



Echokardiografické techniky k hodnocení srdeční mechaniky

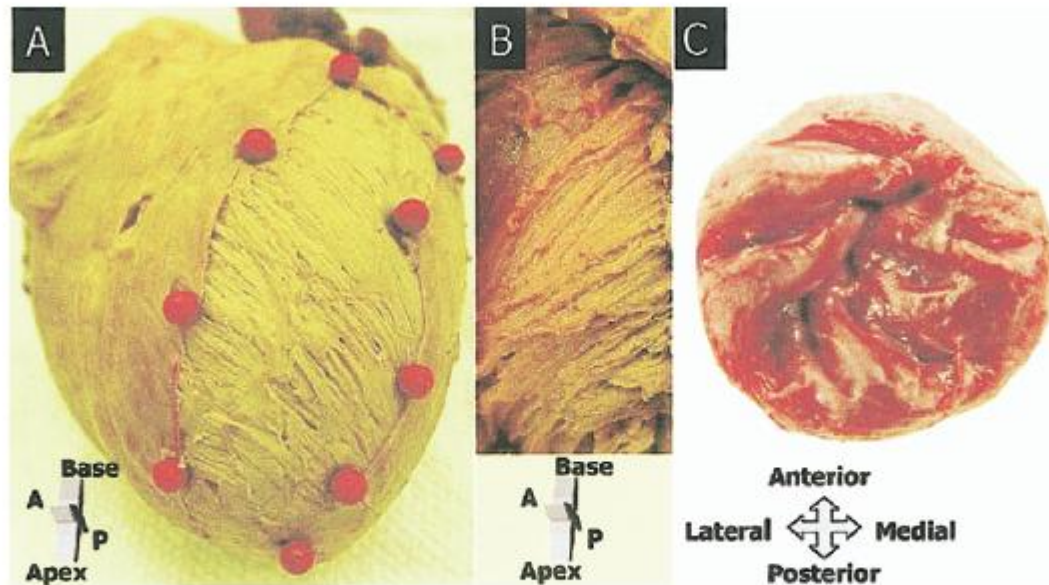
Šikula V.

XXV. Sjezd České kardiologické společnosti, 7. 5. – 10. 5. 2017, Brno

**IKE
M**

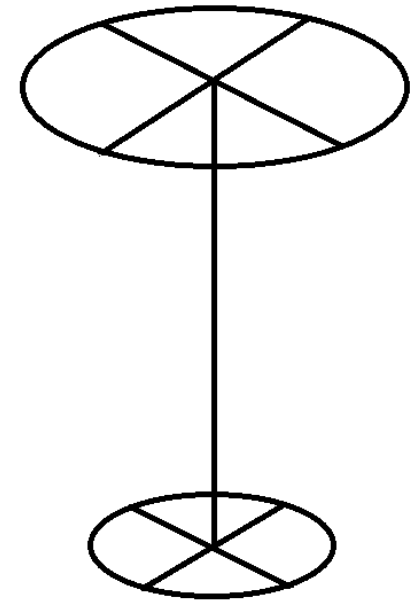
Anatomie levé komory

Svalová vlákna přechází z pravotočivé helikální struktury subendokardiálně do levotočivé helikální struktury subepikardiálně

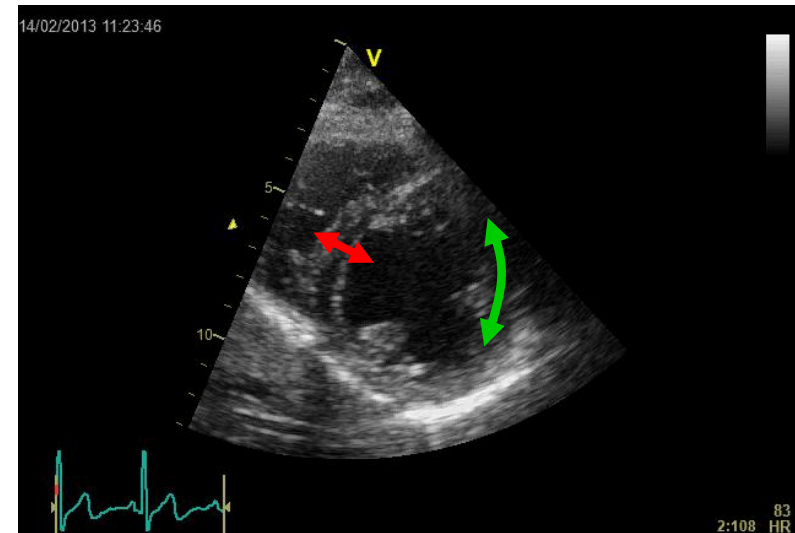
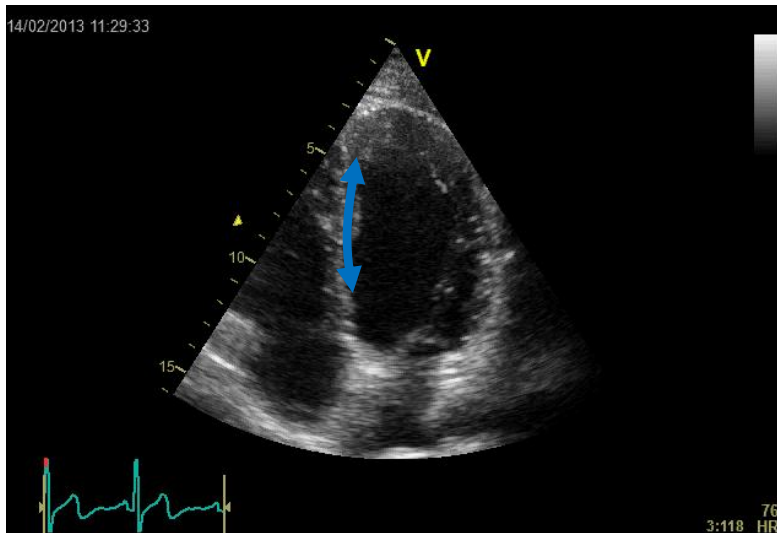


Helical arrangement of muscle fibers in the left ventricle of an explanted adult porcine heart. The arrangement of muscle fibers as seen in the circumferential-longitudinal plane changes from a left-handed helix in the subepicardium (A) to a right-handed helix in the subendocardium (B). The helical arrangement of the endocardial region is also reflected in the arrangement of trabeculae near the apex (C). A = anterior; P = posterior.

- rozdílná rotace baze a apexu
- longitudinální zkrácení
- Efektivní zmenšení vnitřního objemu
– 15% zkrácení myocitů vede k více
jak 40% ztlustění stěny a k >60%
ejekční frakci



