

MEDIZINISCH-TECHNISCHE
RADIOLOGIE

;medi



Herz-Diagnostik in der NUK

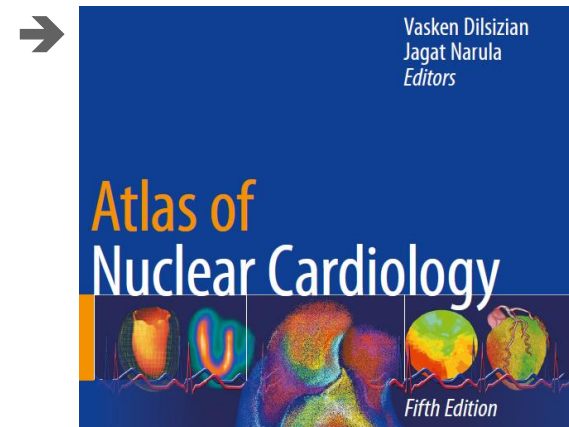
Literatur

→ DGN – Guideline (<https://www.nuklearmedizin.de/leistungen/leitlinien/>)

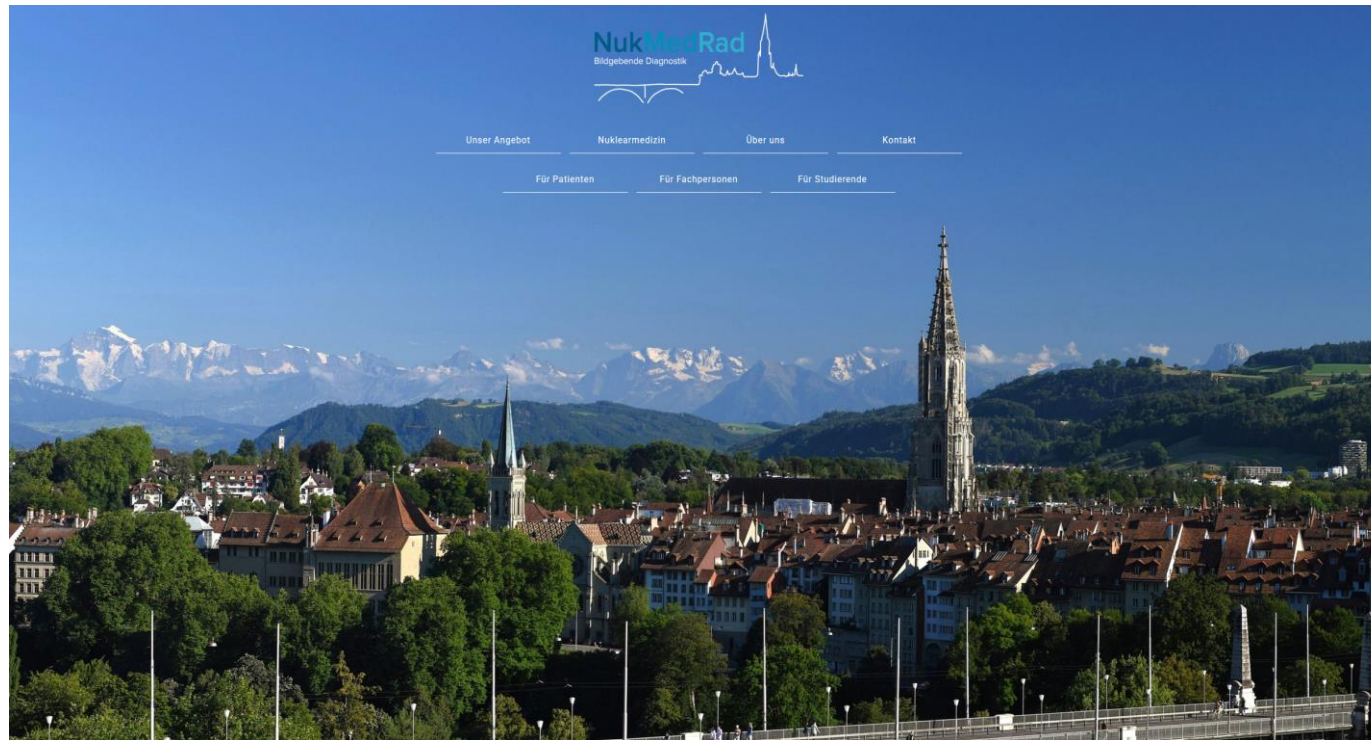
→ EANM – NucMedGuide-APP



→ Diagnostische Referenzwerte BAG (<https://www.bag.admin.ch/bag/de/home/gesetze-und-bewilligungen/gesuche-bewilligungen/bewilligungen-aufsicht-im-strahlenschutz/informationen-fuer-medizinische-betriebe/diagnostische-referenzwerte-im-strahlenschutz.html>) → Nuklearmedizin



Für Fälle und Infos:



<https://nuklearmedizin-bern.ch>

Studierenden-PW: 99m-Technetium



Herz-Diagnostik in der NUK

Myokardiale Sarkoidose
FDG-PET/CT

Amyloidose
DPD-Szintigraphie

Ischämie-Diagnostik SPECT/CT | PET/CT

Myokard-Vitalität
FDG-PET/CT

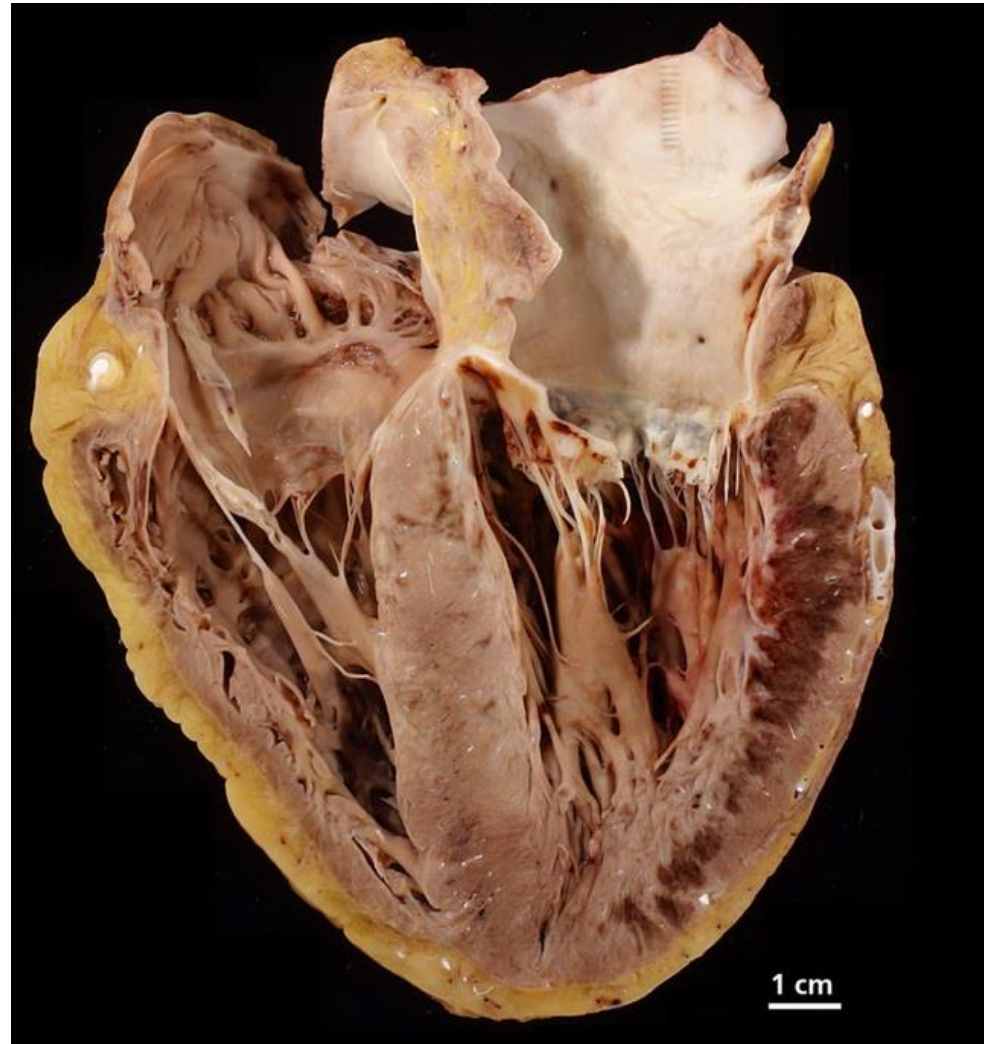
Infektionen der Herzklappen
FDG-PET/CT



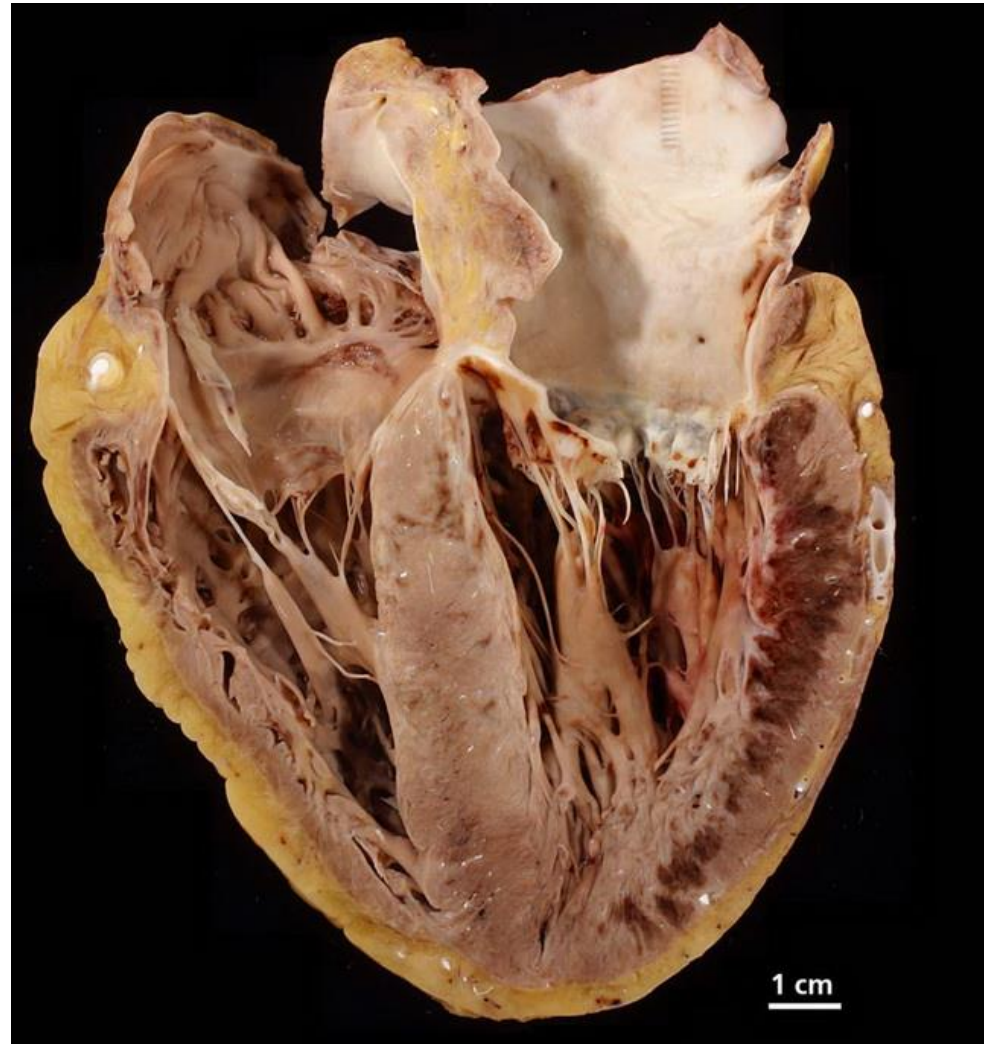
«Das Leben ist tödlich»

Gerald Dunki





Pumpleistung (Erw.)
in Ruhe: ca. 5 - 6 L/min
bei Belastung: bis 20 - 25 L/min



Kardiogene Todesursachen:

- **Infarkt**
- **Insuffizienz**
- Herzrhythmusstörung
- Klappendysfunktion
- Infektionen
- Ruptur
- ...



Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra

Bundesamt für Statistik

Herz- und Kreislauf-Erkrankungen

Herz-Kreislauf-Erkrankungen sind in der Schweiz die häufigste Todesursache und der dritthäufigste Hospitalisierungsgrund.

	Männer	Frauen
Todesfälle infolge von Herz-Kreislauf-Erkrankungen ¹ (2021)	9 114	10 531
Anteil an allen Todesfällen, in % (2021)	26,0	29,2
Wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen hospitalisierte Personen ² (2021)	65 188	46 588
Anteil an allen Hospitalisierungen, in % (2021)	14,0	8,4
Akuter Myokardinfarkt, Anzahl Fälle (2021)	12 680	6 465
Schlaganfall, Anzahl Fälle (2021)	11 805	10 039
...		

Begriffe

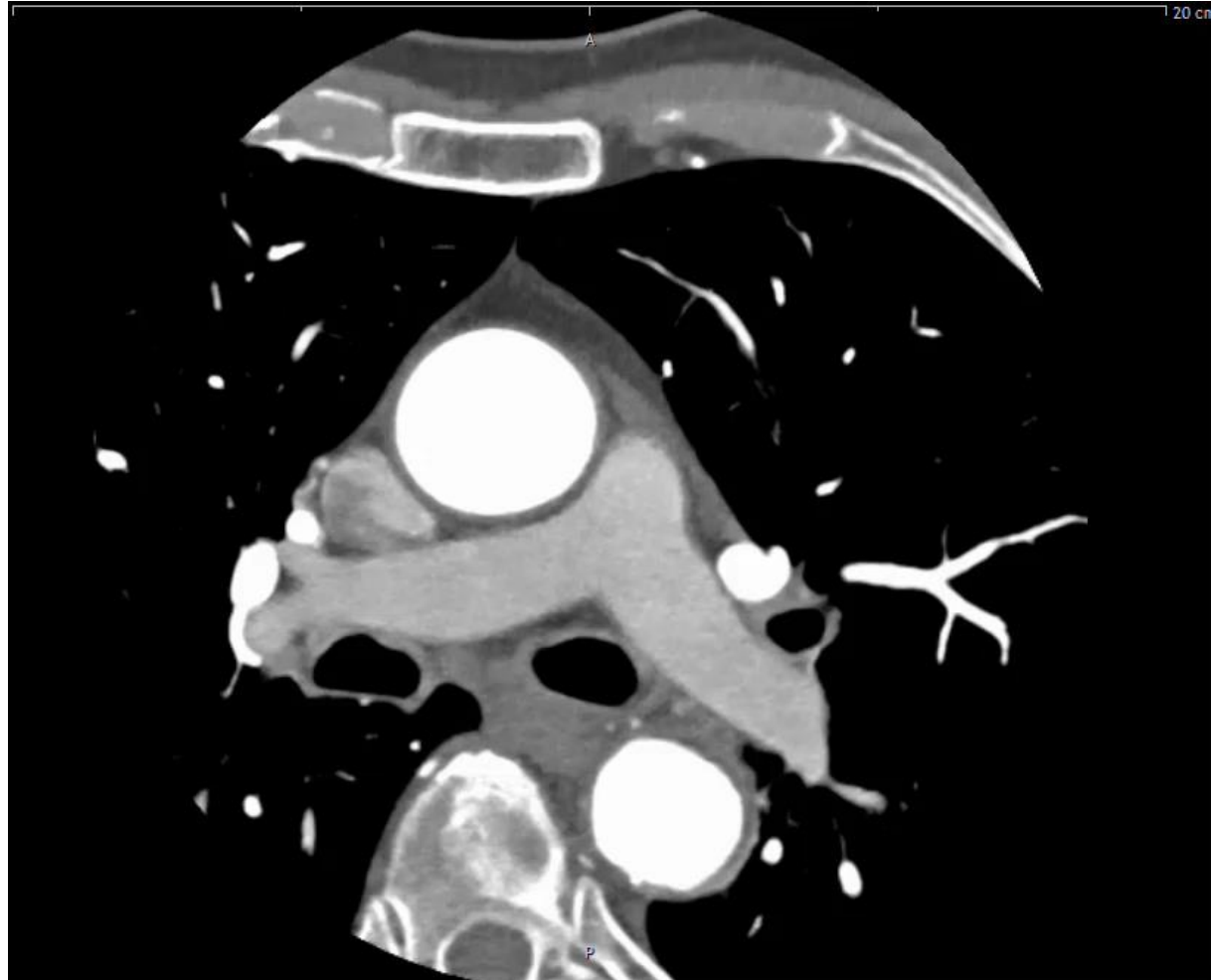


Infarkt = abgestorbenes Gewebe
→ Narbe

Ischämie = Störung der Durchblutung
→ Störung der Zellfunktion, reversibel
bei längerem Bestehen => Infarkt, Zelluntergang

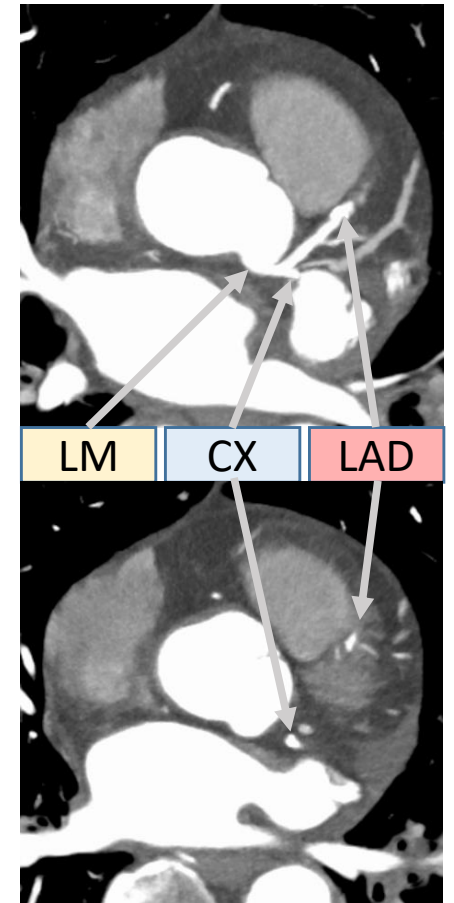
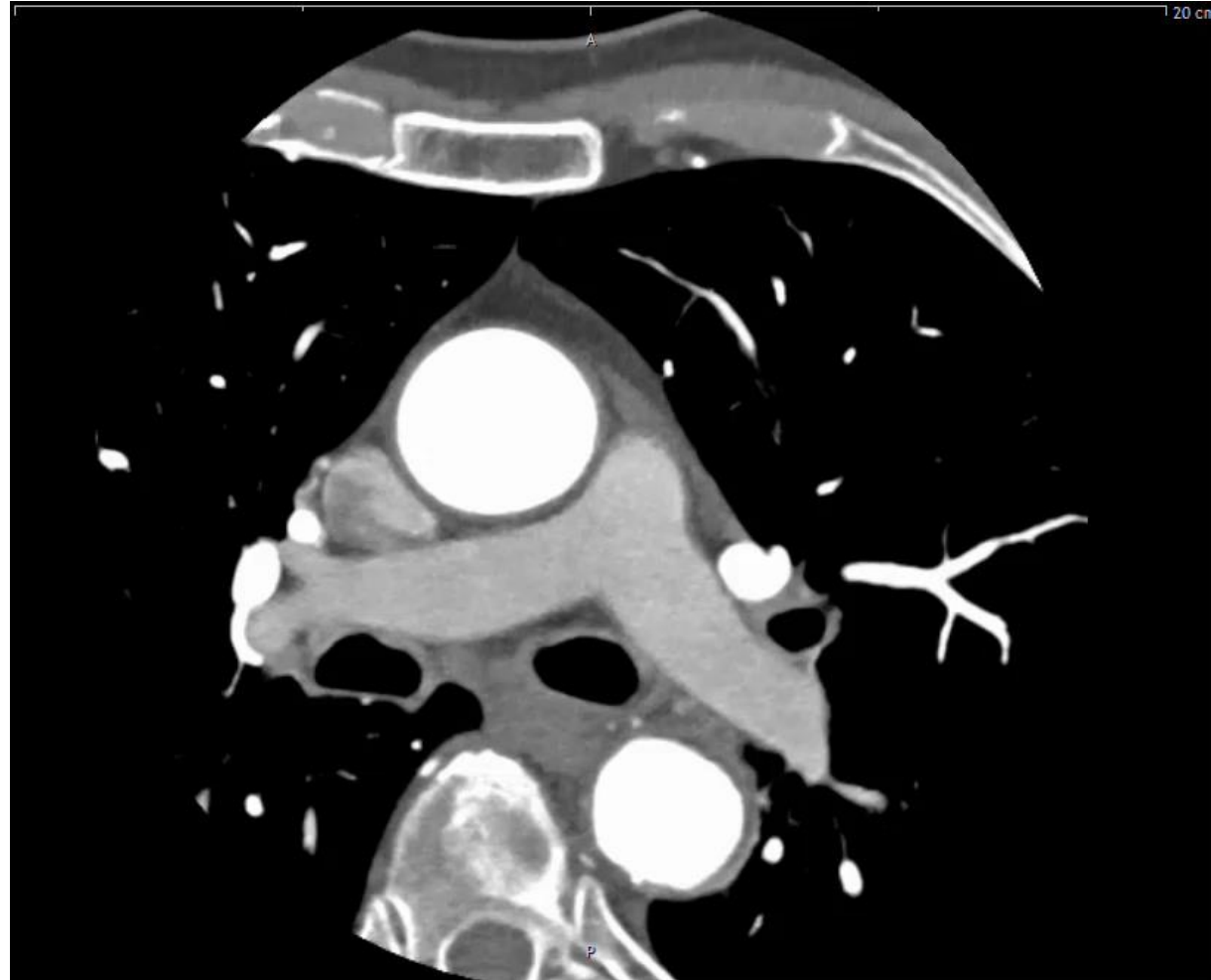
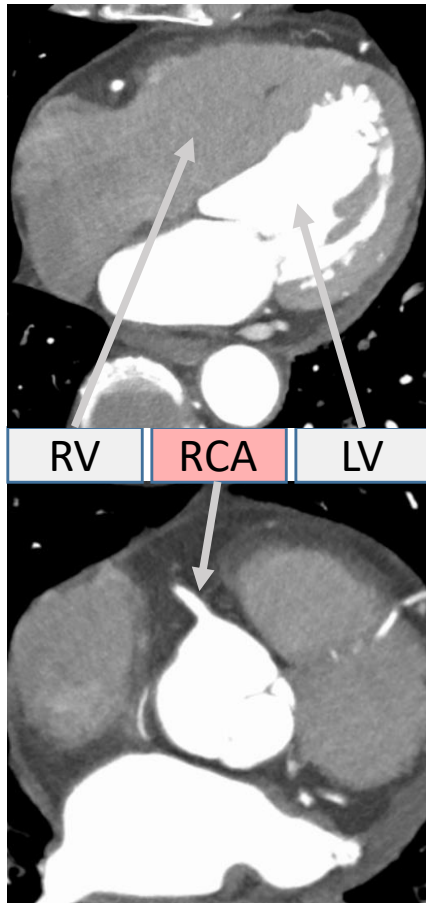
Angina pectoris (wörtlich: «enge Brust»)
Symptomatik im Rahmen einer Ischämie oder Myokardinfarktes
stabil: tritt immer in gleichen Belastungssituationen auf
instabil: Auftreten der Symptomatik unabhängig von Situation

Anatomie im Bild

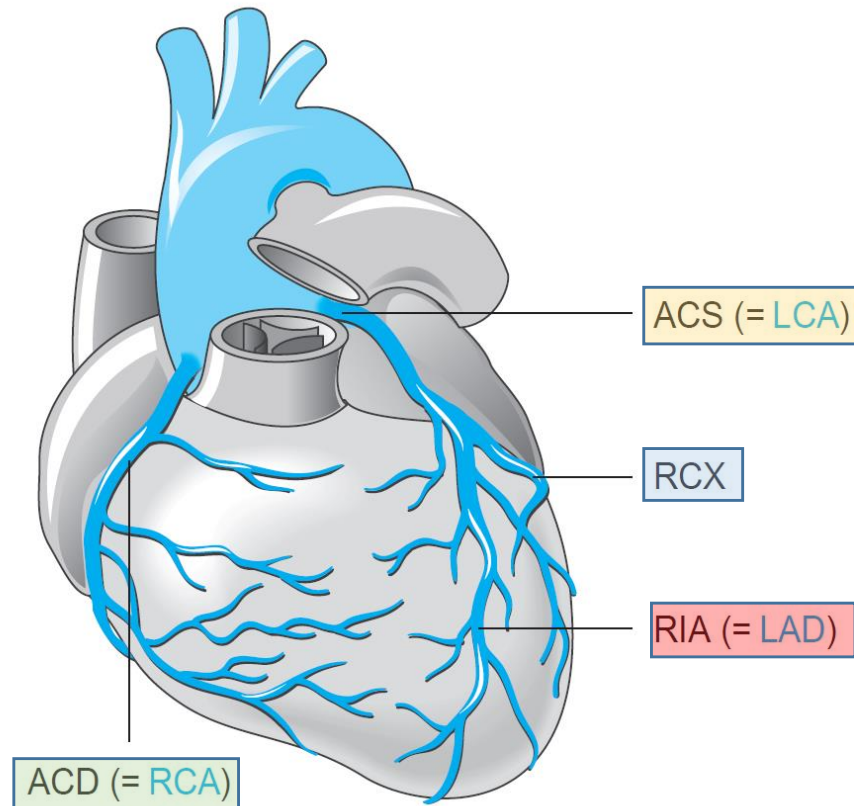


11086612

Anatomie Koronargefäße



Anatomie Koronargefäße



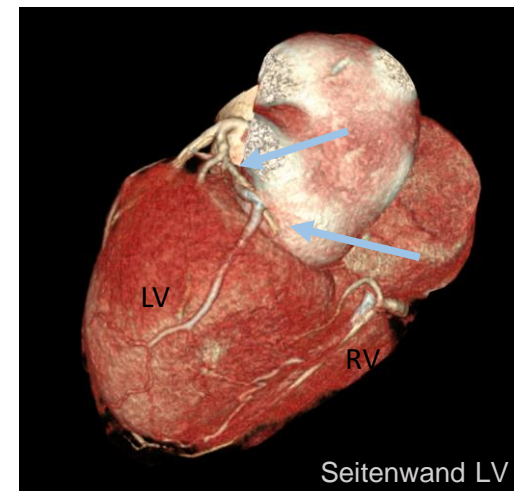
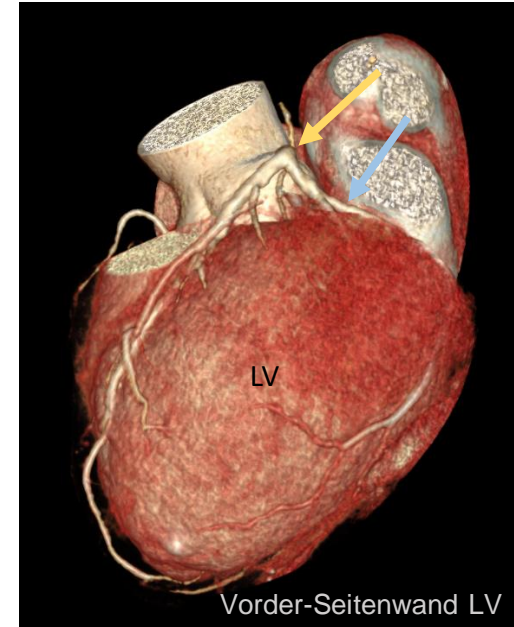
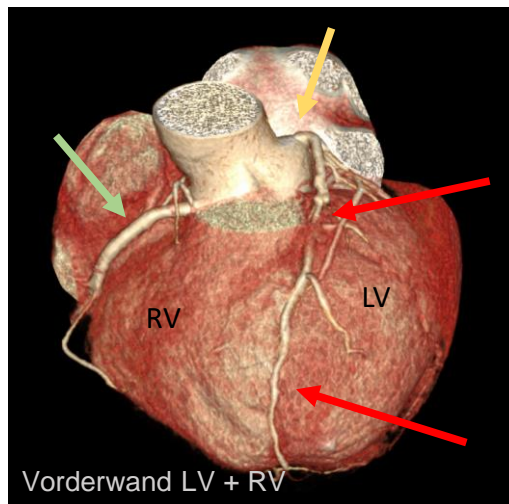
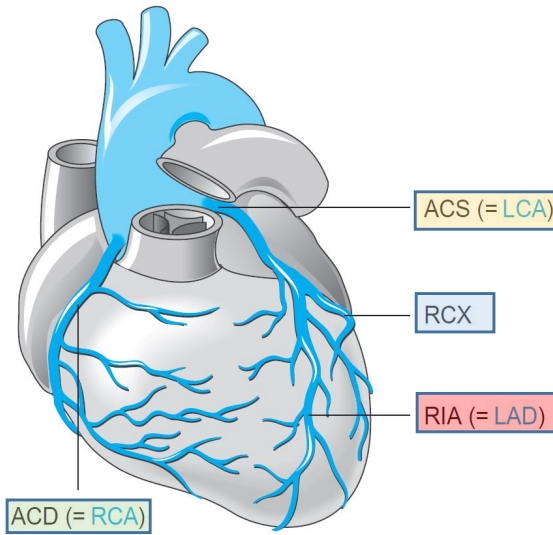
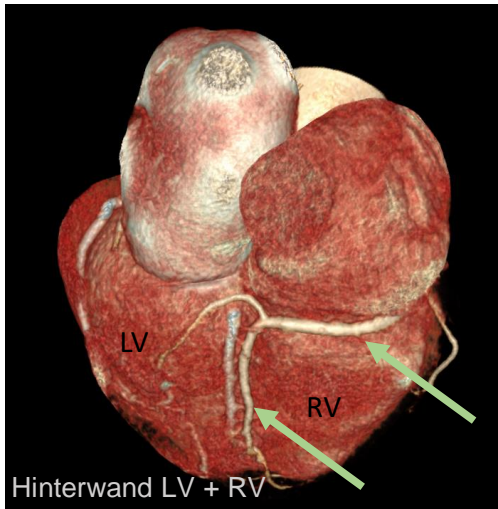
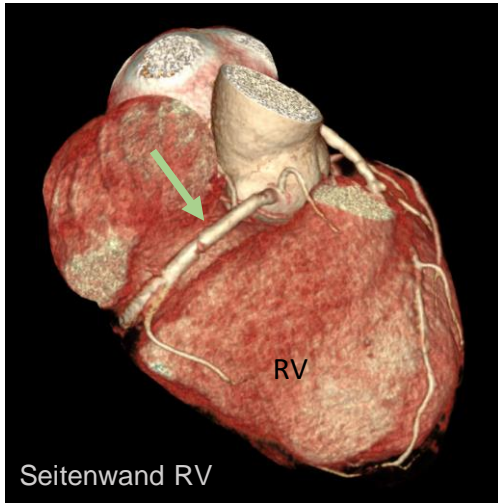
Nomenklatur....

