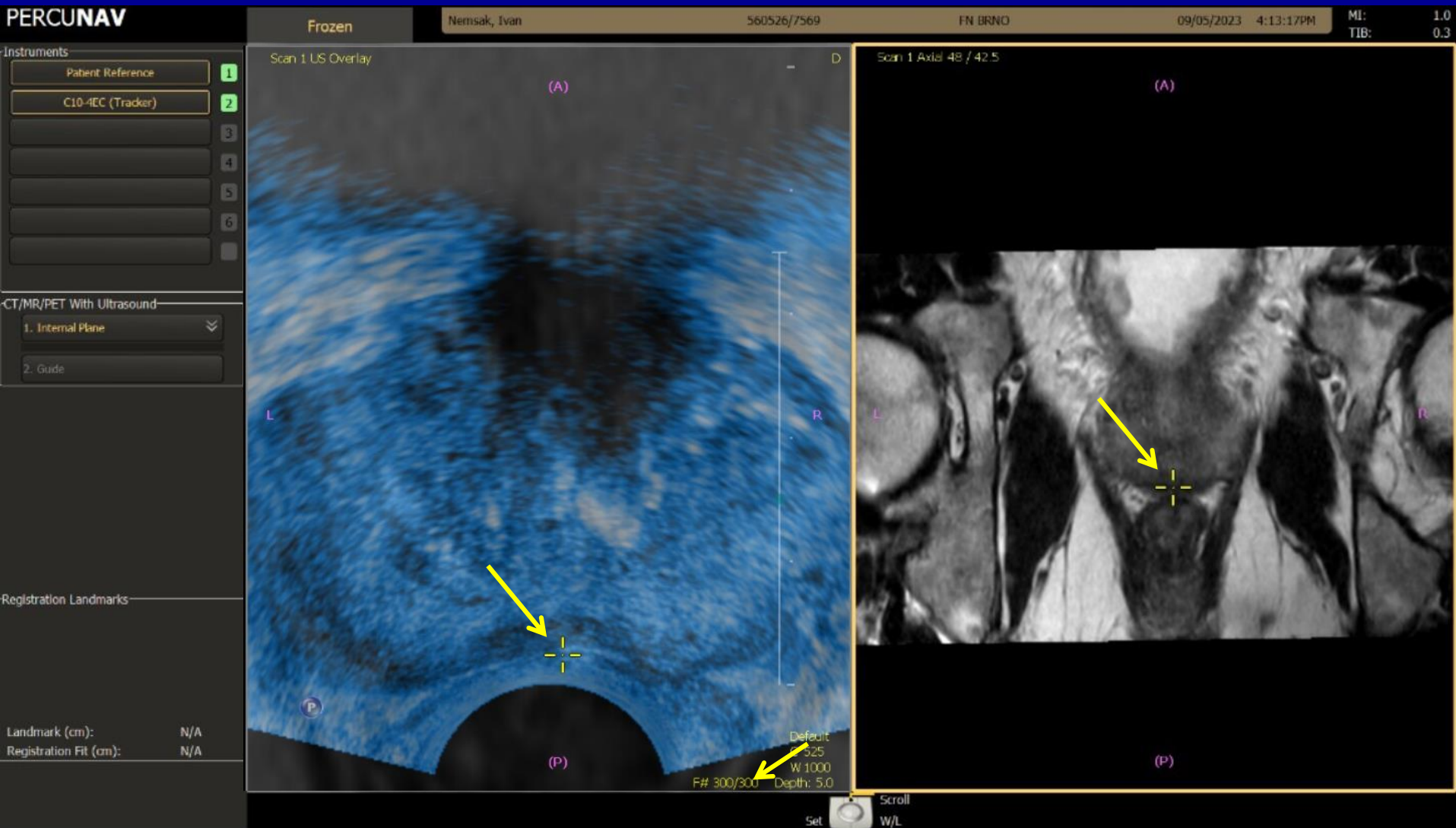
Siddiqui MM, et al. Comparison of MR/ultrasound fusion-guided biopsy with ultrasound-guided biopsy for the diagnosis of prostate cancer. JAMA. 2015;313(4):390–7.

- Fúzní biopsie vykazuje vyšší míru shody s finální patologií (RAPE) než systematická TRUS biopsie.

