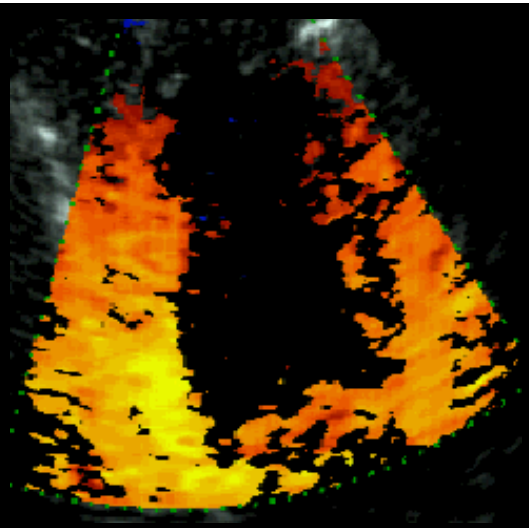
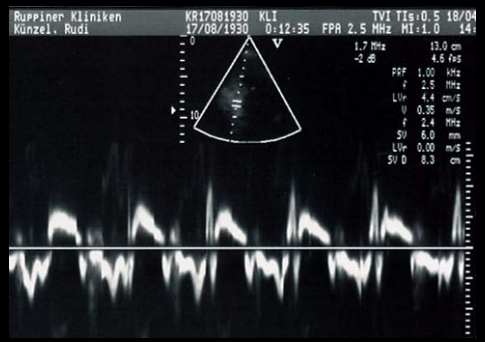
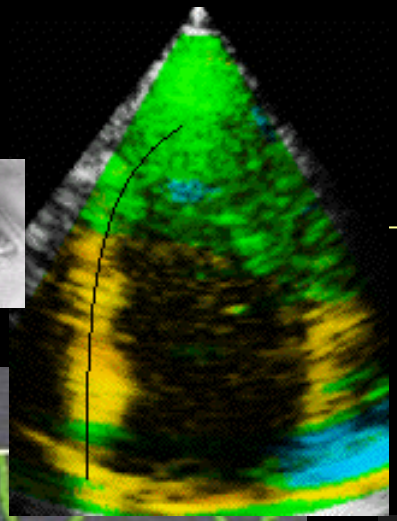
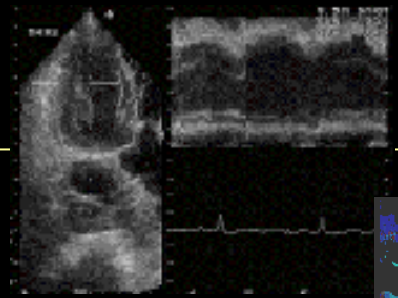
# Gewebedoppler:

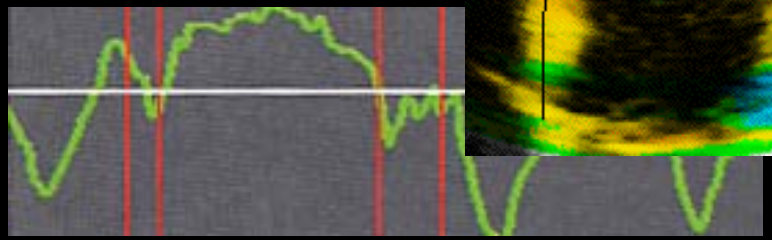


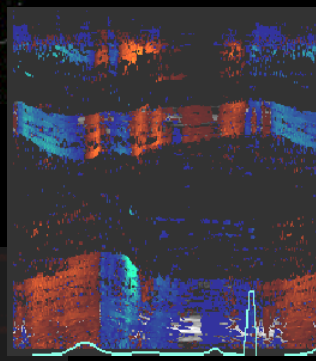


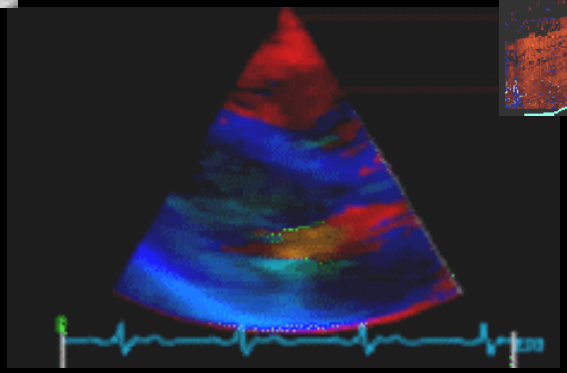


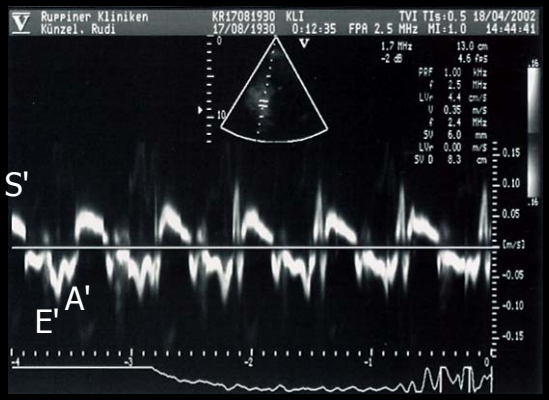


Basics










Gewebedoppler

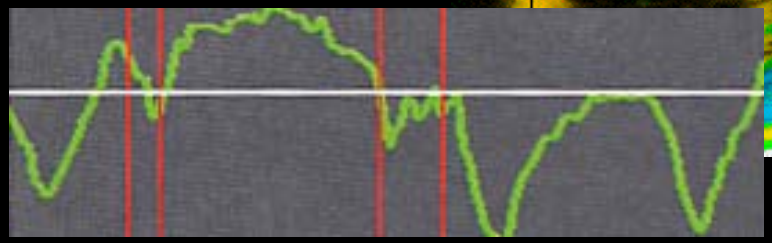
PW-Doppler
Spektraldoppler
aus 1 sample volume
(1 syst., 2 diast. W.)

Color Doppler mapping
farbkodierte
Geschwindigkeiten
im b-mode

Color m-mode
Geschwindigkeiten
entlang einer
scan-Linie

Curved
anatomical
m-mode
(simultan)

Power Doppler
(Signalamplituden)



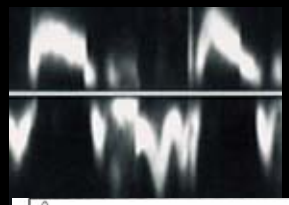
endo-epikardiale
myokardiale
Geschwindigkeits-
gradienten

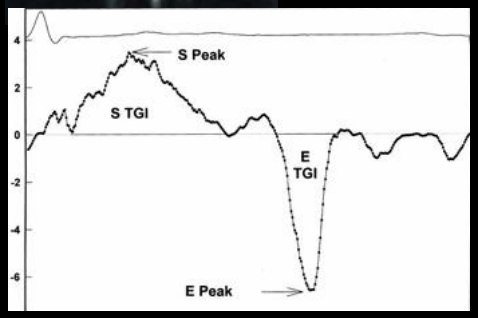
Myokardverformung
strain
strain rate

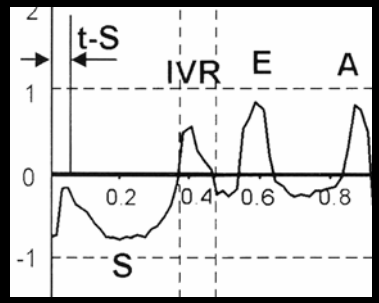
# TDI modes

- PW mit SV im Myokard oder septalen Mitralring: Myokard- oder Mitralring-geschwindigkeiten
- Myocardial velocity gradients (MVG): Messung der endo-epikardialen Geschwindigkeitsdifferenz (unabhängig von Translationsbewegungen)

- Myocardial strain für die Beschreibung der regionalen systolischen Funktion (z.B. während Dob-Belastung): Messung der Geschwindigkeitsänderung zwischen 2 Punkten (myocardial strain rate)

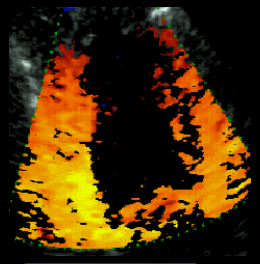


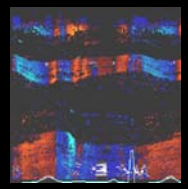


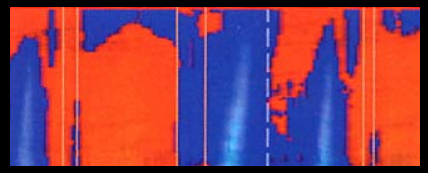



# TDI modes

- Color Doppler mapping: farbkodierte Geschwindigkeiten werden dem 2D-Bild überlagert
- Color m-mode: Darstellung von Geschwindigkeiten entlang einer scan-Linie
- Curved anatomical m-Mode: kurvilineare Darstellung von Geschwindigkeiten entlang der Ventrikelkontur mit gleichzeitiger Messung der Geschwindigkeiten in verschiedenen Myokardsegmenten







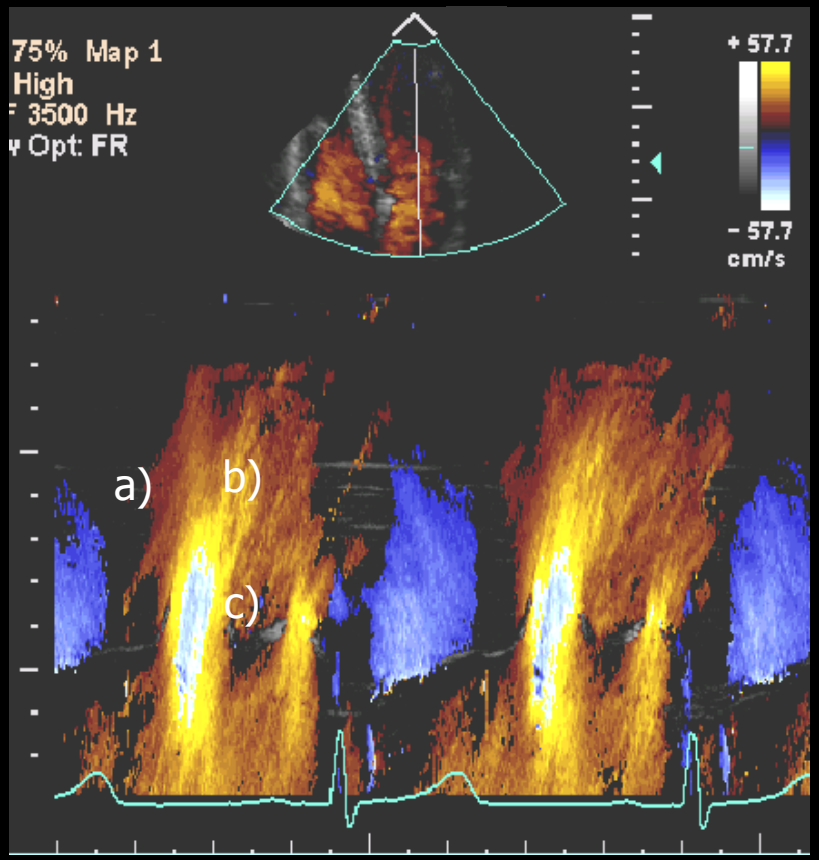
# TDI modes

Color m-mode flow propagation:

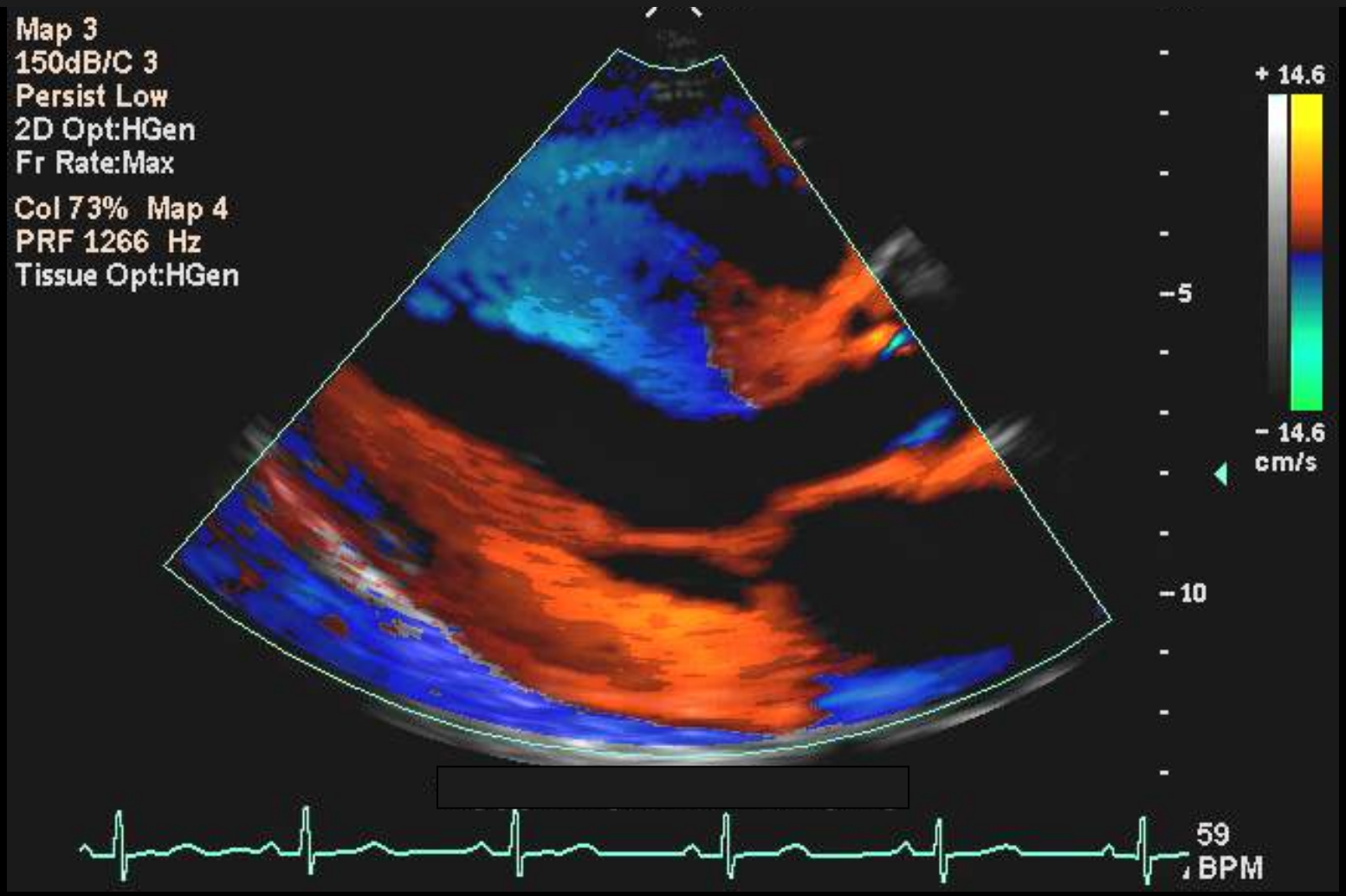
a) Steigung am Umschlag Farbe-Nichtfarbe

b) Steigung der Verbindungslinie zwischen maximaler mitralöffnungsnaher Geschwindigkeit und dem mittventrikulären Punkt, an dem die Geschwindigkeit auf 70% ihres Ausgangswertes abgefallen ist