ACS	Arteria coronaria sinistra
LCA	Left Coronary Artery
LM	Linker Hauptstamm
RIVA	Ramus interventrikularis anterior
LAD	Left anterior descending
RCX	Ramus circumflexus
LCX	Left Circumflex
CX	Circumflex
ACD	Arteria coronaria dextra
RCA	Right Coronary Artery

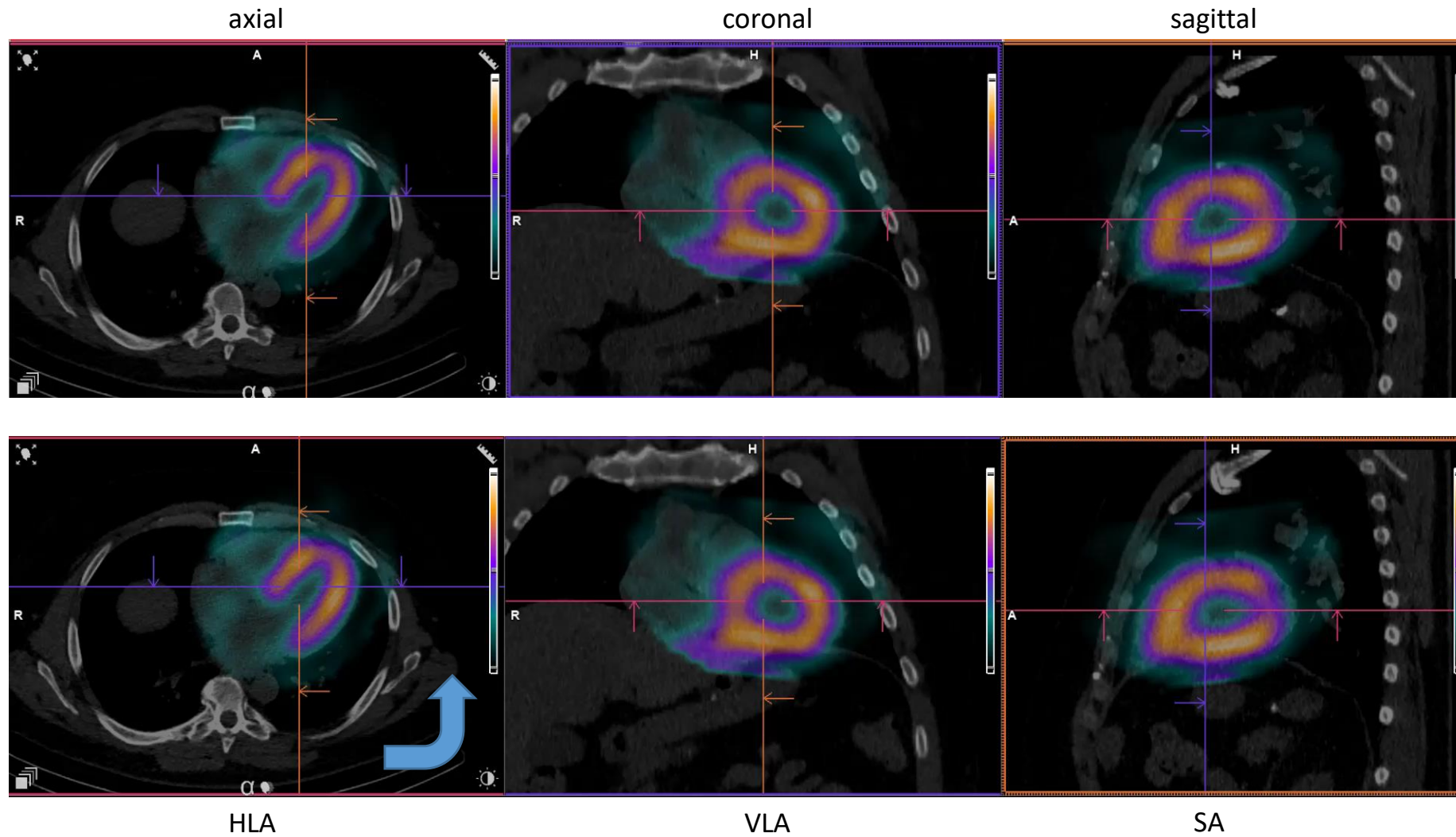
Anatomie Koronargefäße



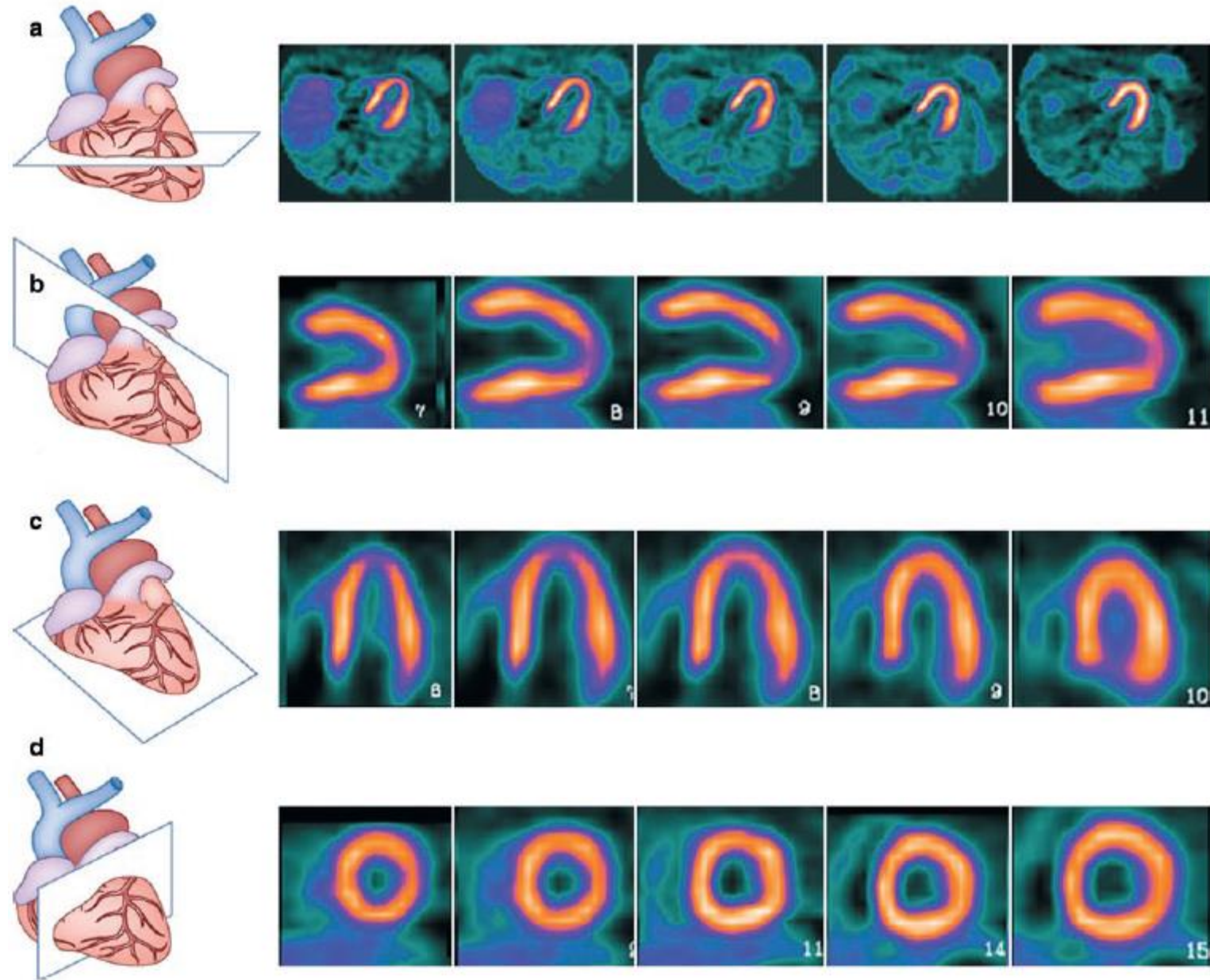
Anatomie Koronargefäße



Anatomie im Bild

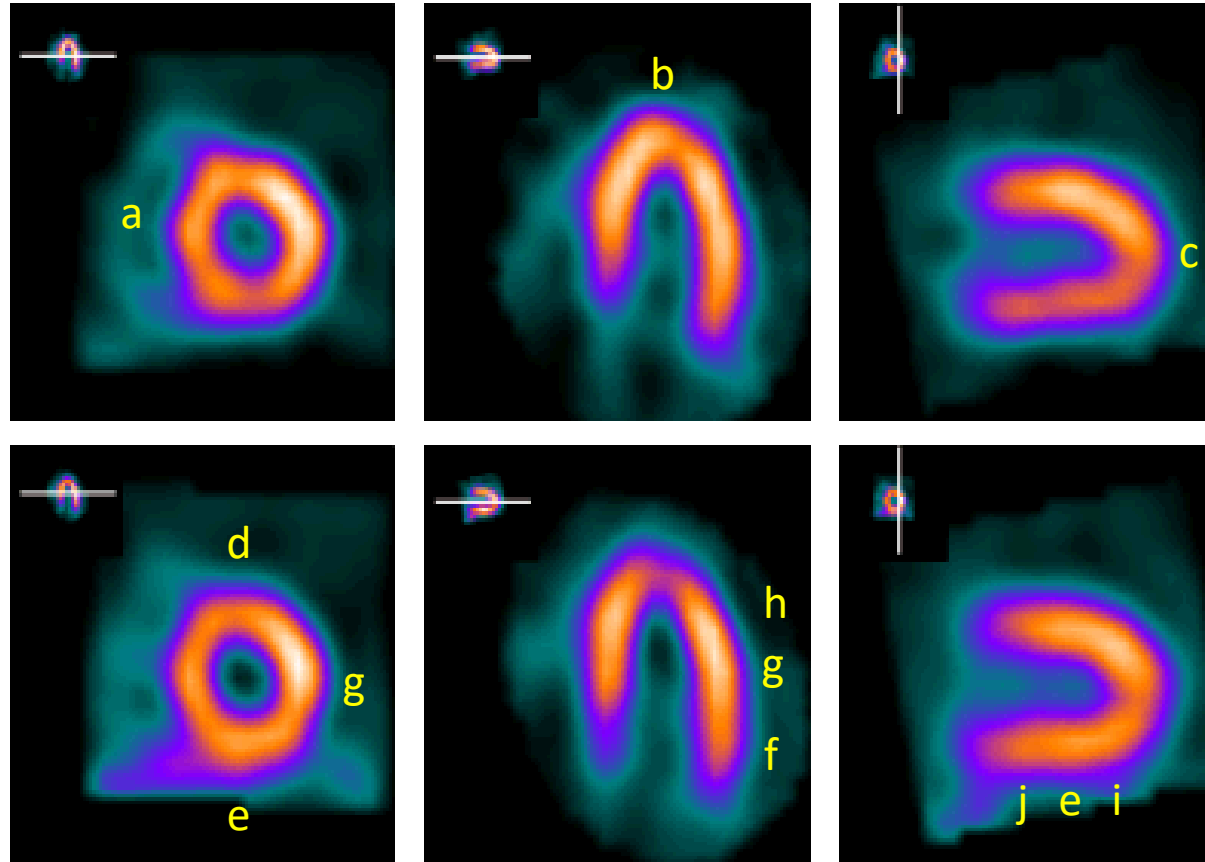


Anatomie im Bild

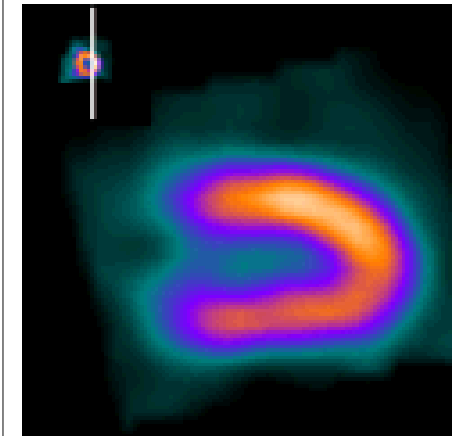
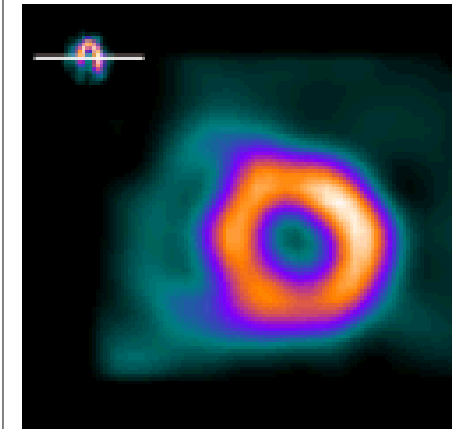
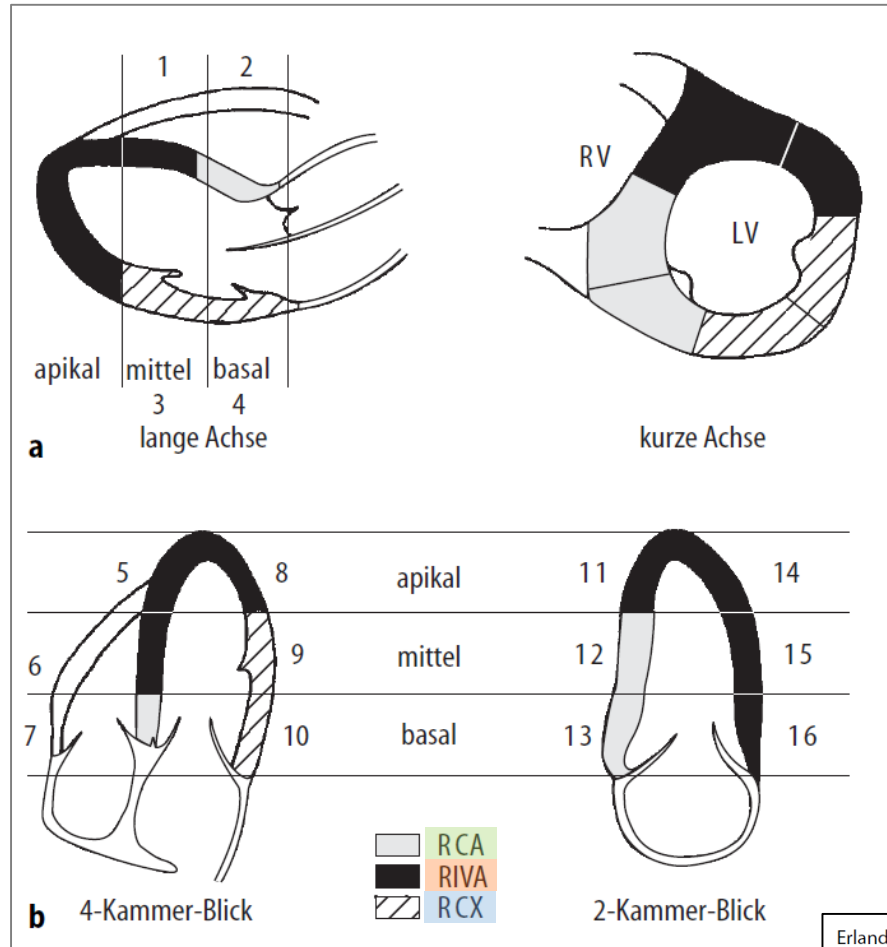
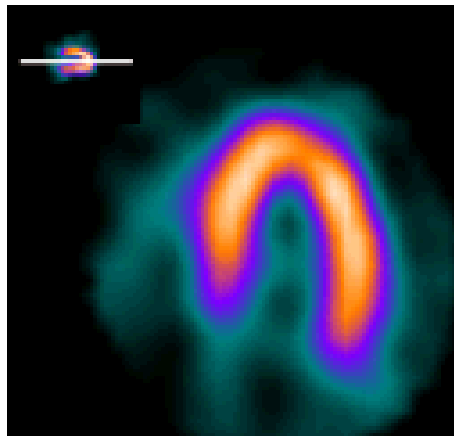
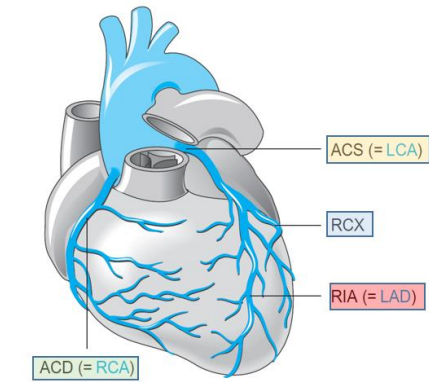


- A - Axial
- B - Vertikale Langachse (VLA)
- C - Horizontale Langachse (HLA)
- D - Kurzachse (SA)

Anatomie im Bild



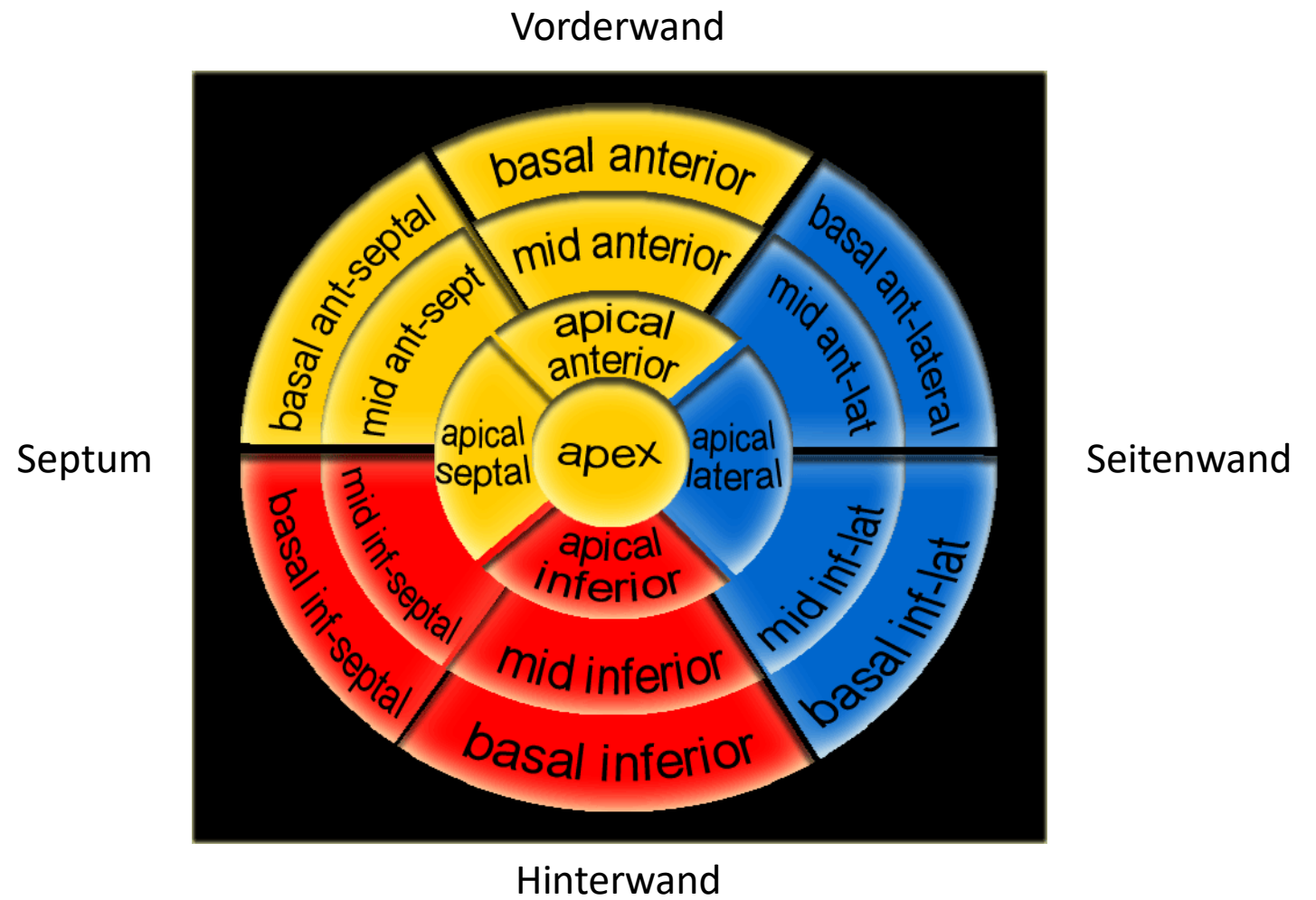
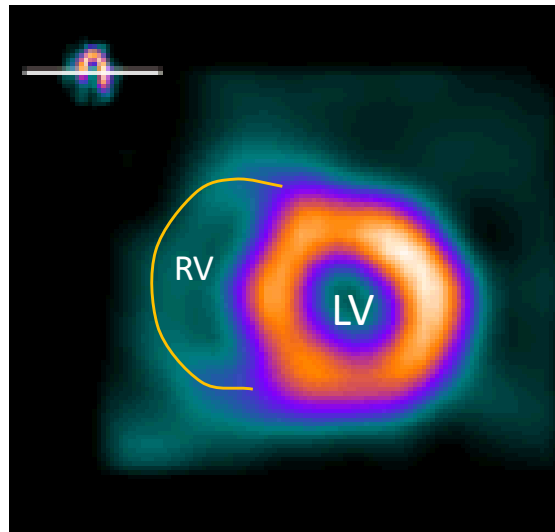
Anatomie Koronargefäße



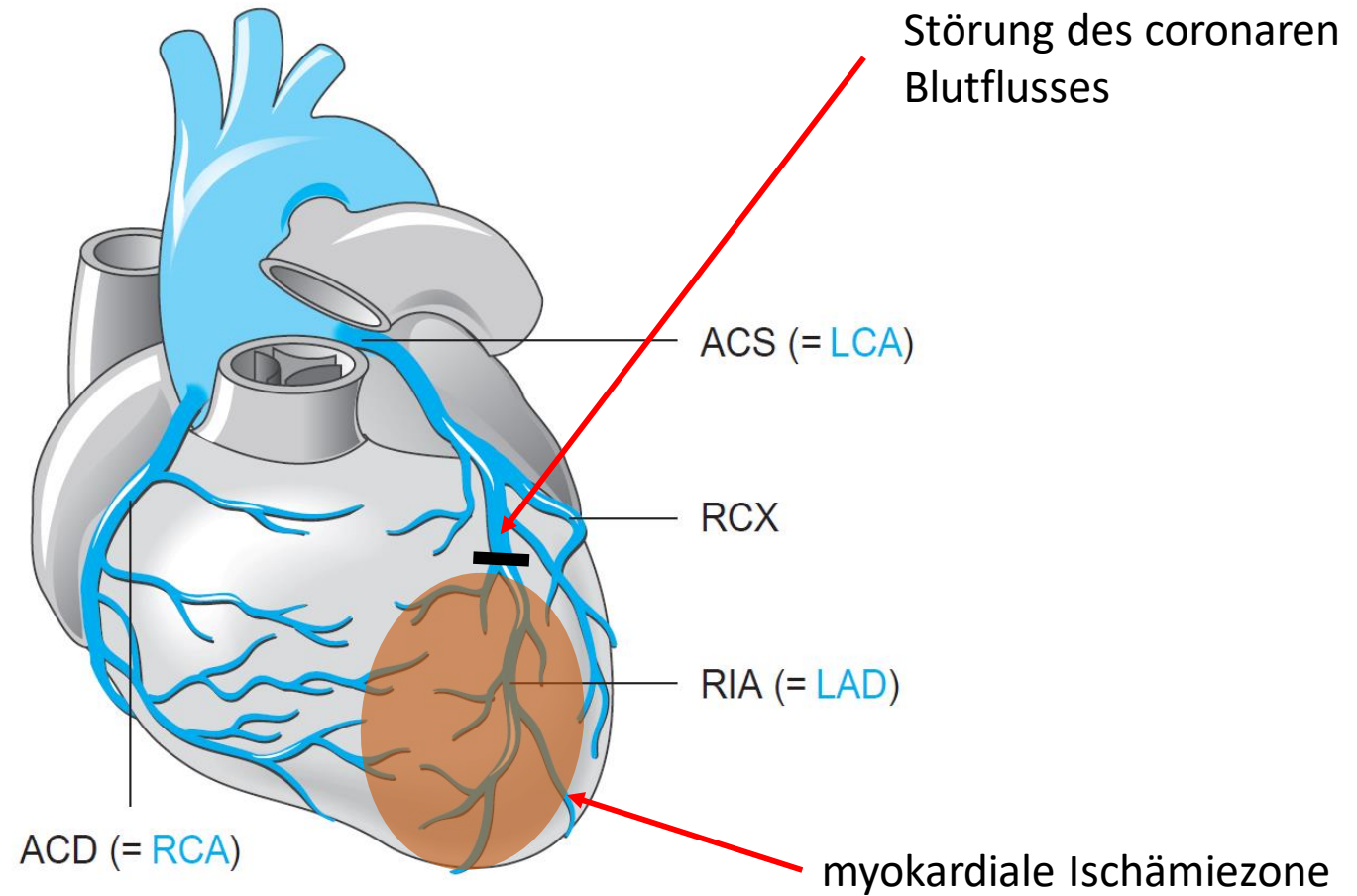
Erland Erdmann
 Klinische Kardiologie
 Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der herznahen Gefäße
 6., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Anatomie im Bild

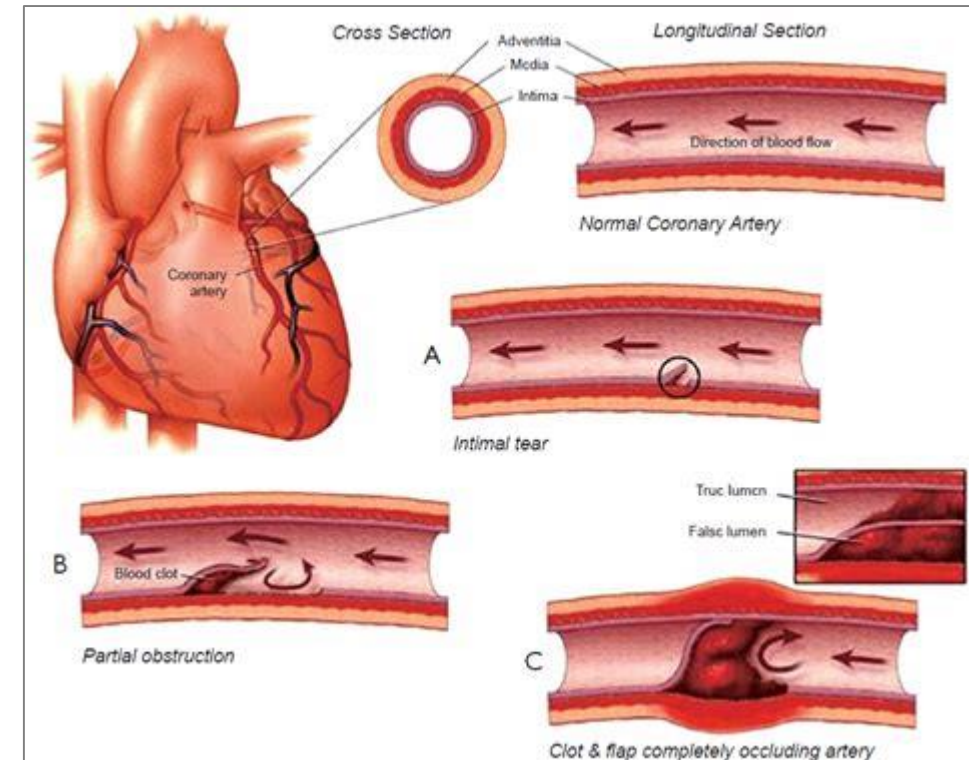
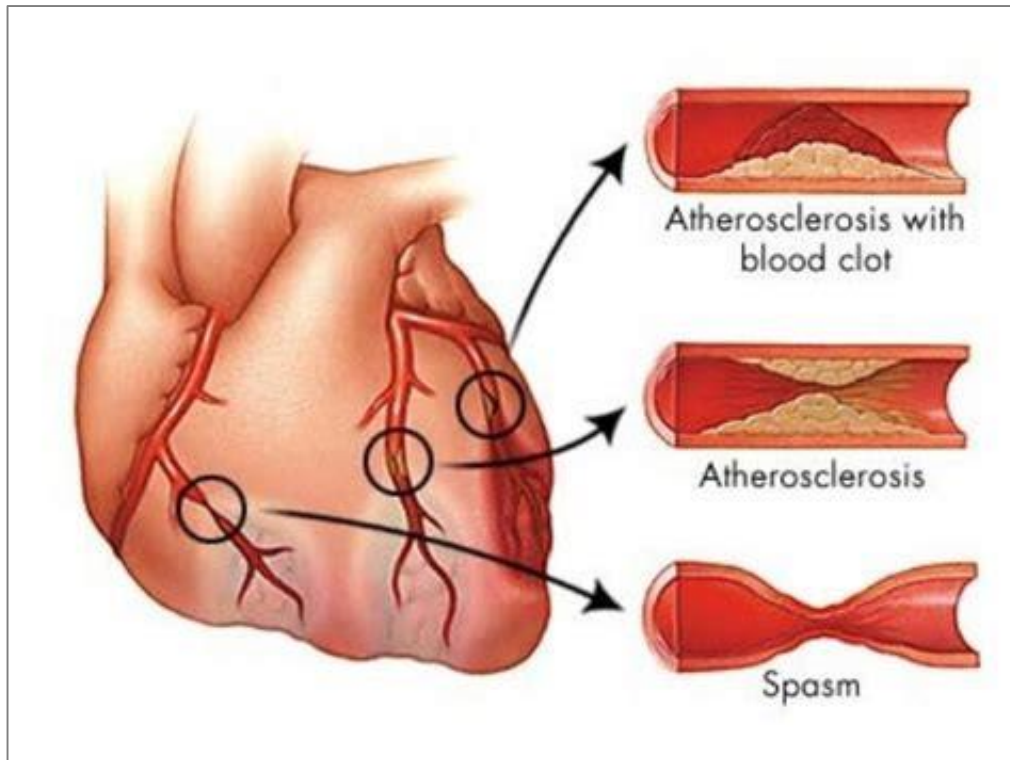
Kurzachse