Talwar R, et al. Concordance between MRI fusion versus TRUS prostate biopsy and final pathology at radical prostatectomy: Data from the PURC. Journal of Clinical Oncology 2020 38:6_suppl, 354-354

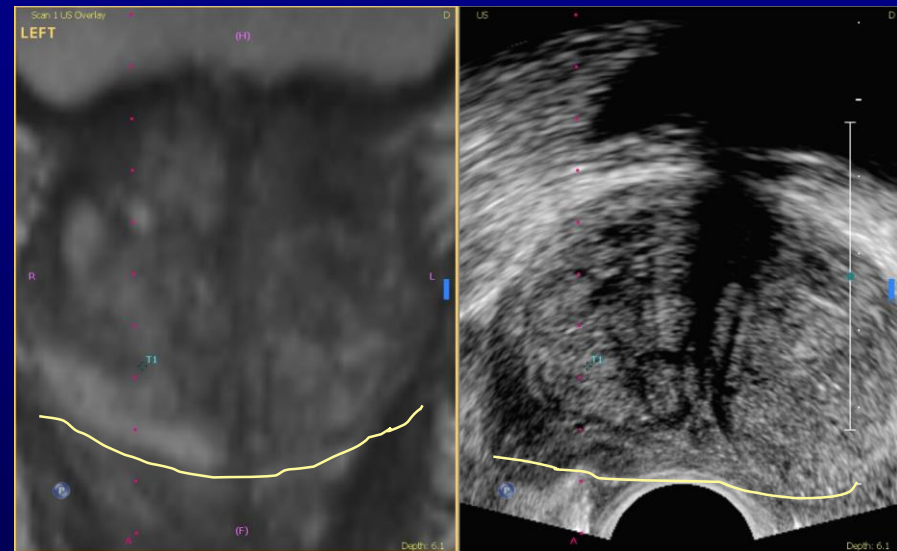
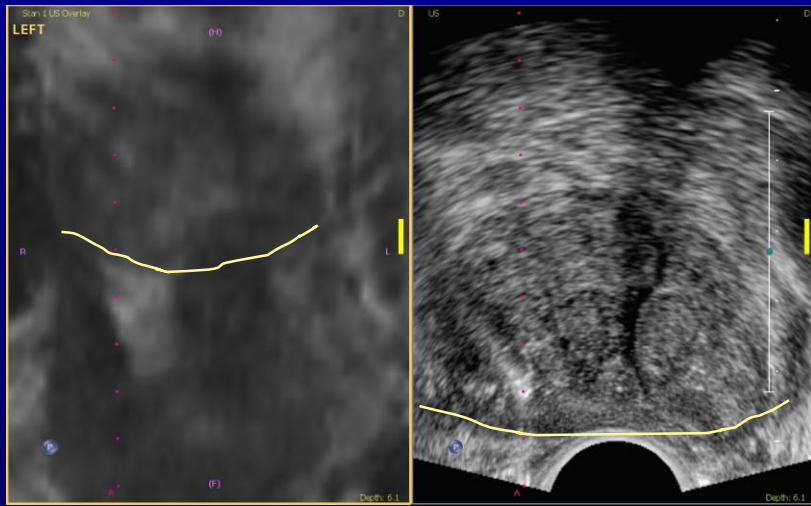
Radiol. UZ fúze - registrace