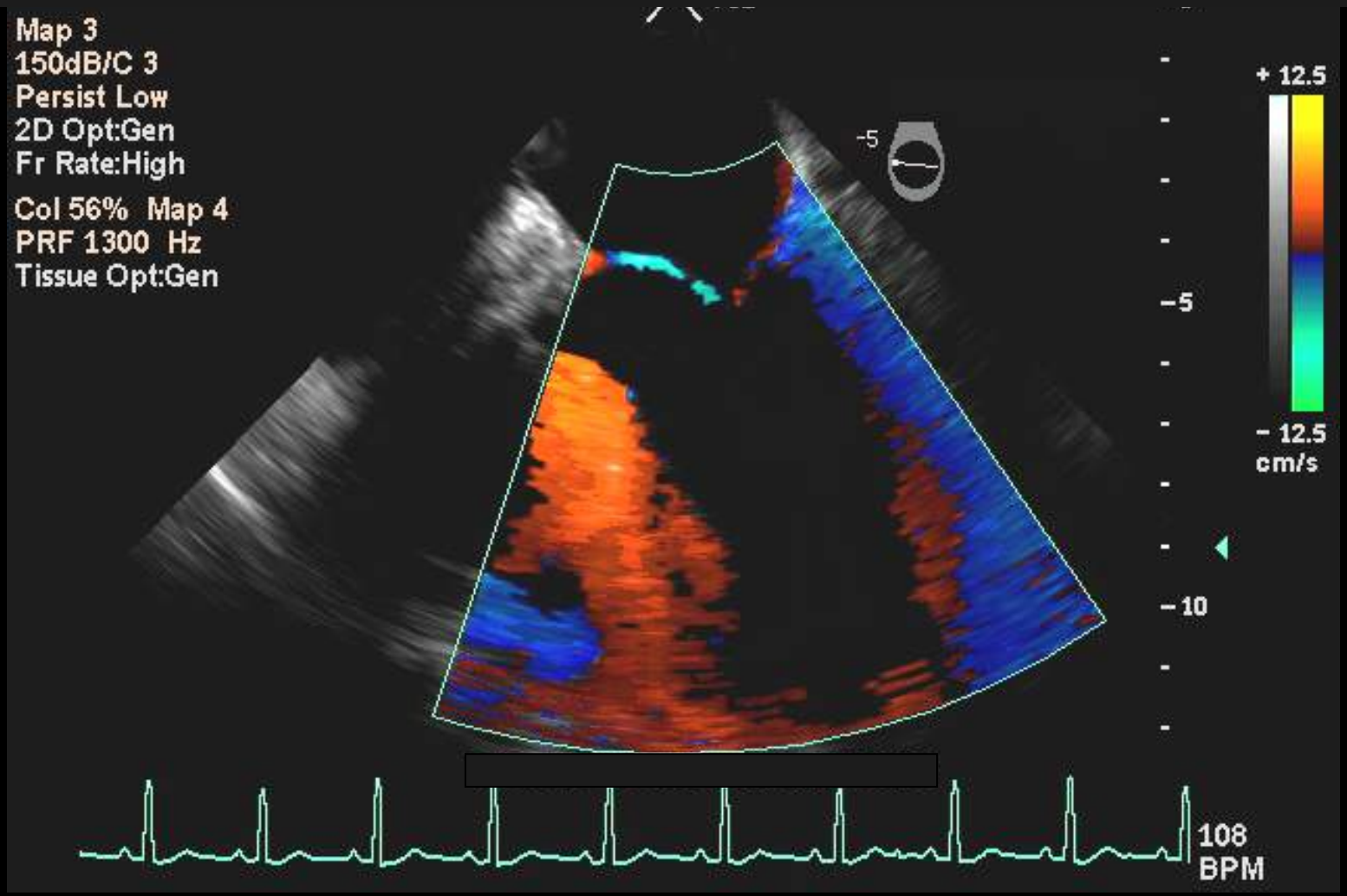
c) Steigung der ersten Isovelozitätslinie, die eine ununterbrochene Kontur liefert



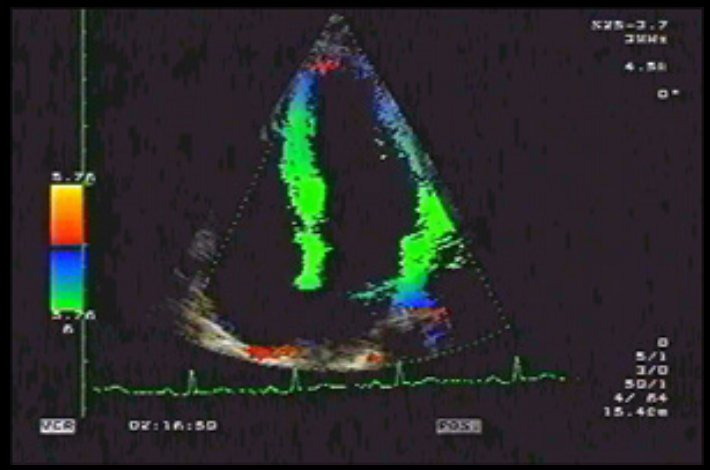
# TDI: Grundeinstellung (parasternaler Längsschnitt)

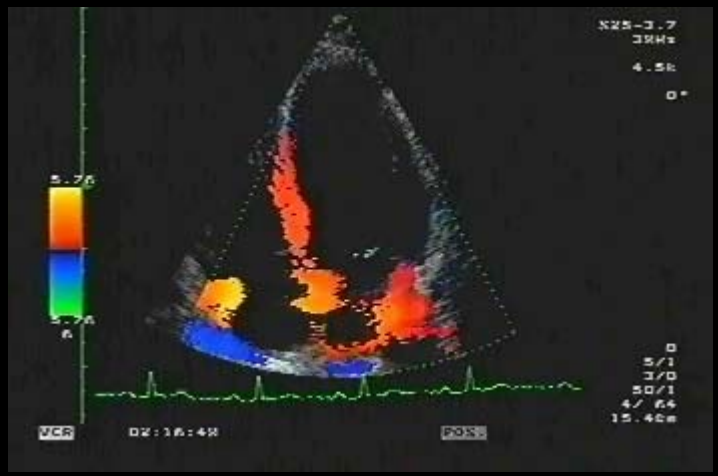


# TDI: Grundeinstellung (te Vierkammerblick)

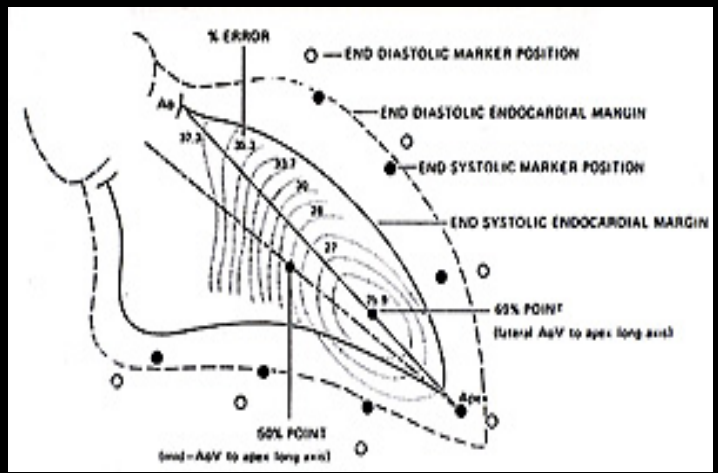


# TDI: Normalfall

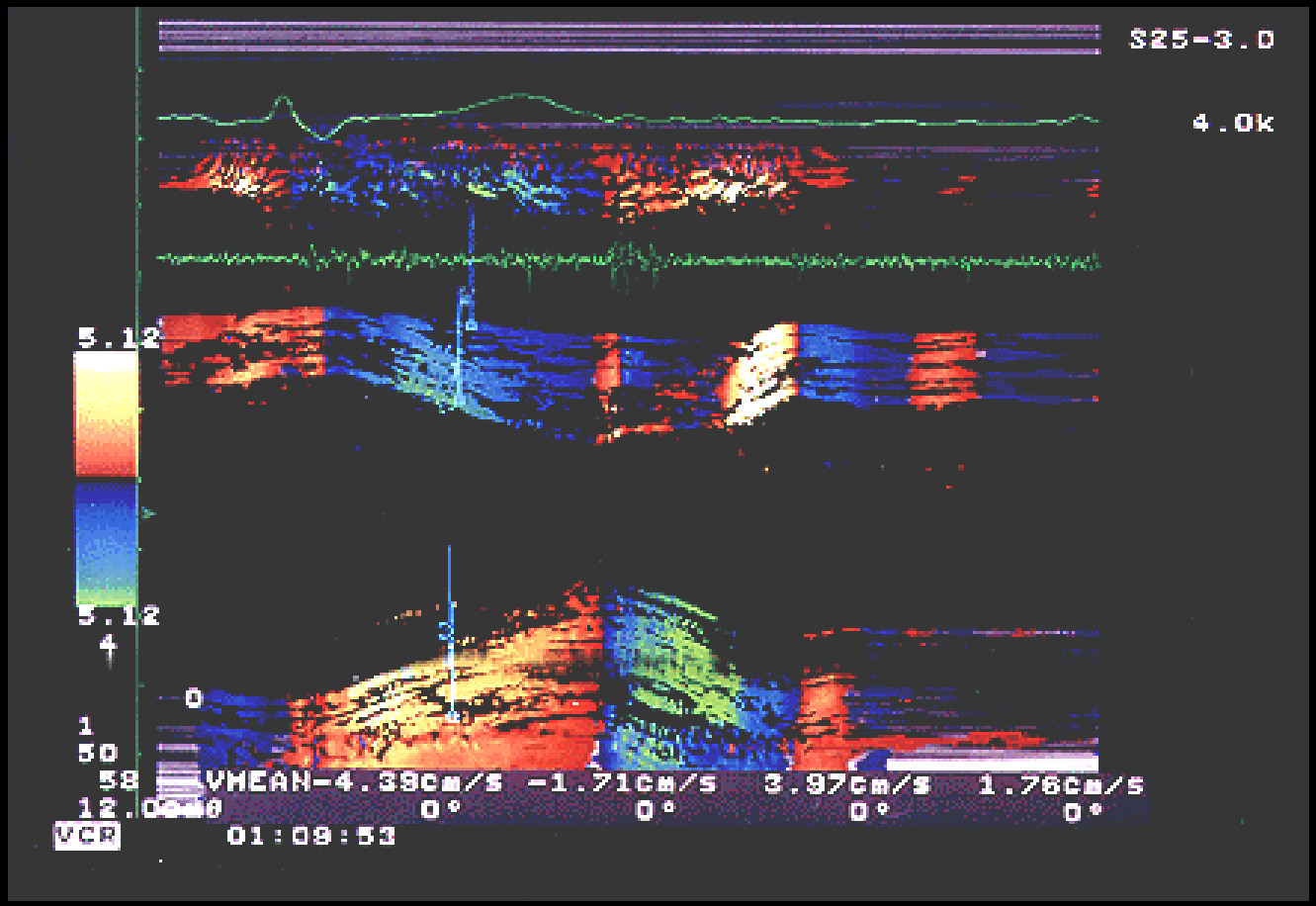


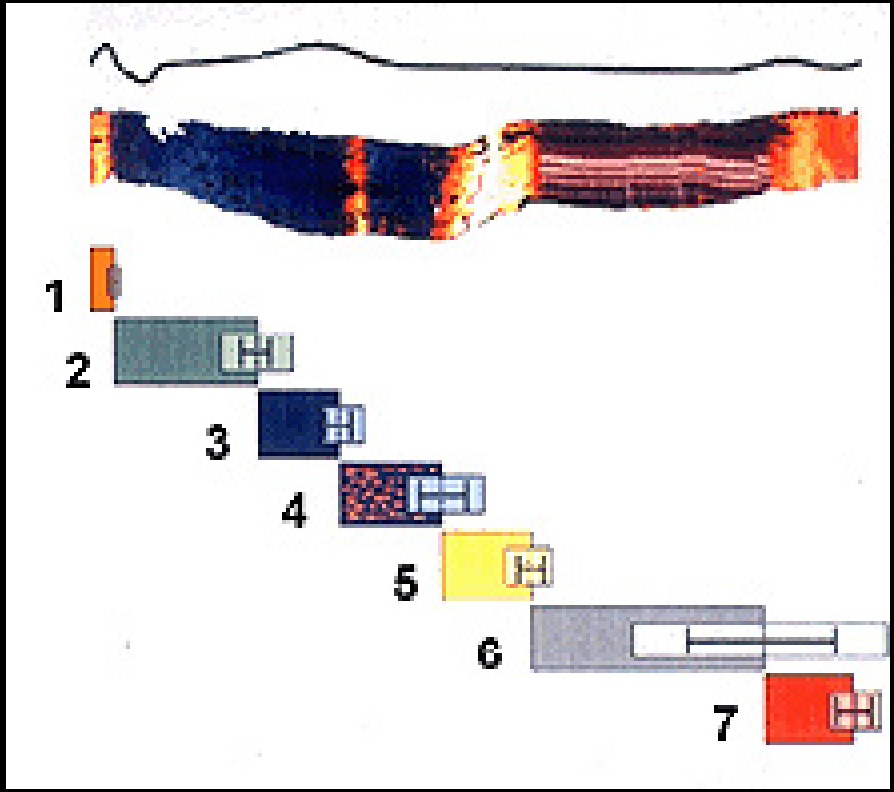


Synchronizität der septalen und lateralen Wand bei früherer und schnellerer Kontraktion und Relaxation der basalen vs. der apikalen Segmente