Herzinfarkt



Arten der Gefäßverschlüsse



<https://www.saintlukeskc.org/condition/spontaneous-coronary-artery-dissection-scad#>

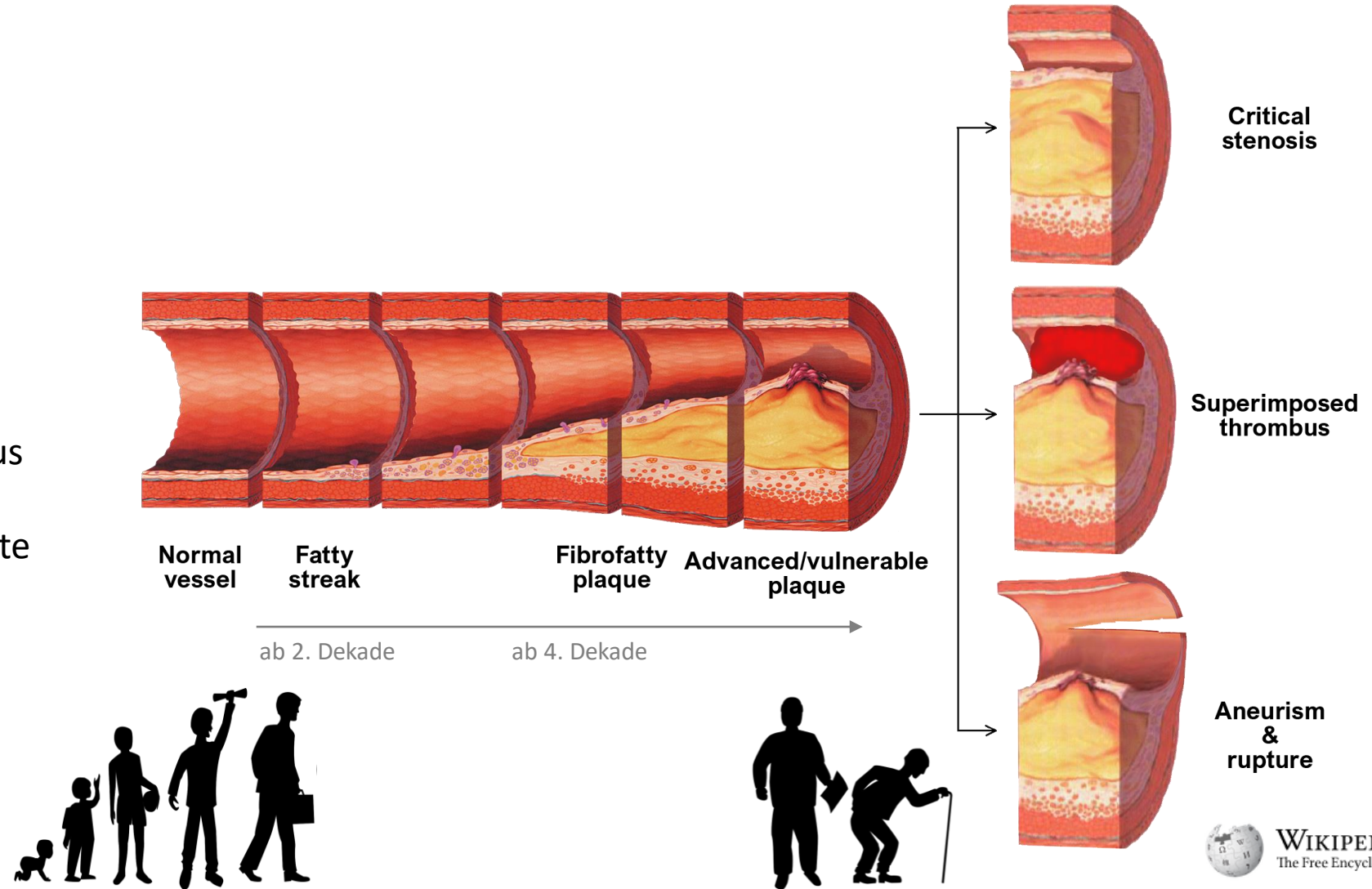
Pathophysiologie der Atherosklerose



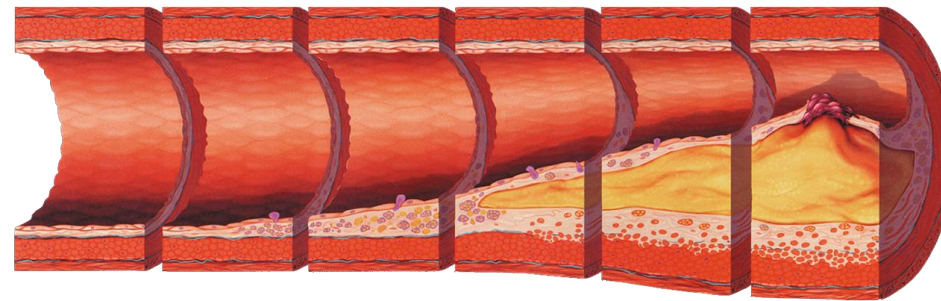
Pathophysiologie der Atherosklerose

Risikofaktoren:

- Genetik
- Übergewicht
- Bluthochdruck
- Diabetes mellitus
- Rauchen
- Cholesterin, Fette
-



Pathophysiologie der Atherosklerose



ab 2. Dekade

ab 4. Dekade

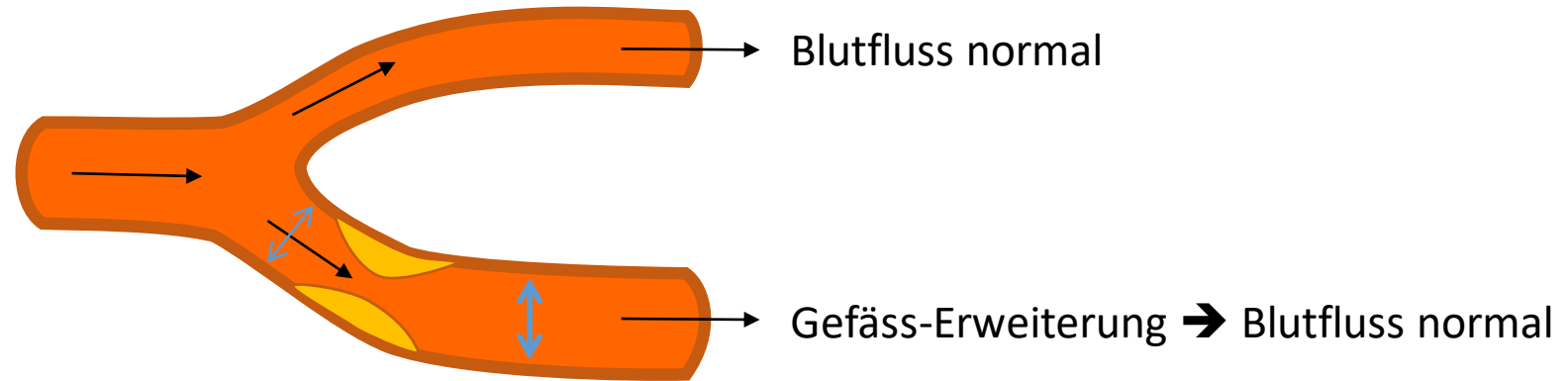


**KEINE
BESCHWERDEN**



Pathophysiologie der Atherosklerose

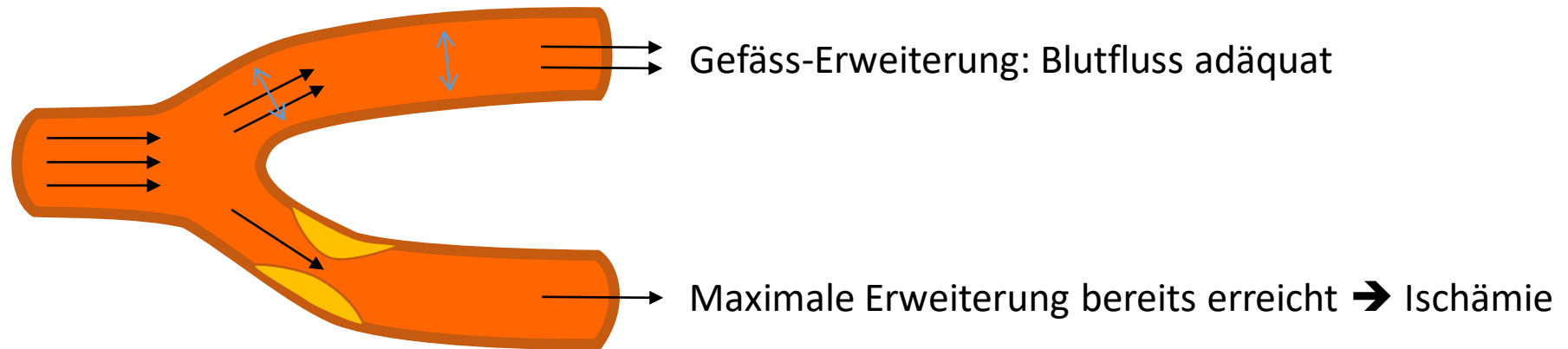
In Ruhe



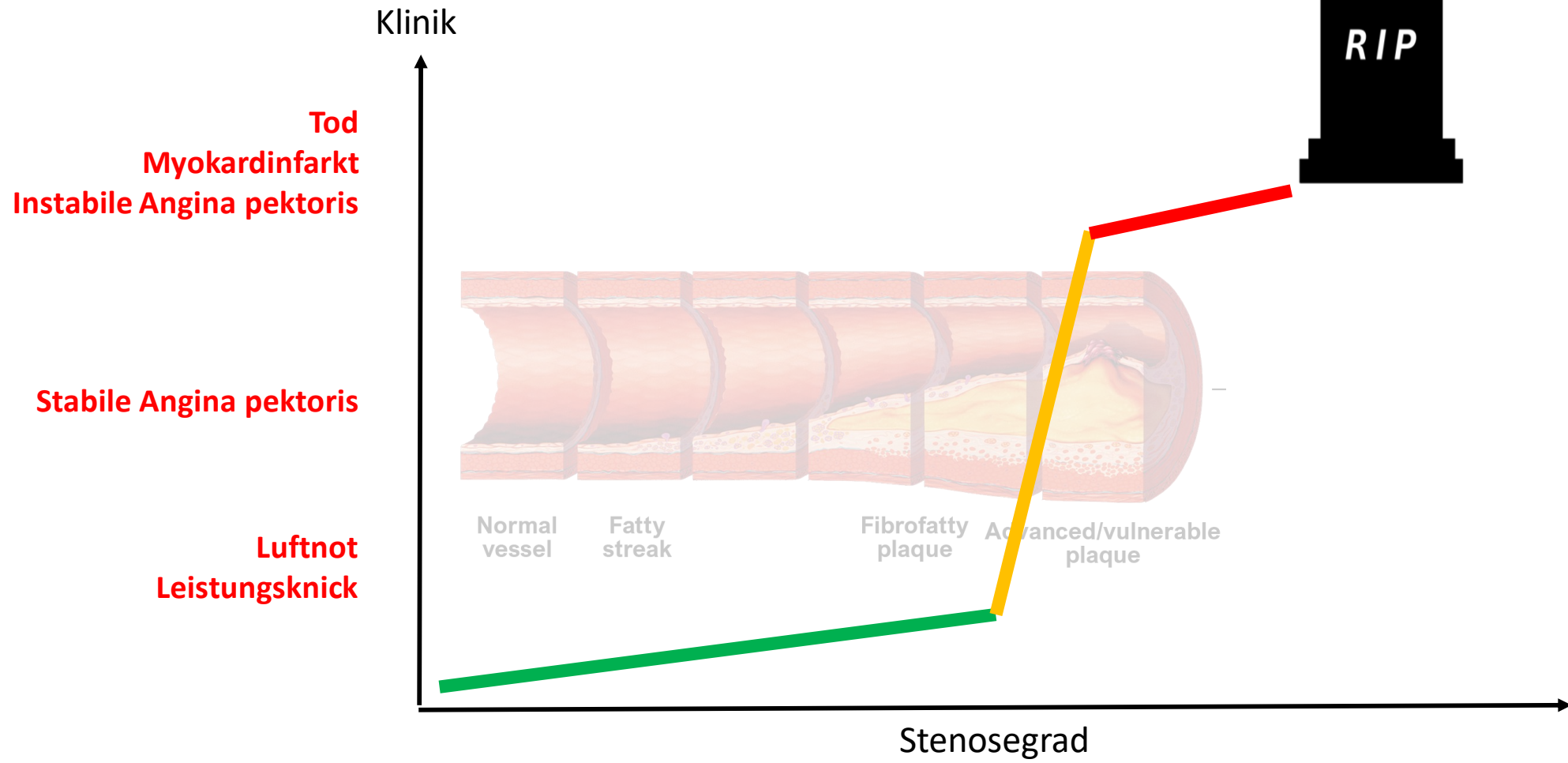
Pathophysiologie der Atherosklerose

Belastung

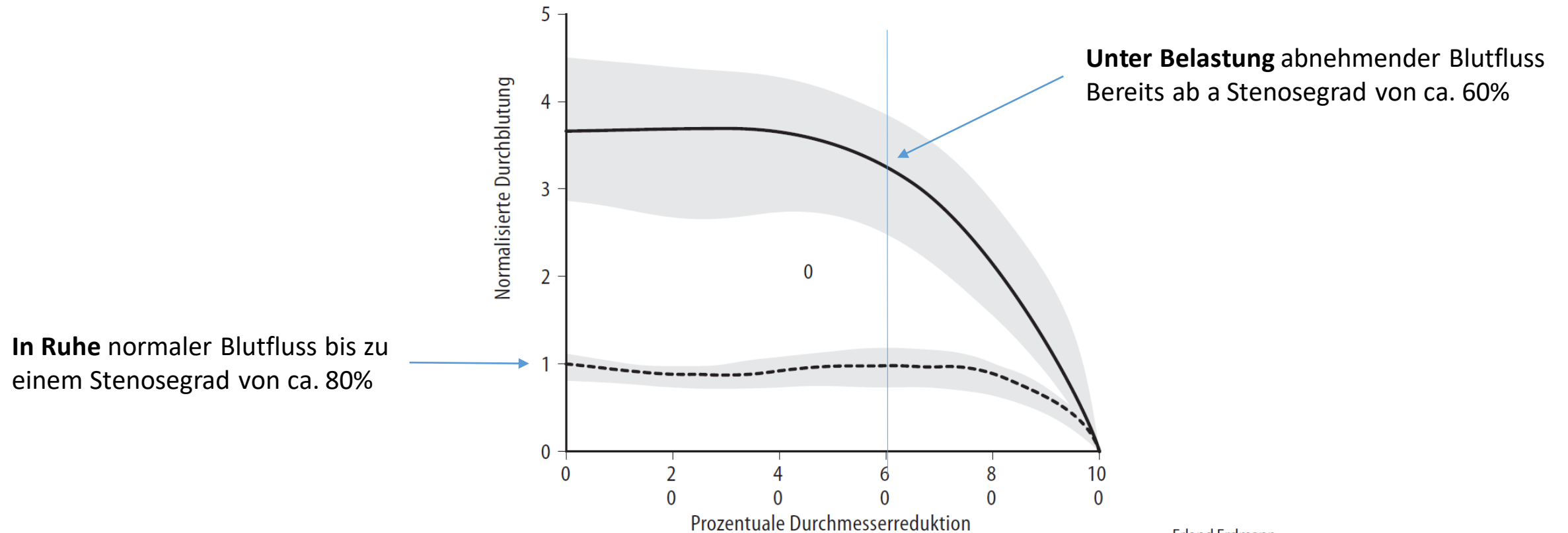
Sauerstoffbedarf der Muskelzellen führt zur Erweiterung der Blutgefäße



Pathophysiologie der Atherosklerose



Pathophysiologie der Atherosklerose



■ **Abb. 2.5.** Beziehung zwischen Koronardurchblutung und prozentualer Durchmesserreduktion unter Ruhebedingungen und bei maximaler Dilatation. (Nach Gould et al. 1974)

Erland Erdmann

Klinische Kardiologie

Krankheiten des Herzens, des Kreislaufs und der herznahen Gefäße

6., vollständig überarbeitete und aktualisierte Auflage

Diagnose

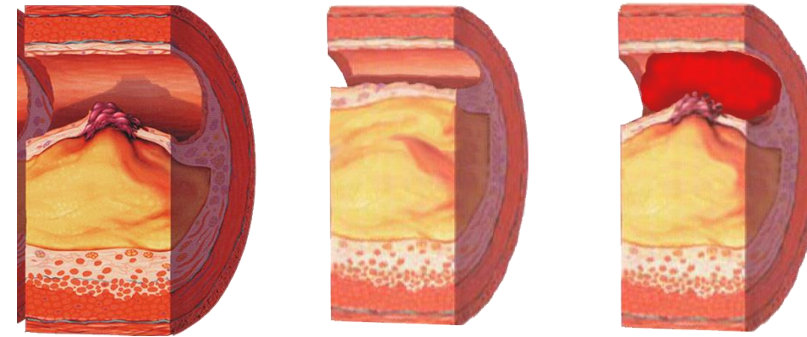
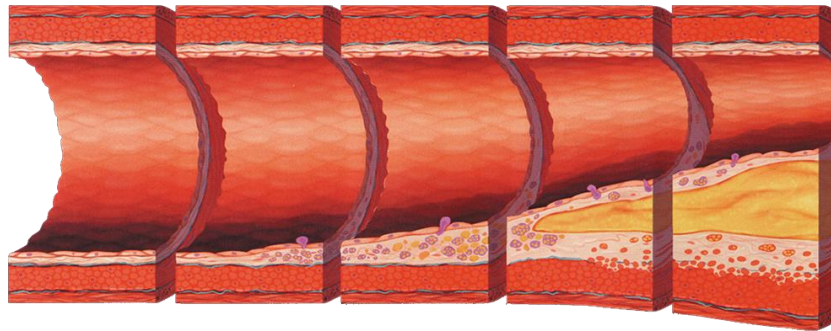


Diagnose



Klinik
[st. >>> inst. AP]

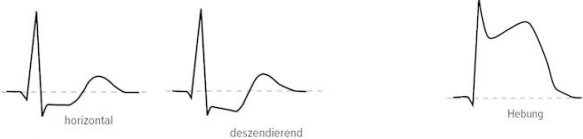
Diagnose



Klinik
 [st. >>> inst. AP]

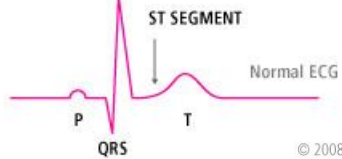
EKG
 [Ischämie >>> Infarkt]

path



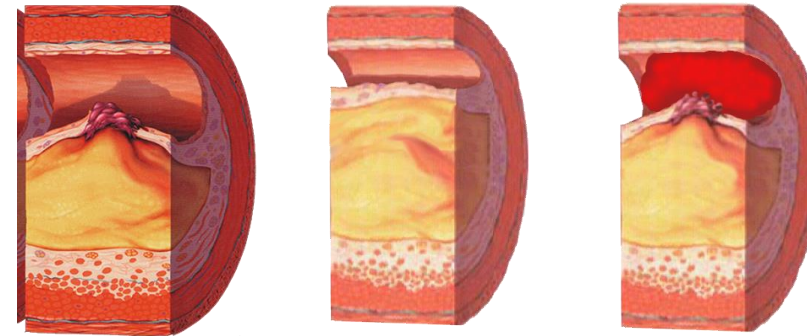
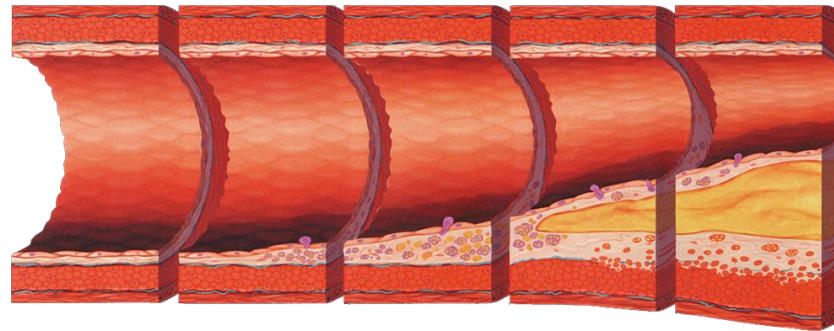
<https://www.universimed.com/>

norm



© 2008, Bayer Schering Pharma AG
www.thrombosisadviser.com

Diagnose



Durchblutung

- MRI
- Szintigraphie

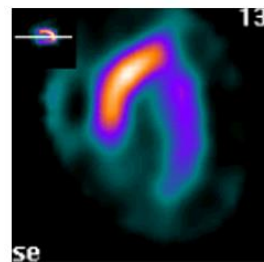
Pumpfunktion

- Echokardiographie
- MRI

Klinik
 [st. >>> inst. AP]

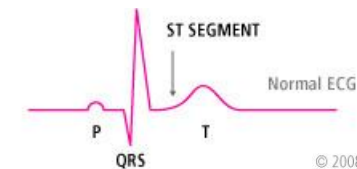
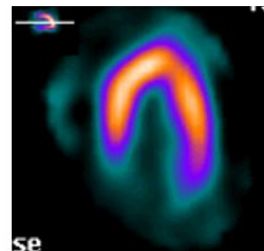
EKG
 [Ischämie >>> Infarkt]

path



<https://www.universimed.com/>

norm



© 2008, Bayer Schering Pharma AG
www.thrombosisadviser.com

Diagnose

Indikation
 «die unklaren Fälle»
Prättestwahrscheinlichkeit 15-85 %



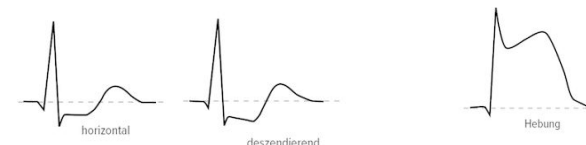
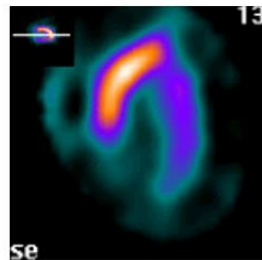
Durchblutung
 - MRI
 - Szintigraphie

Pumpfunktion
 - Echokardiographie
 - MRI

Klinik
 [st. >>> inst. AP]

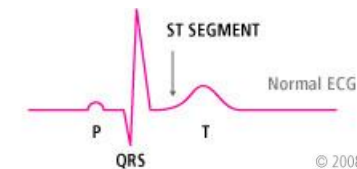
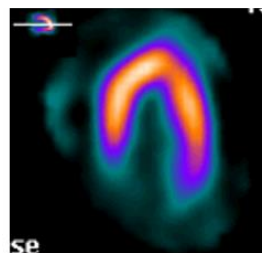
EKG
 [Ischämie >>> Infarkt]

path



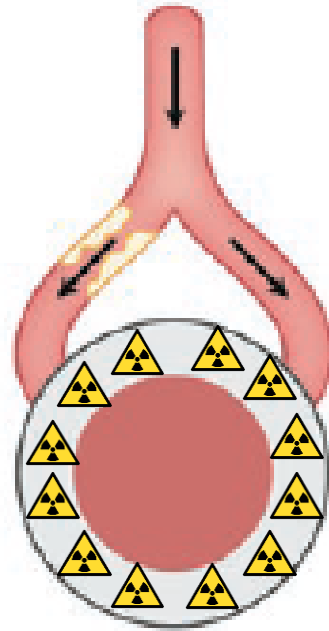
<https://www.universimed.com/>

norm



© 2008, Bayer Schering Pharma AG
www.thrombosisadviser.com

Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung



Radiopharmaka

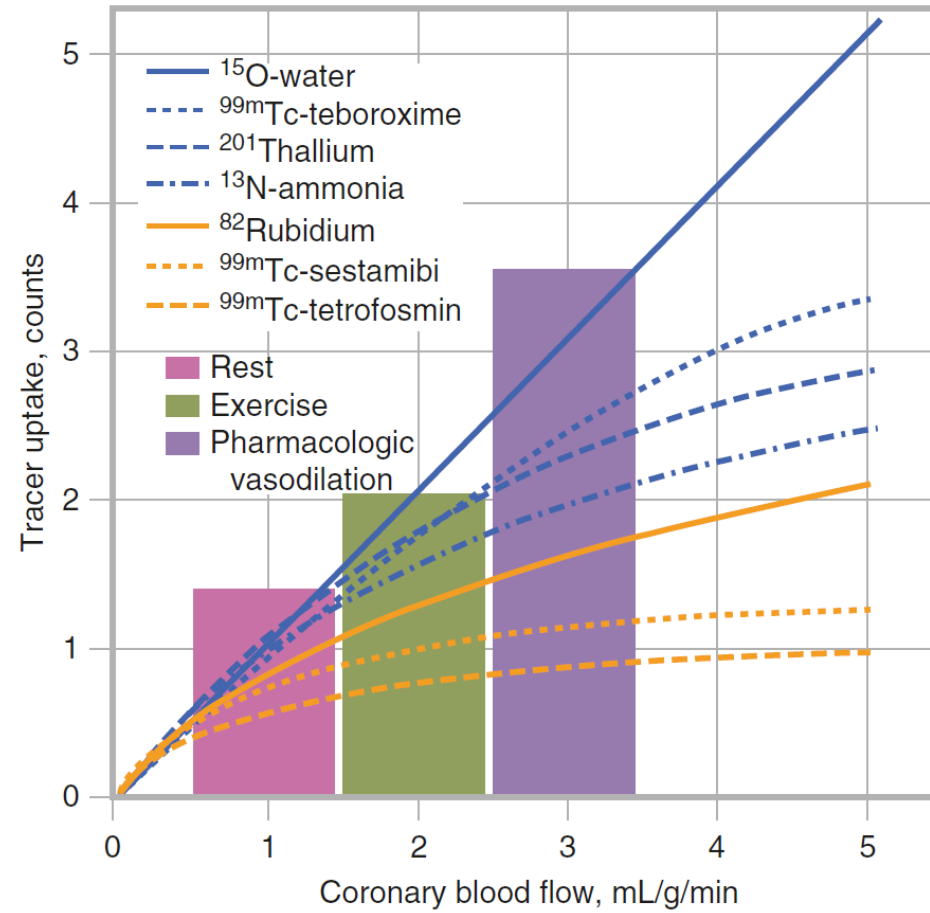
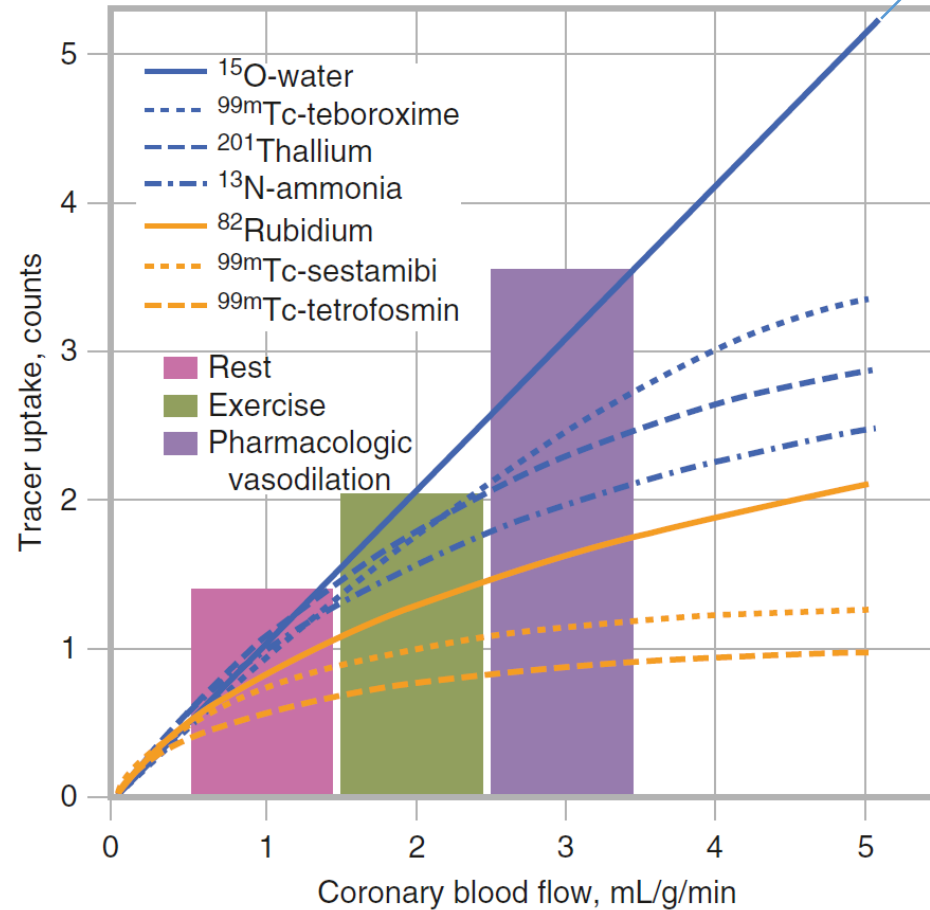


Fig. 4.3 Schematic illustration of radiotracer uptake in relation to regional myocardial blood flow