- Nalezení stejné roviny + 1 bodu



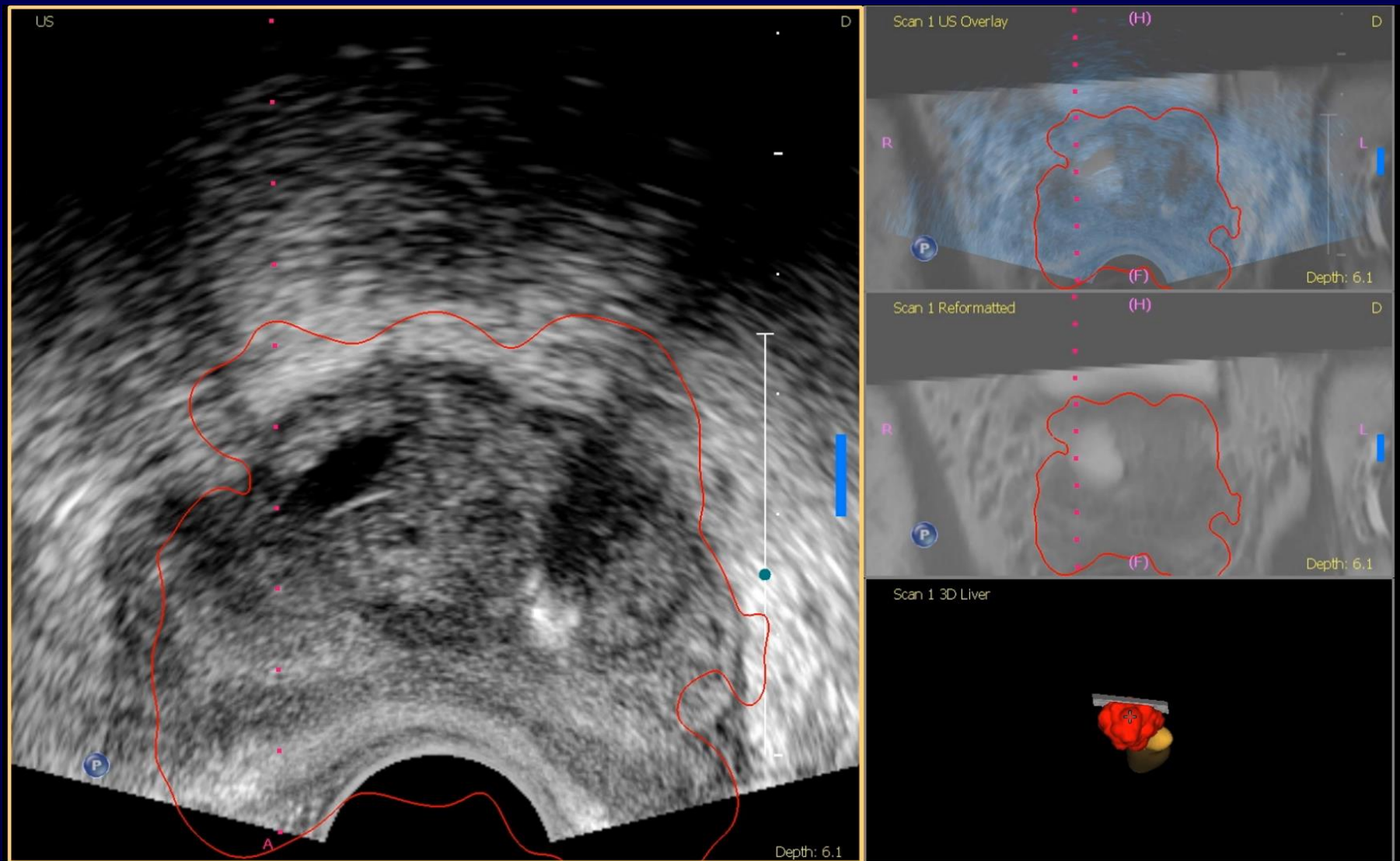
Radiol. UZ fúze - úpravy