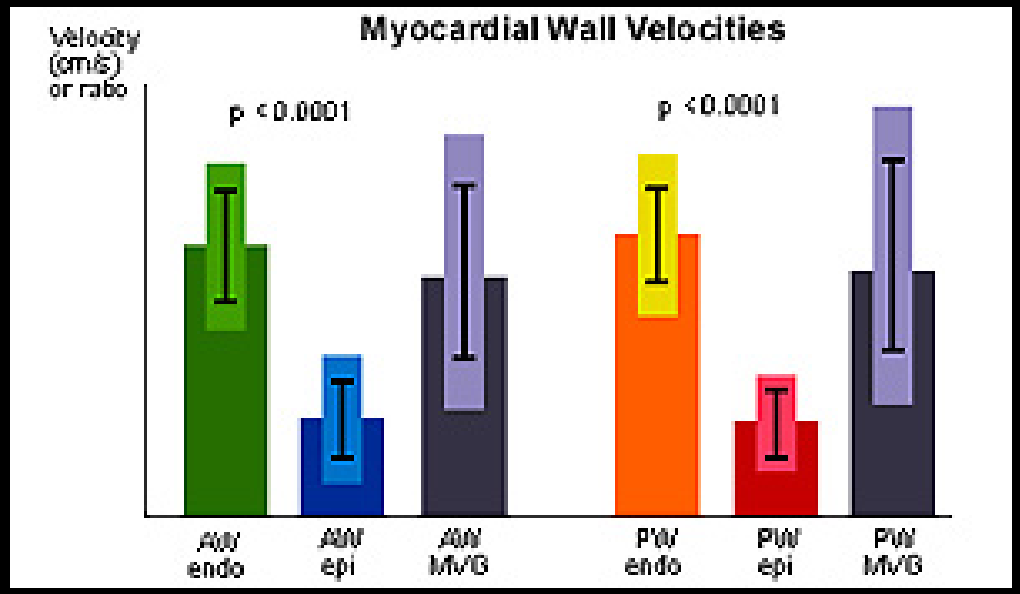
In Referenz zur Farbdopplerskala der linken Bildkante werden sowohl die systolischen und diastolischen Wandbewegungsrichtungen und die höheren subendokardialen im Vergleich zu den niedrigeren subepikardialen Myokardgeschwindigkeiten deutlich. An repräsentativen Lokalisationen (ROI) können simultan 4 Meßfenster positioniert werden, alpha-numerische Werte werden an der unteren Bildkante angegeben. Rechnerisch ergeben sich transmurale myokardiale Geschwindigkeitsgradienten.



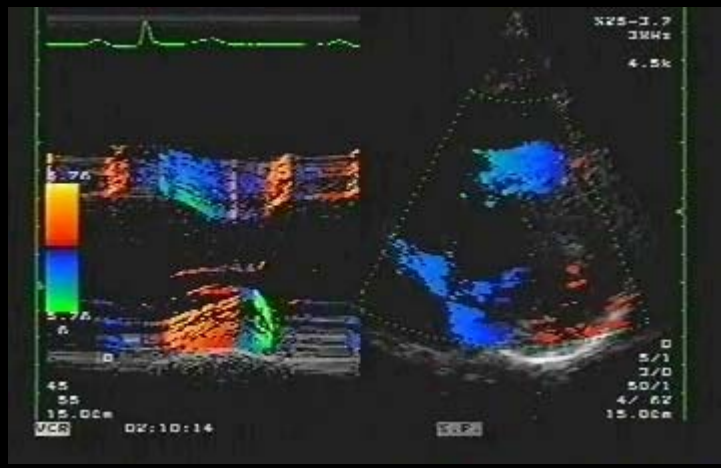



1. Präejektionsphase
2. Rasche Austreibung
3. Langsame Austreibung
4. Isovolumetrische Relaxationszeit
5. Rasche Füllung
6. Diastase
7. Vorhofsystole

# TDI: Geschwindigkeitsgradienten



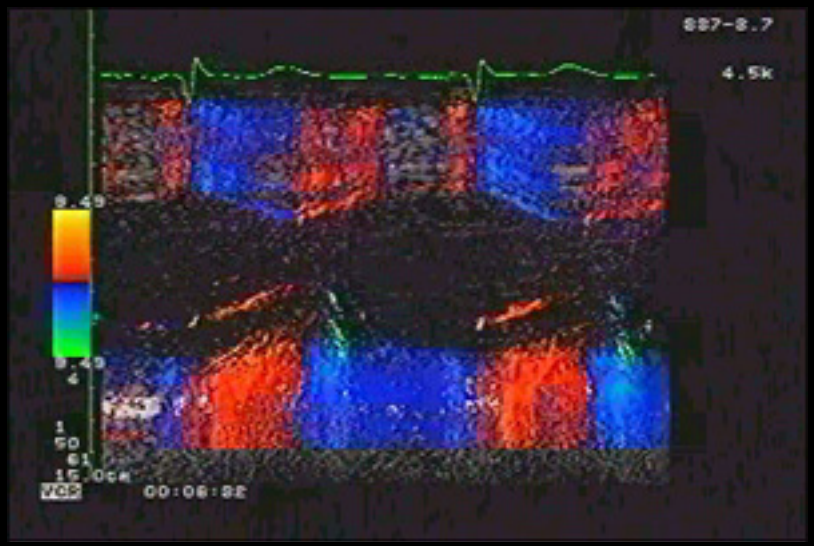

Echocardiography 1997

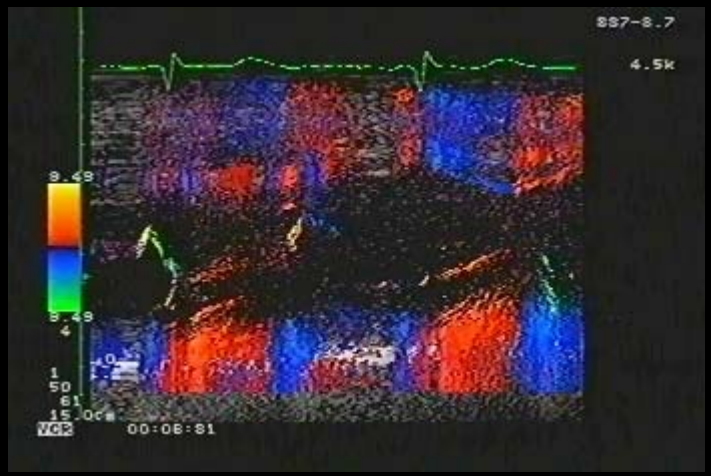


Geschwindigkeitsgradienten visuell-qualitativ

Normalwerte:
Anteriore und posteriore Wand subendokardial > 3,0 cm/s, supepikardial > 1,0 cm/s

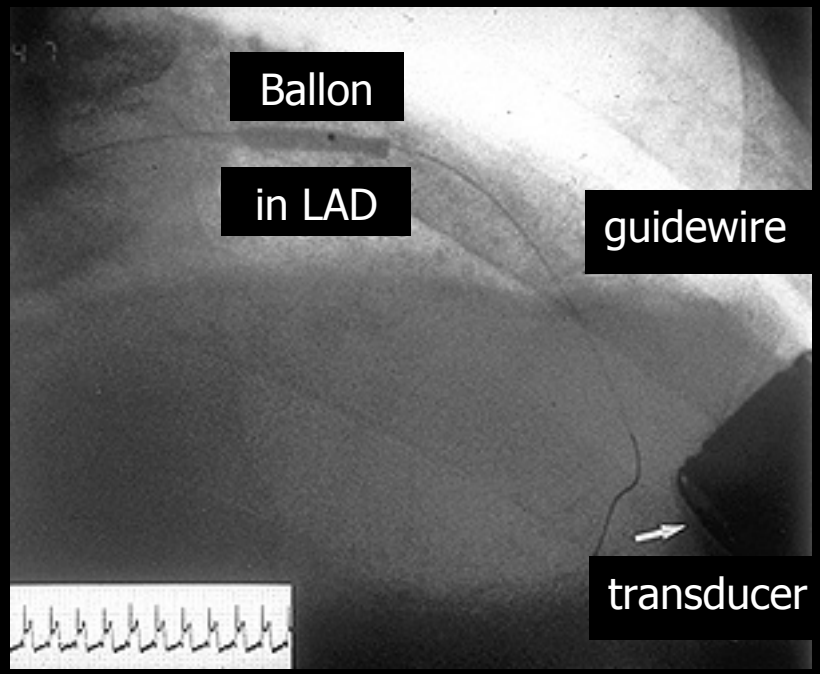
# TDI: Kontraktionsstörungen

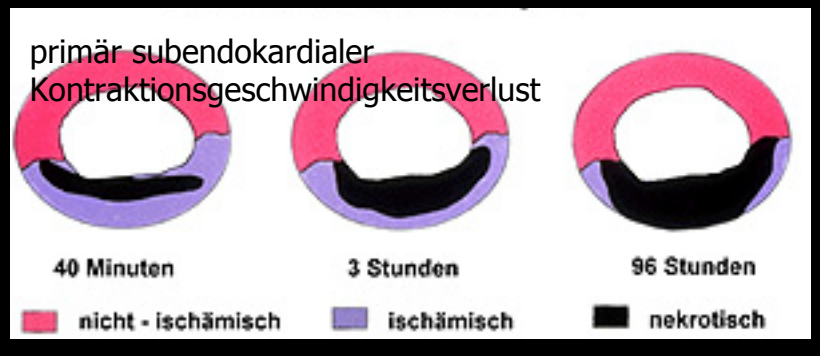


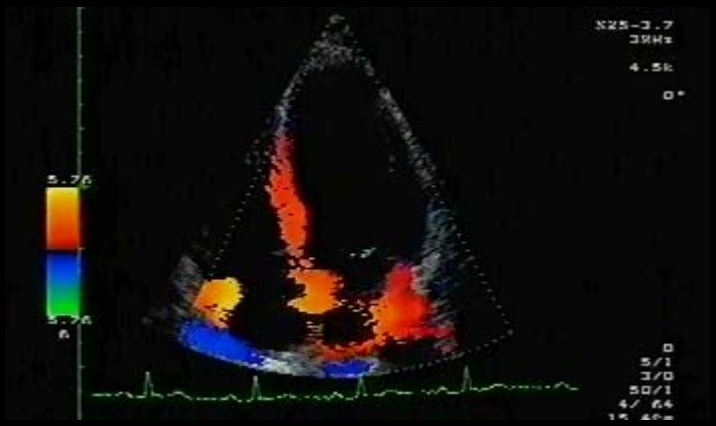




Ischämisch getriggerte Kontraktionsstörungen treten zuerst subendokardial auf.
Vor PCI:
Normalbefund
(aufeinander zu Bewegungen von Vorder- und Hinterwand und erkennbarer transmuraler Geschwindigkeitsgradient)

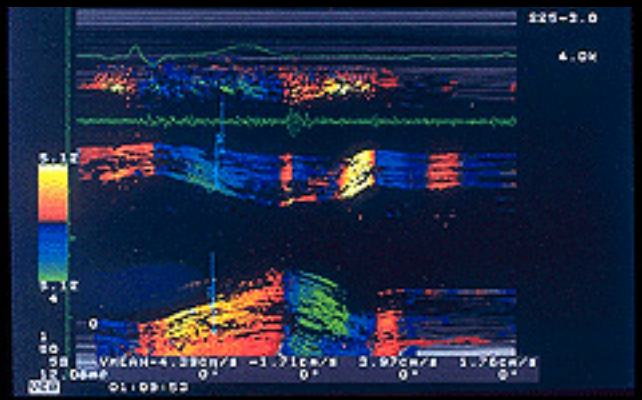
# TDI: Kontraktionsstörungen



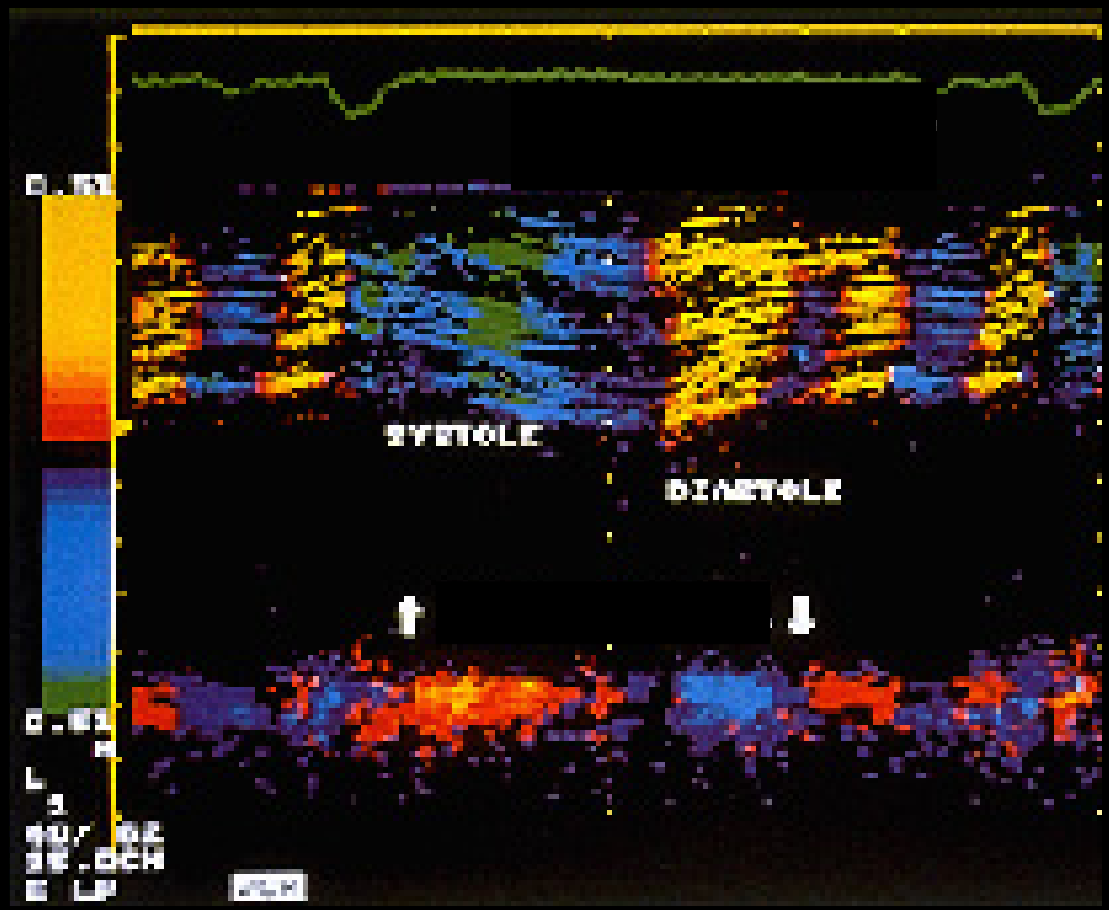



Während PCI: niedrigere Geschwindigkeiten und



nivellierte Geschwindigkeitsgradienten




Vitalitätsnachweis für die nahe-akinetische Posterolateralwand

präservierte (niedrige) Geschwindigkeit und
systolischer transmuraler Geschwindigkeitsgradient