Radiopharmaka



Ideal:
 je grösser der Blutfluss in den Coronargefässen, desto mehr Radiopharmakon wird im Myokard gespeichert
 oder vice versa: je enger die Stenose, desto geringer ist die Speicherung im Myokard

SPECT

- Thallium (alt)
- Sestamibi
- **Tetrofosmin**

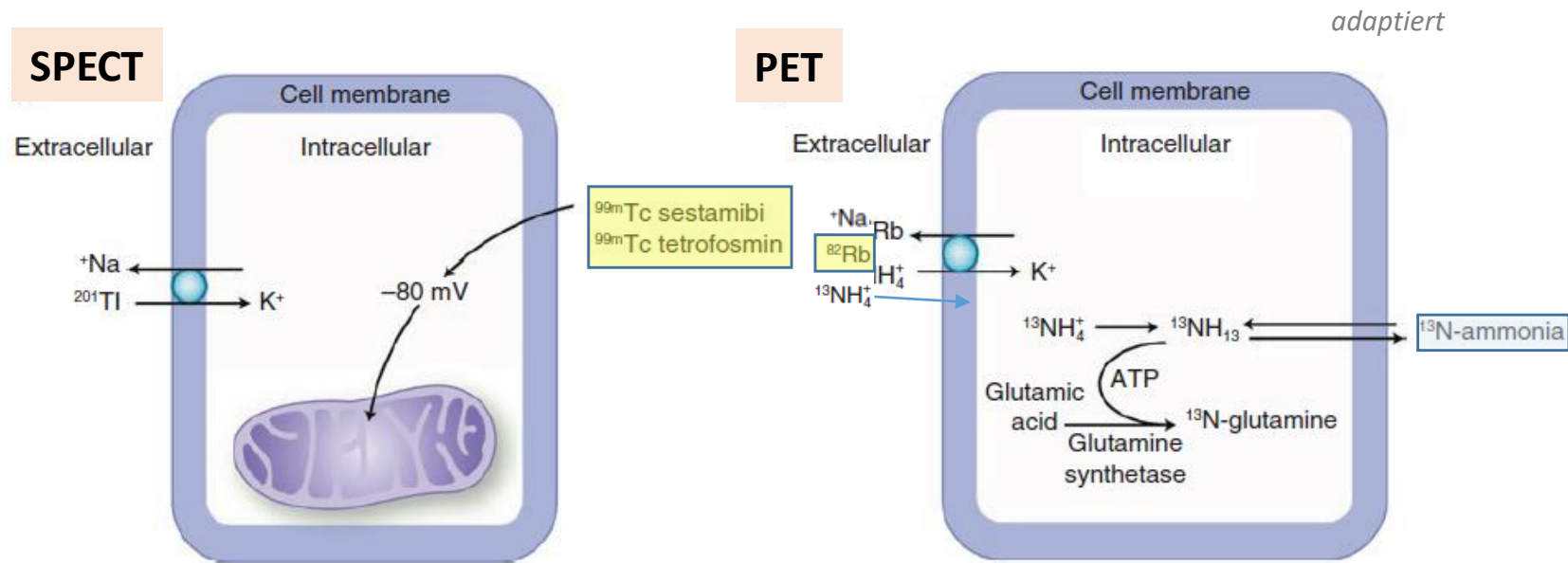
PET

- Wasser
- Ammonia
- **Rubidium**

Fig. 4.3 Schematic illustration of radiotracer uptake in relation to regional myocardial blood flow

Radiopharmaka

Speicherung in der Herzmuskel-Zelle



Radiopharmaka

SPECT

Sestamibi / Tetrofosmin

- Markiert mit ^{99m}Tc
- Inhouse-Produktion
- Liophil -> Passage durch Zellmembran
- Speicherung in den Mitochondrien
- Ausscheidung via Leber, Gallenwege

Radiopharmaka

SPECT

Sestamibi / Tetrofosmin

- Markiert mit ^{99m}Tc
- Inhouse-Produktion
- Liophil -> Passage durch Zellmembran
- Speicherung in den Mitochondrien
- Ausscheidung via Leber, Gallenwege



Kardialer Uptake ca. 1.2 % der applizierten Dosis

Radiopharmaka

SPECT

Sestamibi / Tetrofosmin

- Markiert mit ^{99m}Tc
- Inhouse-Produktion
- Liophil -> Passage durch Zellmembran
- Speicherung in den Mitochondrien
- Ausscheidung via Leber, Gallenwege

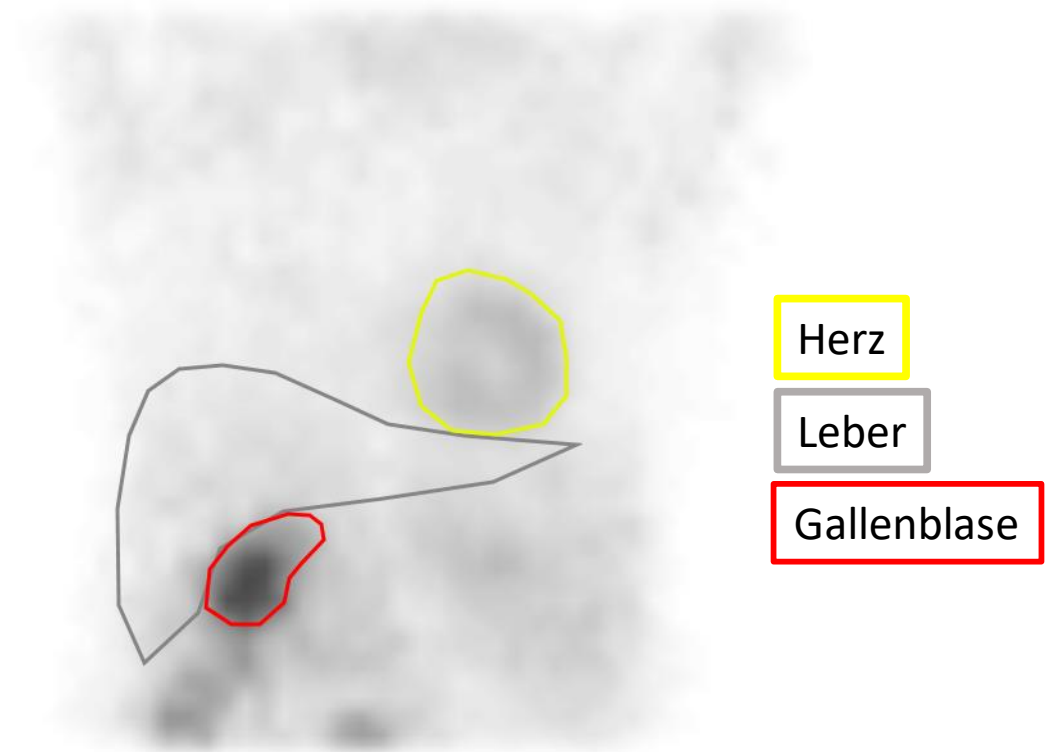


Radiopharmaka

SPECT

Sestamibi / Tetrofosmin

- Markiert mit ^{99m}Tc
- Inhouse-Produktion
- Liophil -> Passage durch Zellmembran
- Speicherung in den Mitochondrien
- **Ausscheidung via Leber, Gallenwege**



Radiopharmaka

SPECT

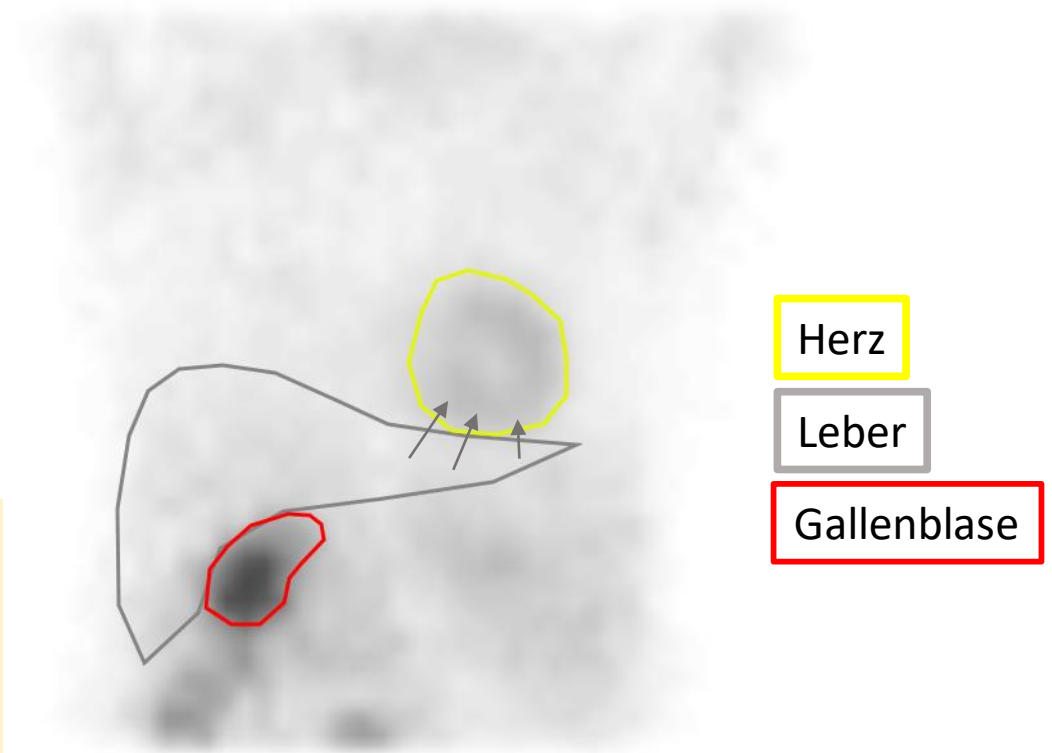
Sestamibi / Tetrofosmin

- Markiert mit ^{99m}Tc
- Inhouse-Produktion
- Liophil -> Passage durch Zellmembran
- Speicherung in den Mitochondrien
- **Ausscheidung via Leber, Gallenwege**

CAVE:

Anreicherungen in der Leber können die Herzwand überstrahlen

- > kleine Fett-haltige Mahlzeit vor der Bildaufnahme
- > Gallensäurenexkretion wird angeregt



Radiopharmaka

PET

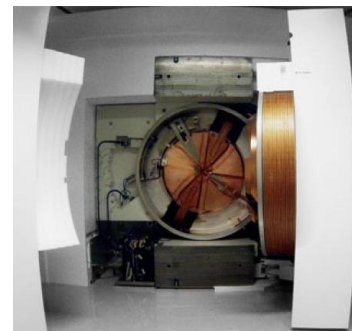
Rubidiumgenerator



Rubidium

- Halbwertszeit 78 sec.
- Inhouse-Produktion (Rb-Generator)
- Kalium-Analogen -> Aufnahme via. Na/K-ATPase
- Speicherung im Zytosol
- Ausscheidung via Niere

Zyklotron



Ammoniak

- Halbwertszeit 9.7 min.
- Zyklotron-Produkt
- Aufnahme via NH-Stoffwechsel
- Abbau über NH-Stoffwechsel

Radiopharmaka

Int J Cardiovasc Imaging (2017) 33:1021–1031
 DOI 10.1007/s10554-017-1084-4
 ORIGINAL PAPER
Myocardial perfusion imaging with PET
 Roel S. Driessen¹ · Pieter G. Raijmakers² · Wijnand J. Stuijzand¹ · Paul Knaapen¹

PET-Tracer

Effekt der max. Positronenenergie auf die Bildqualität

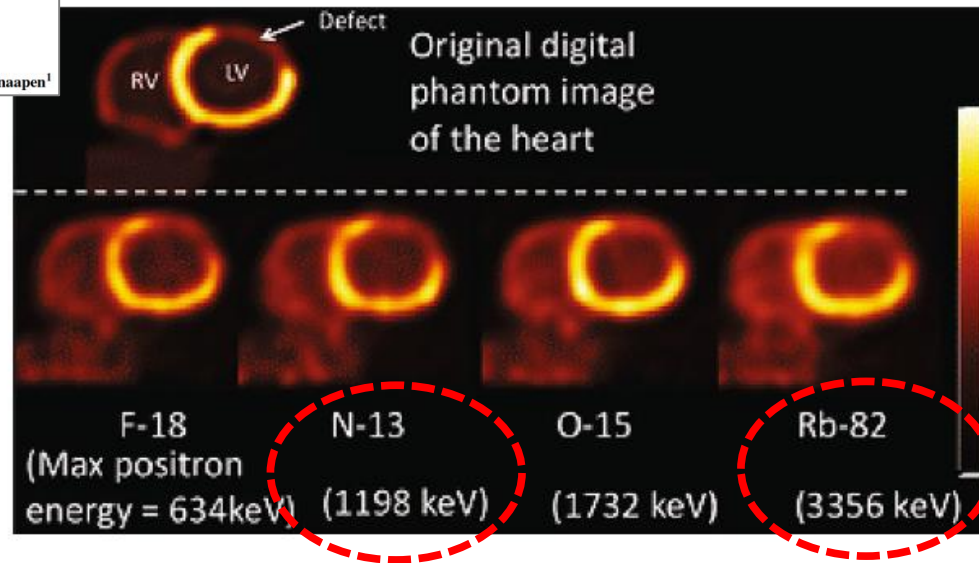
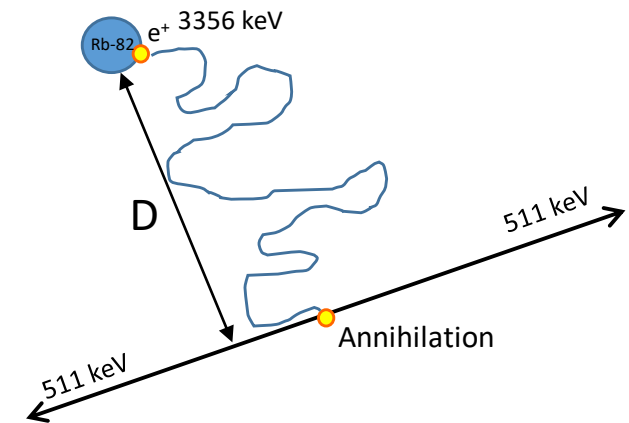
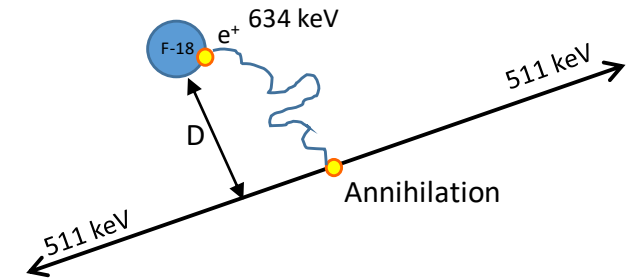
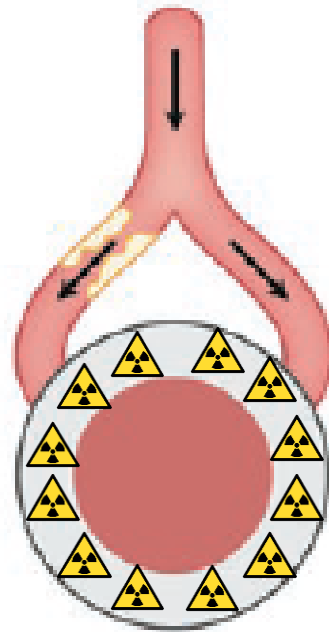


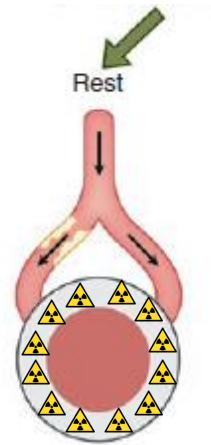
Fig. 1 Simulated short-axis images using digital cardio-torso phantom for different positron emitting radioisotopes (^{18}F , ^{13}N , ^{15}O and ^{82}Rb). Blurring effect by positron range increases with higher positron kinetic energy. Adapted from Rischpler et al. [8]



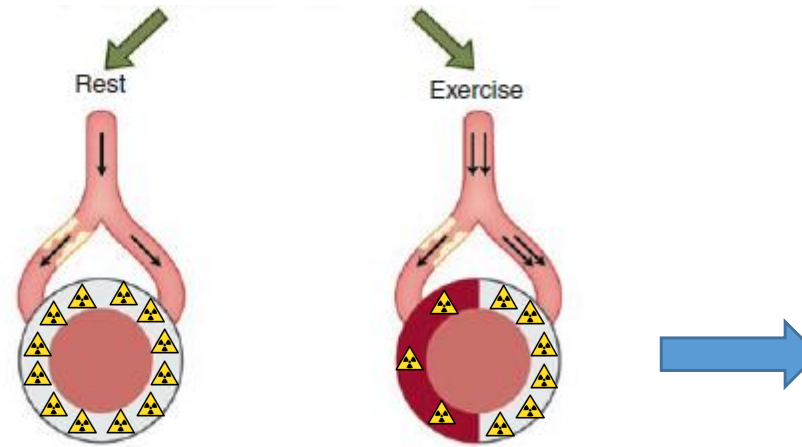
Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

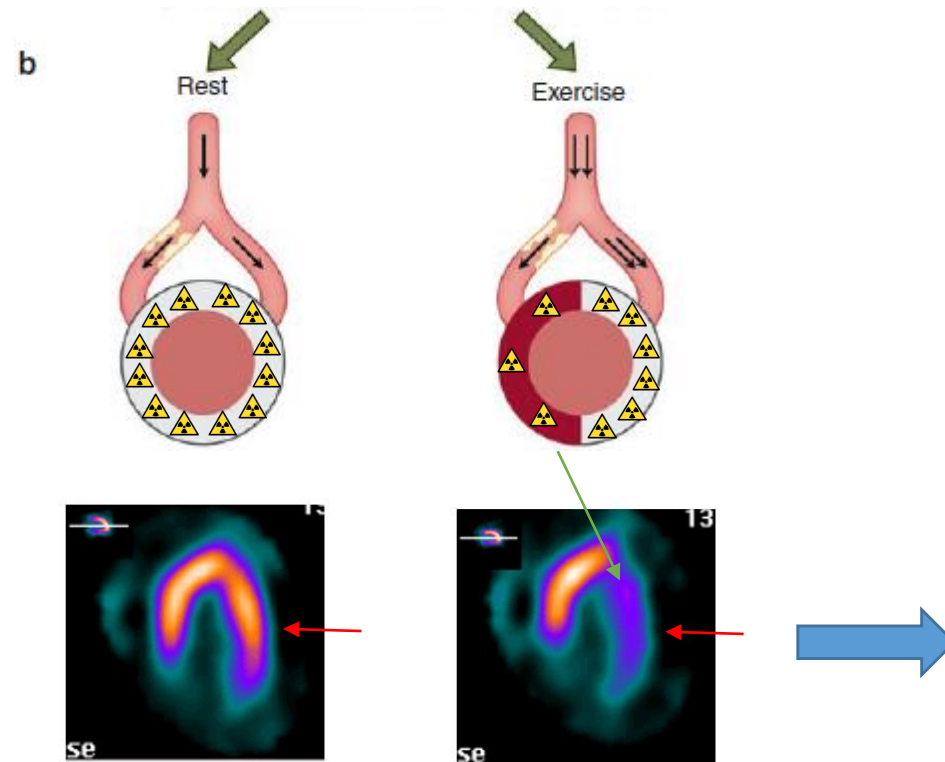


Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

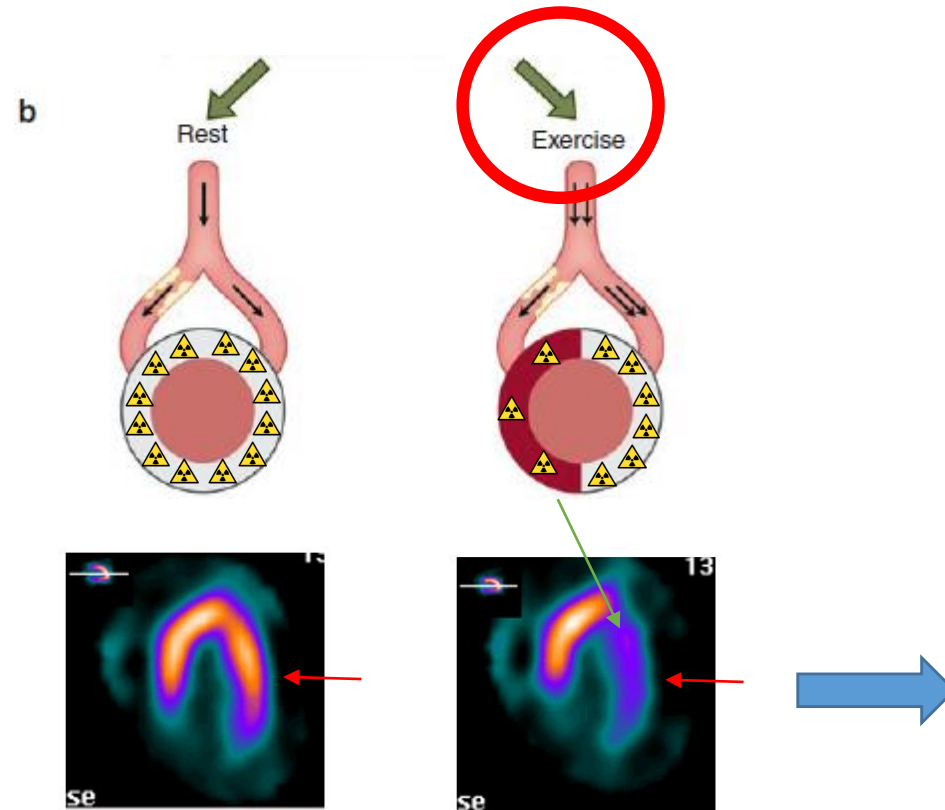


**Myokardiale Speicherung
abhängig vom Blutfluss**

Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung



**Diagnose durch Vergleich
Ruhe vs. Stress
(Szintigraphie, PET, MRI)**

Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses

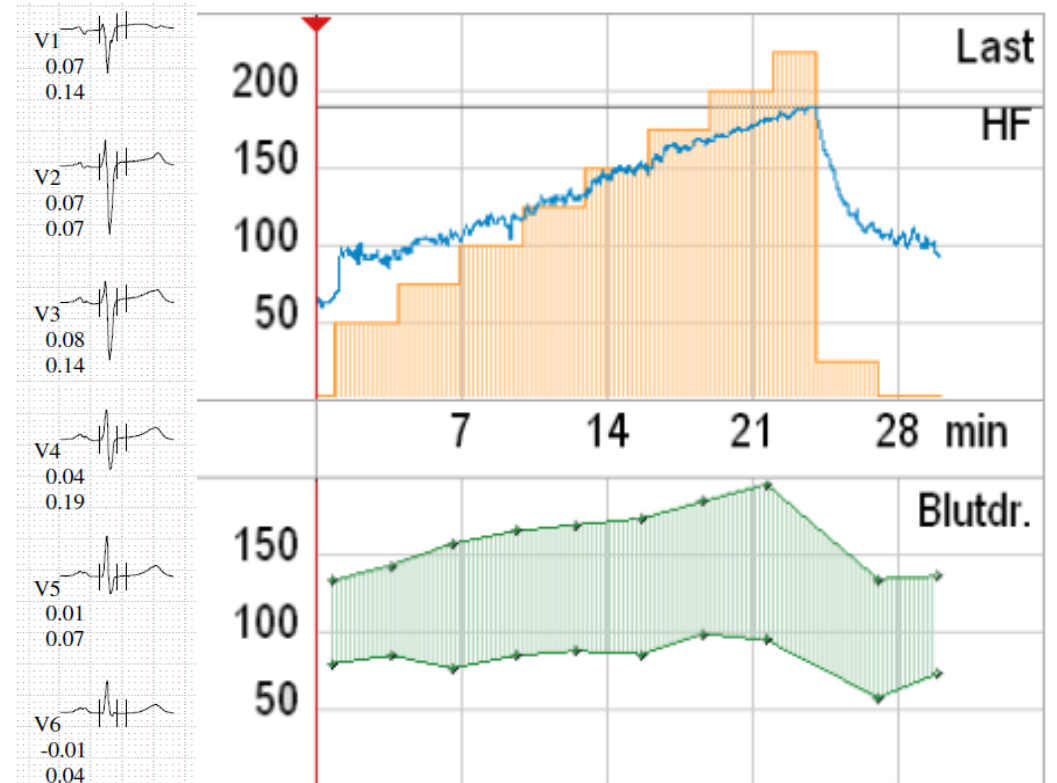
Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses

- Velo



GE Healthcare

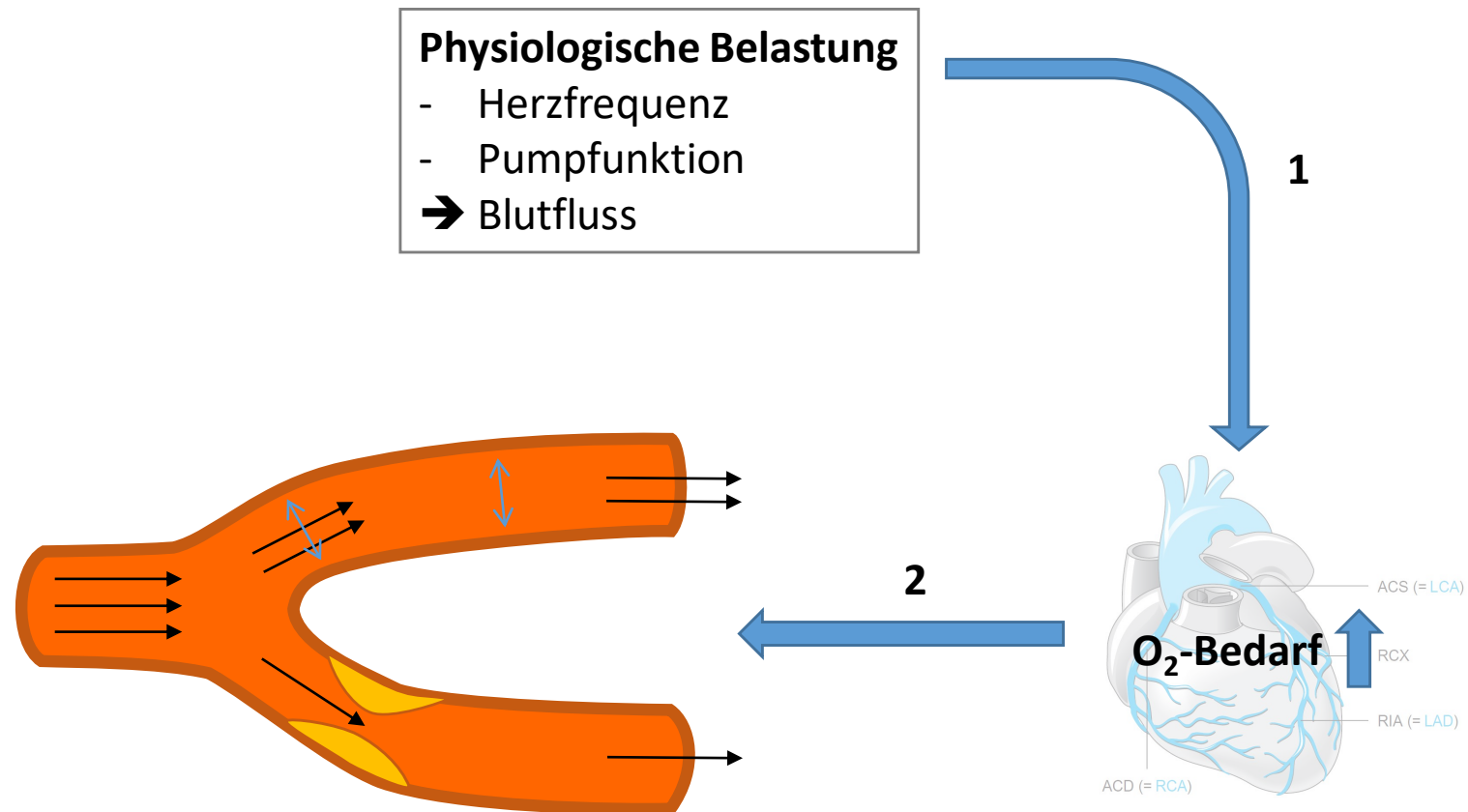


praktischerarzt.de

Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses

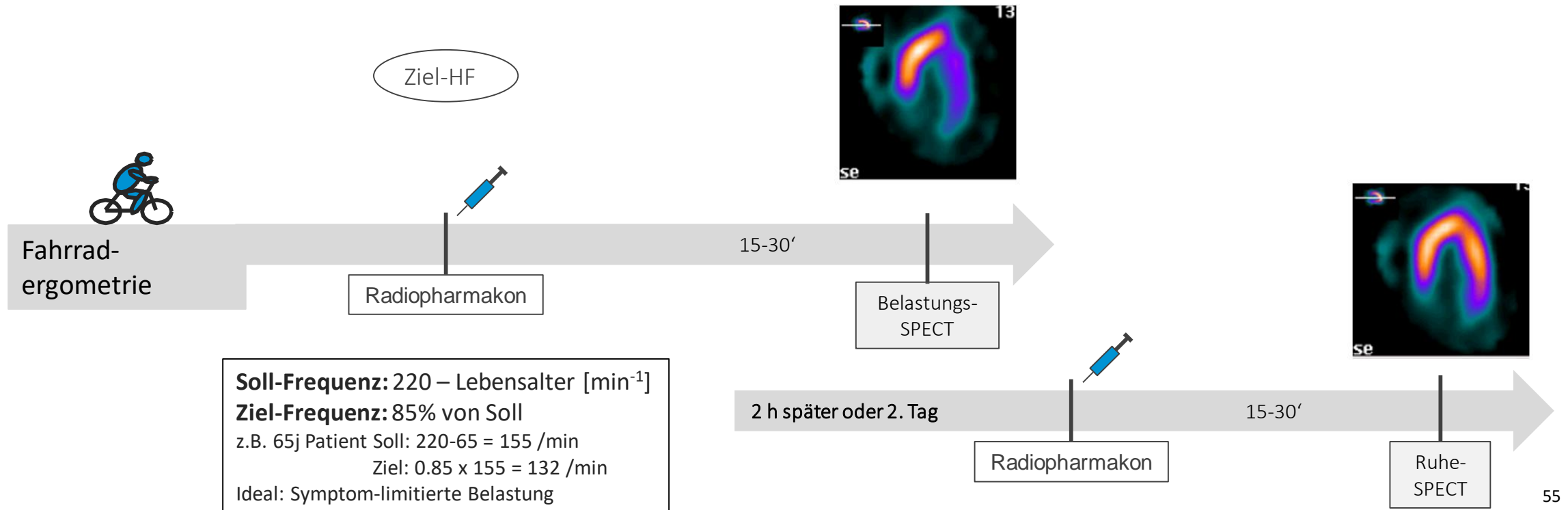
- Velo



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Steigerung des coronalen Blutflusses (SPECT)