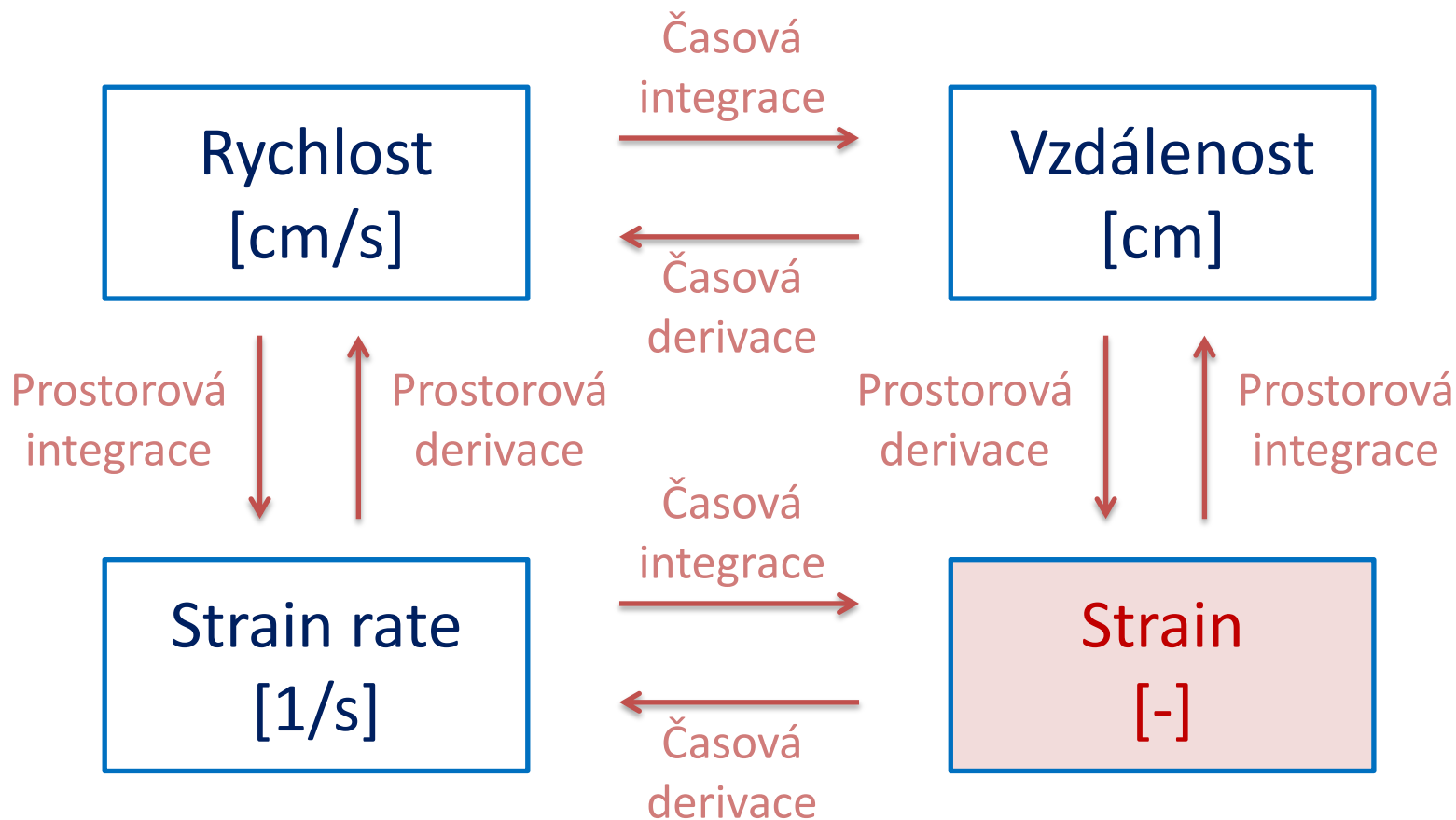
- longitudinální, radiální a cirkumferenciální strain



- **Strain** [%] – popisuje deformaci myokardu
pozitivní strain – prodloužení (radiální)
negativní strain – zkrácení (longitudinální, cirkumferenciální)

$$S_L(t) = \frac{L_t - L_0}{L_0}$$

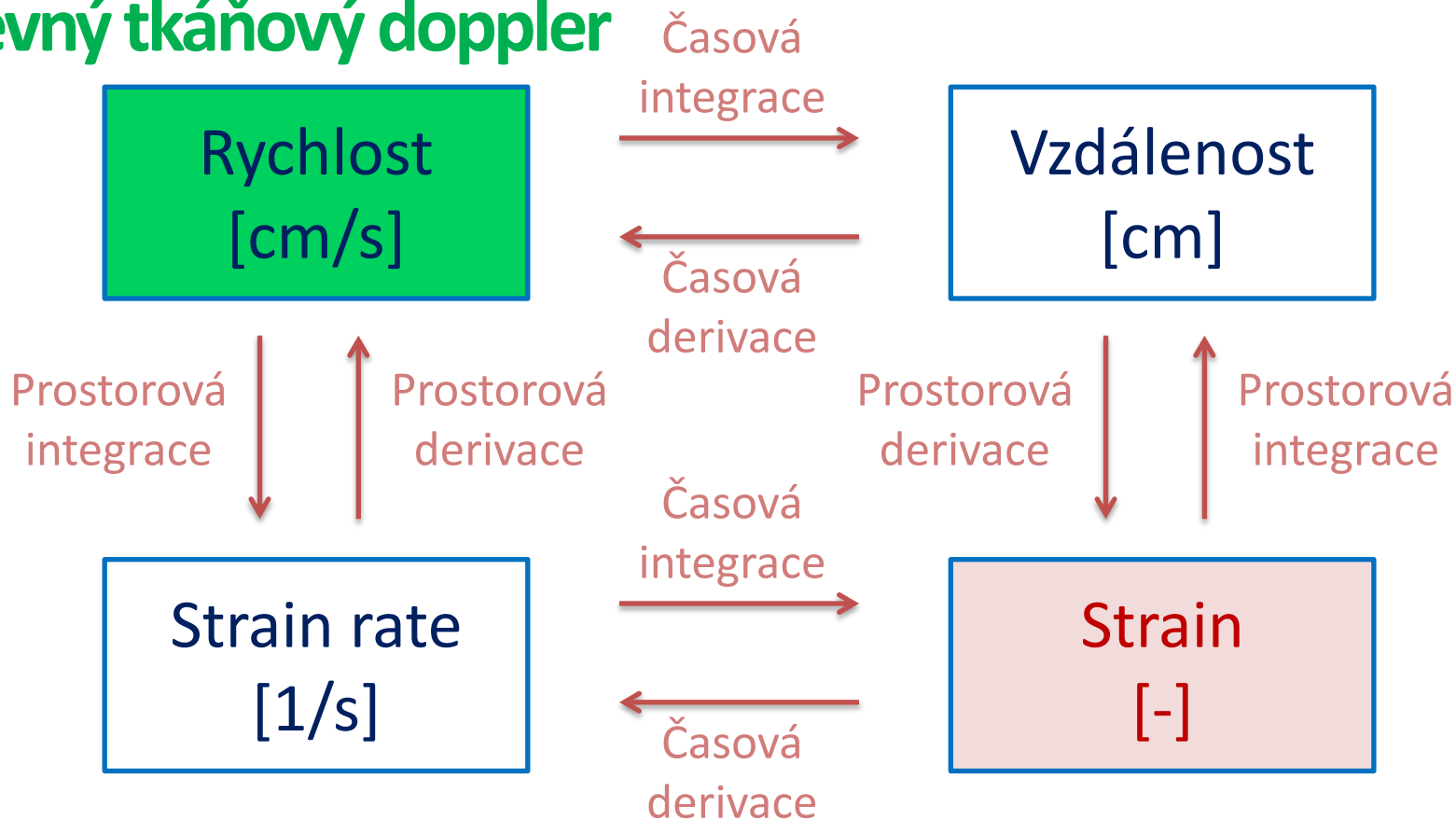
Integrační a derivační vztahy mezi parametry v čase a v prostoru



- K dopočítání **strain** potřebujeme alespoň jeden z ostatních parametrů v čase a v prostoru

Integrační a derivační vztahy mezi parametry v čase a v prostoru

Barevný tkáňový doppler



- K dopočítání **strain** potřebujeme alespoň jeden z ostatních parametrů v čase a v prostoru

Integrační a derivační vztahy mezi parametry v čase a v prostoru

Barevný tkáňový doppler

Rychlost
[cm/s]

Prostorová integrace
↓
↑
Prostorová derivace

Strain rate
[1/s]

Časová integrace
→

←
Časová derivace

Časová integrace
→

←
Časová derivace

Speckle - tracking

Vzdálenost
[cm]