# Lagrangian strain

$S_L$ ($\varepsilon_L$) = ($l_1$ - $l_o$) / $l_o$ = $\Delta l$ / $l_o$

[$S_L$]= 1/1

Circ Res 1973;33:233-43

Myokardgeschwindigkeit

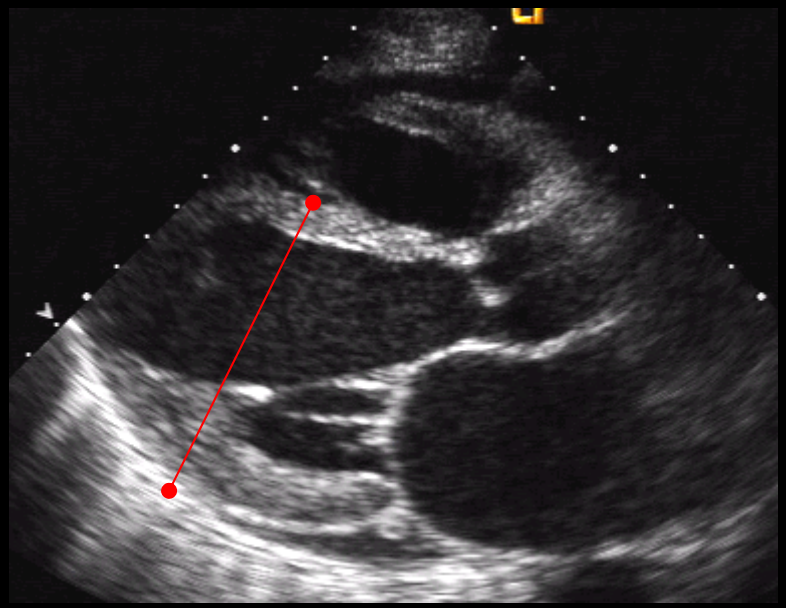
Myokardverformung (strain)

- Relative Verkürzung und Verdickung pro Zeit (strain rate)

# Unloaded (unstressed) muscle length ($l_o$)?

≅ enddiastolische Länge

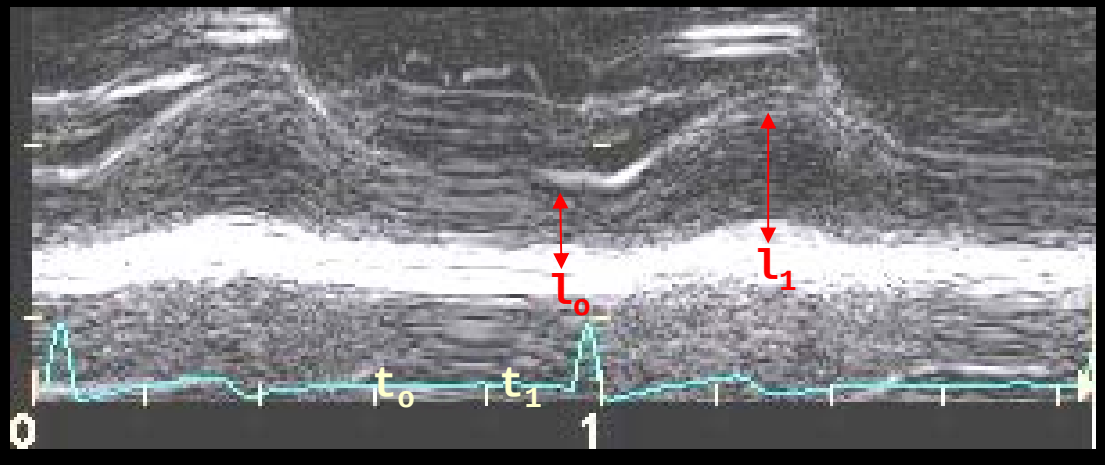
Circulation 2000;102:1158-64



Bsp.
Wanddickenänderung
PW-EDD, -ESD

$\varepsilon_L$ = (PW-ESD – PW-EDD) / PW-EDD

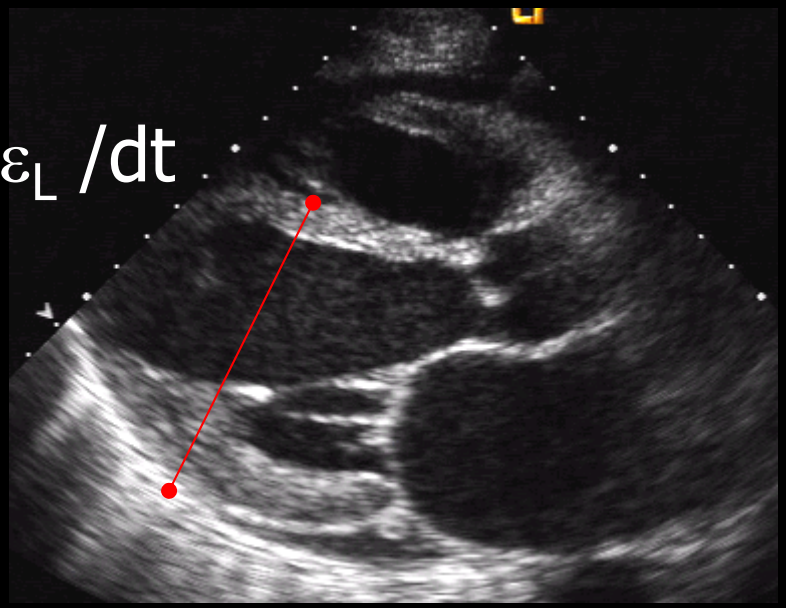
$$\overline{\varepsilon_L} = \frac{l_1 - l_0}{l_0}$$



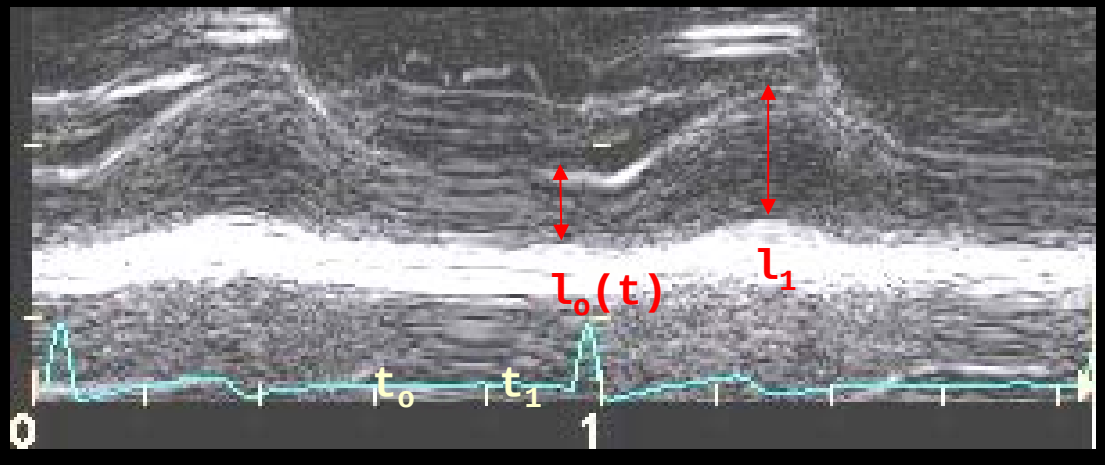
# strain rate

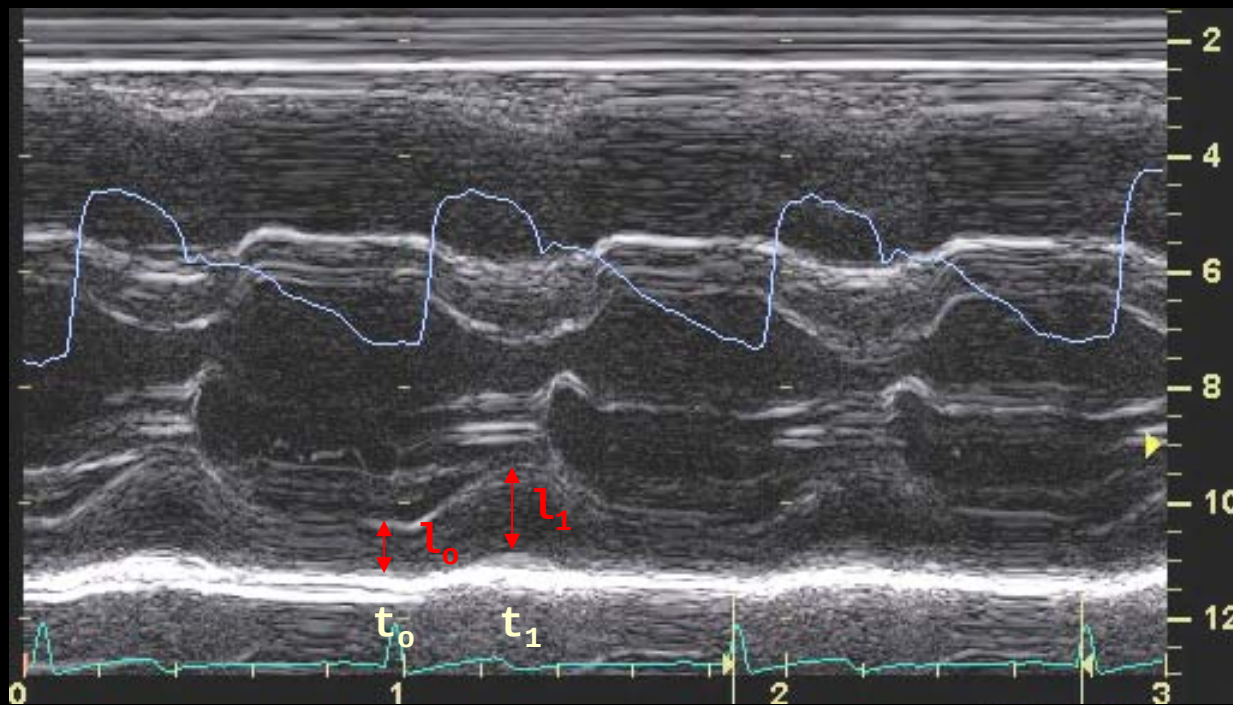
$SR_L(t)\ \{\varepsilon(t)\} = \Delta l\ /\ l_o(t) = d\varepsilon_L\ /dt$