- Kontrola a oprava nedokonalé registrace



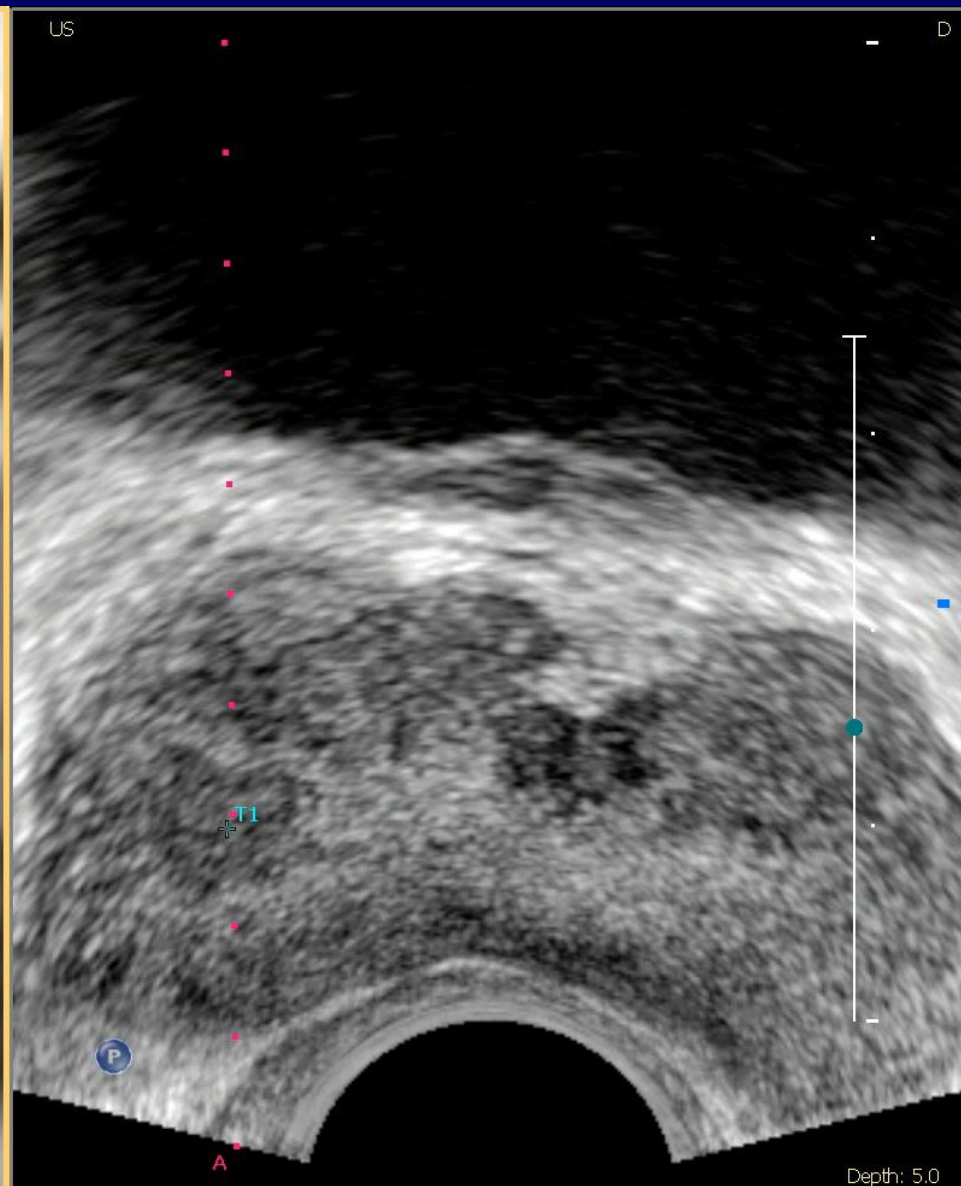
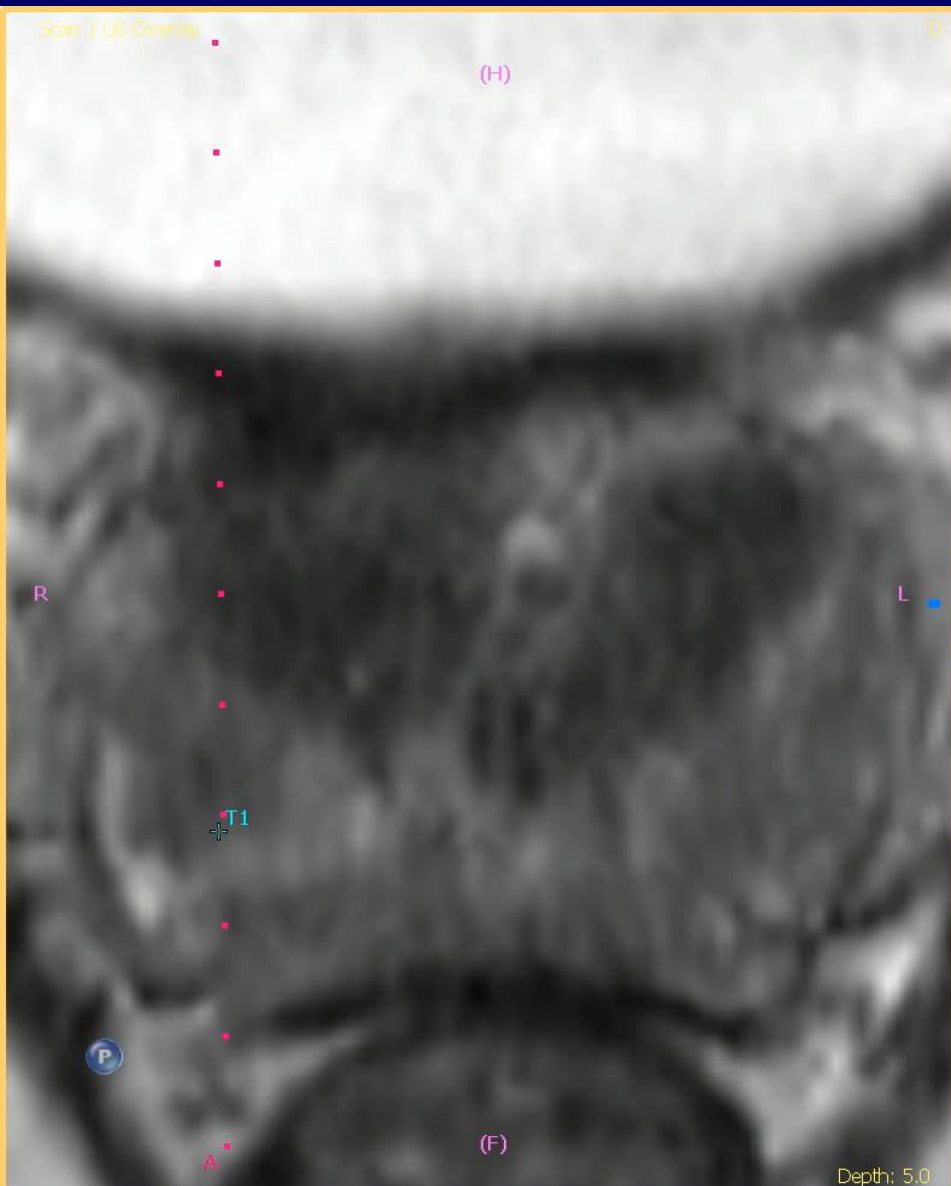
- Nutné po úvodní registraci a při větší změně roviny
- Nelze se spoléhat 100% na přesnost fúzi