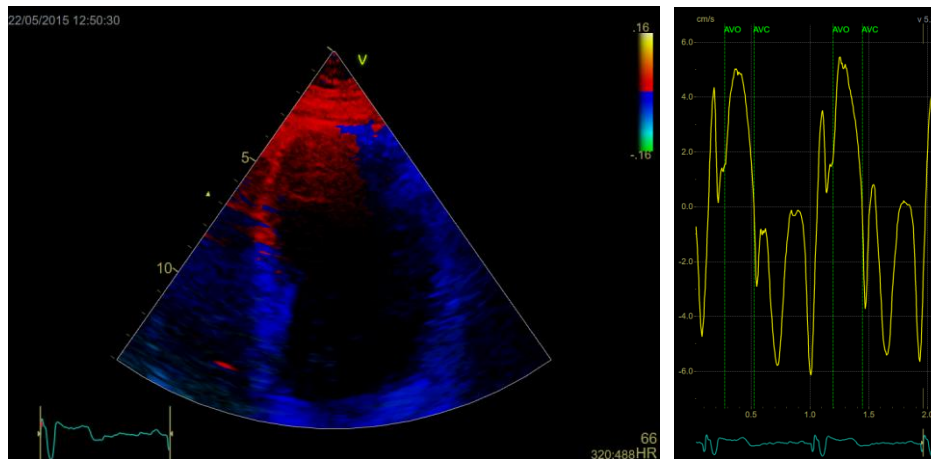
Prostorová derivace
↓
↑
Prostorová integrace

Strain
[-]

- K dopočítání **strain** potřebujeme alespoň jeden z ostatních parametrů v čase a v prostoru

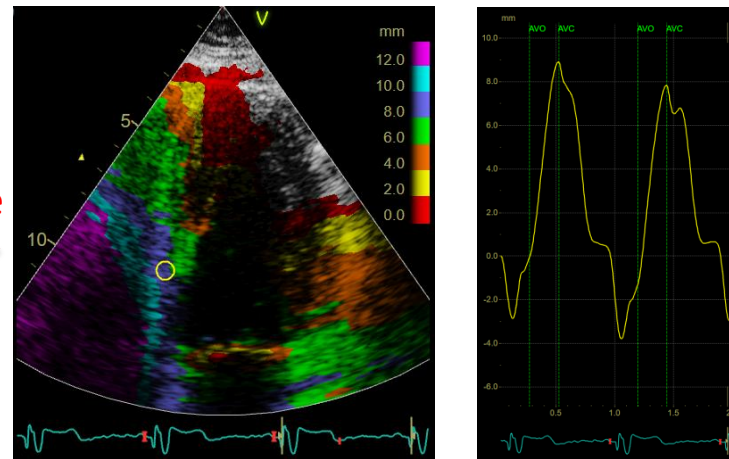
Barevný tkáňový doppler

Velocity [cm/s]

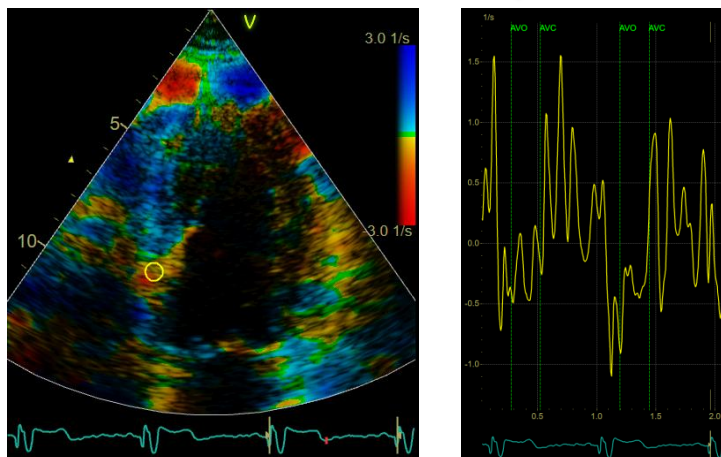


Časová integrace

Displacement [cm]

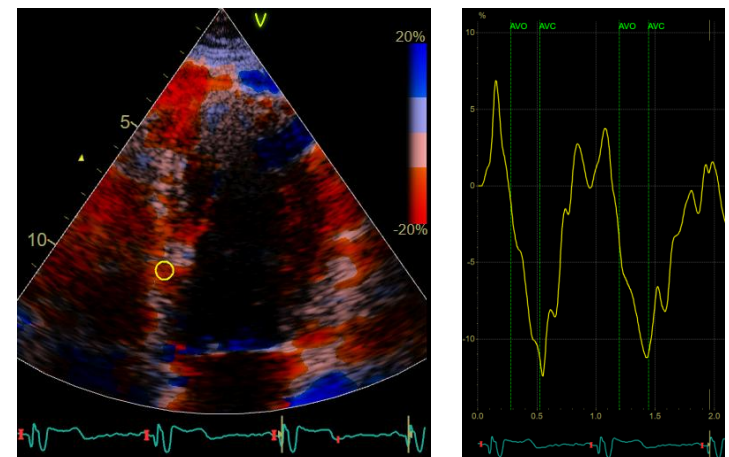


Strain rate [1/s]



Prostorová integrace

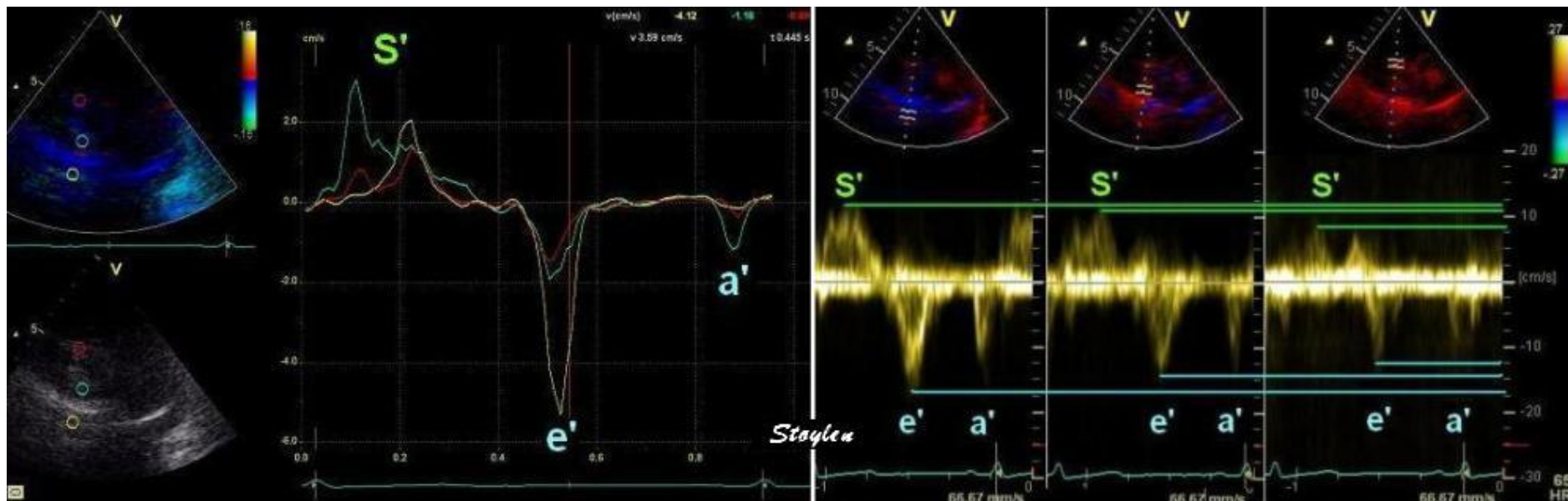
Strain [-]