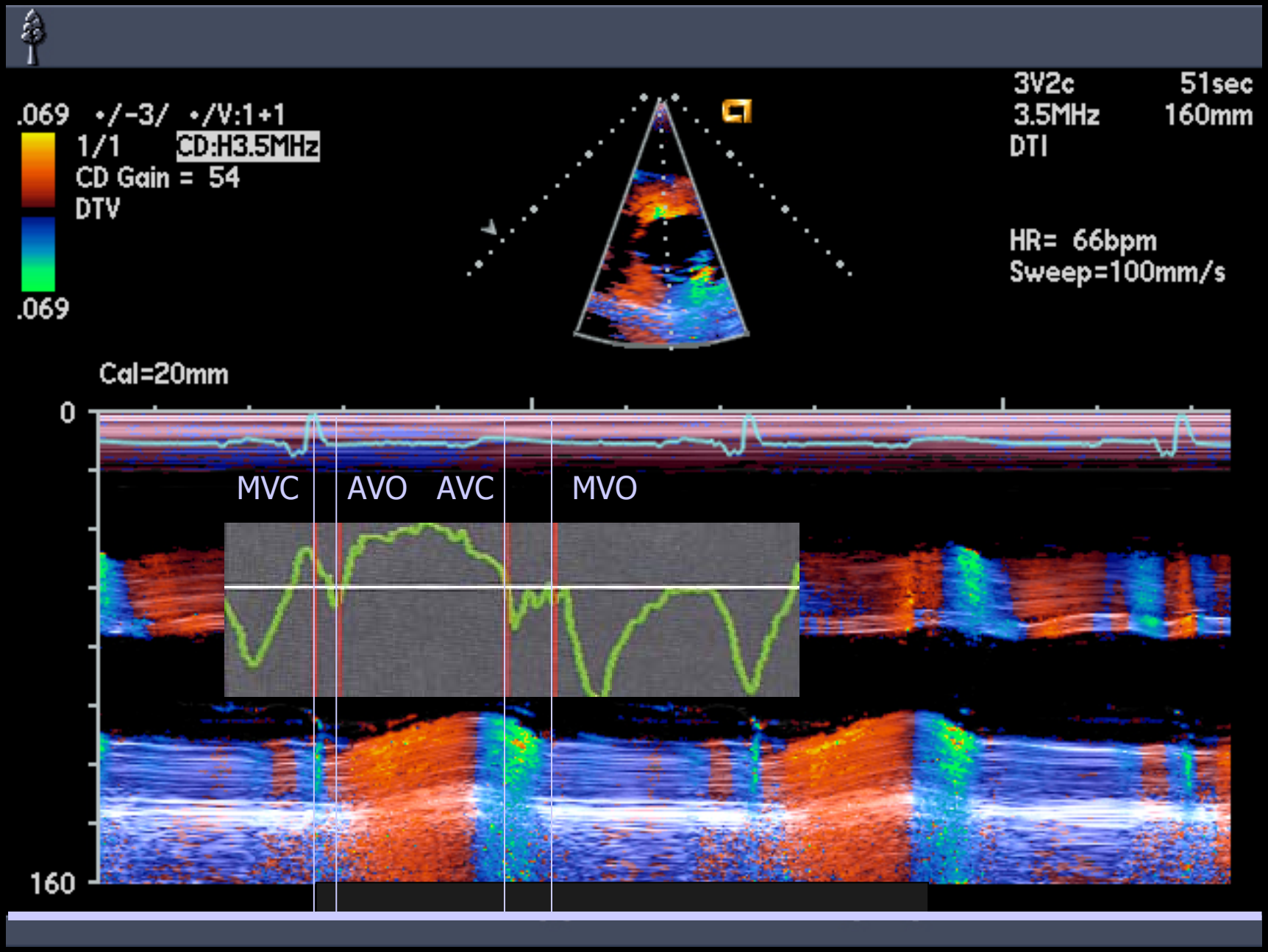
$[SR_L(t)] = s^{-1}$

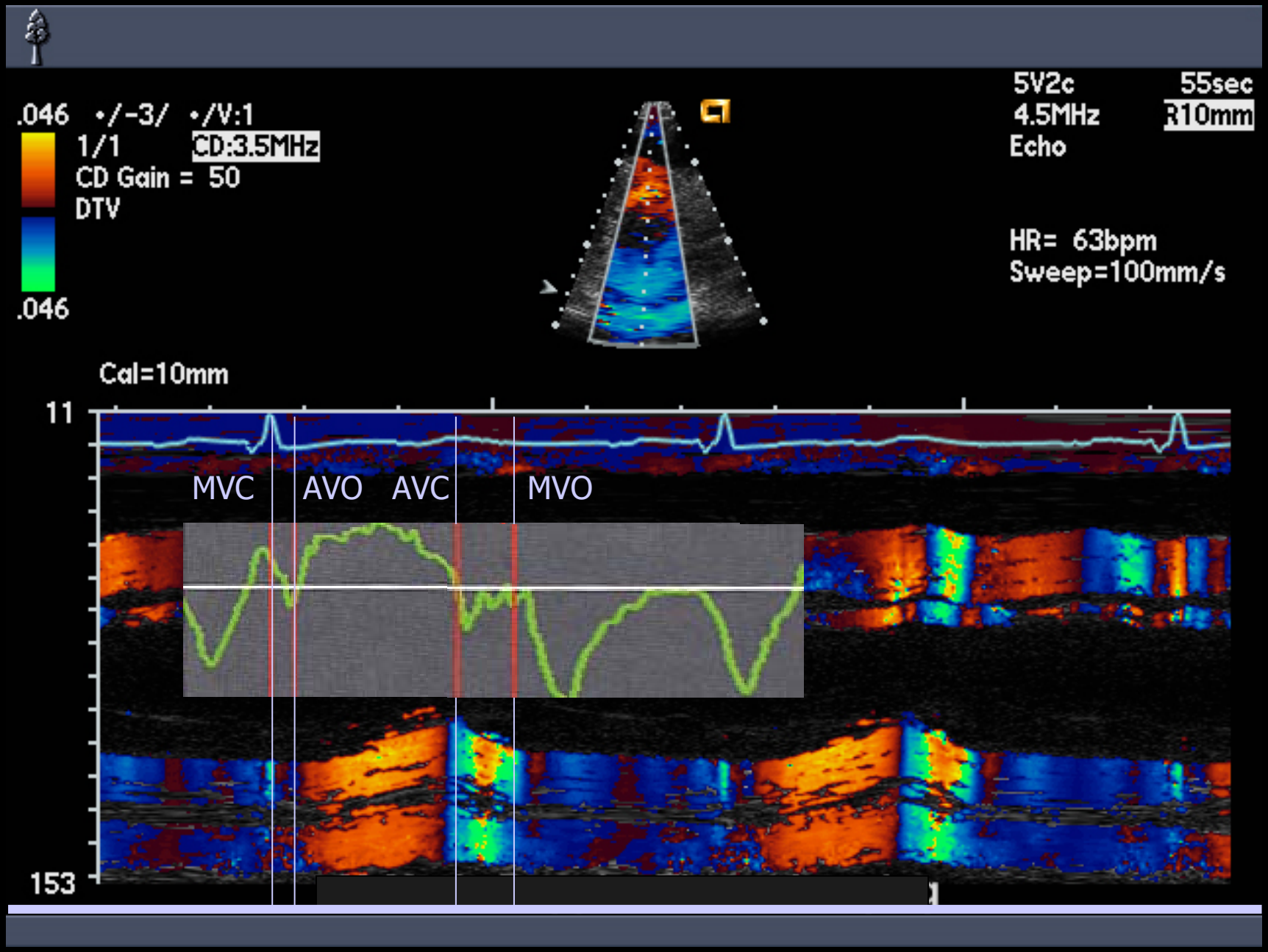


$$SR_L(t) = \frac{d\varepsilon_l}{dt}$$



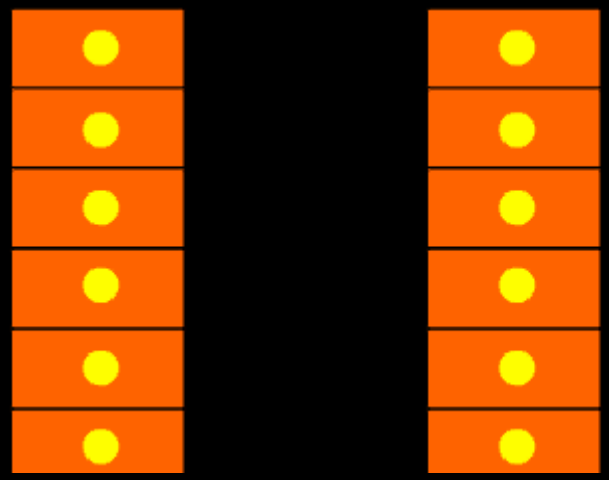

2
4
6
8
10
12
$l_0$
$l_1$
$t_0$
$t_1$
0
1
2
3


.069 •/-3/ •/V:1+1
1/1 CD:H3.5MHz
CD Gain = 54
DTV
.069
3V2c 51sec
3.5MHz 160mm
DTI
HR= 66bpm
Sweep=100mm/s
Cal=20mm
0
MVC
AVO
AVC
MVO
160


.046
•/-3/ •/V:1
1/1
CD:3.5MHz
CD Gain = 50
DTV
.046
5V2c
4.5MHz
Echo
55sec
R10mm
HR= 63bpm
Sweep=100mm/s
Cal=10mm
11
153
MVC
AVO
AVC
MVO

# Natural strain

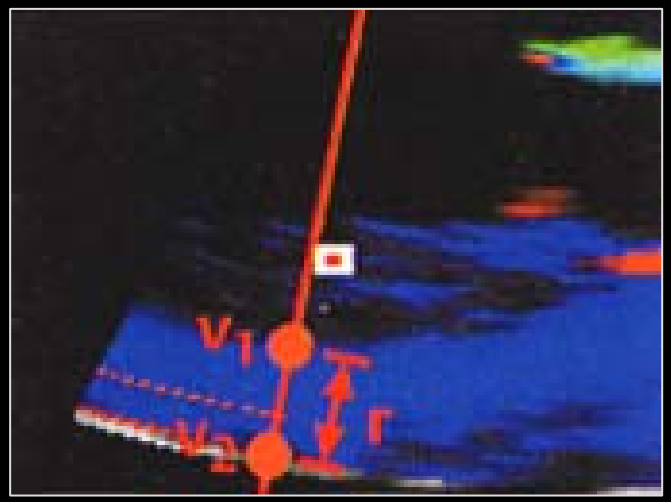
Abschätzung von strain und strain rate aus Gewebedoppler-Geschwindigkeiten (die strain rate gibt die örtliche Myokard-verformungsgeschwindigkeit wieder)



Doppler:
dem Geschwindigkeitsgradienten entspricht der räumliche Versatz pro Zeit (Verhältnis von erfolgter Längenänderung pro Zeit zur Ausgangslänge)

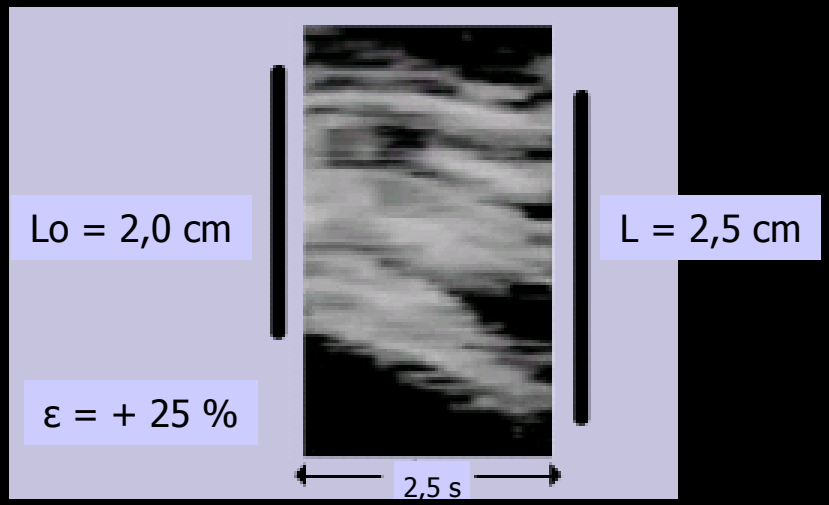
$$\varepsilon_n(t) = \int_{t_0}^{t_1} \frac{v_1(t) - v_2(t)}{r}\, dt$$

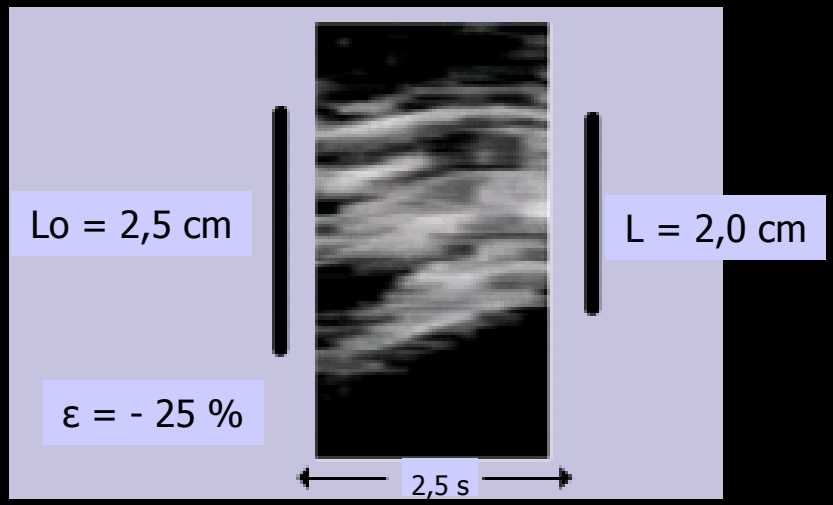
$$SR_n(t) = \frac{v_1(t) - v_2(t)}{r}$$



Strain ist als Deformierung eines Objekts definiert. Strain rate ist die Geschwindigkeit, mit der die Deformierung (d.h. strain) erfolgt. Strain kann auf viele Weisen definiert werden. Eine sehr gebräuchliche Definition, der Langrangian strain, ist (L-Lo)/Lo.

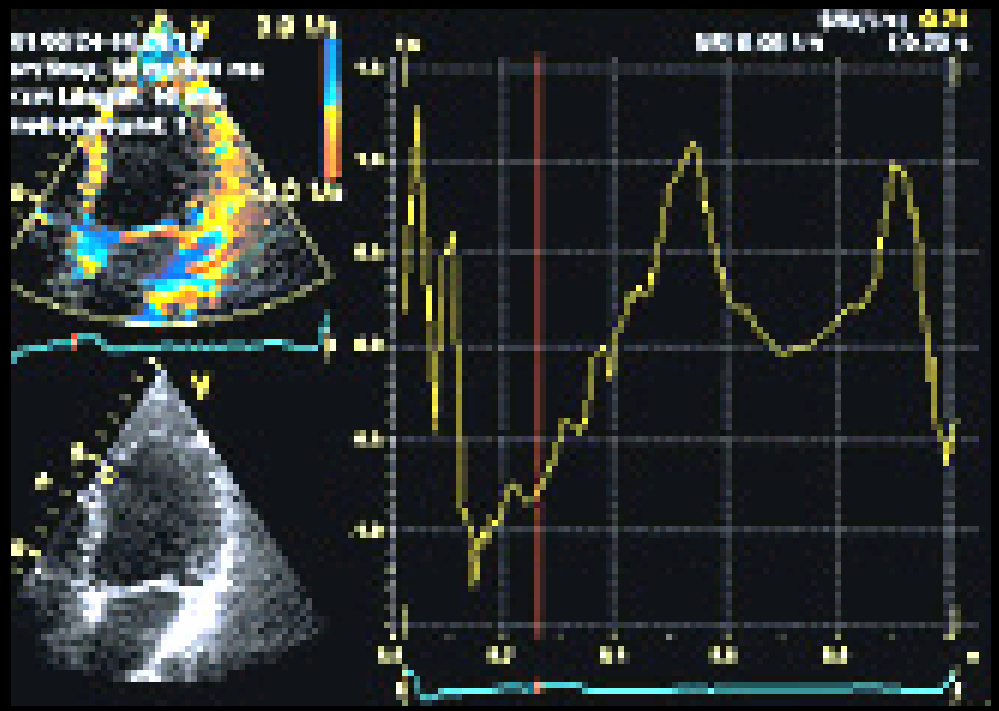
Bspw., falls wir einen strain von 25 % eines eindimensionalen Objekts annehmen, nimmt dieses Objekt von seiner Ausgangslänge Lo = 2,0 cm auf L = 2,5 cm zu. Oder es erfolgt ein negativer strain von -25 %, entsprechend einer systolischen Verkürzung.