MR-UZ fúze segmentace (video)



Biopsie s MR-UZ fúzí (2)

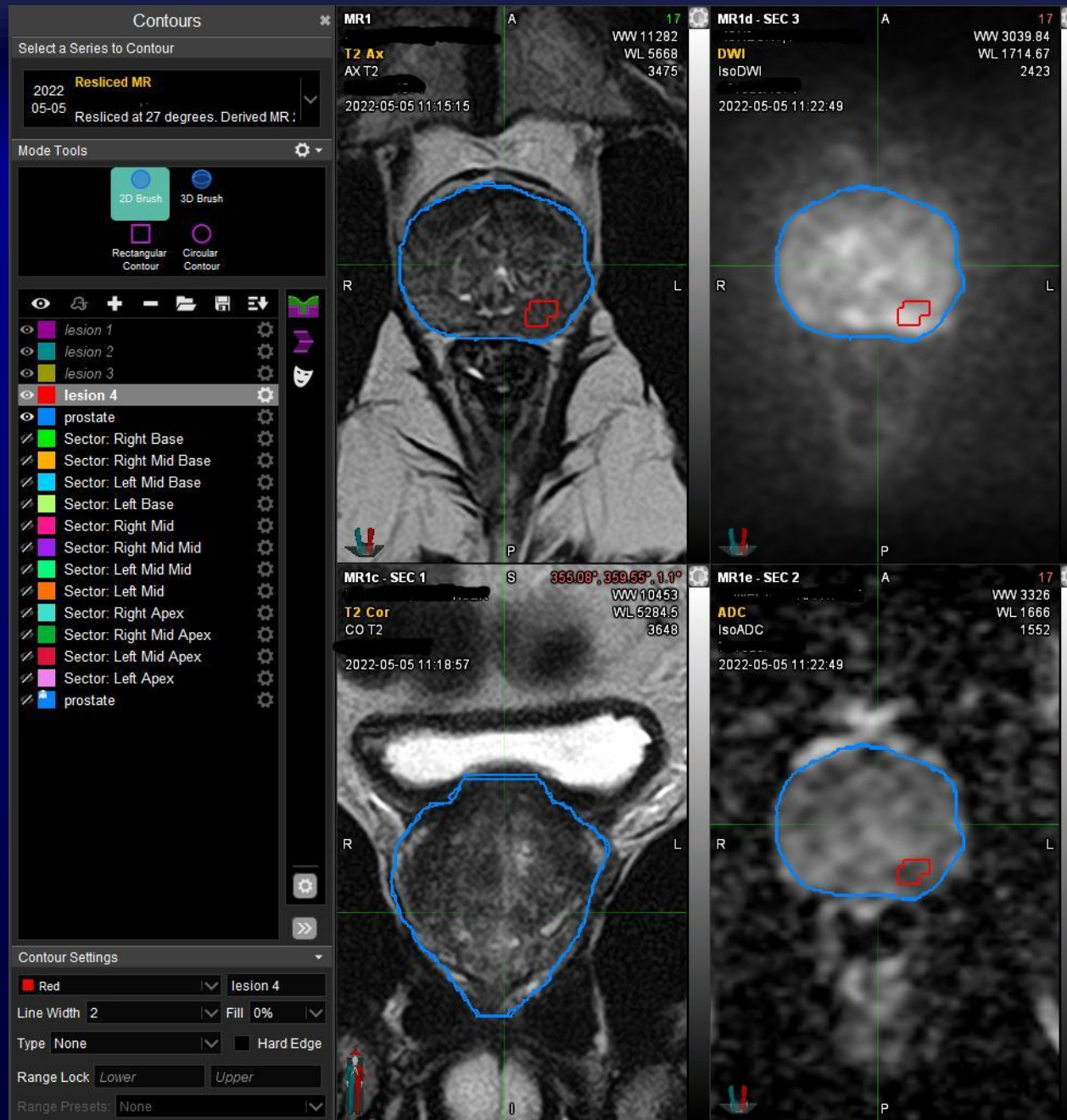
Ca - Gleason 4+4



Urologický UZ pro fúzi



bK fúze - segmentace



bK – real time fúze

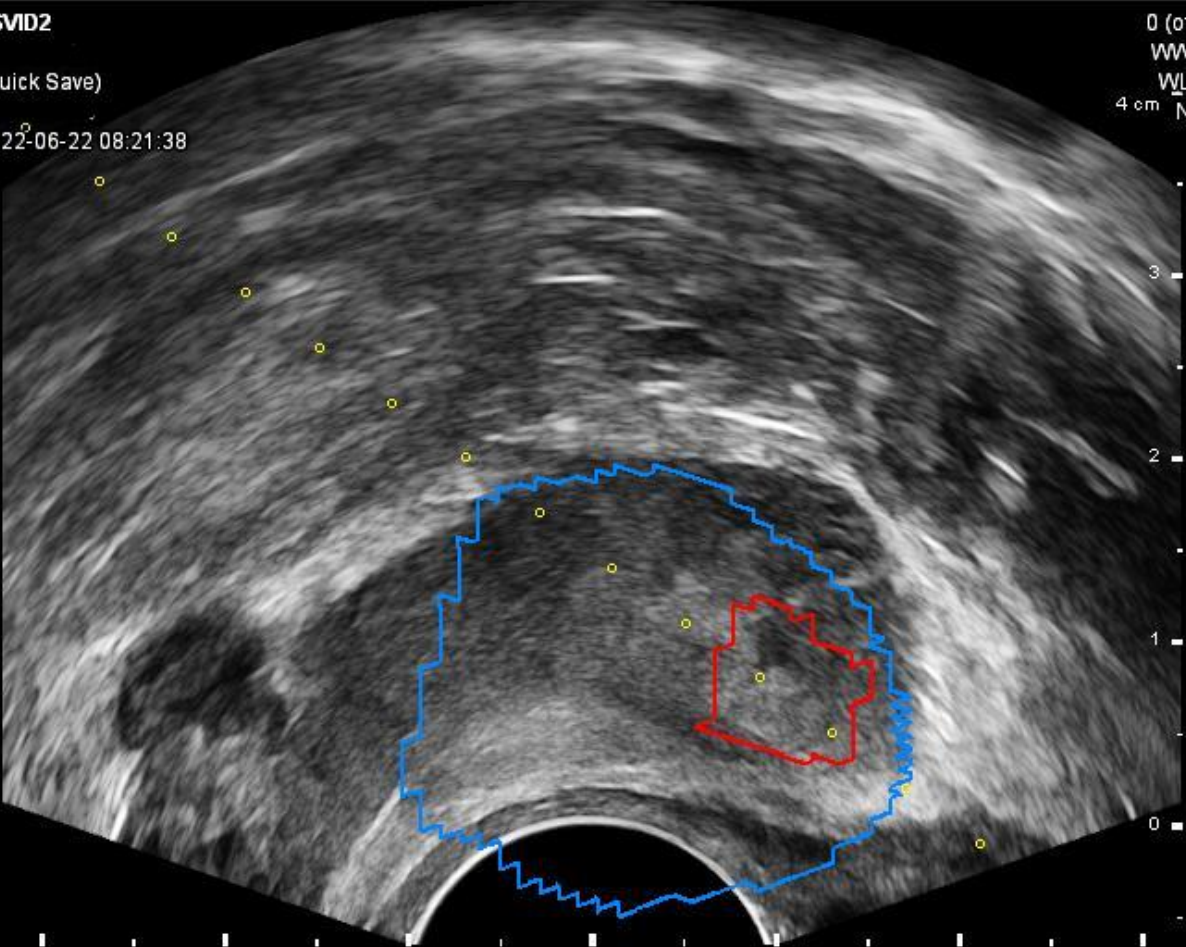
bkFusion

Probe: E14C4t
Clip: UA2377
Guide: Dual - UA1328, UA1329
Current Plan
(Quick Save) - Resliced co... Change...

Fusion
Reset Alignment

Biopsy
Prostate = 29.39 ml
Green
Toggle Needle Finder
Please proceed with taking biopsy samples.