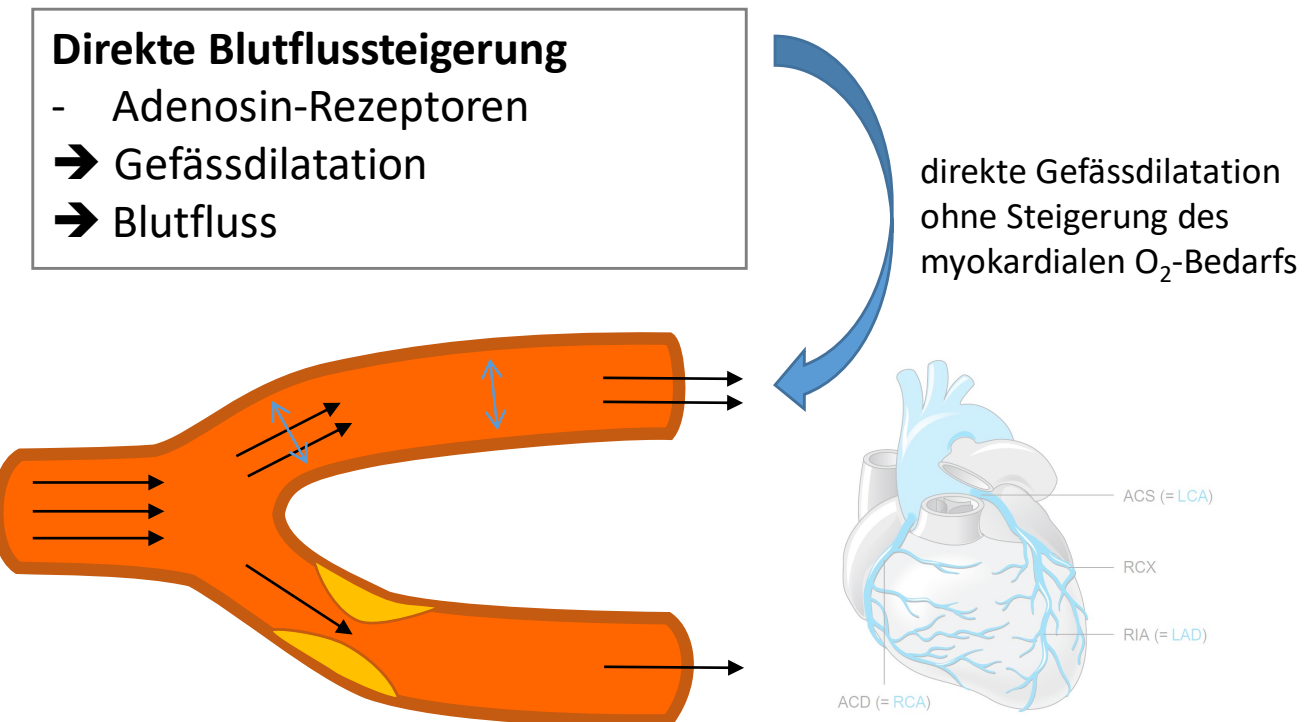
- Velo



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses (SPECT **und** PET)

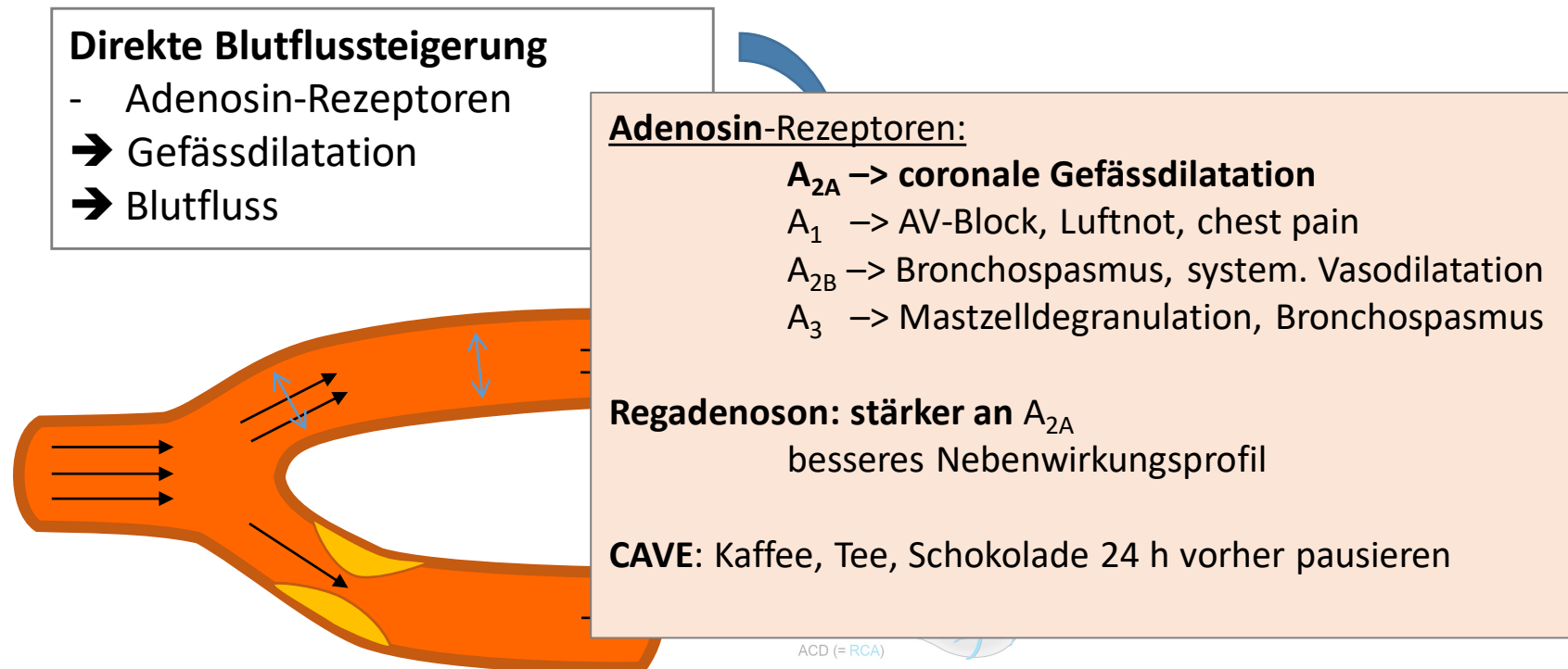
- **Medikamente: Adenosin / Regadenoson**



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses (SPECT und PET)

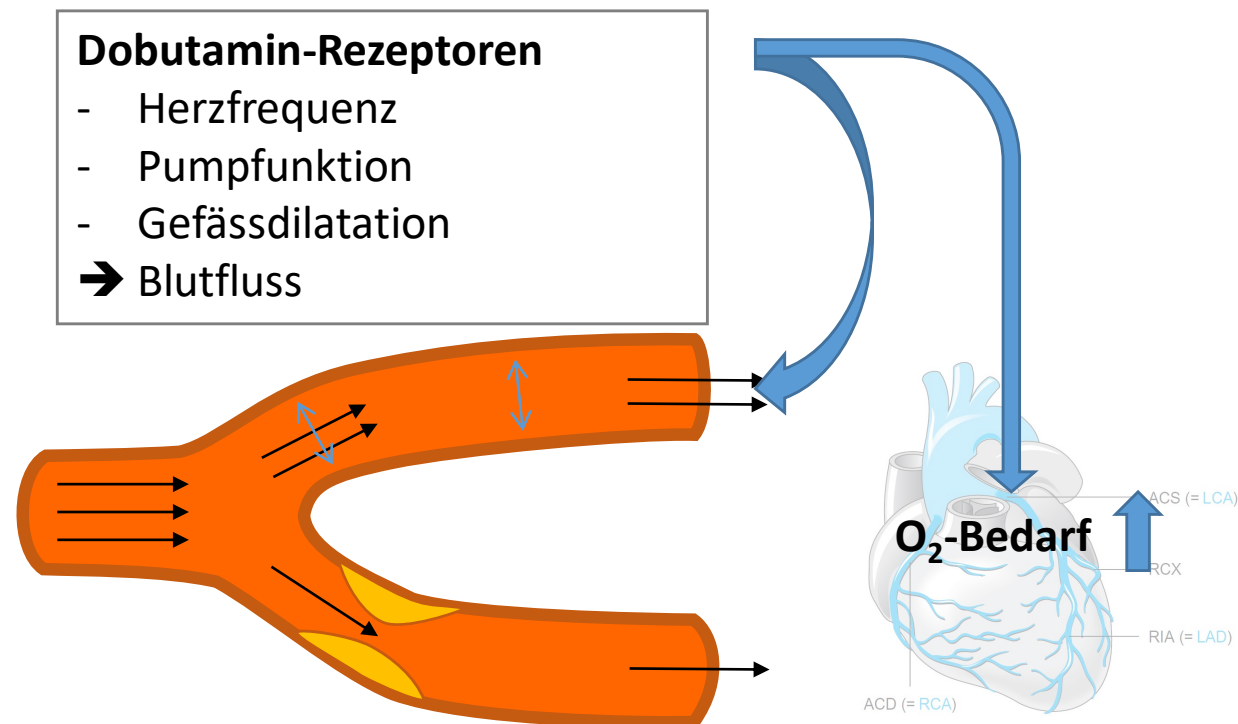
- Medikamente: Adenosin / Regadenoson



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses (SPECT und PET)

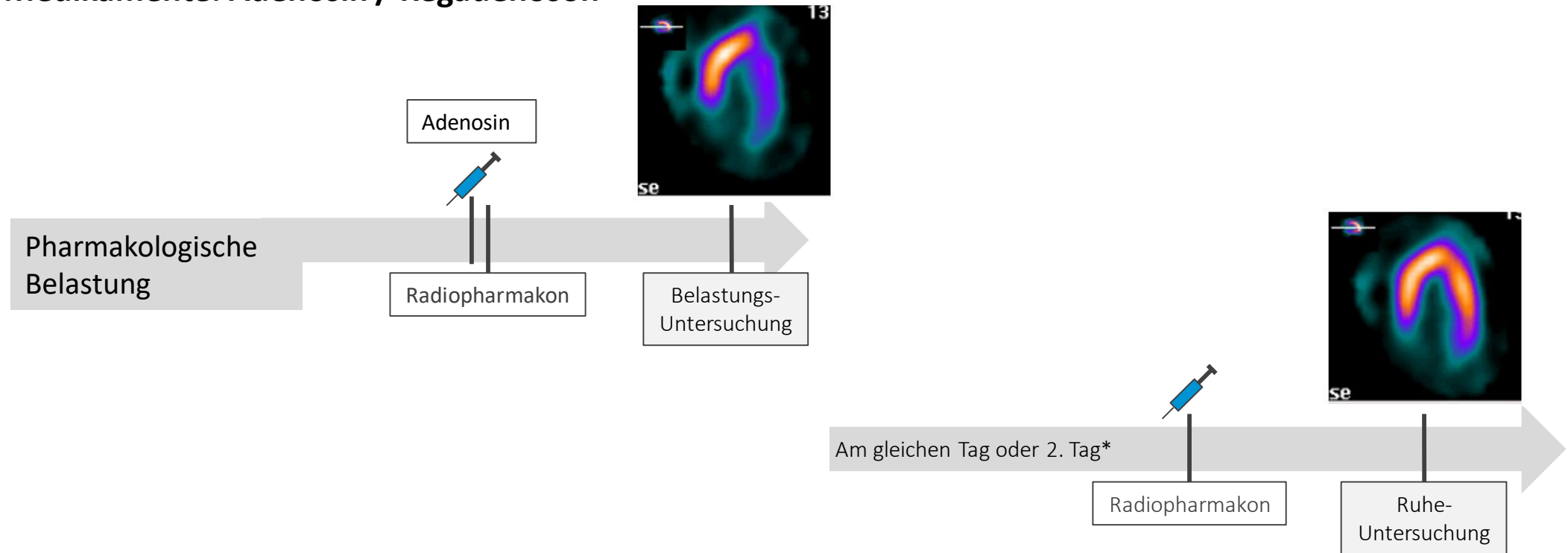
- Medikamente: Dobutamin



Diagnose – nuklearmedizinische Perfusionsuntersuchung

Methoden zur Herzbelastung: Steigerung des coronaren Blutflusses
(SPECT **und** PET)

- Medikamente: Adenosin / Regadenoson



* im Falle einer PET: direkt im Anschluss

Dosis SPECT

? 1 Tag oder 2 Tage-Protokoll (SPECT)

1 Tag:

- Stress-Untersuchung mit ca. 1/4 der Gesamtdosis: z.B. ca. 250 MBq
- Ruhe-Untersuchung mit ca. 3/4 der Gesamtdosis: z.B. ca. 750 MBq
«die Stressuntersuchung wird 3-fach überspritzt»
- Gesamtdosis < 1200 MBq

Vorteil: + Pat. muss nur einen Tag kommen
 + schnelleres Ergebnis

Nachteil: - Etwas geringere Bildqualität bei der Stressuntersuchung

2 Tage:

- Stress- & Ruhe-Untersuchung mit jeweils ca. 500 MBq

Schweizerische Eidgenossenschaft
 Confédération suisse
 Confederazione Svizzera
 Confederaziun svizra

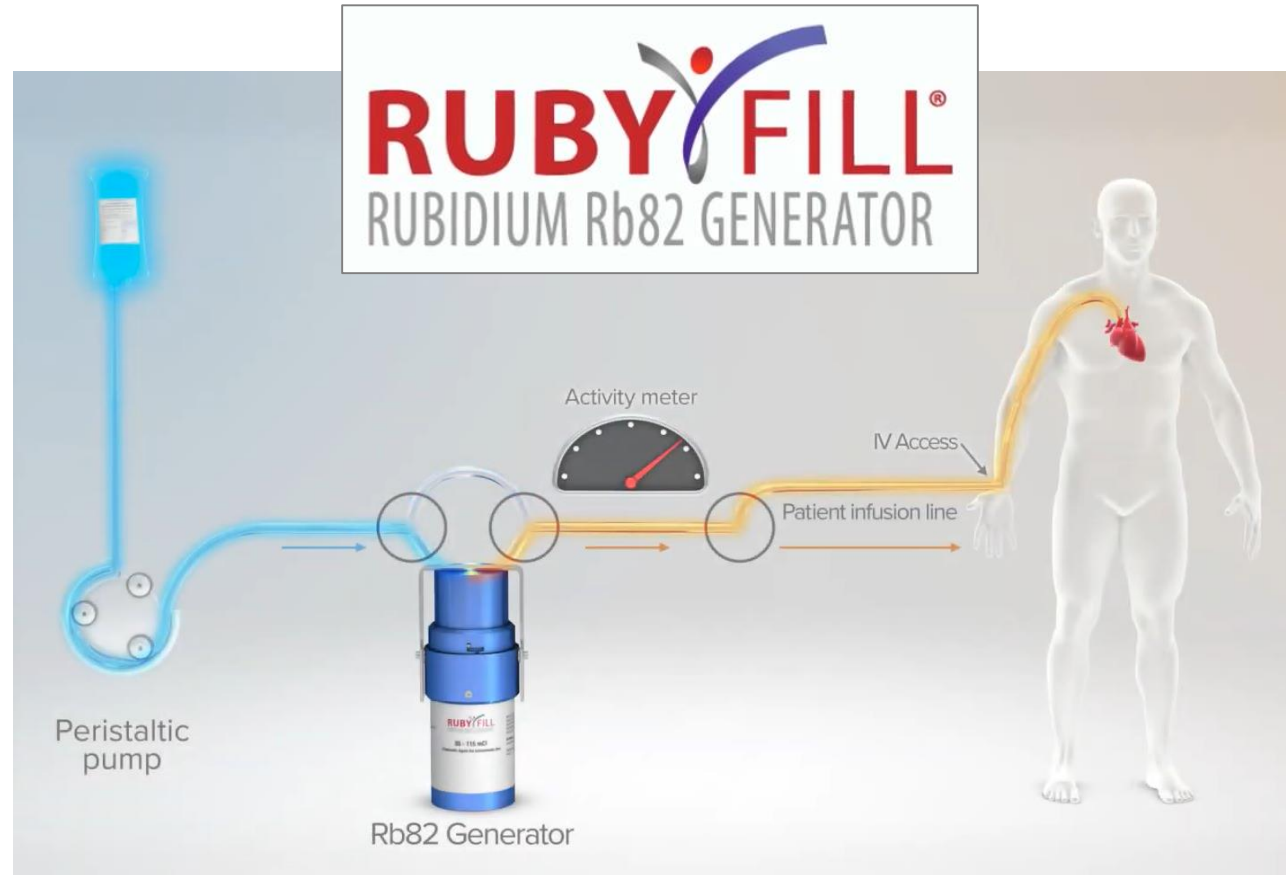
Eidgenössisches Departement des Innern EDI
Bundesamt für Gesundheit BAG
 Abteilung Strahlenschutz

Diagnostische Referenzwerte für nuklearmedizinische Untersuchungen

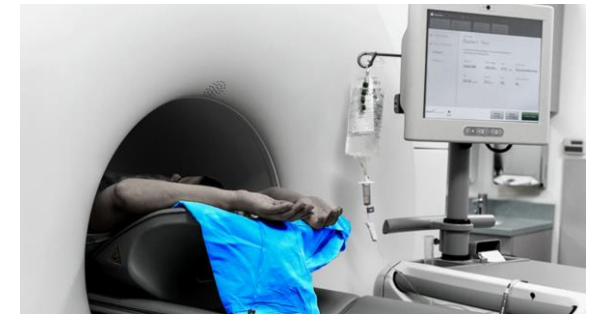
Radio-nuklid	Pharmakon	DRW (Aktivität)		Absorpt./Lokalisations-CT DRW (75. Perzentile)		Effektive Dosis E ₅₀ durch Radio-pharmakon [mSv]	
		für 70 kg [MBq]	pro Gewicht [MBq/kg]	CTDI _{vol} [mGy]	DLP [mGy·cm]		
Tl-201	Chlorid	100	1,4			14,0	
Tc-99m	MIBI (Cardiolite)	1-Tages-protokoll	300 900		2	40	2,5 7,6
		2-Tages-protokoll	600 600				5,1 5,1
Tc-99m	Tetrofosmin (Myoview)	1-Tages-protokoll	300 900		2	40	2,2 6,7
		2-Tages-protokoll	600 600				4,5 4,5

PET - Rubidium

PET - Rubidium

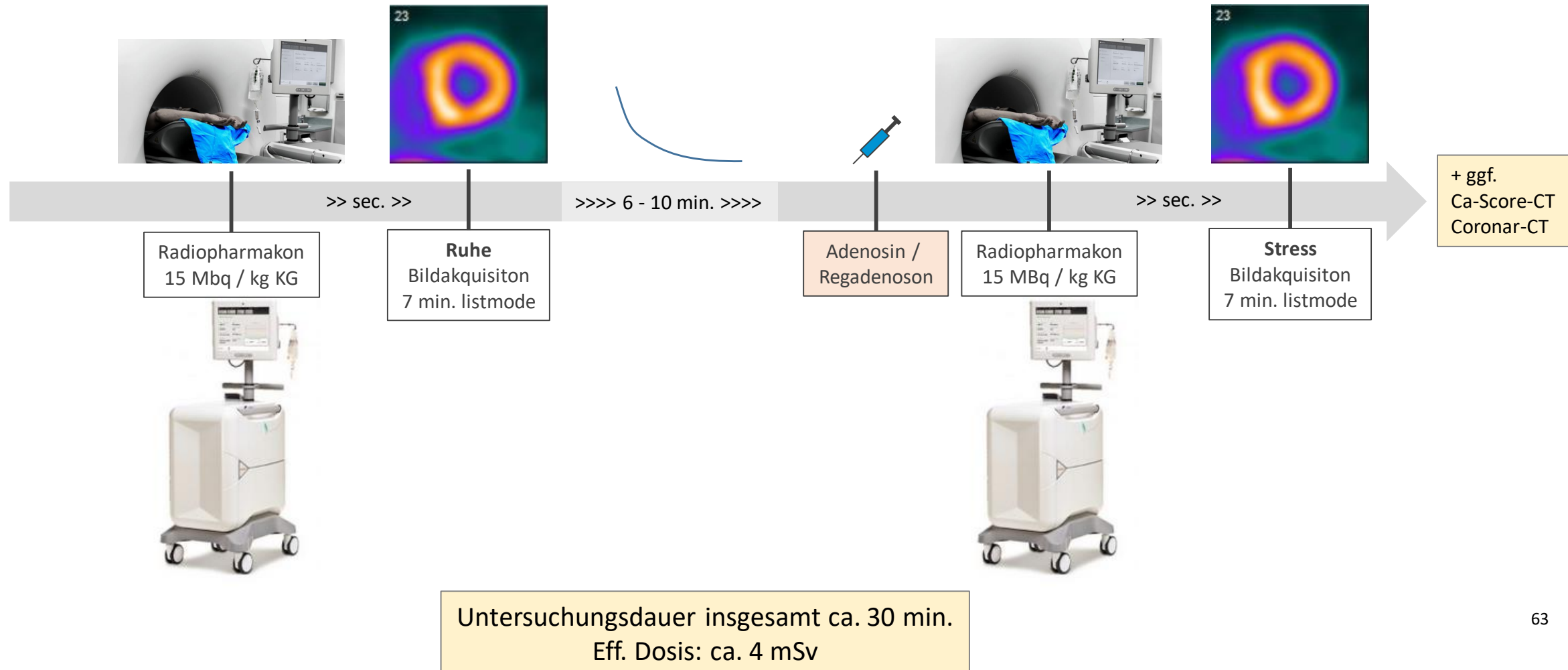


medeo.ch



Radiopharmaka - Rubidium

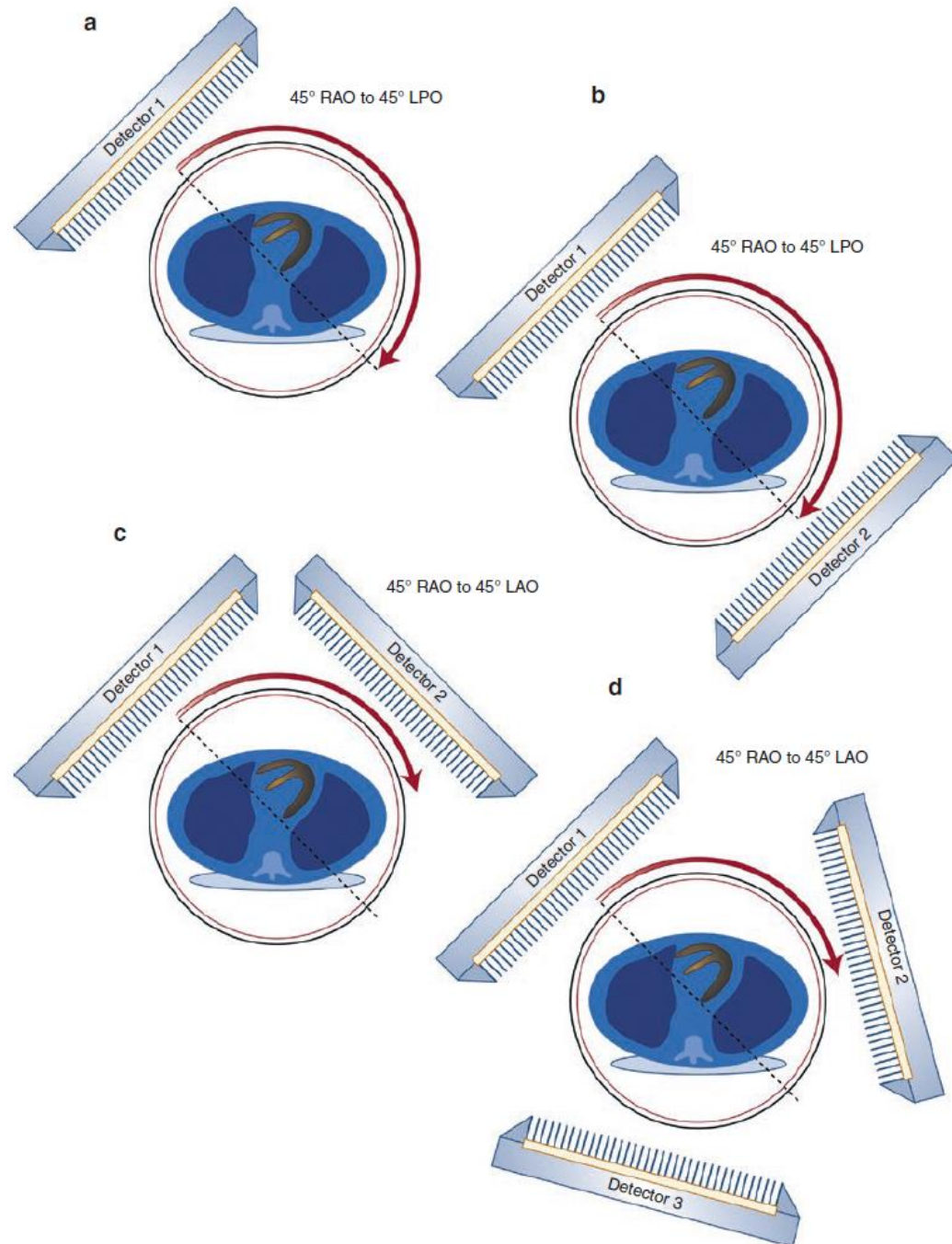
Protokoll



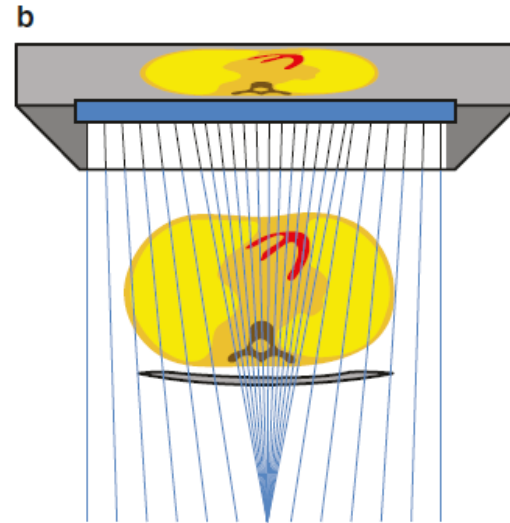
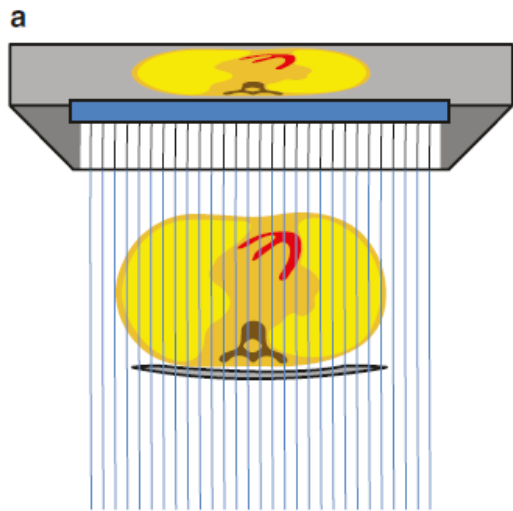
Bildaufnahme

Bildaufnahme: SPECT

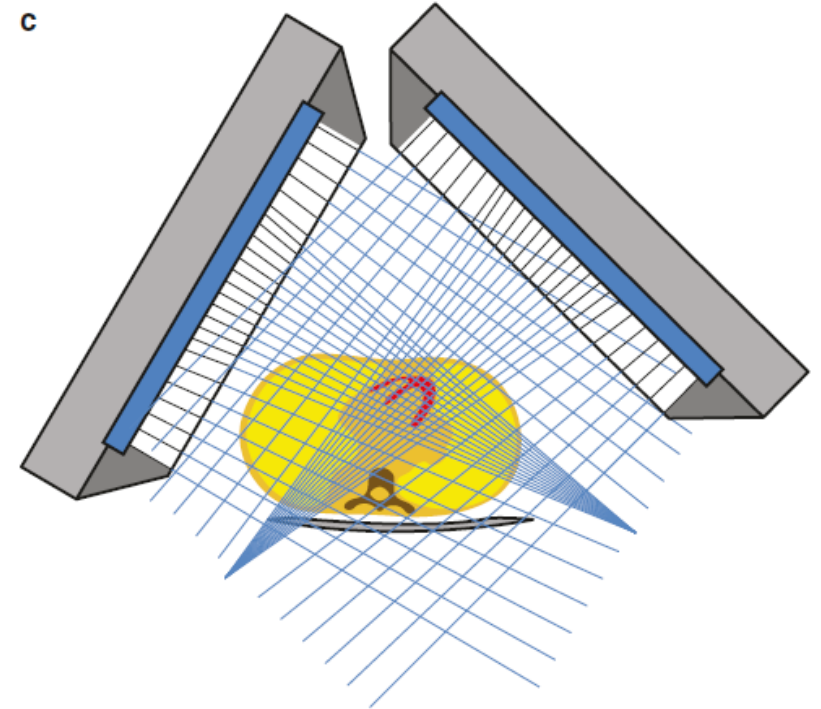
Aufnahmezeit ca. 20 min.