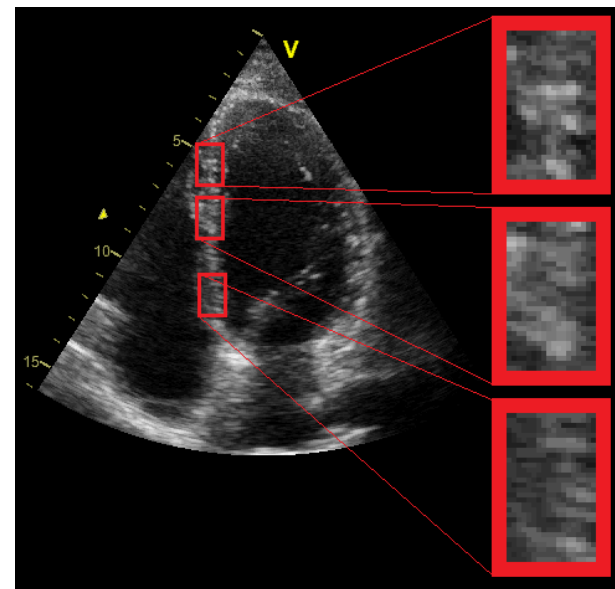
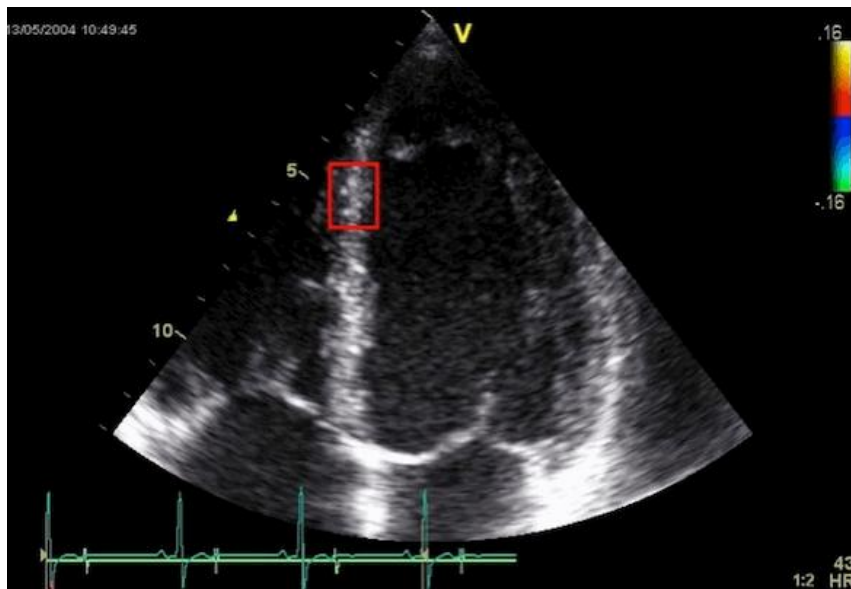
Prostorová integrace

Časová integrace

- Barevný doppler odhaduje průměrnou hodnotu v daném vzorkovacím objemu → šum směrem k nulové linii výrazně snižuje průměrnou hodnotu rychlosti (běžně o 1,5-2cm/s)
- Projeví se respirační pohyby
- Výrazná **úhlová závislost**



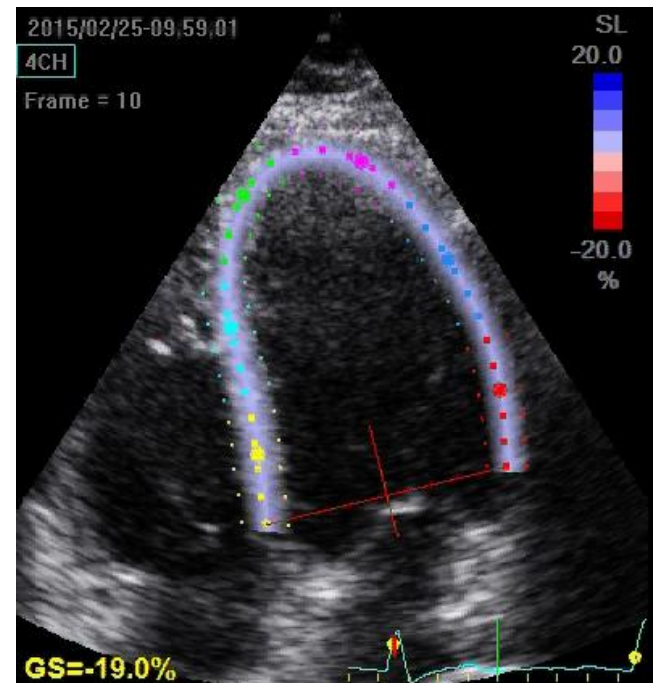
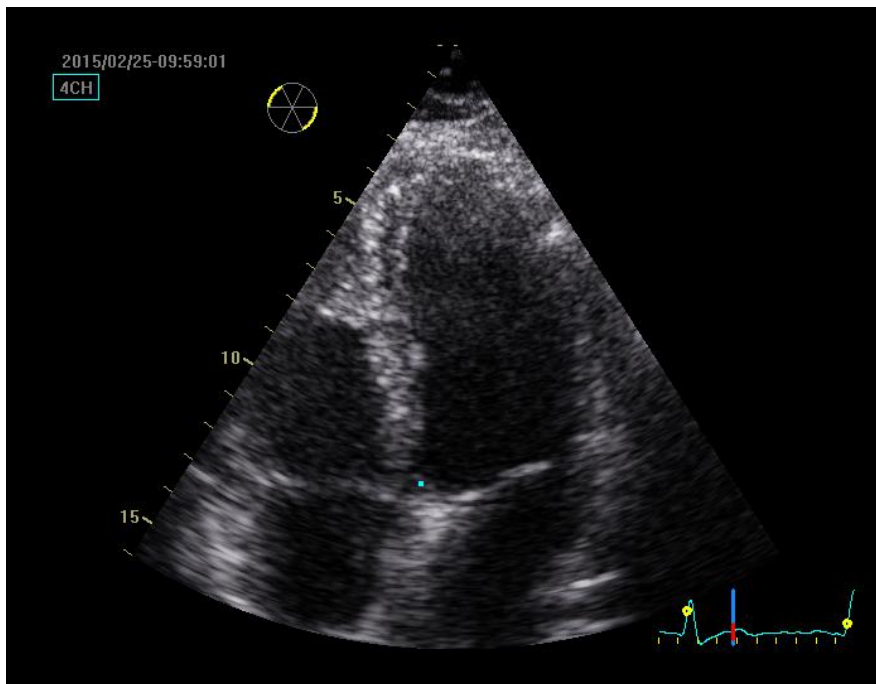
- Vychází ze sledování pohybu malých bloků „specklů“ mezi jednotlivými snímky
- Speckly – vznikají „náhodnou“ interferencí ultrazvukového signálu odrazem od malých částic a vytváří tak specifickou texturu pro danou oblast
- Lokální posun lze sledovat ve všech směrech roviny (prostoru)



- Frame-rate 60-80 snímků/s (40-80)
 - Příliš nízký frame-rate – posun „speklů“ mimo skenovanou rovinu v 3D prostoru
 - Příliš vysoký frame-rate – rozmazání „speklů“ vlivem nízké „line density“
- Optimalizace velikosti skenované výseče
- Obraz bez artefaktů způsobujících nerozpoznatelnost speklů – výpadky signálu, reverberace u laterální stěny...
- Zaznamenání dat minimálně 100ms před prvním QRS komplexem a 200ms po posledním QRS komplexu – pro kompenzaci driftu