USVID2
(Quick Save)
2022-06-22 08:21:38



0 (of 1)
WW 0
WL 0
4 cm N/A

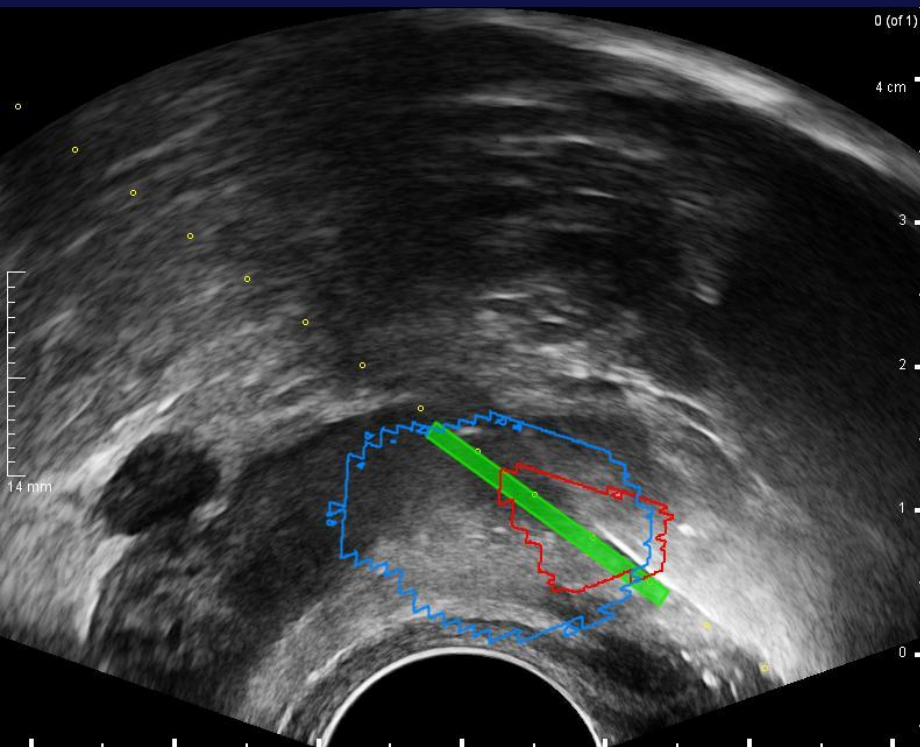
3
2
1
0

1
S

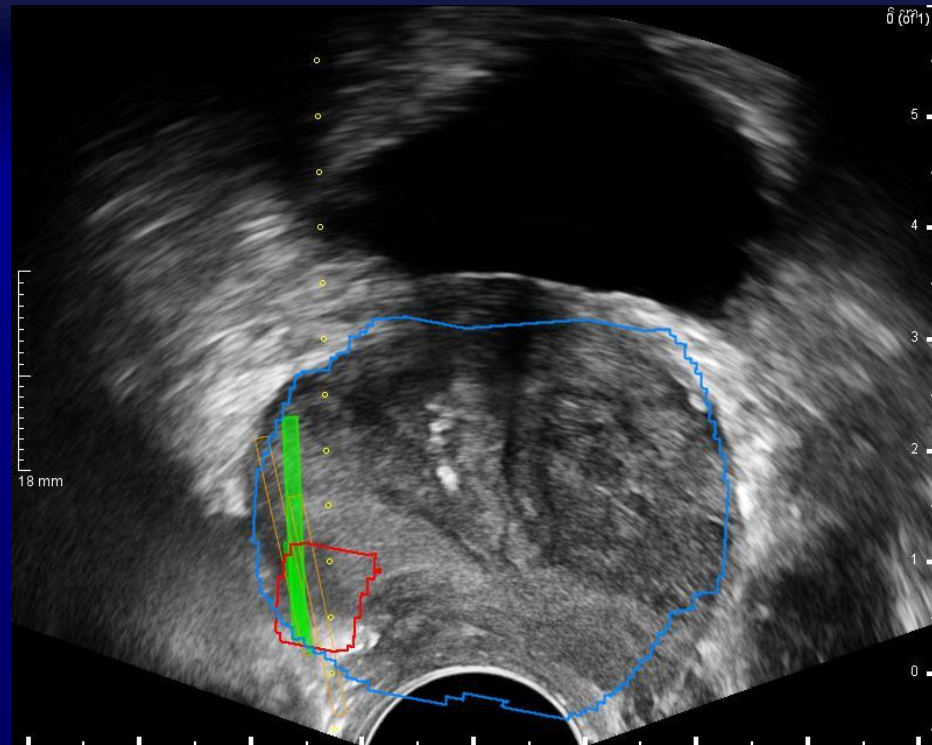
US2 - PRI 1
(Quick Save)
2022-06-22 08:21:38

WW 30000
WL 15000

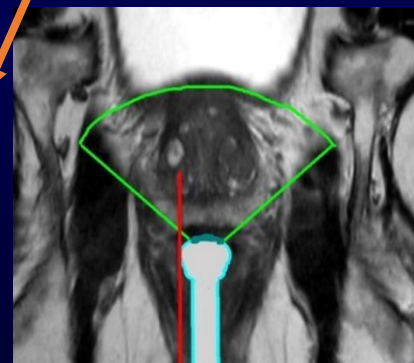
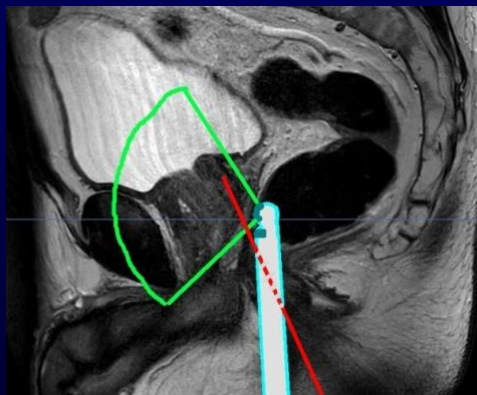
bK – fuzní biopsie



Sagitální



Semitransversální (Endfire)



Úloha radiologa při fuzní biopsii

- 1) Biopsii provádí jen urolog
 - Segmentace prostaty
 - Označení ložiska v SW určeném k biopsii
- 2) Biopsii provádí tým urolog/radiolog
 - (Segmentace prostaty), vyznačení ložiska
 - Registrace MR+UZ, kontrola kvality a úprava
 - Spolupráce s urologem při vlastní biopsii
- 3) Biopsii provádí jen radiolog
 - Vše

Děkuji za pozornost