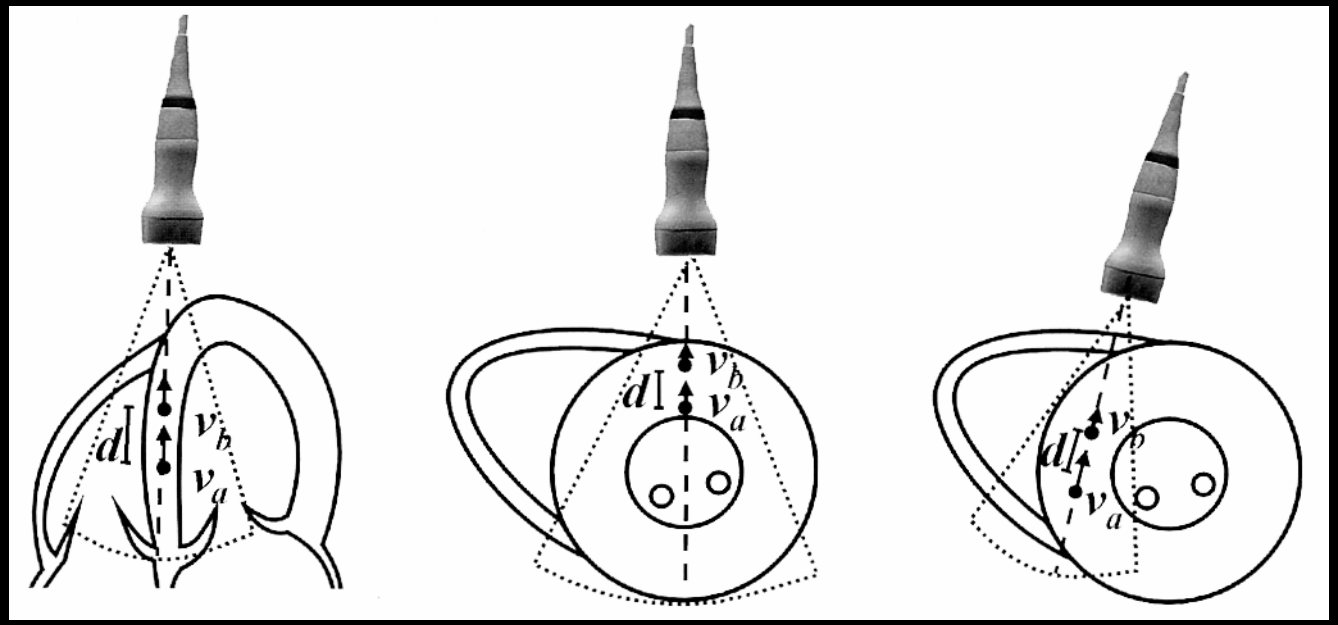

Falls die Deformierung 2,5 s dauert, beträgt die durchschnittliche strain rate 0,25 (25 %) dividiert durch 2,5 s, also 0,1 pro Sekunde:
das Objekt verlängt sich durchschnittlich jede Sekunde um 10 %.

Im Ultraschallbild kann die Messung der strain rate an einem bestimmten Ort (sample volume) des Septums gewählt werden. Eine strain rate-Kurve wird für den ganzen Herzzyklus gezeigt. Die y-Achse hat die Einheit 1/s.
Der Punkt auf der strain rate-Kurve, den die rote Linie schneidet, ist in diesem Beispiel -0,74/s. Das Objekt (Gewebe) im sample volume, das ausgewählt wurde, verkürzt sich (negativer Wert) um 74 % pro Sekunde zu diesem Zeitpunkt des Herzzyklus.



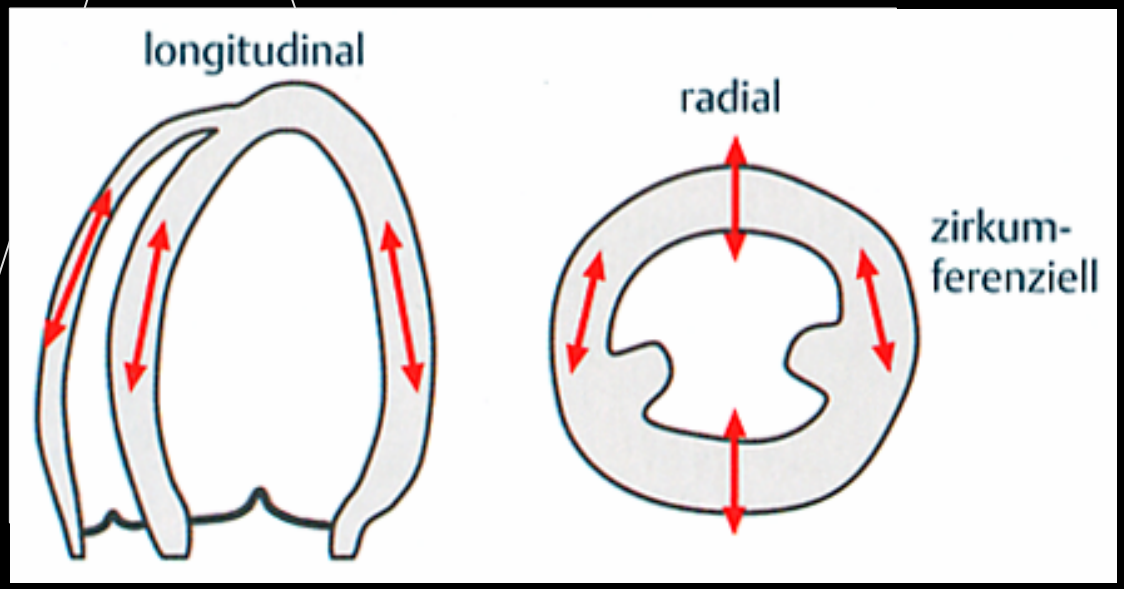
-0,74/s

# 3D-Myokardverformung




Longitudinale, radiale und zirkumferenzielle Scanlinie

# Schallfenster

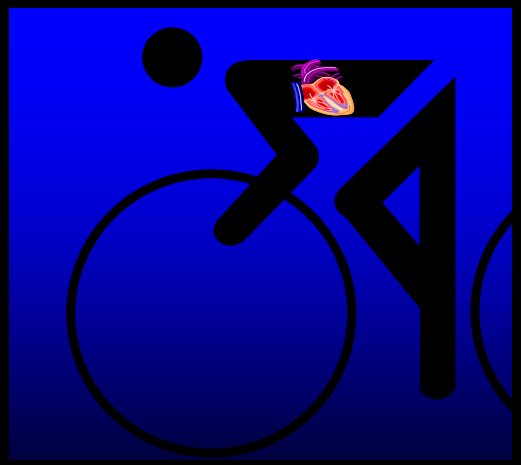


# Fehlermöglichkeiten

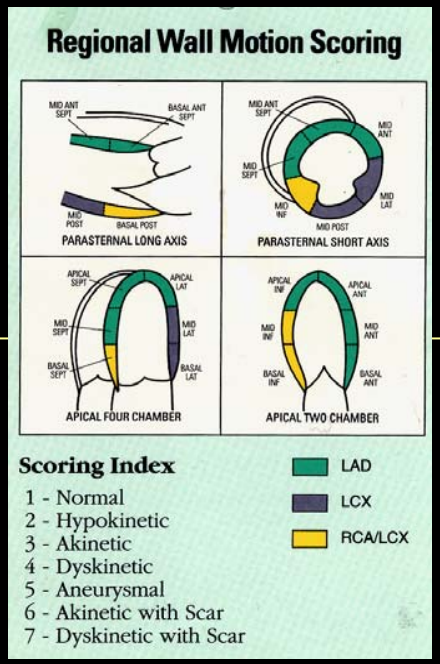
- Signal-Rauschabstand
  abhängig von der Distanz zwischen den Meßorten der Geschwindigkeiten
- Dopplerwinkel
- Simultane Myokardverformung im 3D-Raum

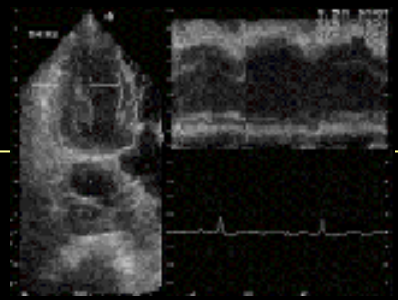
# Vorteile der strain- und strain rate-Echokardiografie im Vergleich zum einfachen Gewebedoppler

- "strain" mißt die lokale myokardiale Verkürzung und Dehnung, Gewebedoppler-Geschwindigkeiten geben nur die myokardiale Translation relativ zum Schallkopf wieder
- Strain rate ist unabhängig von der Endokardkonturerkennung (im Unterschied zu klassischen Indizes der Wandverdickung)