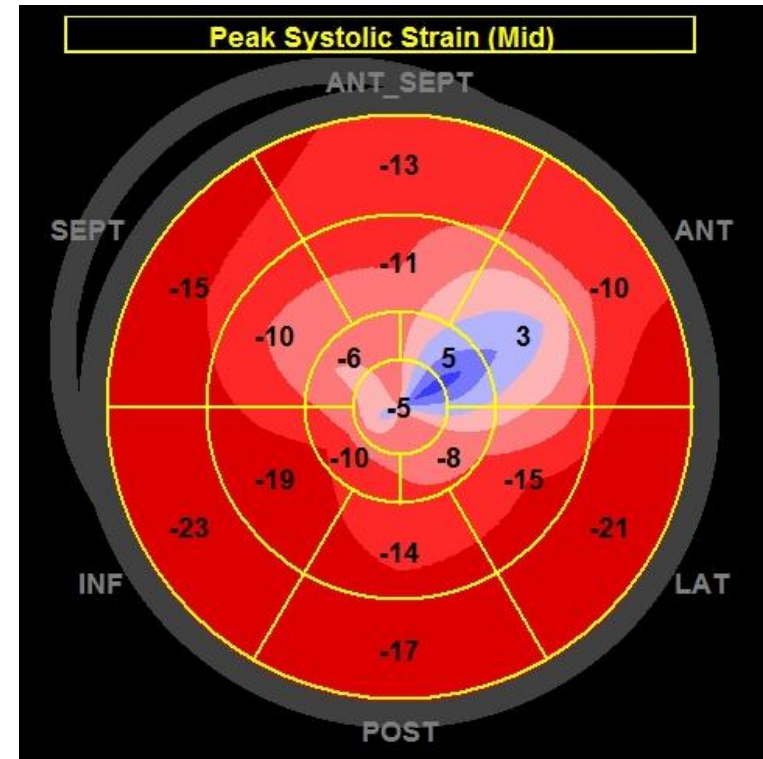
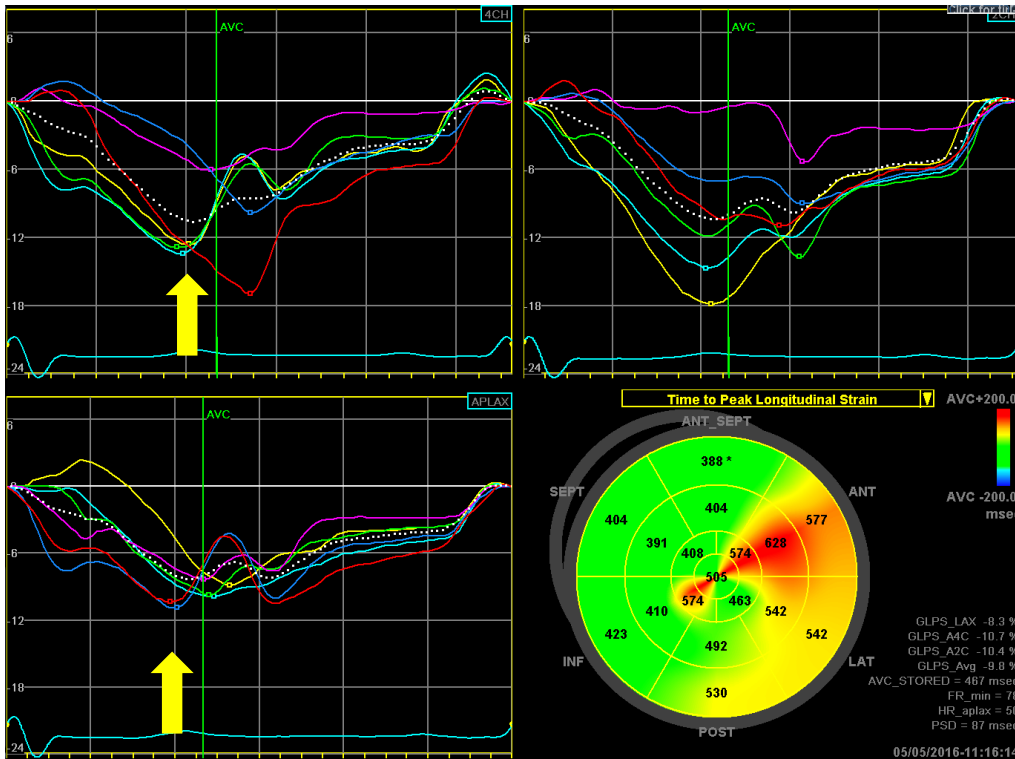
2D Speckle-tracking: analýza

- Semiautomatická metoda – manuální definování myokardu -> -> tracking programem -> **vizuální kontrola trackingu v pohybu** a případná manuální korekce a opětovné přepočítání



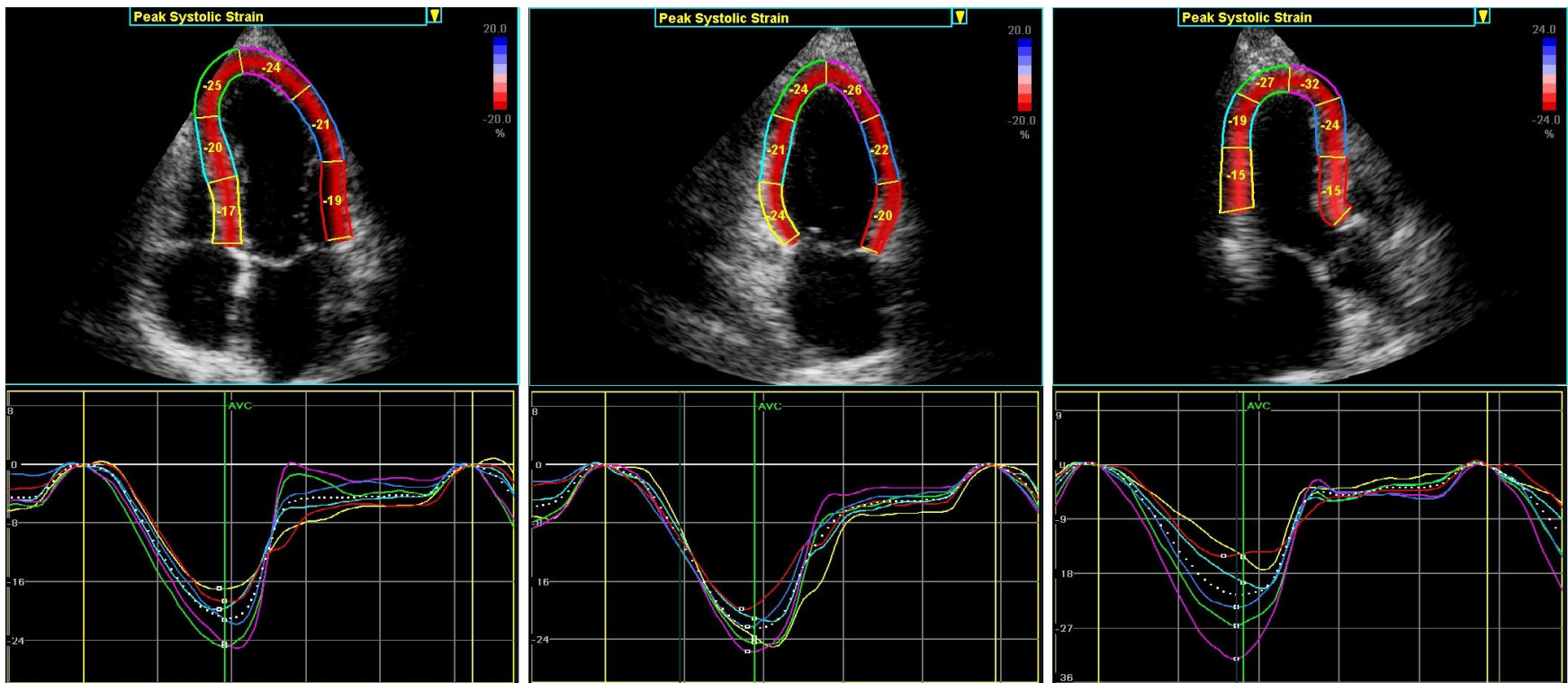
Interpretace longitudinálního strain

- Vývoj strain v jednotlivých segmentech levé komory v závislosti na čase
- Zobrazení vrcholového strain v rámci segmentů („bull's eye“)