SPECT

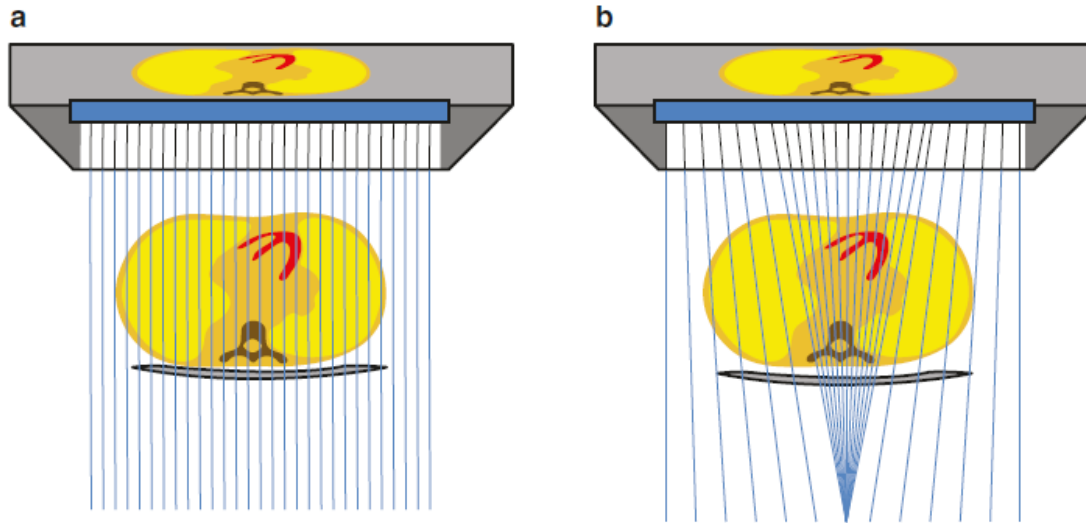


Siemens Smartzoom
«IQ-SPECT»



Aufnahmezeit ca. 7 min.
+ AC-CT
+ ggf. Ca-Score-CT

SPECT

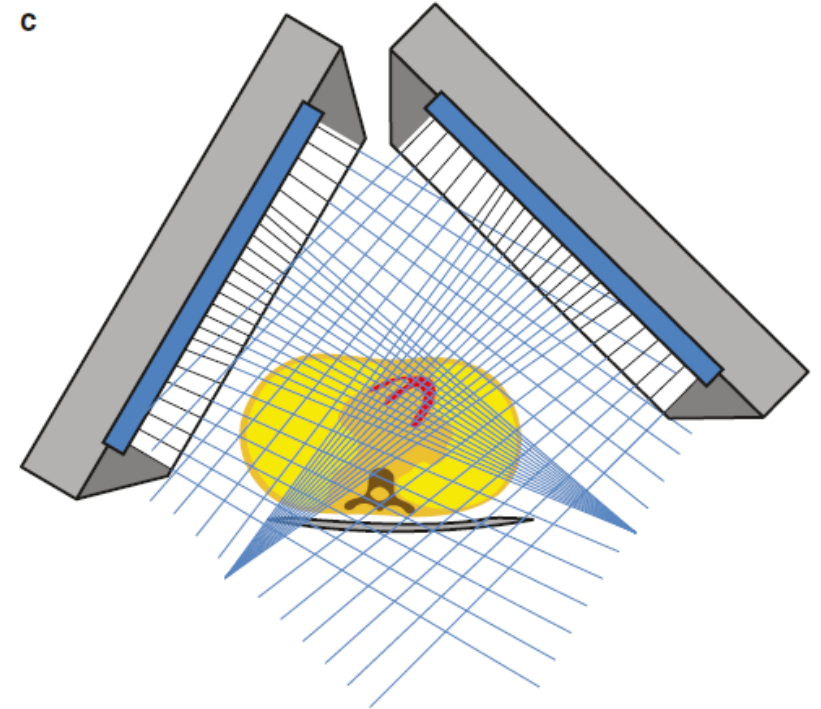


Siemens Smartzoom

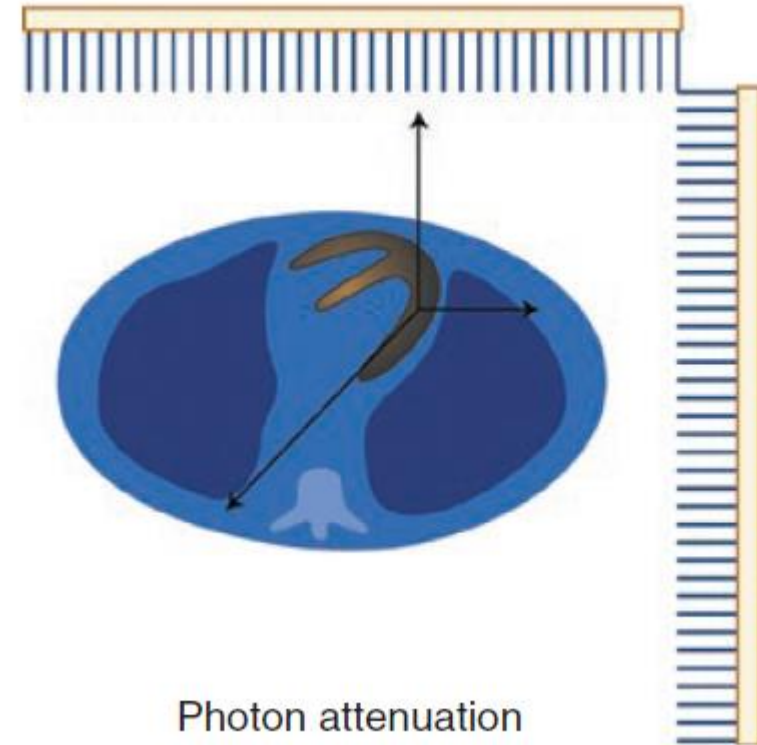
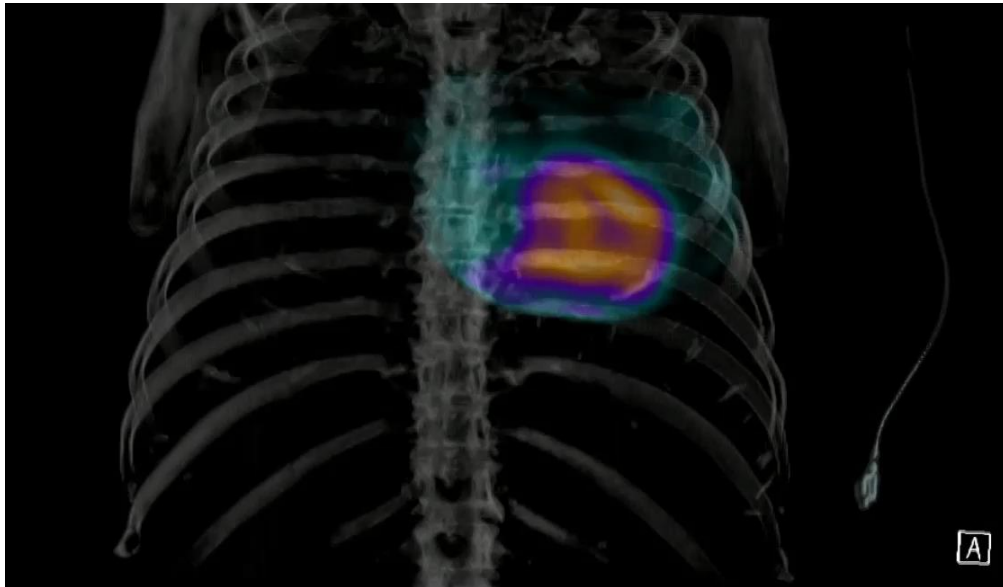


Aufnahmezeit ca. 7 min.
+ AC-CT
+ ggf. Ca-Score-CT

SPECT

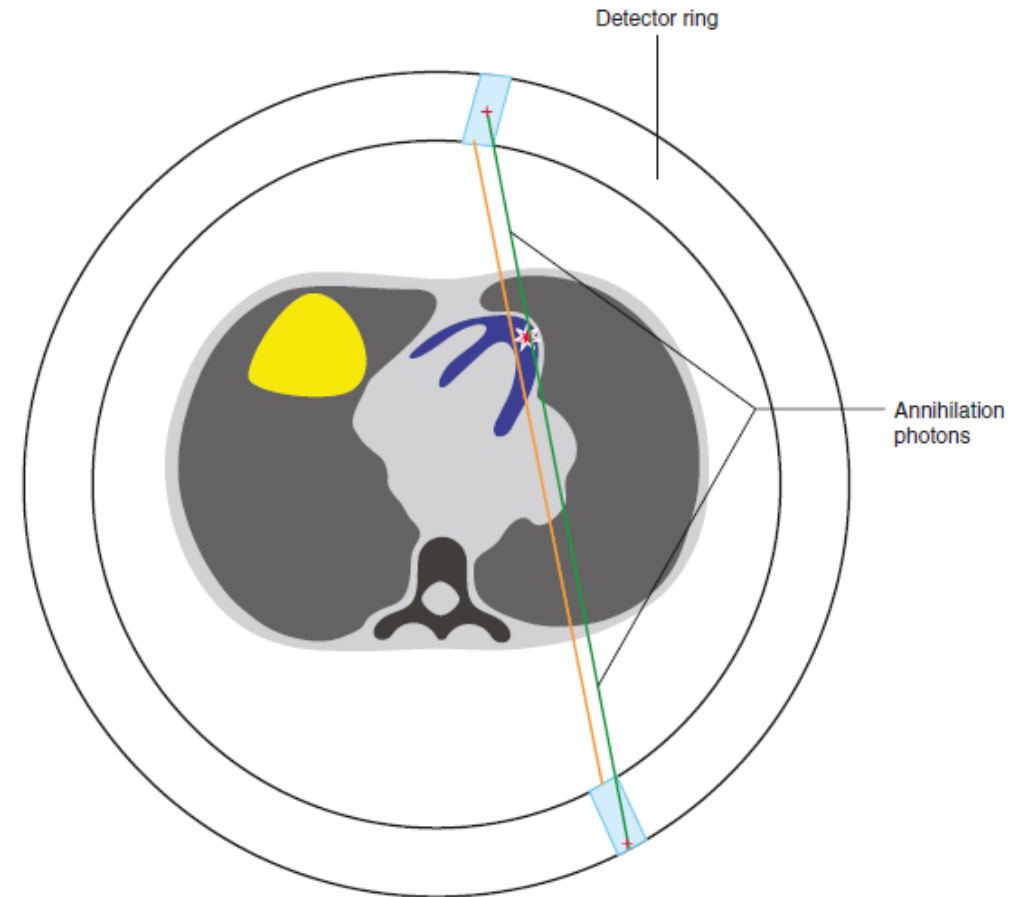
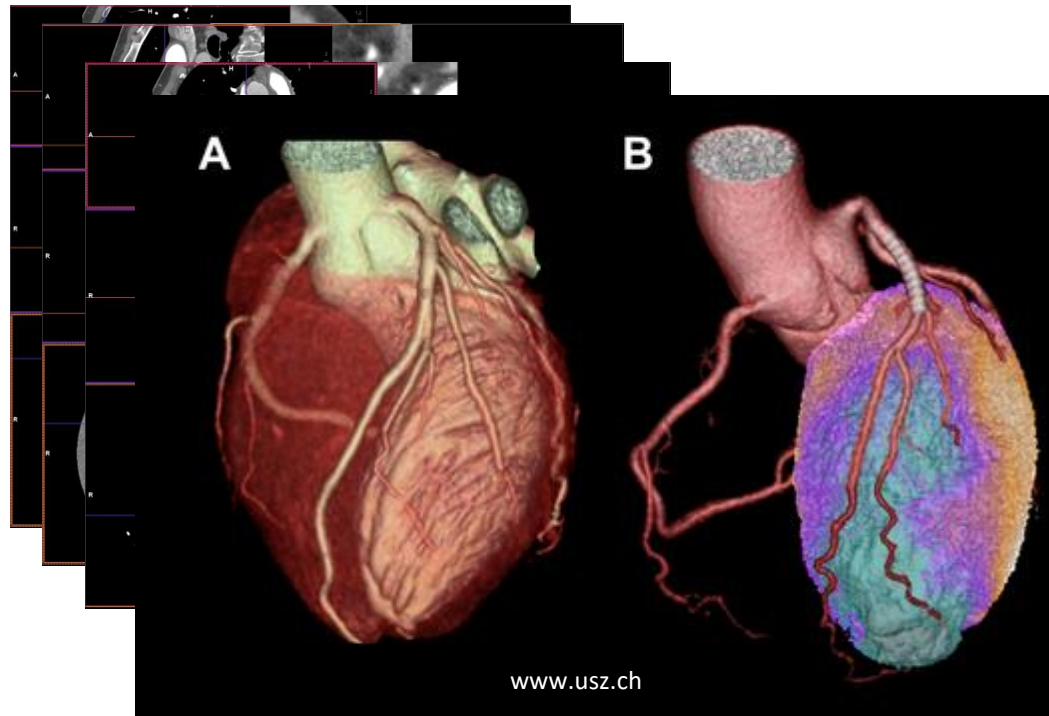


SPECT + Computertomographie



Korrektur der Ortsabhängigen Photonschwächung
mithilfe eines Niedrigdosis-CT

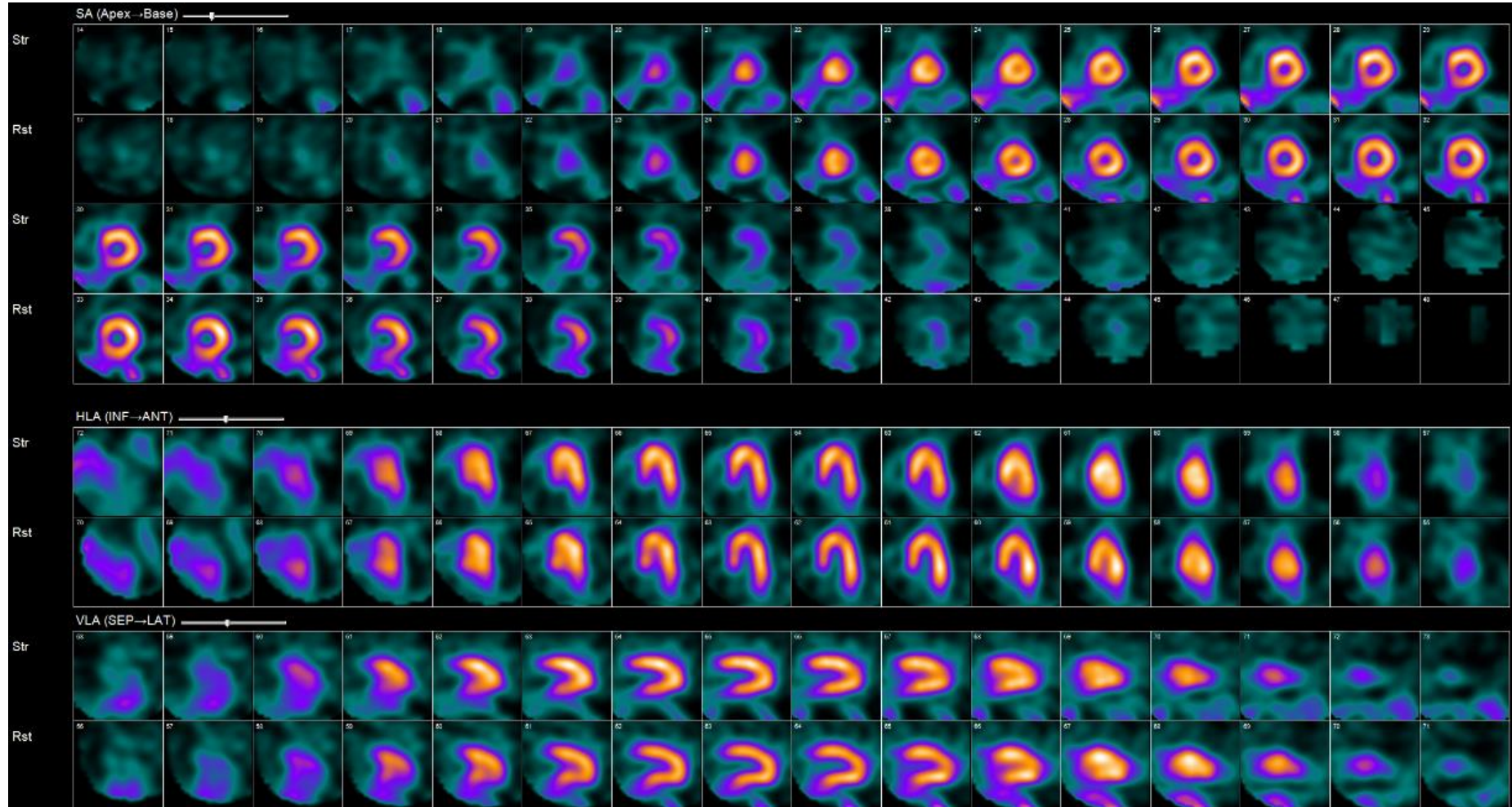
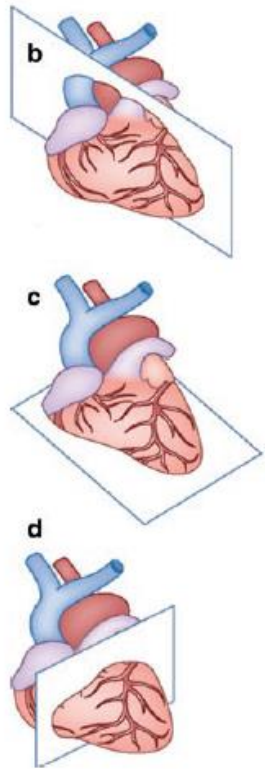
PET



Simultane Aufnahme vom gesamten Herz in 3D
Höhere Sensitivität (im Vgl. mit SPECT)
Kombination mit Ca-Score, diagn. Coronar-CT

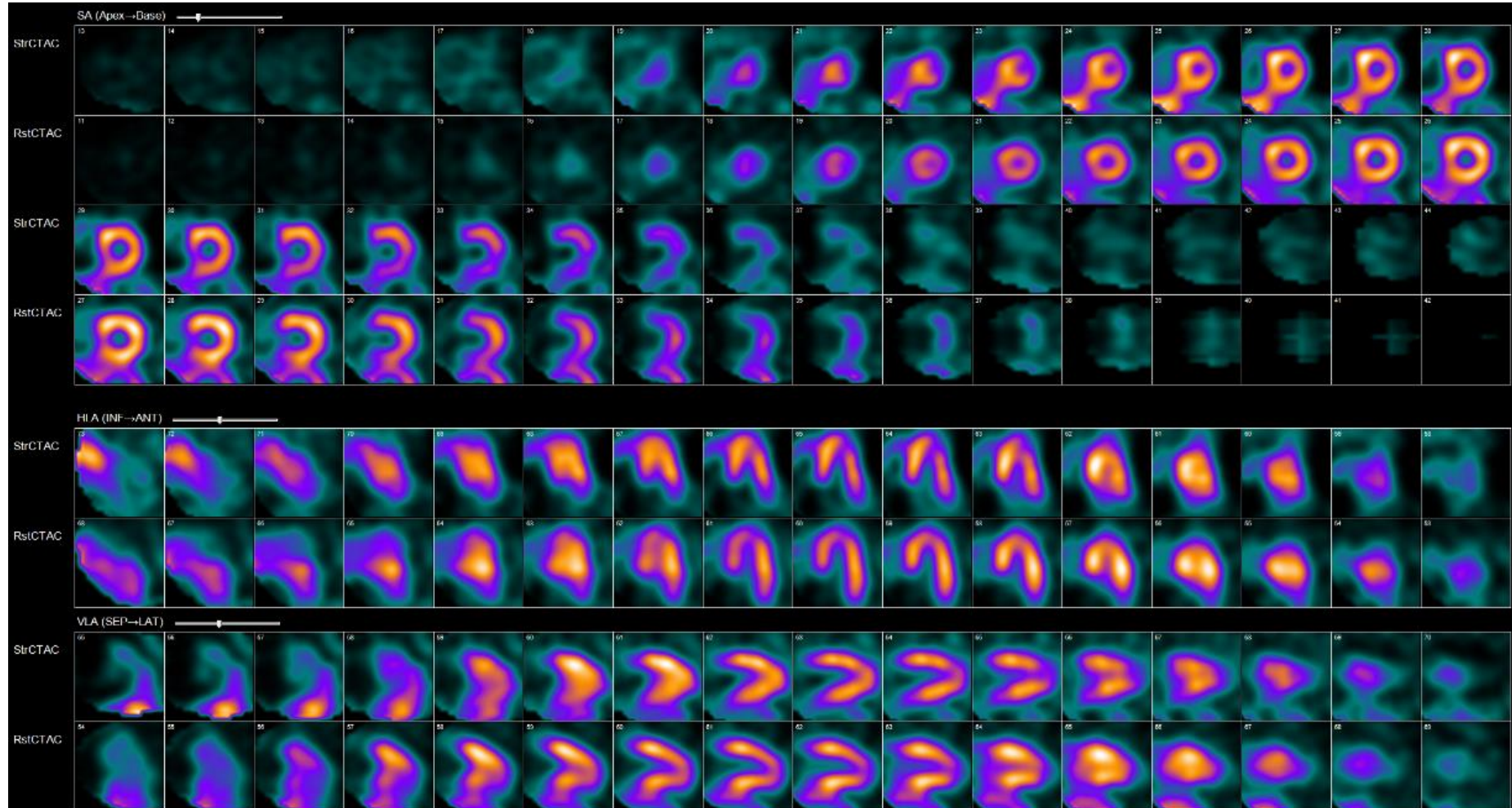
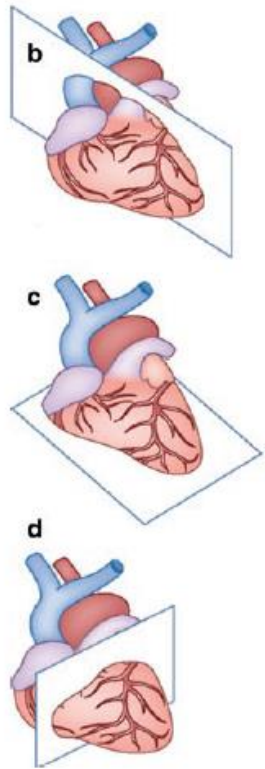
Bildauswertung

Bildauswertung

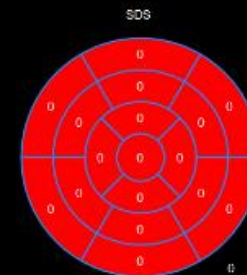
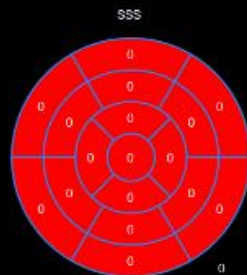
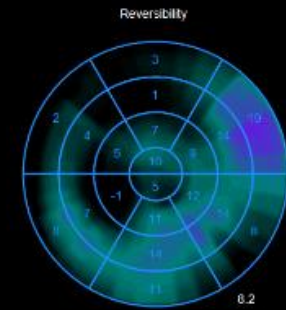
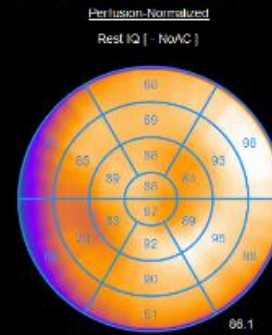
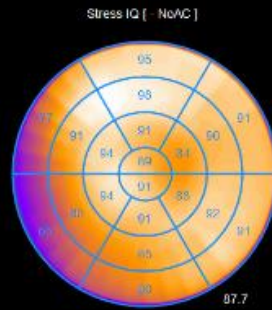
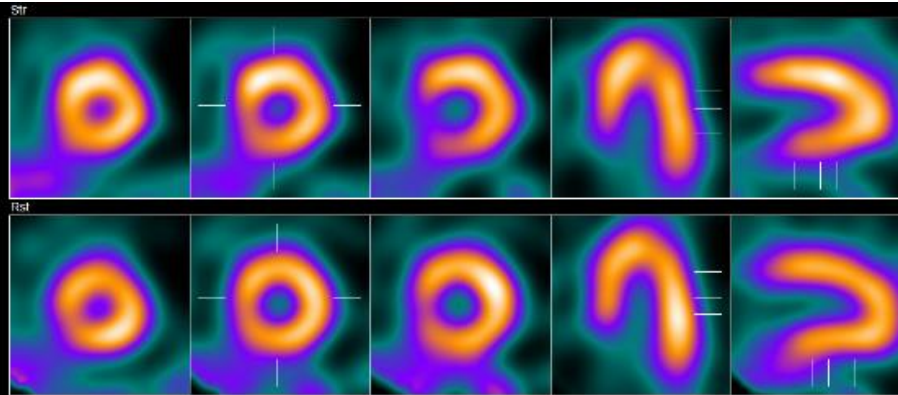
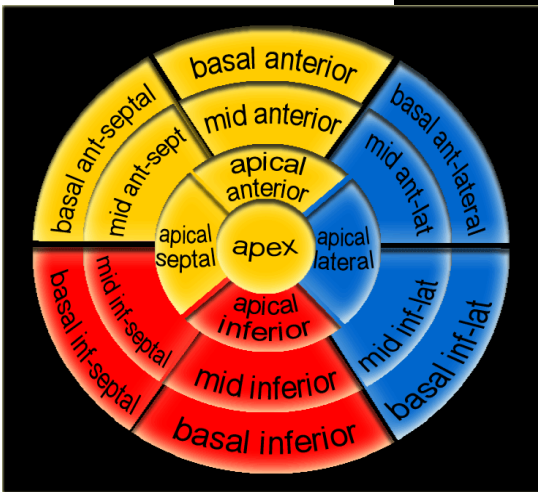


Bildauswertung

AC-Korrektur

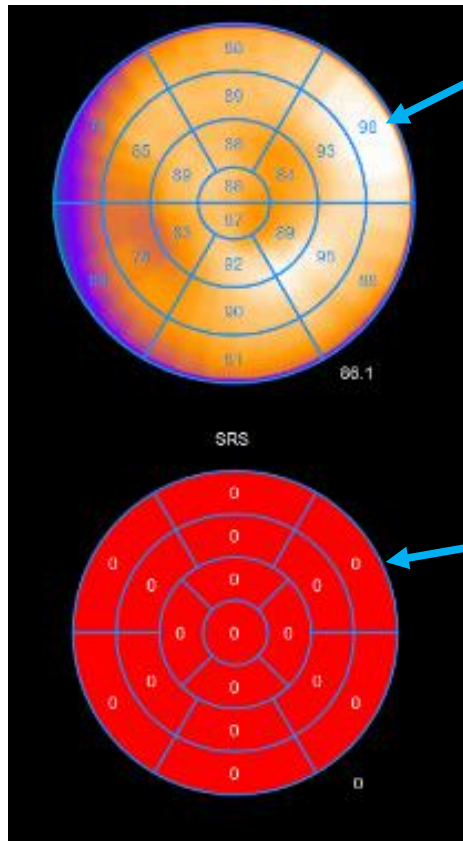


Bildauswertung



Perf. 0. Normal 1. Mild 2. Moderate 3. Severe 4. Absent

Bildauswertung



Intensität (% vom Maximum)

Vergleich mit Normalkollektiv

0 = Abweichung < 1.5 SD normal
 1 = 1.51 SD bis 2.1 SD
 2 = 2.11 SD bis 4.0 SD
 3 = 4.1 SD bis 7 SD
 4 = mehr als 7 SD kein Uptake

Summe
 aller
 Segmente

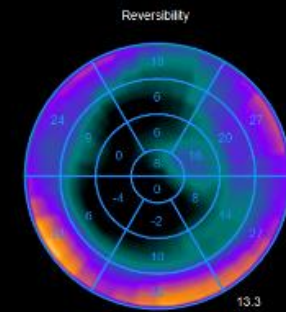
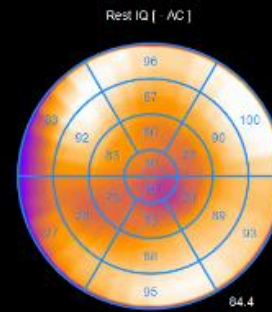
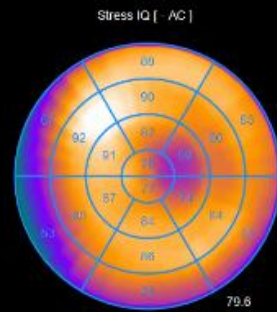
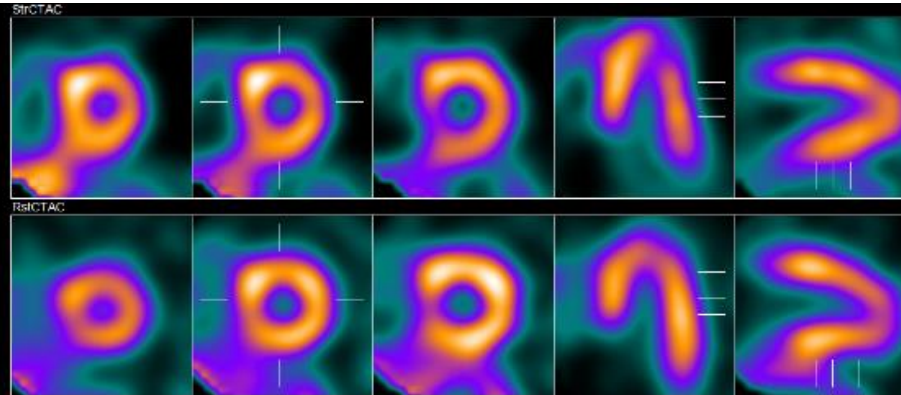
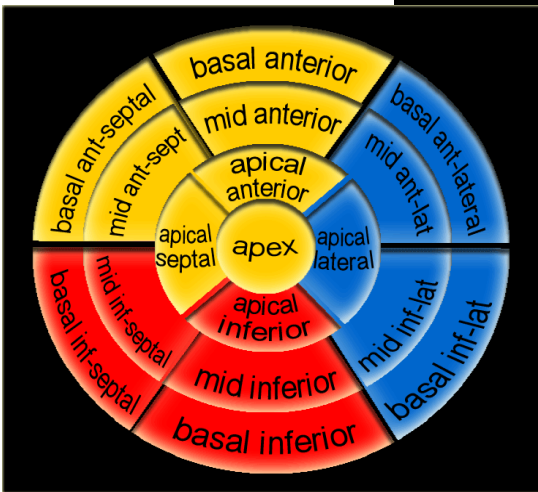
Normal:	SSS < 4
Gering path.:	SSS 4-8
Mäßig path.:	SSS 9-13
Schwer path.:	SSS > 13