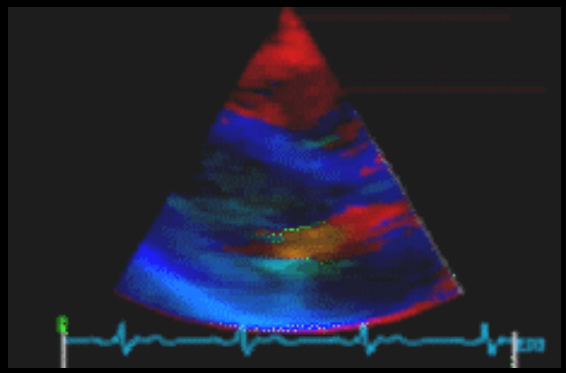


stress-Echo und



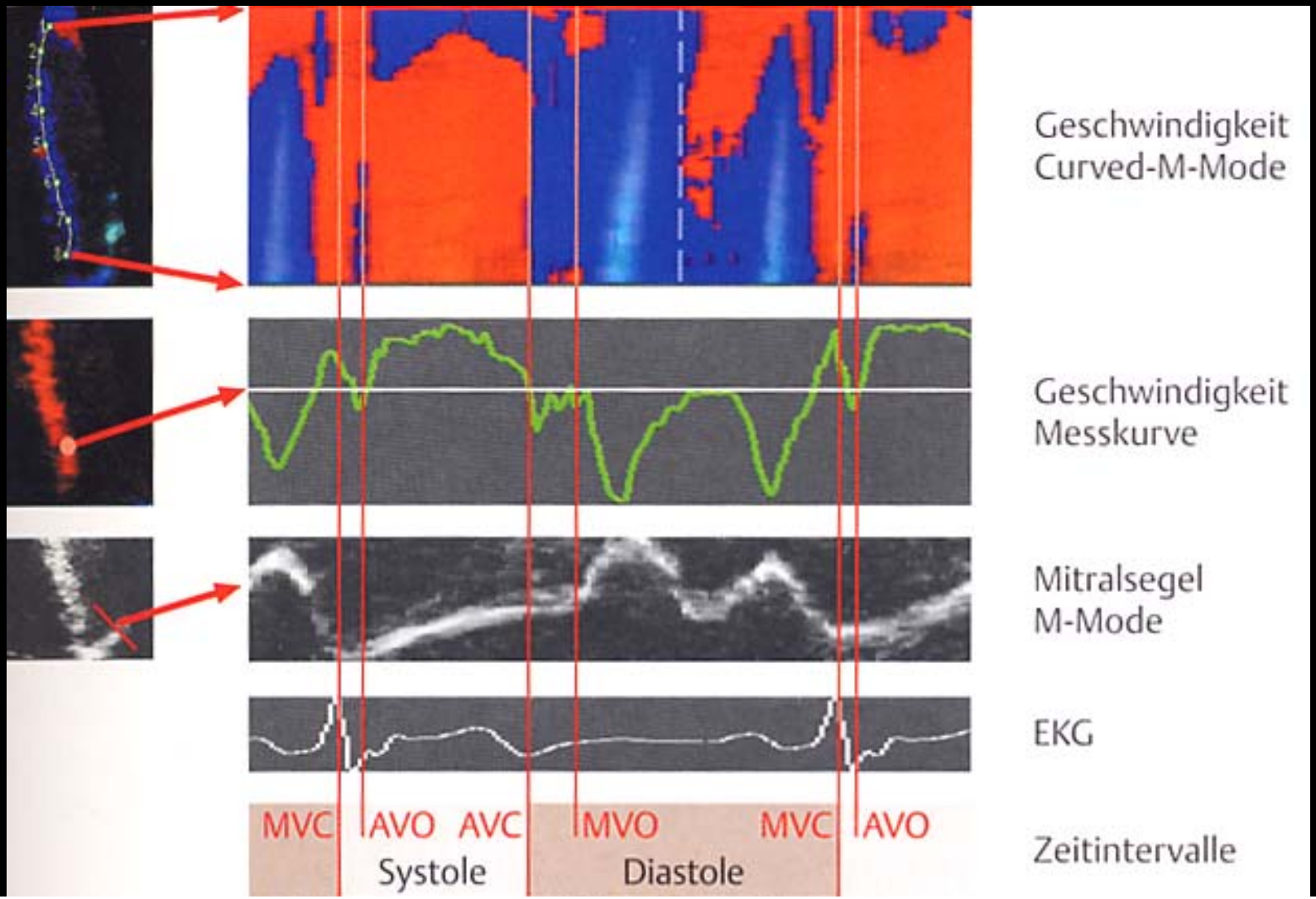
Gewebedoppler



ADENOSCAN
adenosine injection

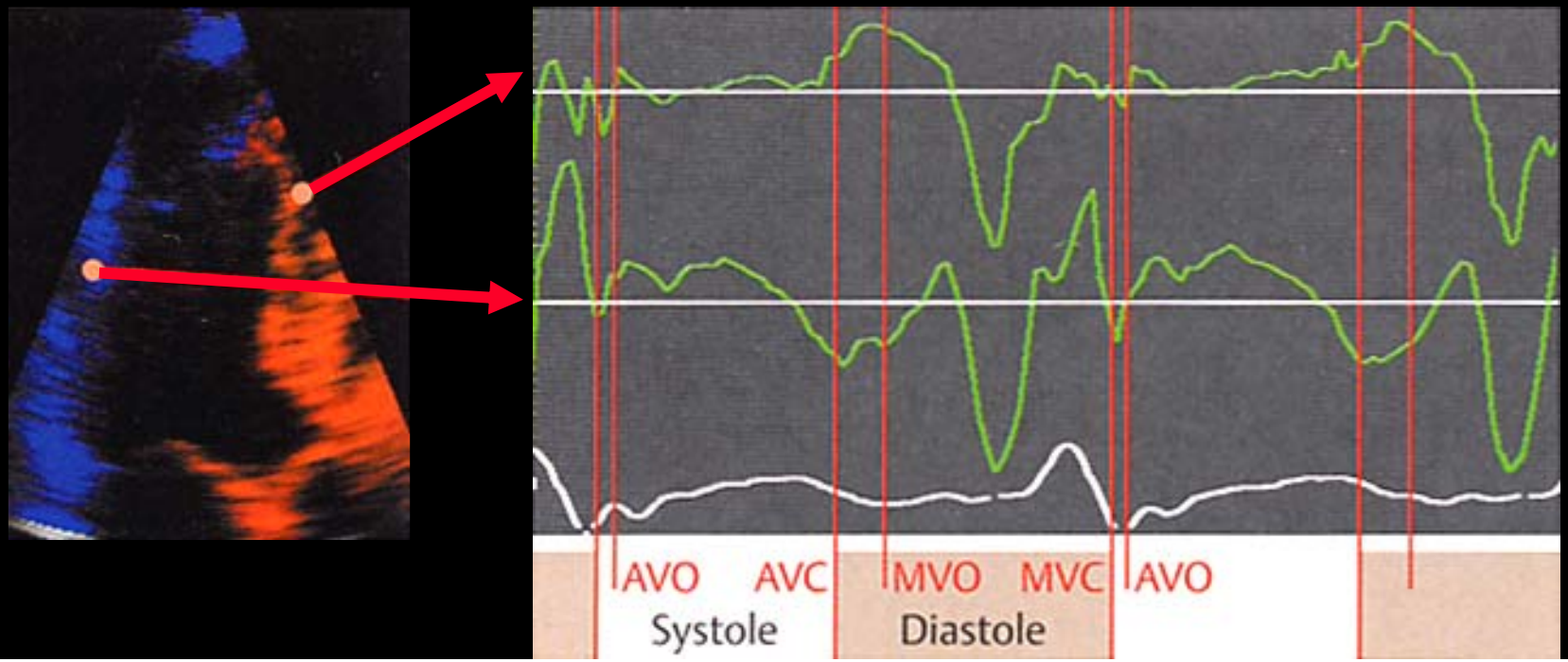
DOBUTREX®
(Dobutamin)

# Longitudinale Geschwindigkeiten



# Ischämiereaktion

**Ausbleibende oder**
**abgeschwächte Zunahme der systolischen**
**Spitzengeschwindigkeit (< 5-6 cm/s)**



# Referenzbereiche
# maximale longitudinale Geschwindigkeiten

| | | Systole | E-Welle | A-Welle |
|---|---|---|---|---|
| Septal | apikal | 3,2 ± 0,9 | 4,3 ± 1,9 | 2,7 ± 1,1 |
| | medial | 5,4 ± 0,9 | 9,9 ± 2,9 | 6,2 ± 1,5 |
| | basal | 7,8 ± 1,1 | 11,2 ± 1,9 | 7,8 ± 2,0 |
| Lateral | apikal | 6,0 ± 2,3 | 5,5 ± 2,7 | 3,0 ± 2,4 |
| | medial | 9,8 ± 2,3 | 12,0 ± 3,3 | 5,7 ± 2,4 |
| | basal | 10,2 ± 2,1 | 14,9 ± 3,5 | 6,6 ± 2,4 |
| Inferior | apikal | 4,0 ± 1,7 | 5,2 ± 2,4 | 2,9 ± 1,8 |
| | medial | 6,6 ± 0,7 | 9,1 ± 2,7 | 6,4 ± 1,8 |
| | basal | 8,7 ± 1,3 | 12,4 ± 3,8 | 7,9 ± 2,5 |
| Anterior | apikal | 4,0 ± 1,5 | 3,9 ± 1,1 | 2,0 ± 1,5 |
| | medial | 7,7 ± 2,2 | 10,4 ± 3,0 | 5,5 ± 1,7 |
| | basal | 9,0 ± 1,6 | 12,8 ± 3,0 | 6,5 ± 1,6 |
| RV-Wand | apikal | 7,0 ± 1,9 | 8,1 ± 3,4 | 5,6 ± 2,4 |
| | medial | 9,6 ± 2,1 | 10,6 ± 2,6 | 9,7 ± 3,3 |
| | basal | 12,2 ± 2,6 | 12,9 ± 3,5 | 11,6 ± 4,1 |

| | Vorderwand VELendo | VELepi | MVG | Hinterwand VELendo | VELepi | MVG |
|---|---|---|---|---|---|---|
| M | 3,48 | 1,25 | 3,12 | 3,64 | 1,18 | 3,38 |
| SD | 0,65 | 0,51 | 1,04 | 0,61 | 0,37 | 1,12 |
| To | 4,59 | 2,12 | 4,90 | 4,68 | 1,82 | 5,29 |
| Tu | 2,37 | 0,38 | 1,34 | 2,59 | 0,54 | 1,46 |

VEL, Geschwindigkeit (velocity); endo/epi, subendo-/subepikardial; MVG, myokardiale Geschwindigkeitsgradienten (myocardial velocity gradients), Quotient aus VELendo und VELepi; M, Mittelwert; SD, Standardabweichung; To/Tu, obere/untere Toleranzgrenze (90% der Werte mit 95%iger Wahrscheinlichkeit) (Herz 1997;22:223-5)

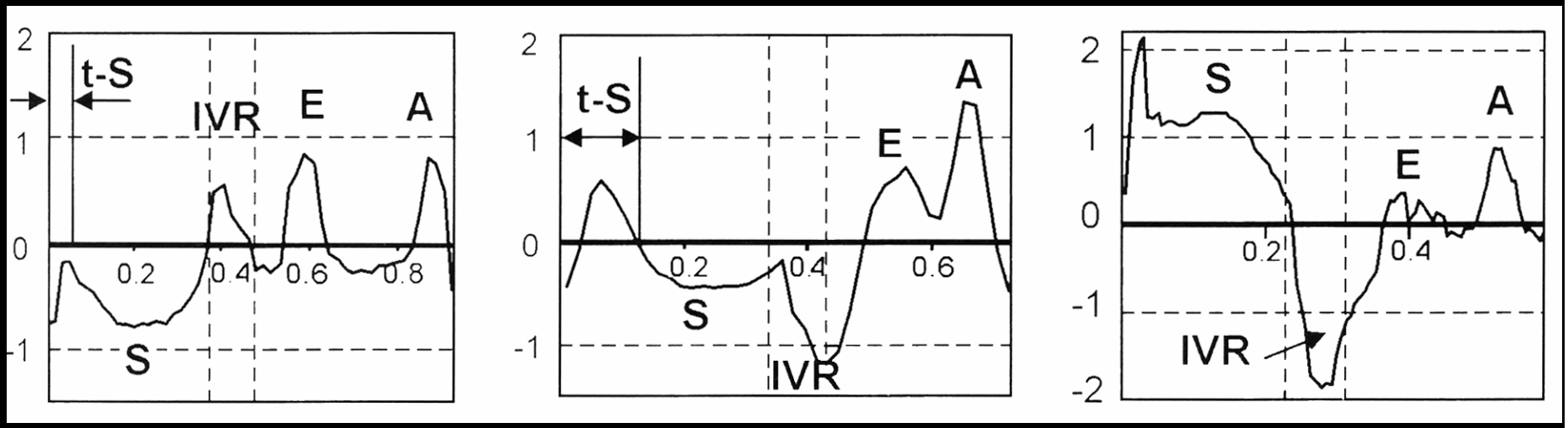
# Myokardiale longitudinale strain rate-Profile

E/A-SR
umgekehrte diastol.
E/A-SR-Verhältnis

Baseline

Ischämie
(reduzierte systolische SR)

Ischämie
(umgekehrte systolische SR)




AC MO

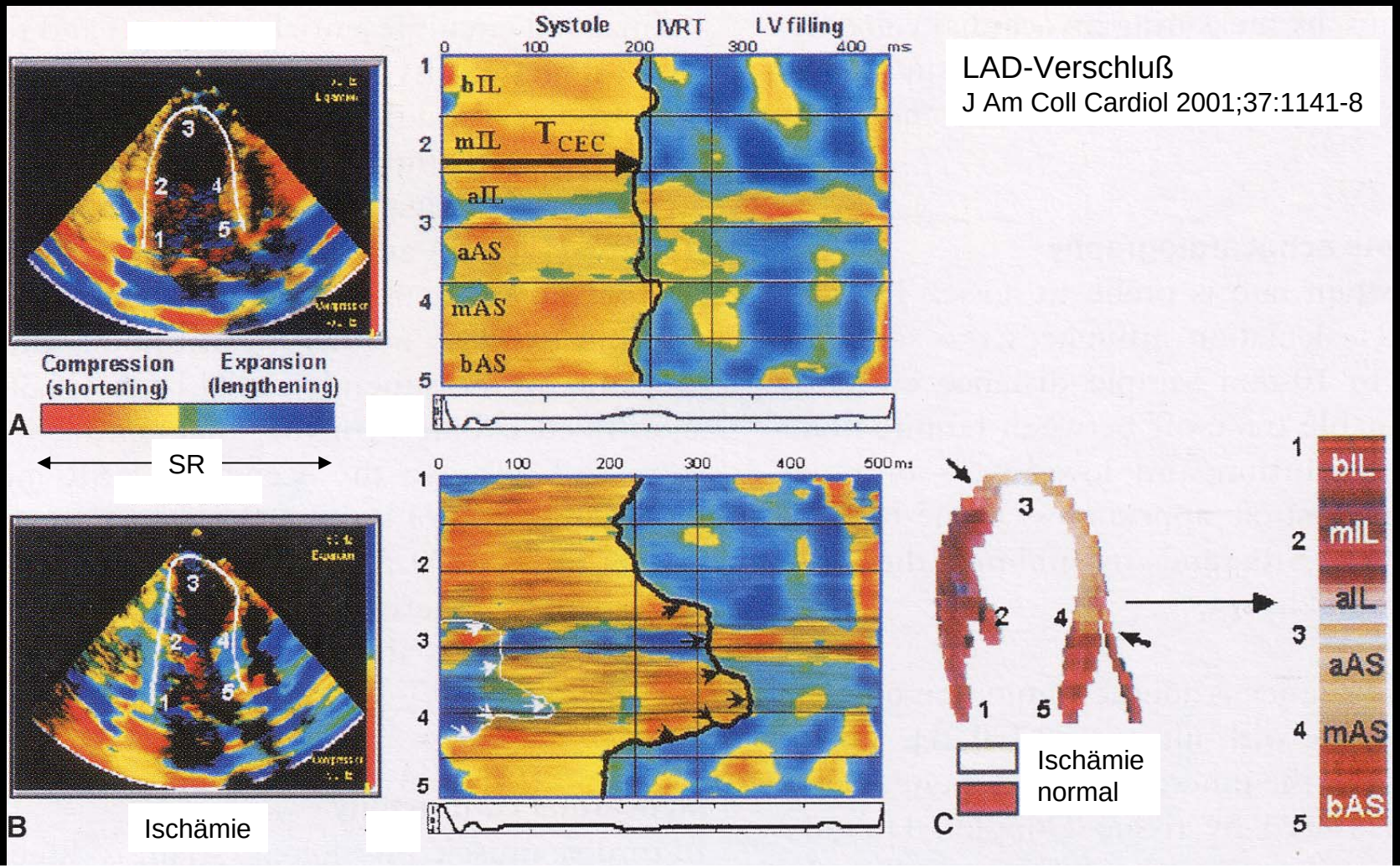
t-S
verzögerter Beginn
der systol. Verkürzung

IVR
postsystol. Verkürzung
(negative SR)

# Ischämie

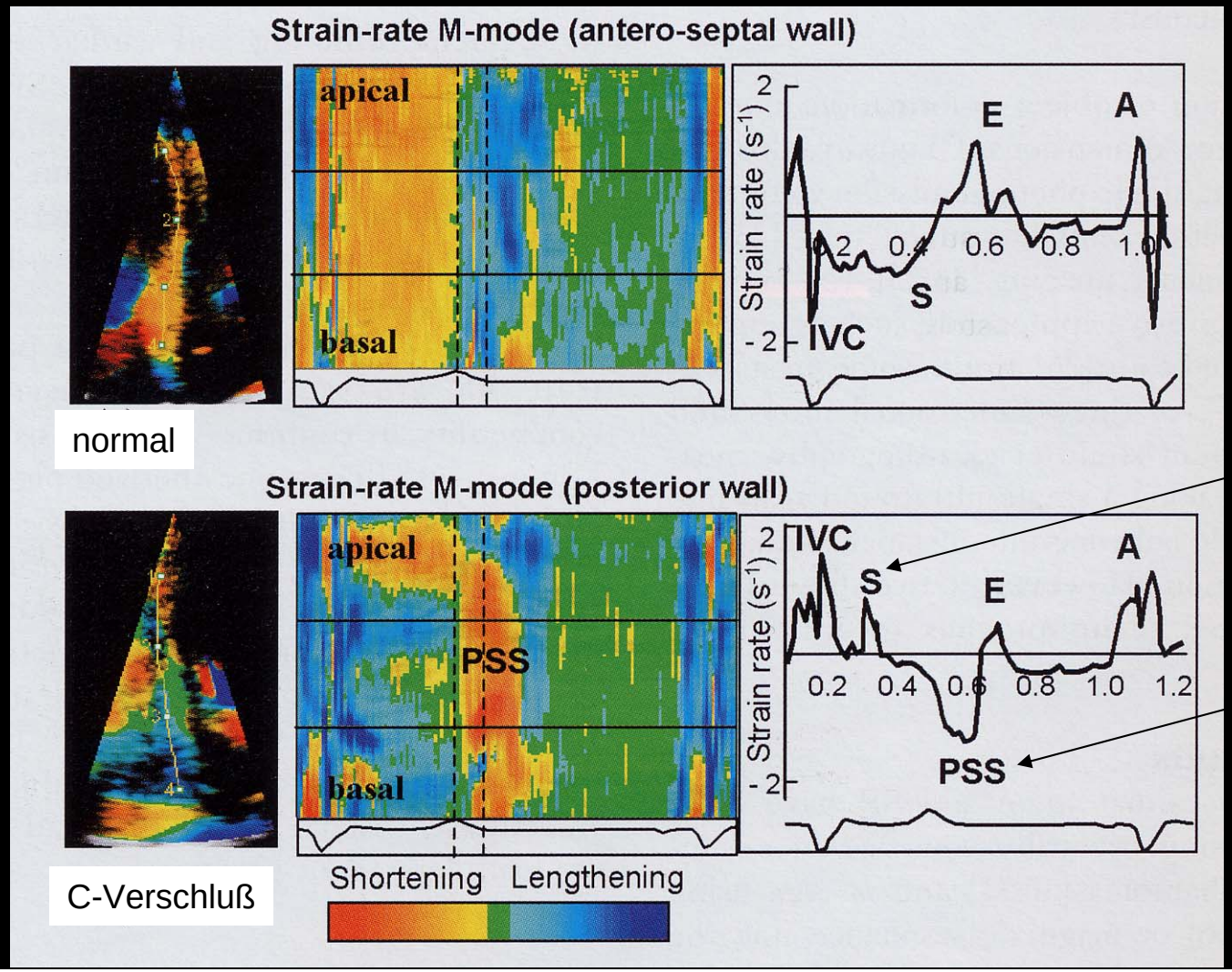
- Homogenität der Verteilung systolischer strain rates von apikal nach basal geht bei Ischämie und Infarkt verloren