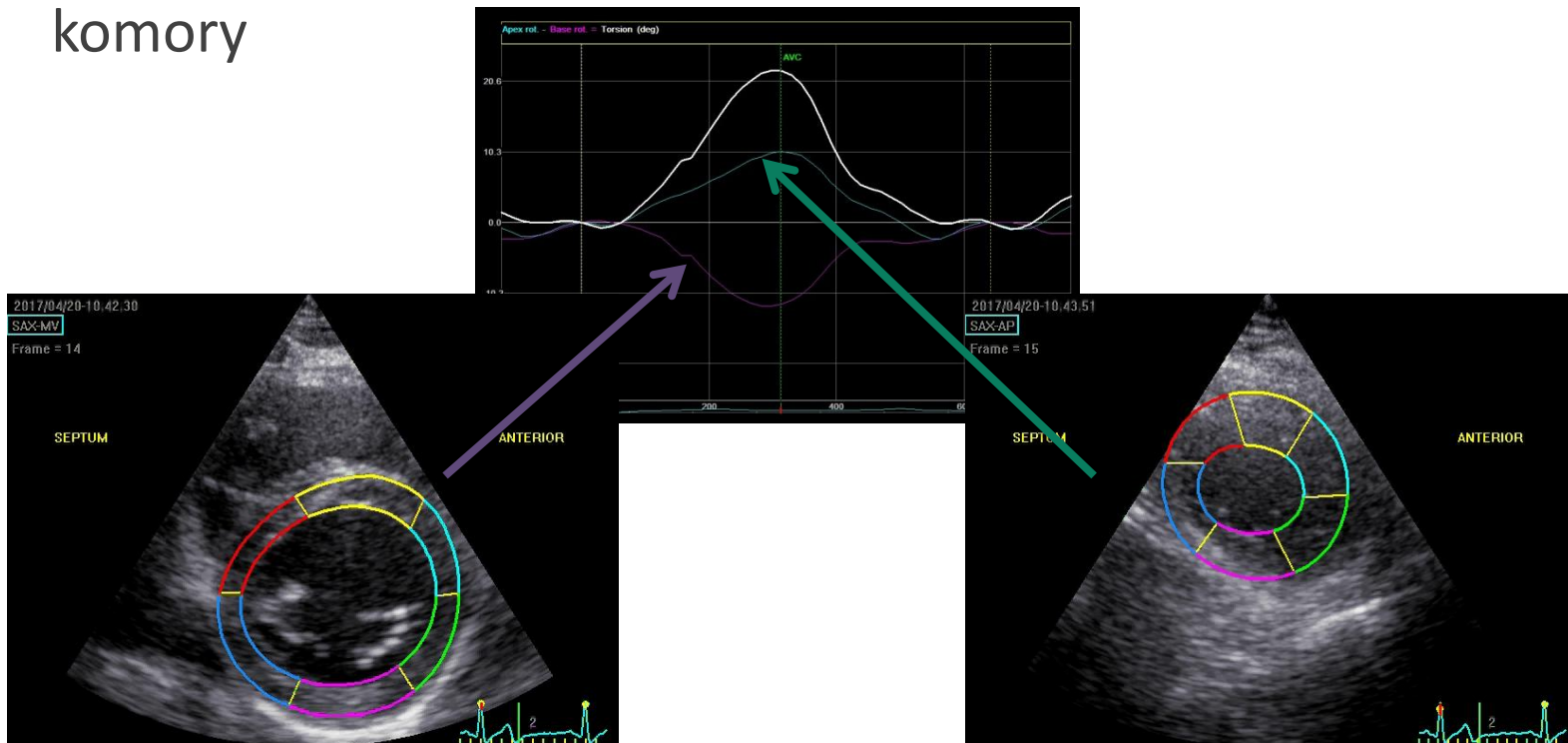
Globální longitudinální strain (GLS)

- Zprůměrováním midwall strainu ze tří základních apikálních projekcí se získá **jedno číslo** podávající informaci o systolické funkci levé komory



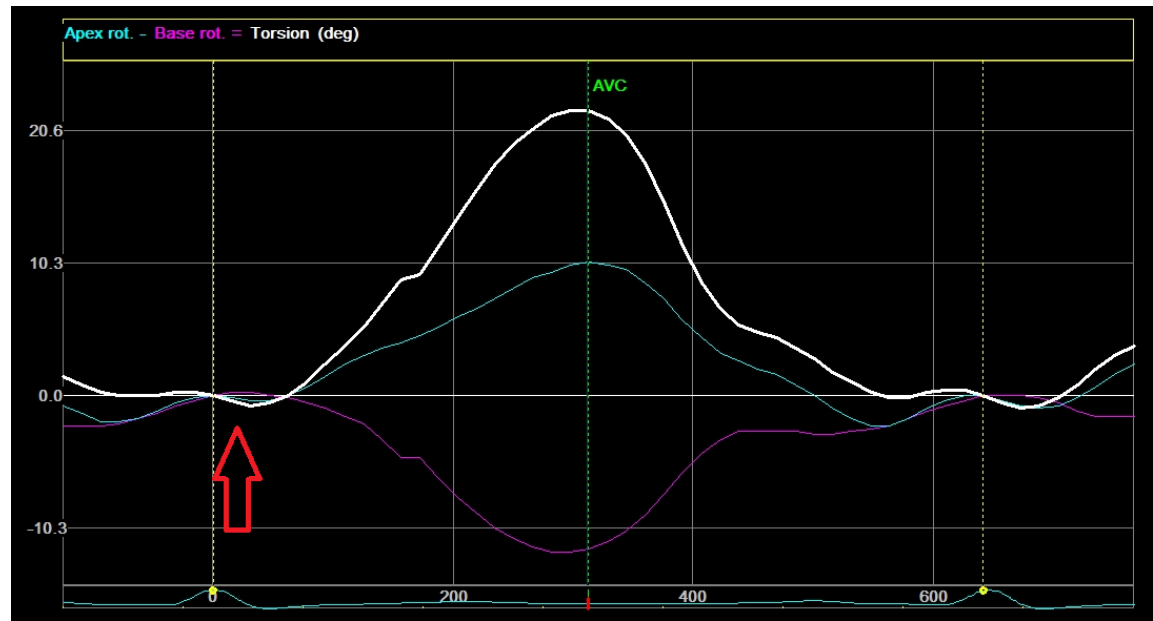
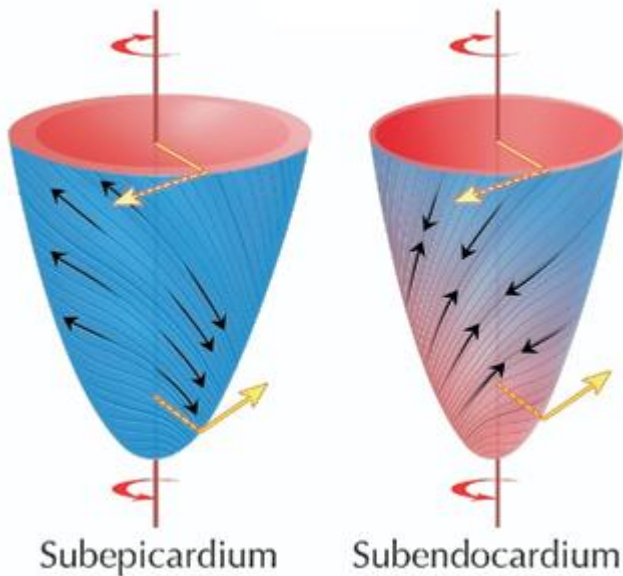
2D Speckle-tracking: rotační parametry