SSS – summed stress score
 SRS – summed rest score
 SDS – summed difference score

Risiko-Abschätzung

Bildauswertung

AC-Korrektur

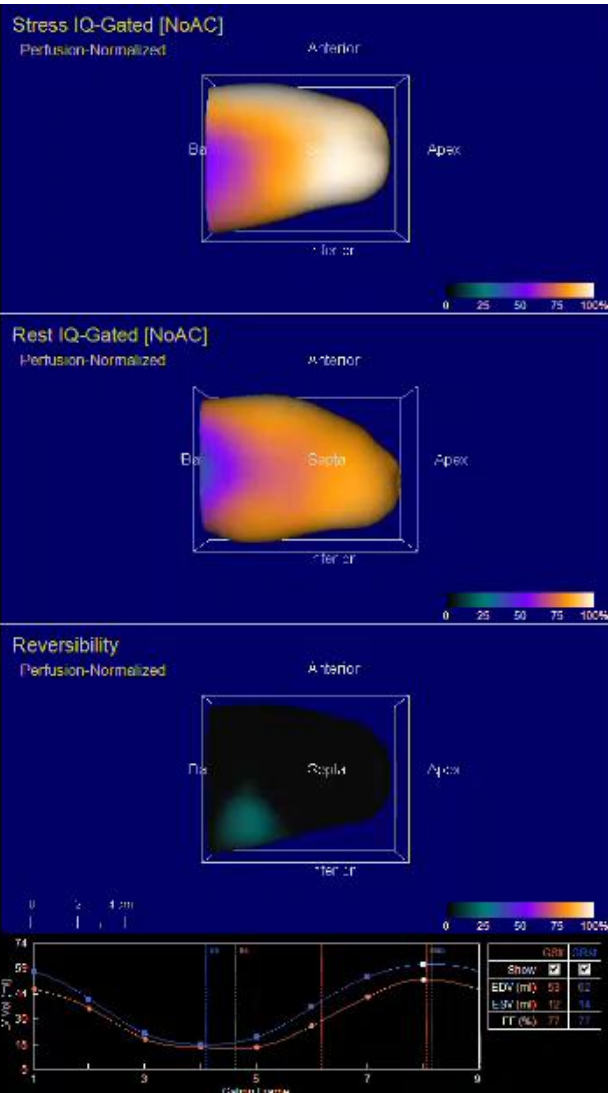
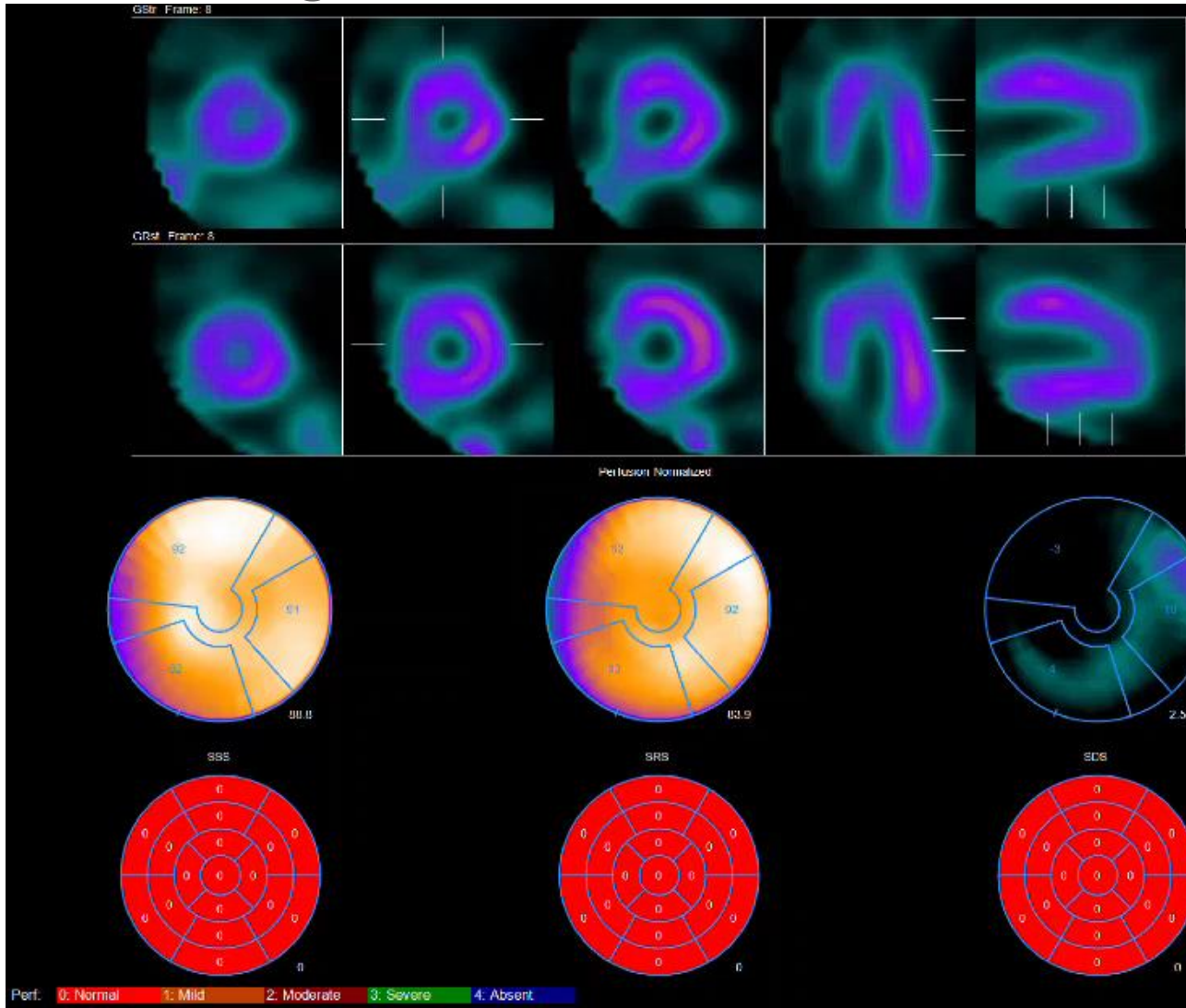


Perf. 0: Normal 1: Mild 2: Moderate 3: Severe 4: Absent

Bildauswertung

GATED SPECT → Wandbewegung
 → Wandverdickung
 → Ejektionsfraktion

EF > 50% normal
 EF 40-49% intermediär
 EF < 40% reduziert

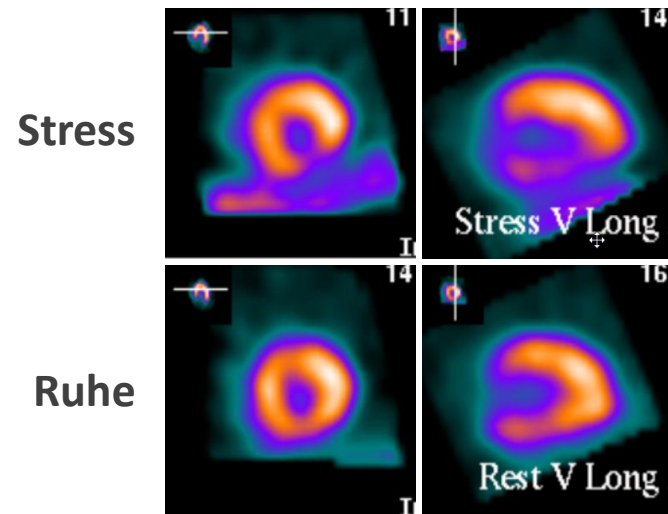


Befundung



Befundung: wesentliche Befundmuster

Visuelle Beurteilung: SPECT / PET

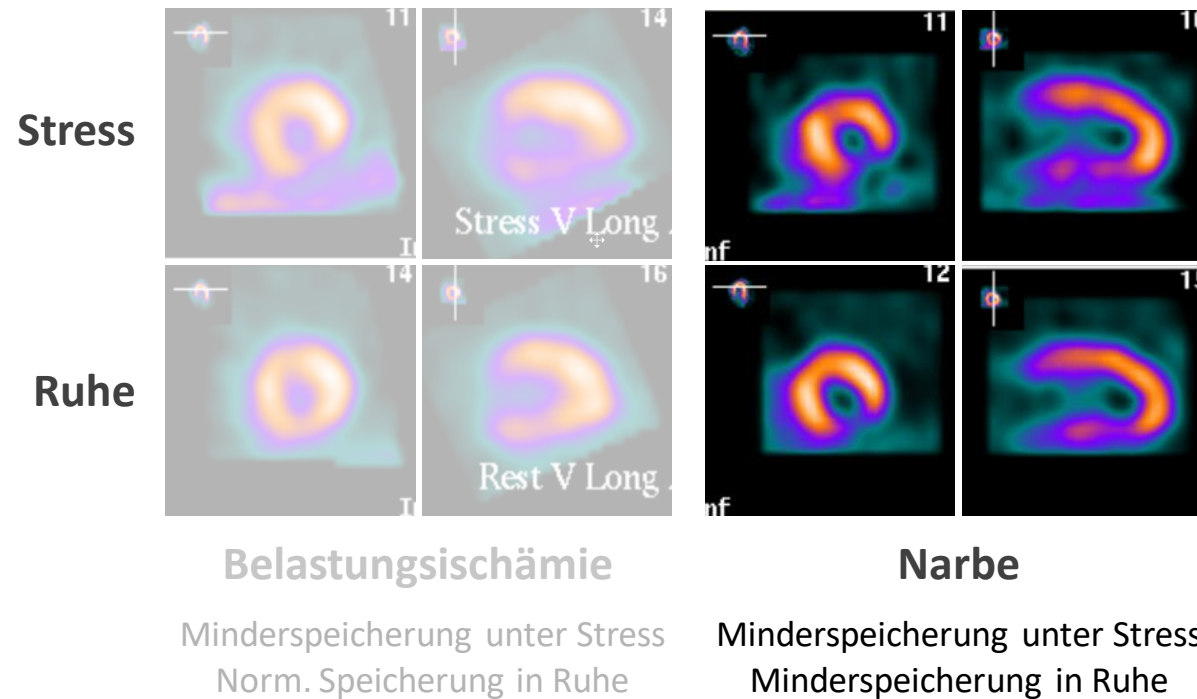


Belastungsischämie

Minderspeicherung unter Stress
Norm. Speicherung in Ruhe

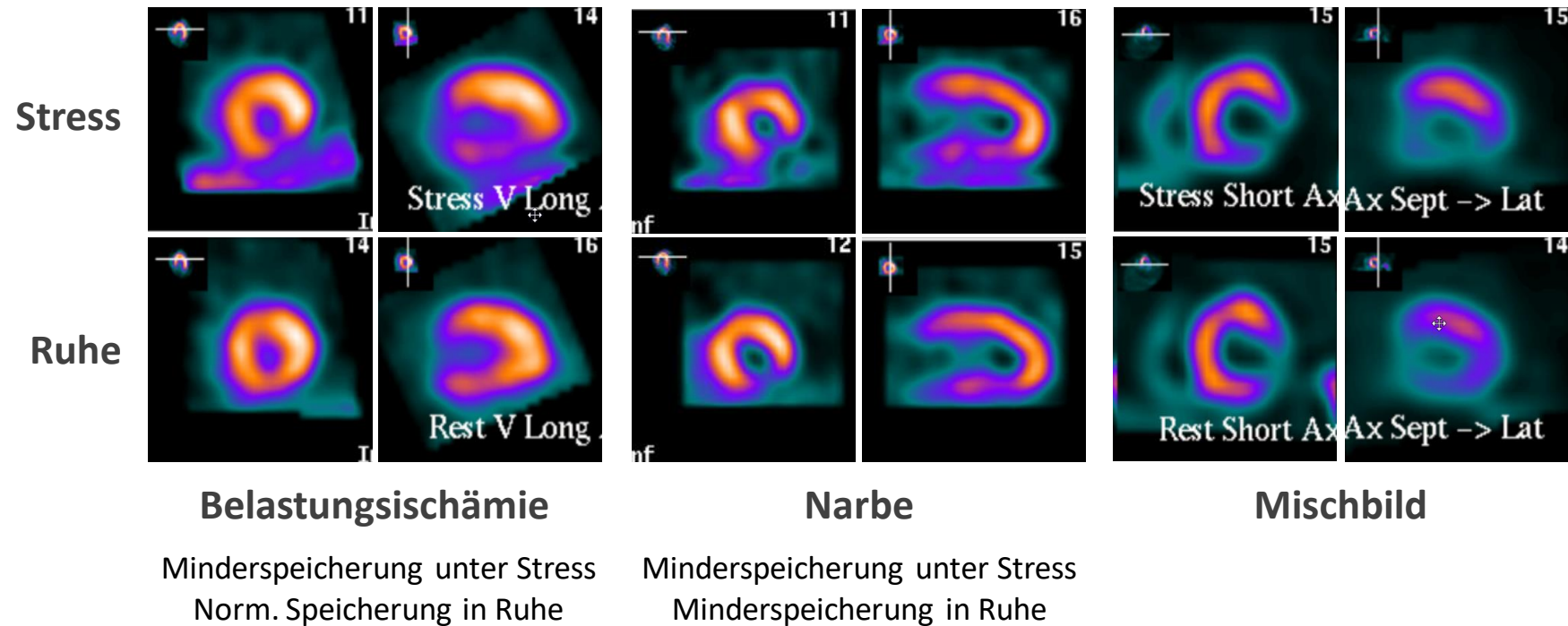
Befundung: wesentliche Befundmuster

Visuelle Beurteilung: SPECT / PET



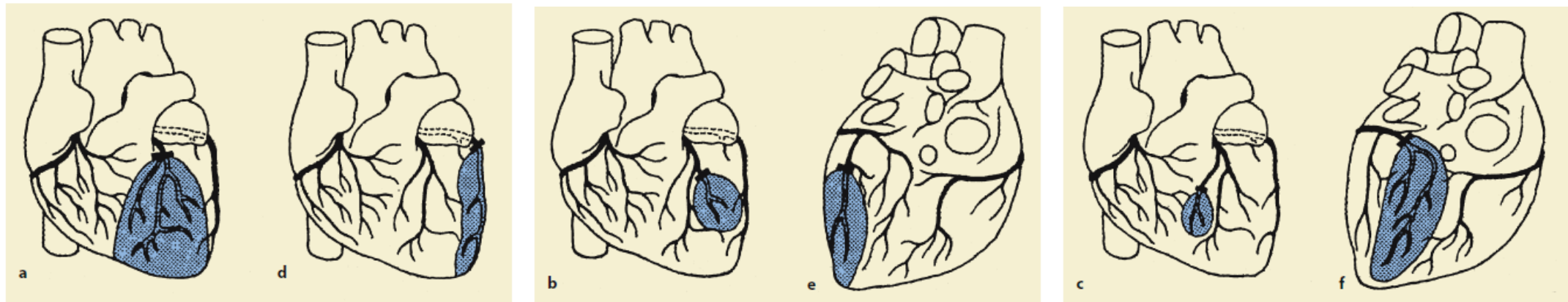
Befundung: wesentliche Befundmuster

Visuelle Beurteilung: SPECT / PET



Befundung: wesentliche Befundmuster

Visuelle Beurteilung: SPECT / PET

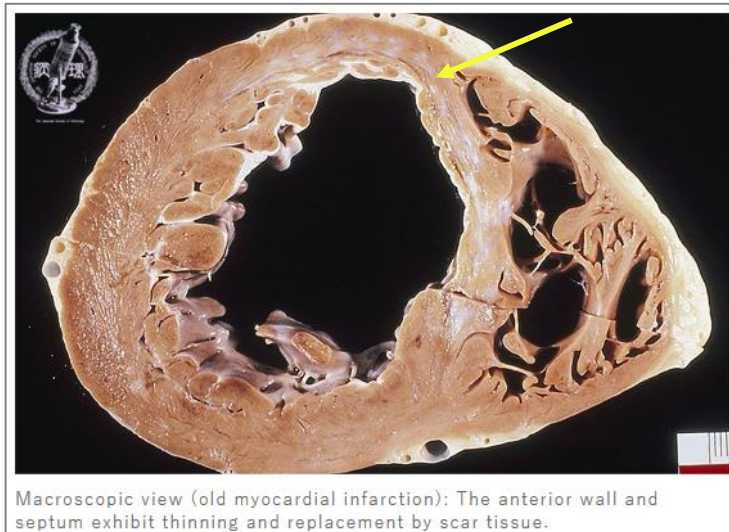


Wesentliche Befundangaben

- Ausdehnung Ischämie / Infarkt / Narbe
 - % vom ges. Myokard
 - transmuraler / nicht-transmuraler Infarkt
- Lokalisation
 - welches Coronargefäß betroffen
 - kritische Strukturen

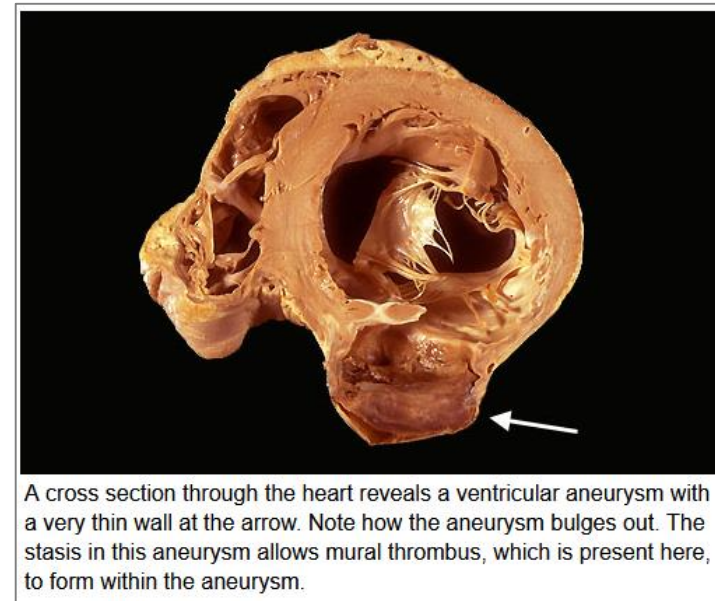
Pathologie

subendokardiale Narbe



<https://pathology.or.jp/corepicturesEN/03/c02/07.html>

alter transmuraler Infarkt



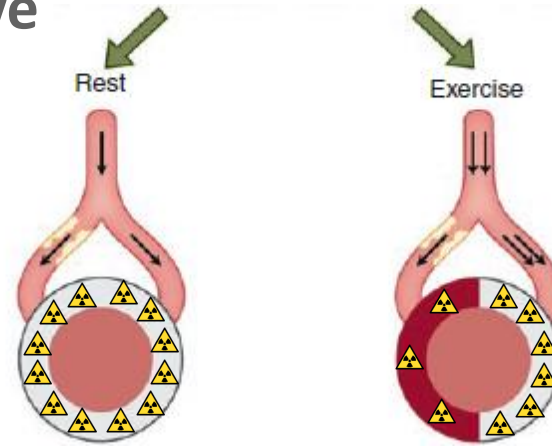
<https://webpath.med.utah.edu/CVHTML/CV143.html>

Befundung: wesentliche Befundmuster

PET – Coronare Flussreserve

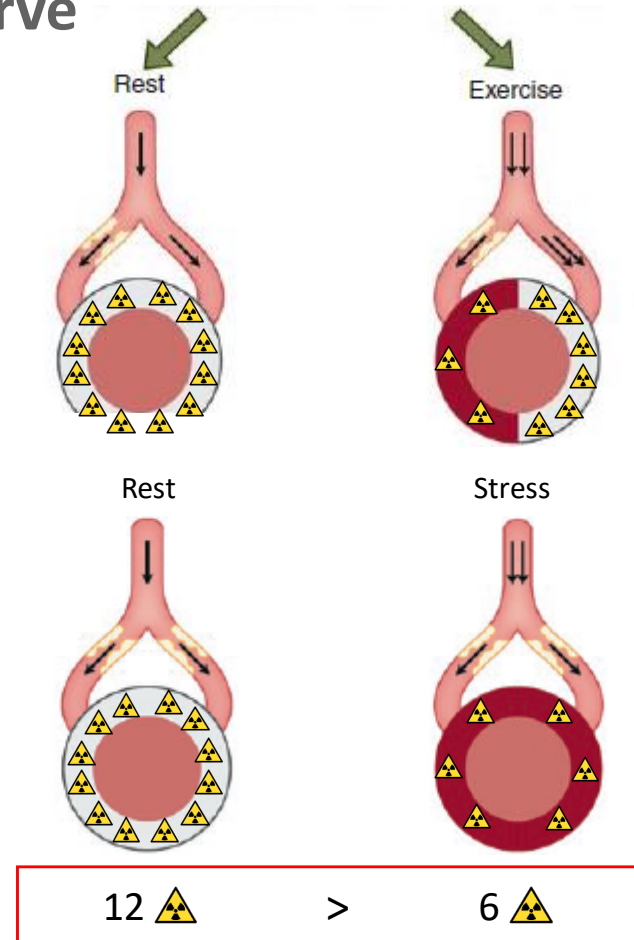
Befundung: wesentliche Befundmuster

PET – Coronare Flussreserve



Befundung: wesentliche Befundmuster

PET – Coronare Flussreserve



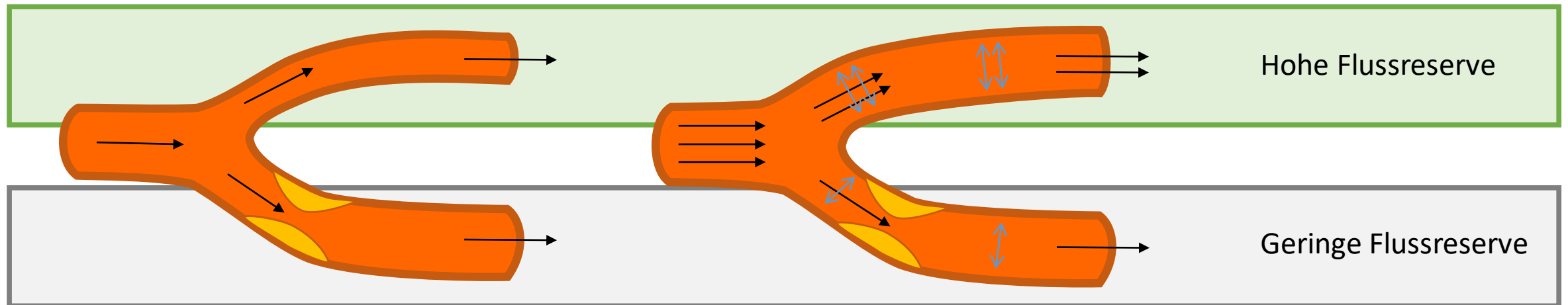
KEIN Perfusionsunterschied

Quantitative Flussmessung

⇒ PET!

PET – Coronare Flussreserve

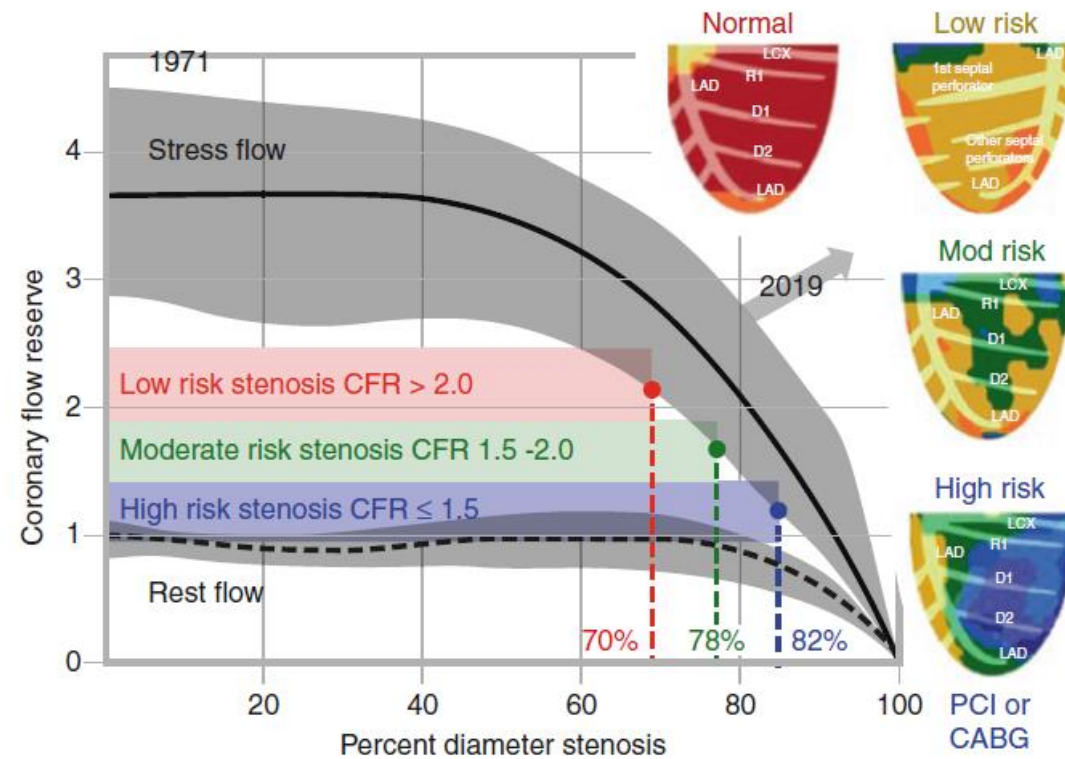
Quantitative Messung in wieweit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können



CFR = Coronare Flussreserve

PET – Coronare Flussreserve

Quantitative Messung in wie weit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können



➔ Funktionelle Graduierung von Stenosen

PET – Coronare Flussreserve

Quantitative Messung in wieweit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können

- Höhere Sensitivität, besserer Prediktor für Prognose

Diagnostic Performance for the Detection of CAD on an Intention-to-Diagnose Basis							
	FFR _{CT}	Coronary CTA	p Value*	SPECT	p Value*	PET	p Value*
Per vessel (n = 612)							
Sensitivity	92 (86-96)	70 (62-77)	<0.001	40 (32-48)	<0.001	80 (73-86)	0.004
Specificity	70 (65-75)	78 (74-82)	0.005	96 (94-98)	<0.001	76 (69-81)	0.013
PPV	52 (45-60)	52 (45-60)	0.727	81 (71-88)	<0.001	61 (53-68)	0.134
NPV	96 (92-98)	86 (82-90)	<0.001	80 (75-84)	<0.001	91 (87-94)	0.015
Diagnostic accuracy	77 (73-80)	76 (73-80)	1.000	81 (78-84)	0.238	80 (77-83)	0.355
AUC	0.83 (0.79-0.86)	0.80 (0.77-0.84)	0.261	0.68 (0.64-0.72)	<0.001	0.86 (0.83-0.89)	0.157

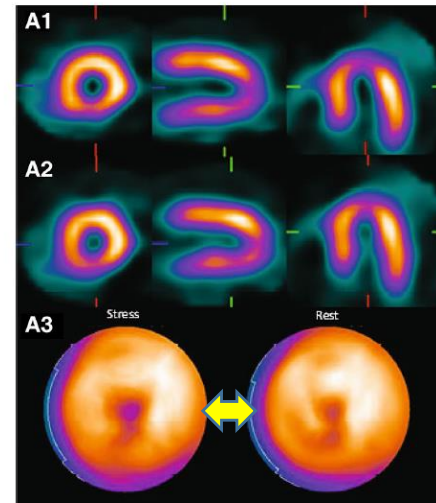
Fig. 6.19 Simulated FFR predicted by CTA analysis (FFR_{CT}) versus quantitative PET perfusion for diagnosis of significant stenosis. (a) ROC curves for the various imaging modalities listed. Driessen et al. [31] claim that FFR_{CT} is superior to PET for predicting invasive pressure-derived FFR, but this plot excludes the 17% of cases for which CT

data were inadequate. (b) Analyzing all cases for intention to treat, as done for routine clinical purposes, PET is clearly superior, with the highest AUC (0.9). (From Driessen et al. [31]; with permission from Elsevier)

PET – Coronare Flussreserve

Quantitative Messung in wieweit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können

- Höhere Sensitivität (Flussreserve = besserer Prediktor für Prognose)
- Balanzierte 3-Gefässerkrankung



Int J Cardiovasc Imaging (2017) 33:1021–1031
DOI 10.1007/s10554-017-1084-4

ORIGINAL PAPER

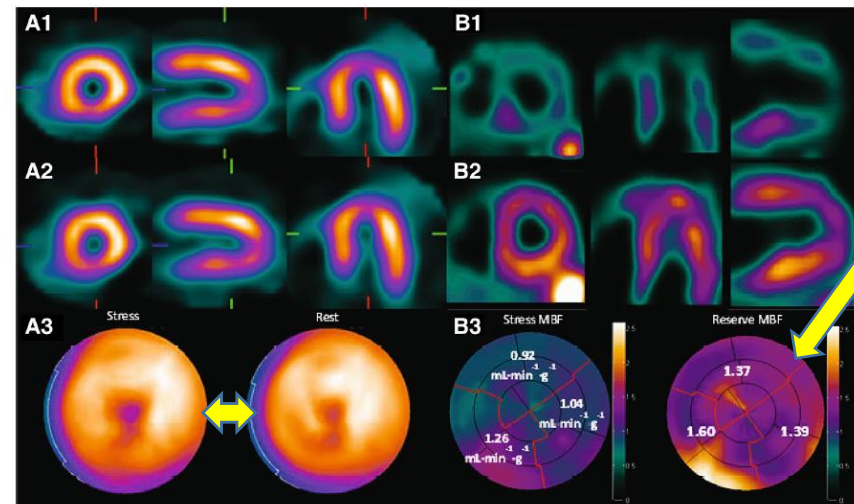
Myocardial perfusion imaging with PET

Roel S. Driessen¹ · Pieter G. Raijmakers² · Wijnand J. Stuijzand¹ · Paul Knaapen¹

PET – Coronare Flussreserve

Quantitative Messung in wieweit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können

- Höhere Sensitivität (Flussreserve = besserer Prediktor für Prognose)
- Erkennung einer balanzierten 3-Gefässerkrankung



Int J Cardiovasc Imaging (2017) 33:1021–1031
DOI 10.1007/s10554-017-1084-4

ORIGINAL PAPER

Myocardial perfusion imaging with PET

Roel S. Driessen¹ · Pieter G. Raijmakers² · Wijnand J. Stuijzand¹ · Paul Knaapen¹

PET – Coronare Flussreserve

Quantitative Messung in wieweit die Coronar-Gefäße eine bestehende Stenose durch Dilatation kompensieren können

- Höhere Sensitivität (Flussreserve = besserer Prediktor für Prognose)
- Balanzierte 3-Gefässerkrankung
- Mikroangiopathien

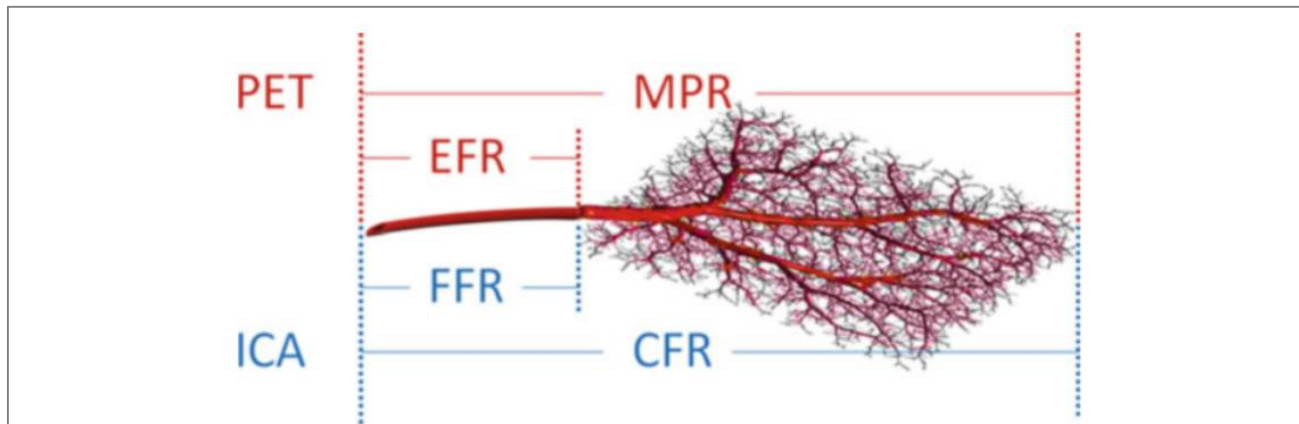


Fig. 12.1 Epicardial (EFR, FFR) ± microvascular (MPR, CFR) flow reserve measurements using PET imaging and ICA. Normal values of MPR and CFR are approximately 3–5 (average 4.0) in young healthy adults without microvascular disease. Normal epicardial vessels have FFR = 1.0, whereas “flow-limiting” stenoses with FFR < 0.75–0.80 can produce myocardial ischemia. See Table 12.1 for definitions

Conference proceedings | Open Access | © 2016

Perspectives on Nuclear Medicine for
 Molecular Diagnosis and Integrated Therapy

Chapter 12
**Noninvasive PET Flow Reserve Imaging
 to Direct Optimal Therapies for Myocardial
 Ischemia**

Robert A. deKemp and Rob SB Beanlands

Fall #1 – fragliche Angina pectoris

72-jähriger Patient mit atypischen retrosternalen Schmerzen

- bekannte 3-Gefäss-KHK
- Ergometrie: bei voller Ausbelastung normal

➔ Myokardischämie?