# Ischämie: longitudinale strain rate-maps (apLAX)




LAD-Verschluß
J Am Coll Cardiol 2001;37:1141-8

# Ischämie: longitudinale strain rate-maps (apLAX)



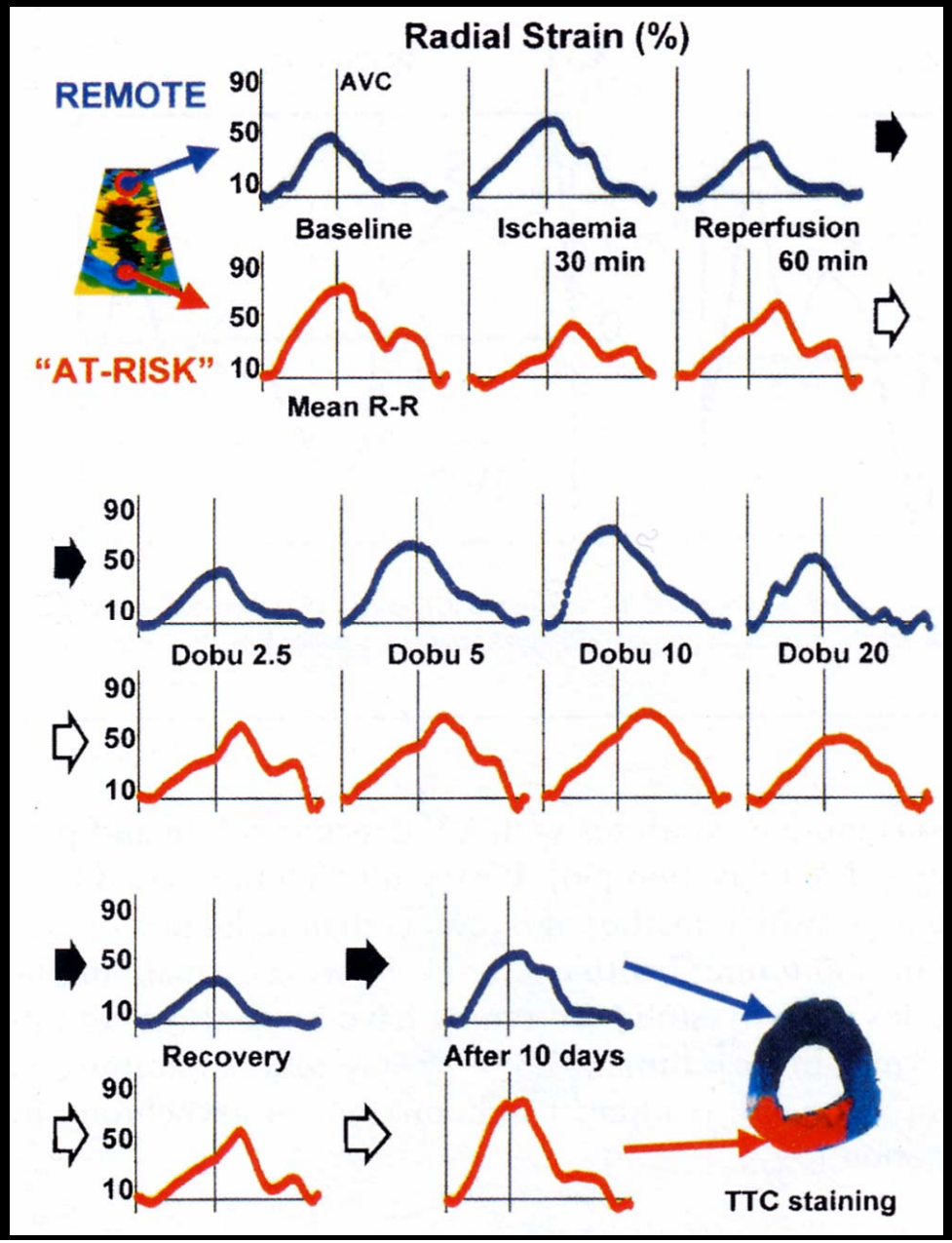

Dyskinesie

postsystolische Verkürzung

# stunning:

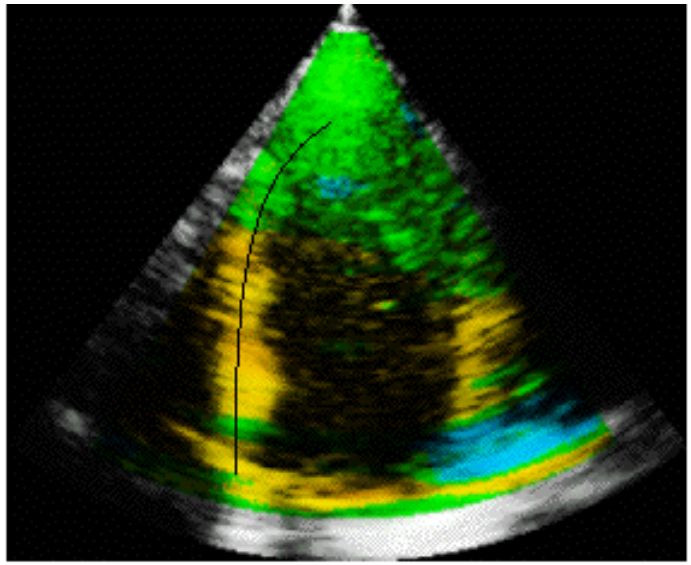
katecholamin-aufhebbare Abschwächung von strain und strain rate

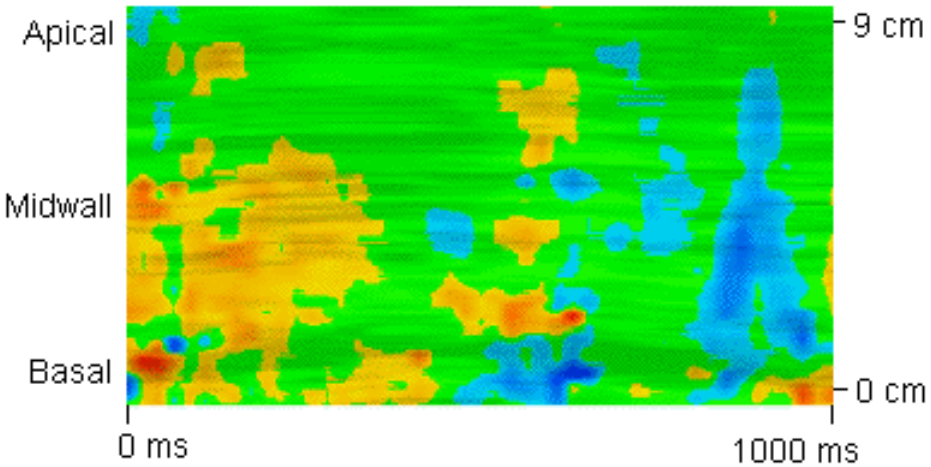
Circulation 2001;104:1059-65



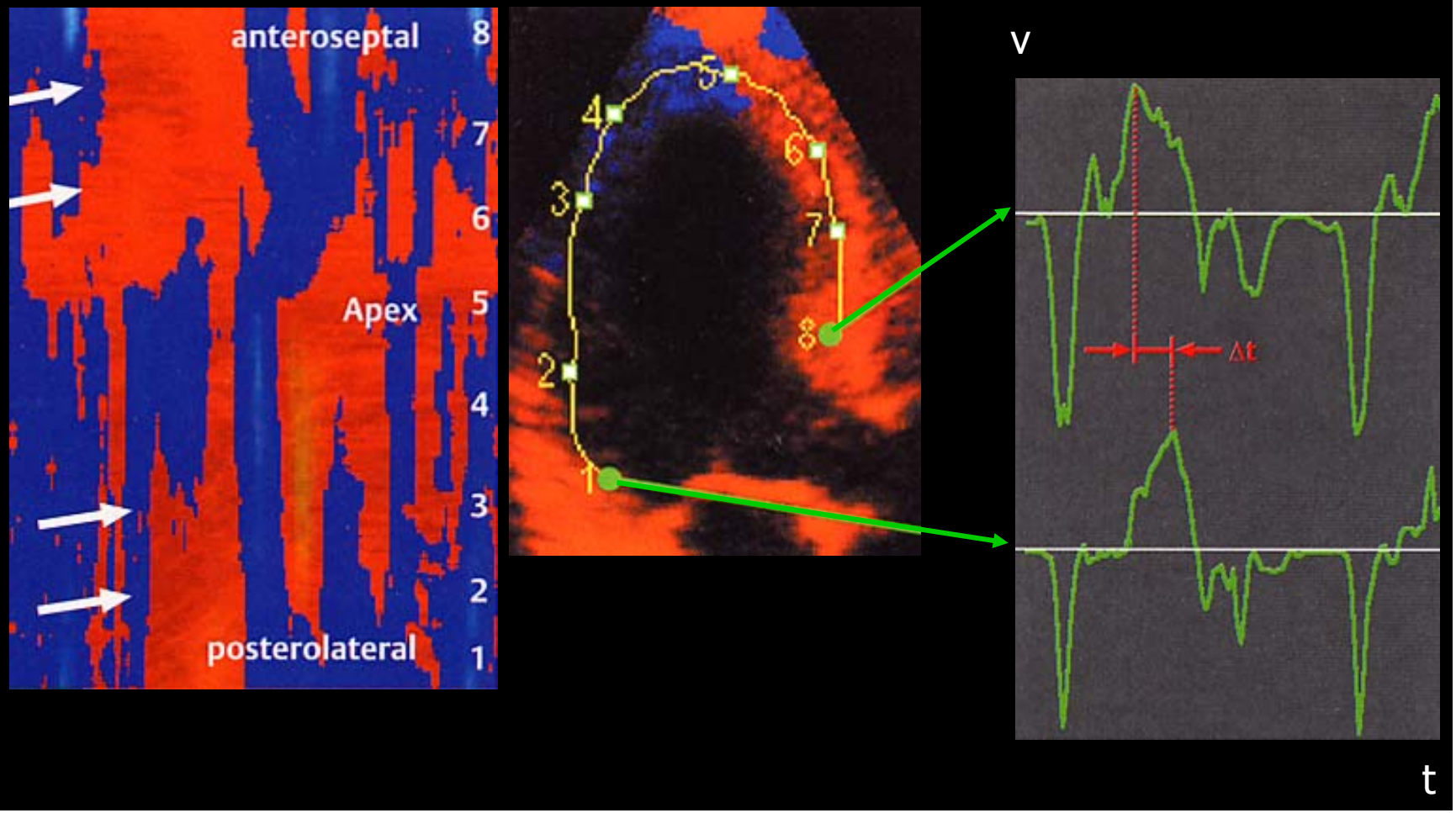

C-Hypoperfusion,
Reperfusion und
unter Dobutamin-Infusion

# Spitzeninfarkt



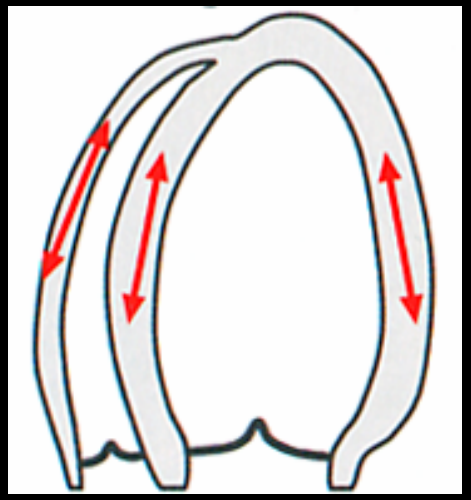


# Linksschenkelblock



# J Am Coll Cardiol 2002;40(4):723-30

- Das Ausmaß der Verzögerung der longitudinalen Geschwindigkeit der basalen Wandsegmente vor Pacemakerimplantation sagt die Langzeiteffektivität einer Resynchronisierungstherapie voraus.



| | Systole | E | A |
|---|---|---|---|
| Baso-septal | 7,8 ± 1,1 | 11,2 ± 1,9 | 7,8 ± 2,0 |
| Baso-lateral | 10,2 ± 2,1 | 14,9 ± 3,5 | 6,6 ± 2,4 |
| Baso-anterior | 9,0 ± 1,6 | 12,8 ± 3,0 | 6,5 ± 1,6 |