- Na základě speckle-tracking PSAX projekce baze a apexu (v pozici, kdy se v systole téměř uzavírá dutina levé komory)
- **Rotace** [deg] – rotace kolem dlouhé osy levé komory
- **Twist** [deg] – absolutní rozdíl mezi rotací baze a hrotu levé komory



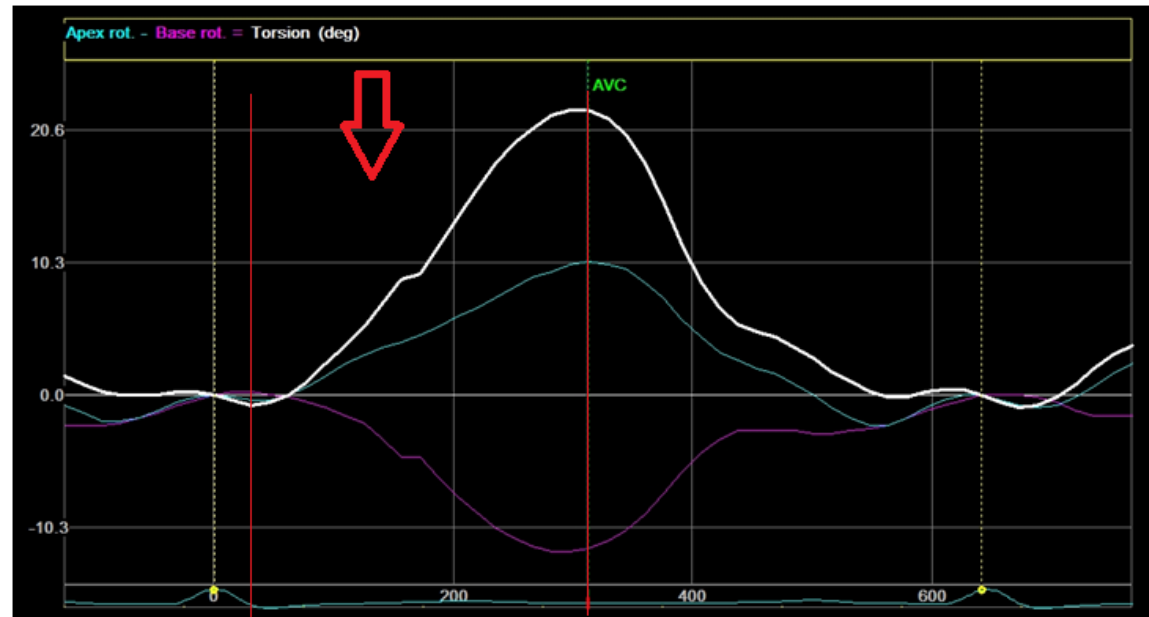
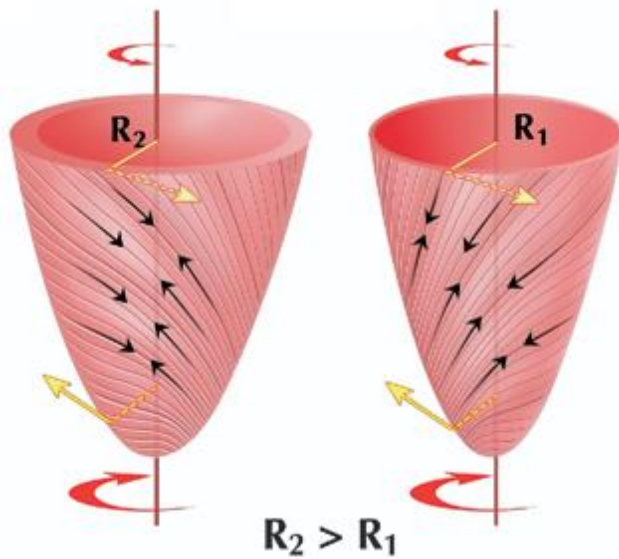
Rotační parametry: preejekční fáze

- Stah subendokardiální vrstvy (pravotočivá)
 - napnutí midwall a subepikardiální vrstvy – izovolumická fáze, silnější stah v ejekční fázi v důsledku Frank-Starlingova mechanismu
 - lehká rotace apexu po směru hodinových ručiček a baze proti směru



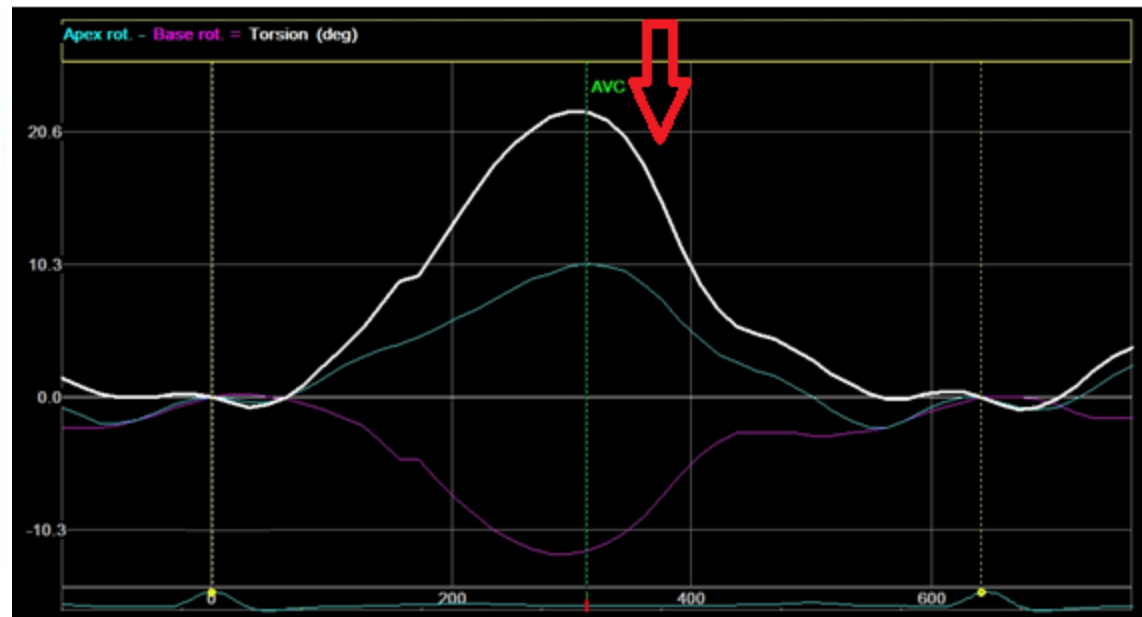
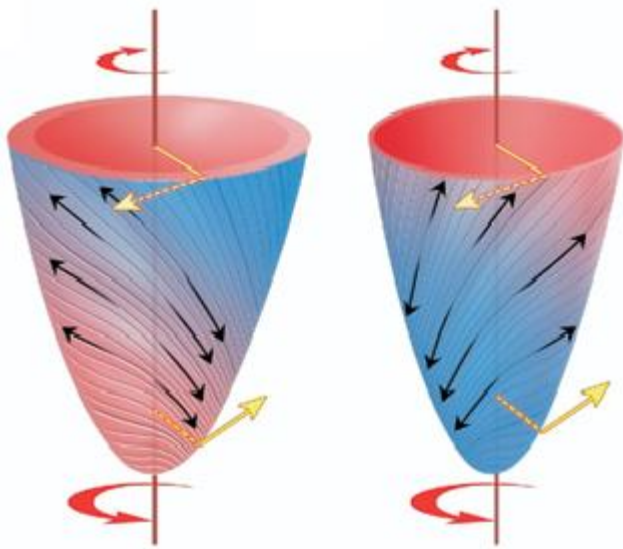
Rotační parametry: ejekční fáze

- Simultánní stah všech vrstev myokardu
 - větší pákový moment subepikardiálních vrstev způsobí rotaci apexu proti směru hodinových ručiček a baze po směru



Rotační parametry: postejekční fáze

- Heterogenní relaxace myokardiálních vláken -> fyziologické postsystolické zkrácení některých segmentů v izovolumické fázi
 - rotace apexu po směru hodinových ručiček a baze proti směru, rychlý untwist



- Globální longitudinální strain (GLS) má oporu v doporučeních kardiologických společností (European Association of Cardiovascular Imaging, American Society of Echocardiography)
- GLS představuje robustní a reprodučibilní nástroj k hodnocení systolické funkce levé komory
- GLS zvyšuje citlivost detekce subklinického postižení srdce u strádavých onemocnění (amyloidóza), diabetu, hypertenzního postižení srdce, u pacientů po léčbě rakoviny
- GLS představuje senzitivní nástroj u opakovaných vyšetření pro hodnocení účinnosti léčby a vývoje onemocnění
- GLS jako prediktor pooperační systolické funkce u chlopenních vad

GLS – doporučení z roku 2015

- GLS vyjadřovat v absolutních číslech (obecně je negativní - zkrácení) – odpadá tak zmatek v pojmech snížený, menší, větší...
- Nevýhoda je variabilita mezi výrobci a mezi verzemi software
- GLS > 20% lze předpokládat u zdravých jedinců, čím je nižší, tím více ho lze považovat za abnormální

Supplemental Table 6 Normal LV strain values from meta-analysis and individual recent publications using specific vendors' equipment and software

vendor	Software	n	Mean	SD	LLN	Reference
Varying	Meta-analysis	2597	-19.7%		NA	26
GE	EchoPAC BT 12	247	-21.5%	2.0%	-18%	31
	EchoPAC BT 12	207	-21.2%	1.6%	-18%	*
	EchoPAC BT 12	131	-21.2%	2.4%	-17%	†
	EchoPAC 110.1.3	333	-21.3%	2.1%	-17%	32
Philips	QLAB 7.1	330	-18.9%	2.5%	-14%	32
Toshiba	Ultra Extend	337	-19.9%	2.4%	-15%	32
Siemens	WVI	116	-19.8	4.6	-11%	197
	WVI	82	-17.3	2.3	-13%	198
Esaote	Mylab 50	30	-19.5	3.1	-13%	199

LLN, Lower limit of normal range.

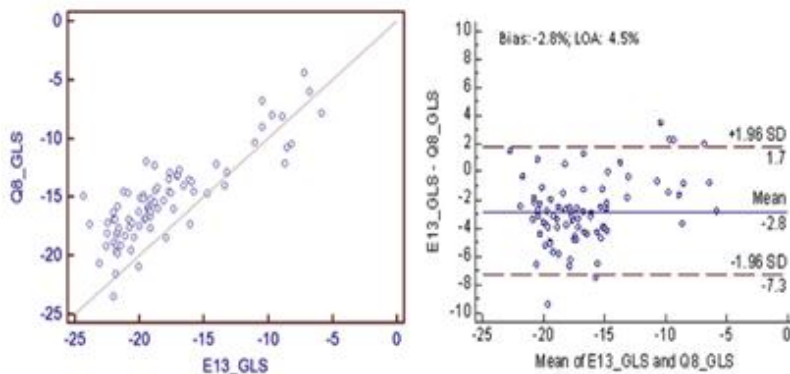
*T. Kouznetsova and J. Staessen, Department of Cardiology, Catholic University Leuven, personal communication.

†P. Barbier, University Milano, personal communication.

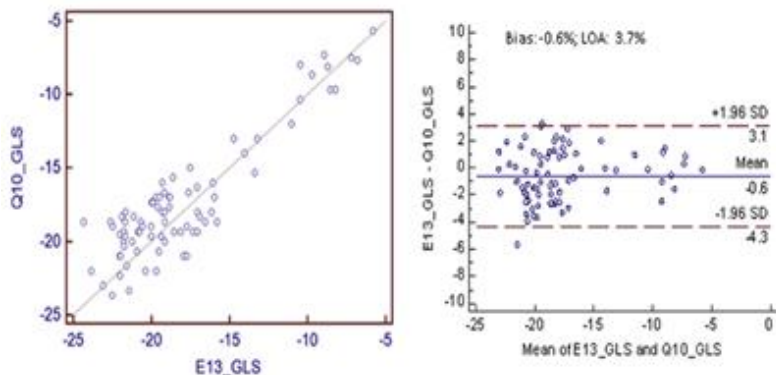
GLS – standardizace

- Tlak na výrobce s požadavkem standardizace výpočtu GLS vede k postupnému snižování rozdílů mezi výrobci

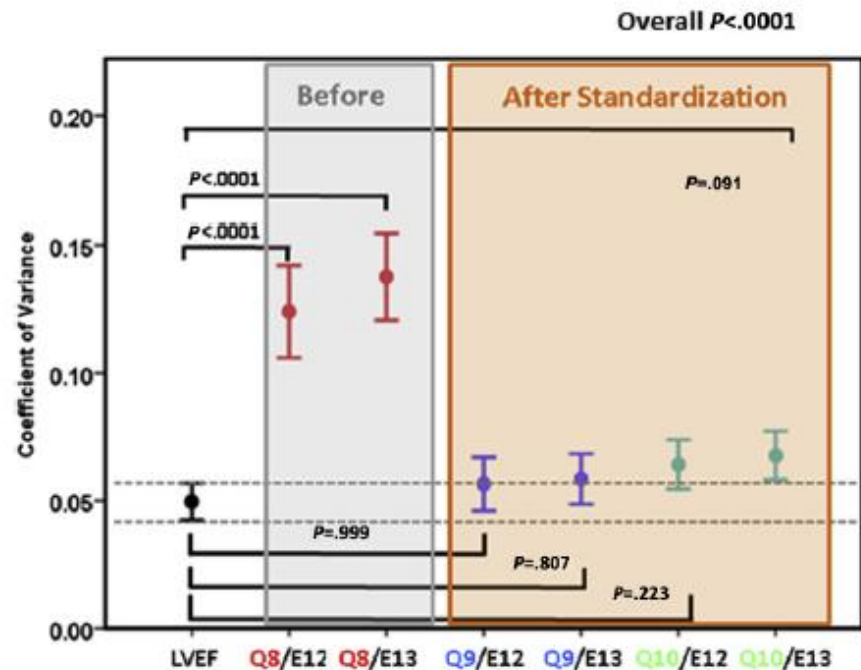
E13 vs Q8 Before Standardization



E13 vs Q10 After Standardization



Between Vendors comparison



Philips: Q8, Q9, Q10
GE: E12, E13

- Srdeční mechanika je komplexní děj vycházející z helikálního uspořádání vláken.
- Barevný tkáňový doppler vyniká časově nenáročným postprocessingem, jeho možnosti jsou však silně omezené především vlivem výrazné úhlové závislosti dopplerovské metody.
- Speckle-tracking umožňuje vyhodnocení parametrů ve všech směrech dané roviny a to včetně rotace a twistu. Produkuje robustní výsledky, které mají oporu v doporučeních kardiologických společností.
- Systolickou funkci levé komory nelze hodnotit pouze jen na základě ejekční frakce, ale je třeba vzít v potaz i mechaniku srdečního stahu.

Děkuji za pozornost