Fall #1 – fragliche Angina pectoris

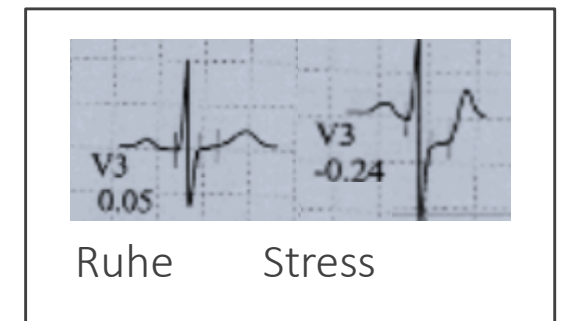
72-jähriger Patient mit atypischen retrosternalen Schmerzen

- bekannte 3-Gefäß-KHK
- Ergometrie: bei voller Ausbelastung normal

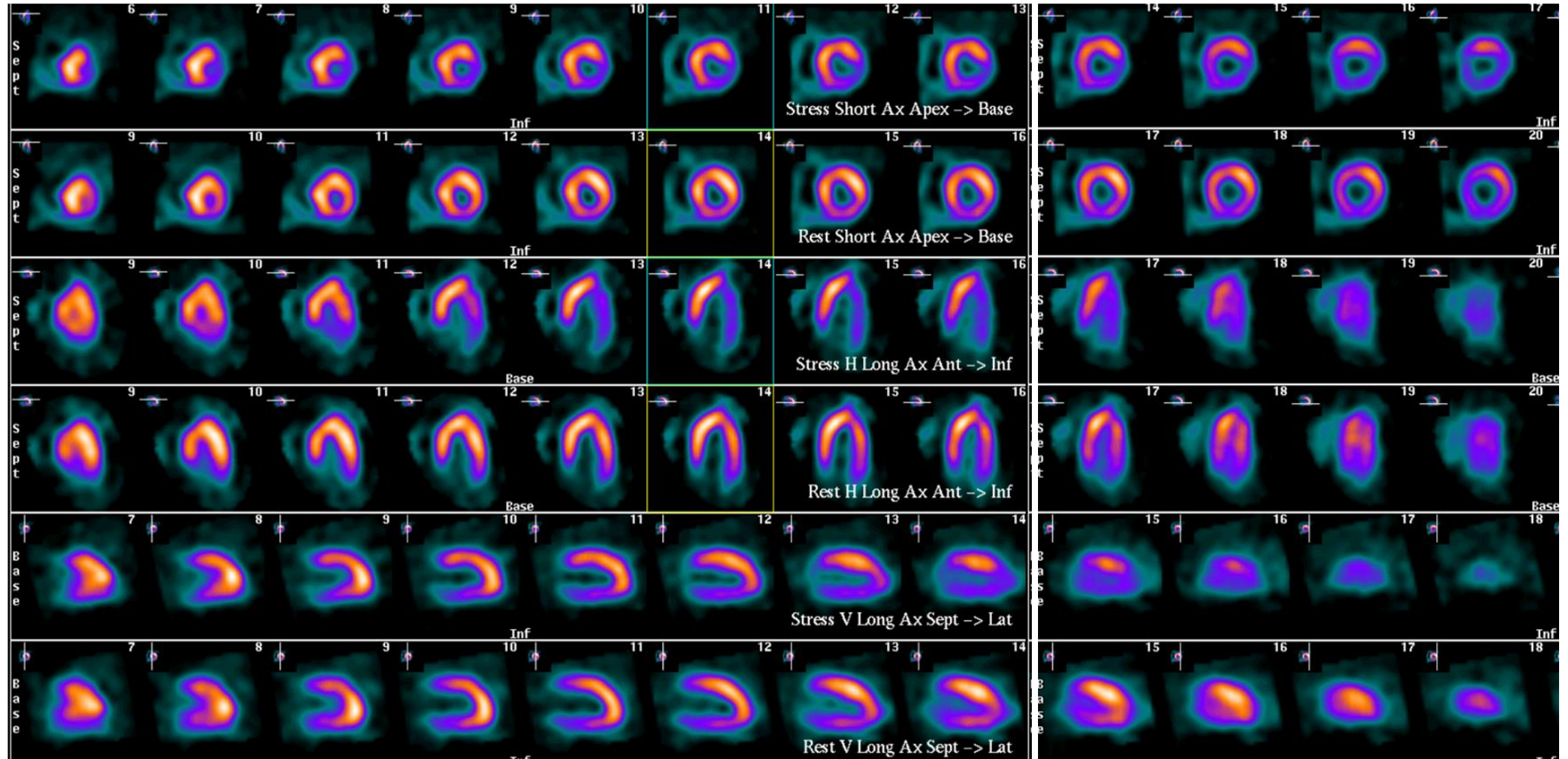
→ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

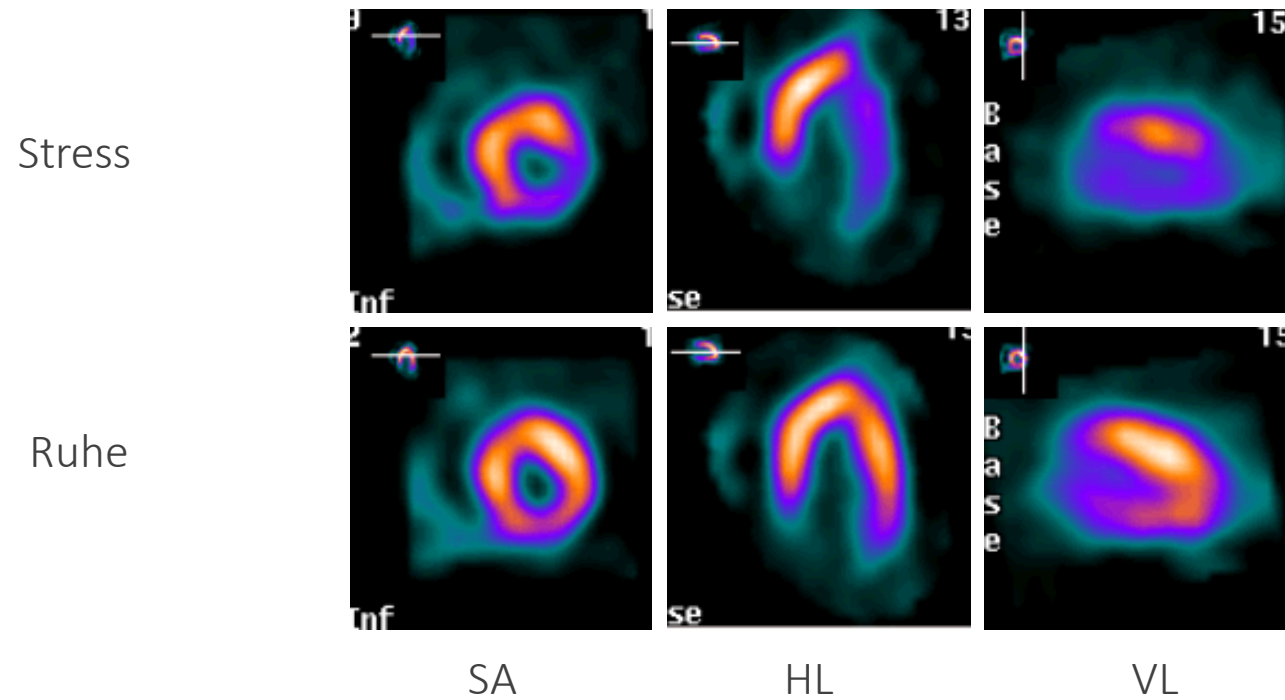
- Ergometrische Belastung: 107% Zielleistung, 85% der Soll-Herzfrequenz
- nicht einschränkende AP-Beschwerden
- EKG: Ischämie-typische ST-Streckenveränderungen in V3 und V4



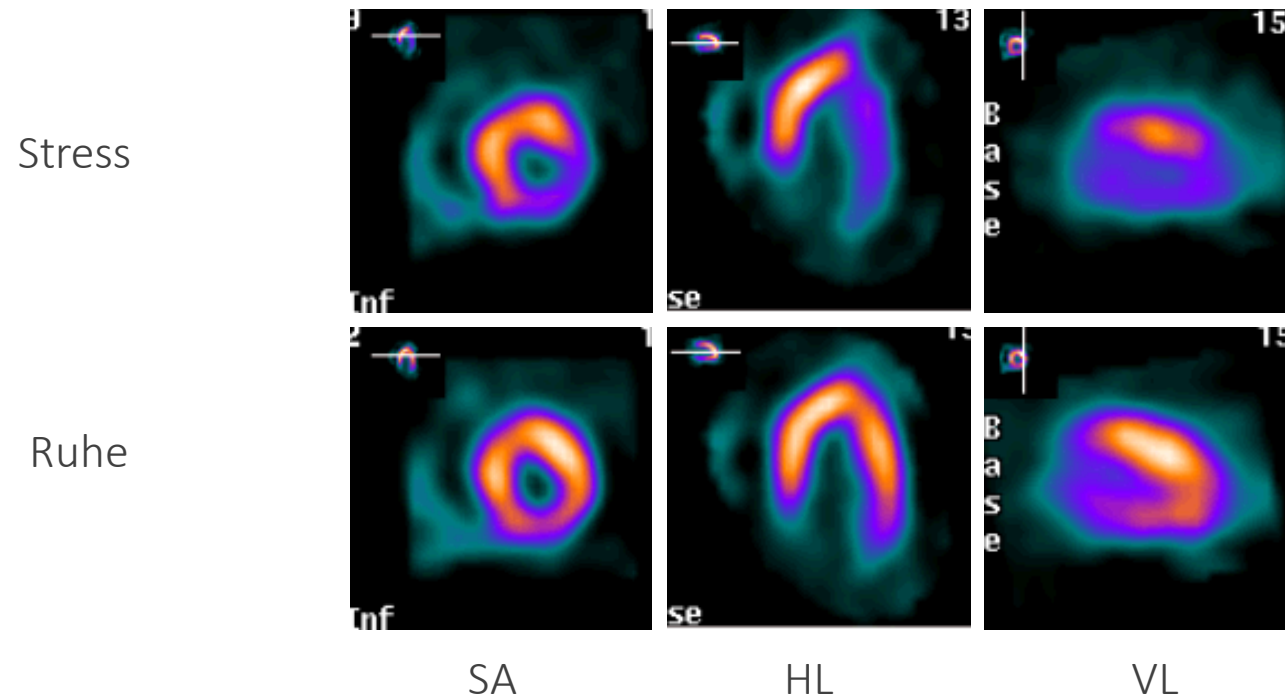
Fall #1 – fragliche Angina pectoris



Fall #1 – fragliche Angina pectoris



Fall #1 – fragliche Angina pectoris



Ischämie

Fall #2 – fragliche Angina pectoris

60-jährige Patientin mit atypischen Thoraxschmerzen

- EKG auffällig, Ergometrie nicht konklusiv (eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit)
- Echokardiographie: relative LV-Hypertrophie, normale systolische Funktion und Kontraktilität

→ Myokardischämie?

Fall #2 – fragliche Angina pectoris

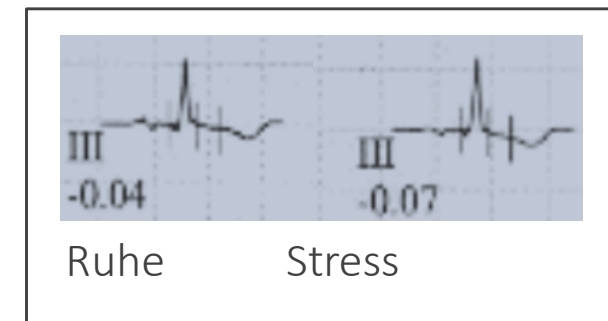
60-jährige Patientin mit atypischen Thoraxschmerzen

- EKG auffällig, Ergometrie nicht konklusiv (eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit)
- Echokardiographie: relative LV-Hypertrophie, normale systolische Funktion und Kontraktilität

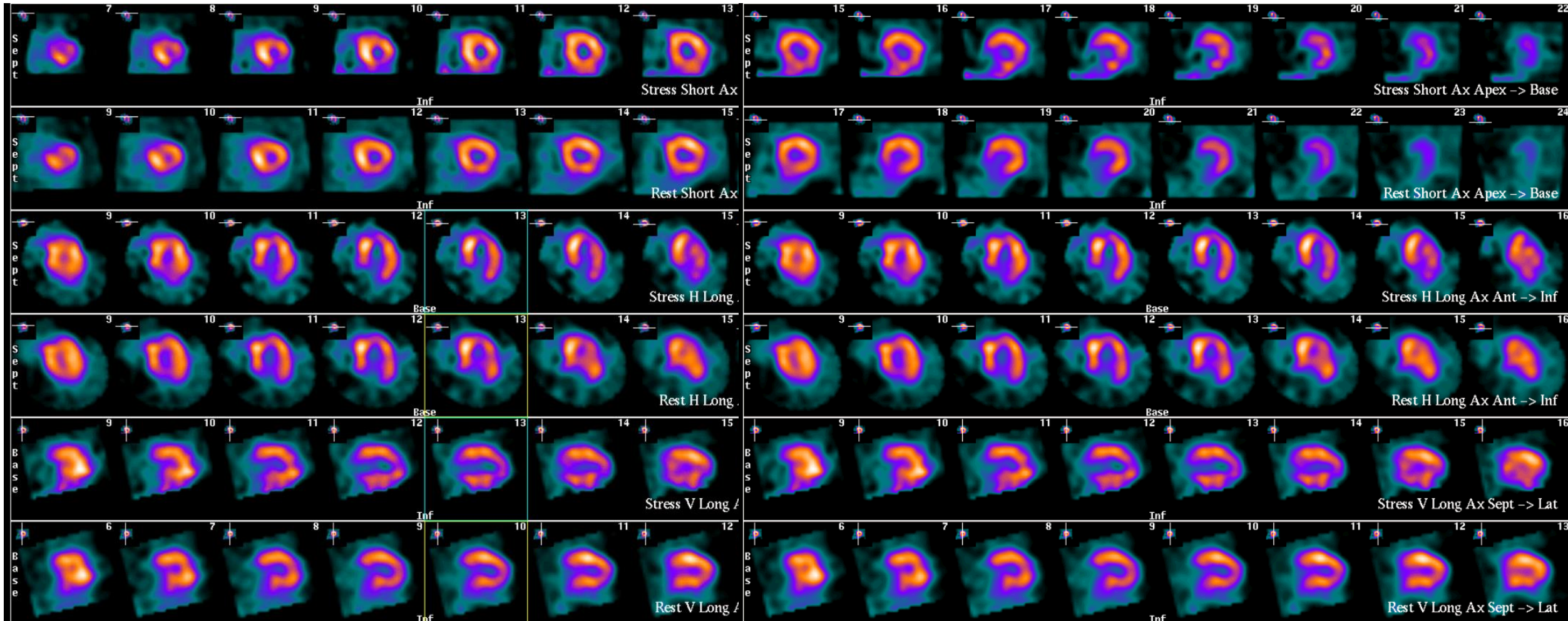
➔ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

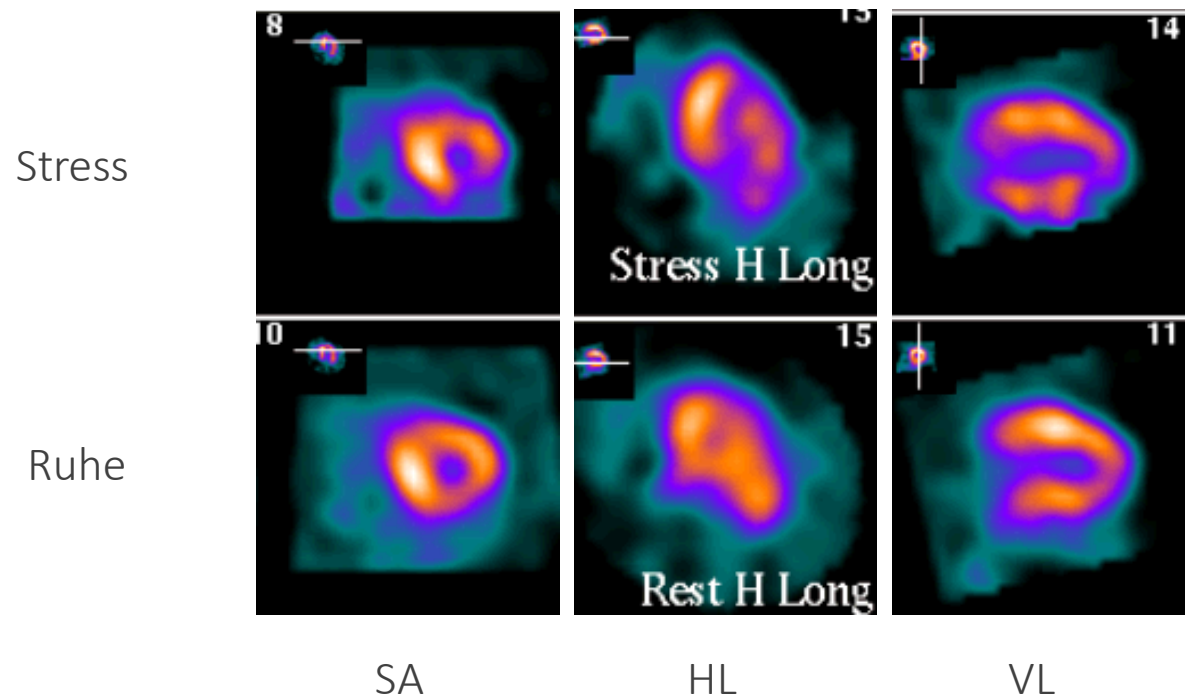
- pharmakologische Belastung (Adenosin)
- keine AP-Beschwerden
- EKG: keine Ischämie-typischen ST-Streckenveränderungen



Fall #2 – fragliche Angina pectoris



Fall #2 – fragliche Angina pectoris



Stress-Minderperfusion
infero-apiko-lateral

Fall #3 – KHK und AP-Beschwerden

73-jähriger Patient mit atypischen Thoraxschmerzen

- Vor 15 Jahren St.n. Vorderwandinfarkt → PTCA und Stent RIVA
- Vor 10 Jahren St.n. Hinterwandinfarkt → Reanimation, Lyse, 2-fach Stent > ohne befriedigendes Resultat
- Vor 1 Jahr Koronarangiographie bei akutem Koronarsyndrom: 95% Stenose RIVA → Stent
- Echokardiographie: LVEF 35%, septo-apiko-anteriore Hypo- bis Akinesie, unverändert seit 1 Jahr
- EKG: anteroseptaler Infarkt
- Ergometrie: nicht konklusiv (eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit)

→ Myokardischämie?

Fall #3 – KHK und AP-Beschwerden

73-jähriger Patient mit atypischen Thoraxschmerzen

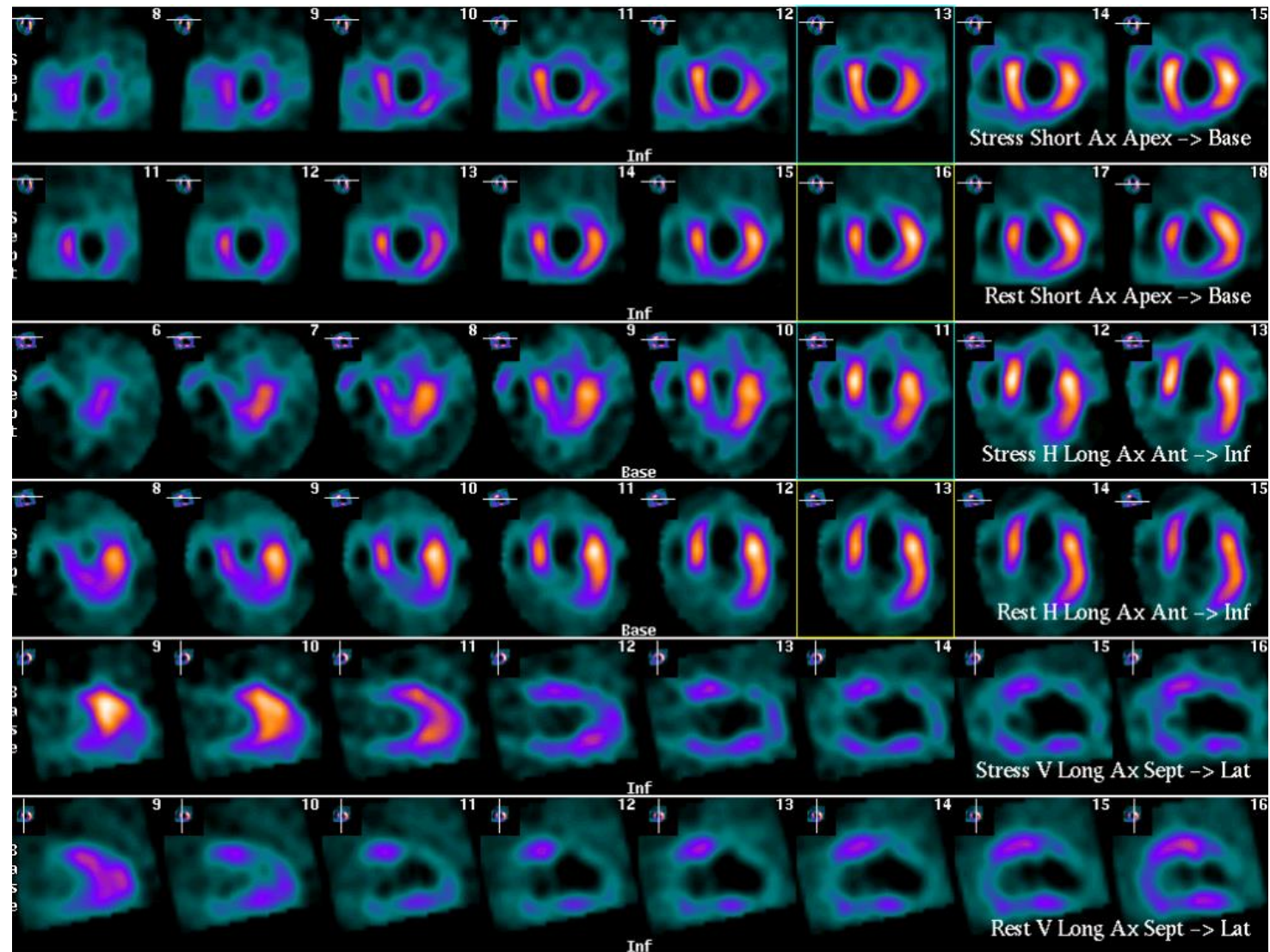
- Vor 15 Jahren St.n. Vorderwandinfarkt → PTCA und Stent RIVA
- Vor 10 Jahren St.n. Hinterwandinfarkt → Reanimation, Lyse, 2-fach Stent > ohne befriedigendes Resultat
- Vor 1 Jahr Koronarangiographie bei akutem Koronarsyndrom: 95% Stenose RIVA → Stent
- Echokardiographie: LVEF 35%, septo-apiko-anteriore Hypo- bis Akinesie, unverändert seit 1 Jahr
- EKG: anteroseptaler Infarkt
- Ergometrie: nicht konklusiv (eingeschränkte körperliche Leistungsfähigkeit)

→ Myokardischämie?

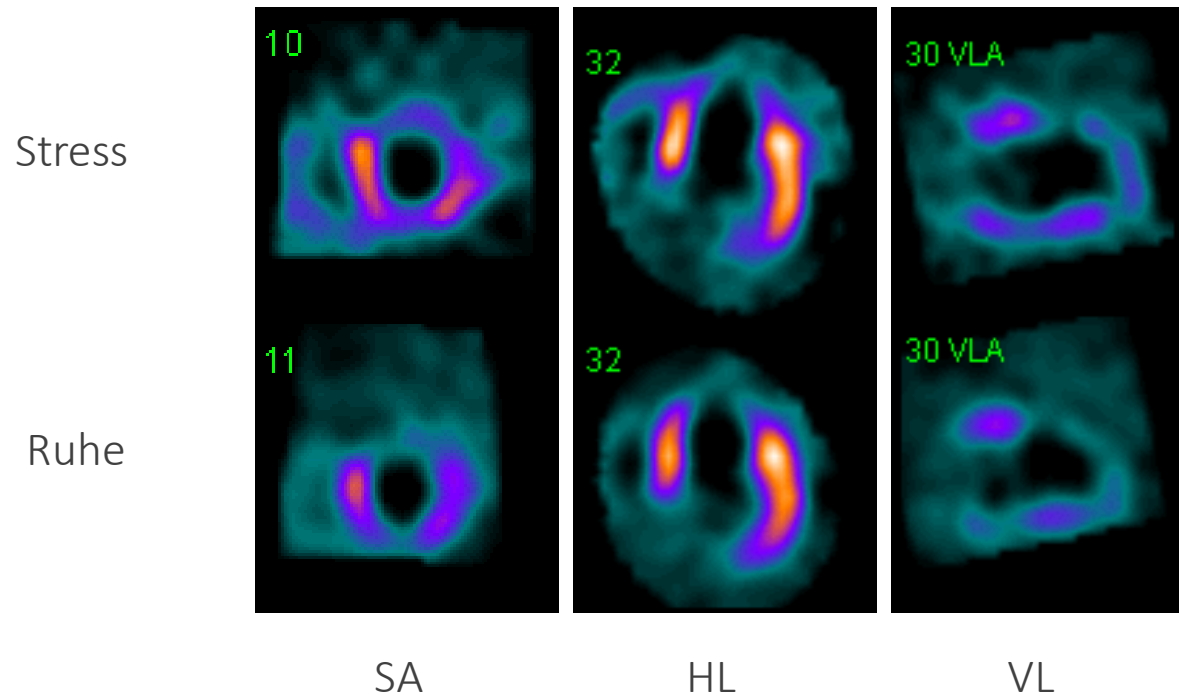
Myokardszintigraphie:

- pharmakologische Belastung und geringe ergometrische Belastung (Adenosin+35W)
- nicht einschränkende AP-Beschwerden
- keine Ischämie-typischen ST-Streckenveränderungen

Fall #3 – KHK und AP-Beschwerden



Fall #3 – KHK und AP-Beschwerden



ausgedehnte Minderperfusion in Ruhe & Stress

- anteroseptal
- apikal
- posterior/inferior

→ Narbe

Fall #4 – Präoperative Abklärung bei Risiko

51-jähriger Patient mit morbider Adipositas

- kardiovaskuläre Risikofaktoren: art. Hypertonie, Adipositas (BMI 59 bei 174cm/178kg), Diabetes mellitus Typ II
- Ergometrie: wegen eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit nicht durchführbar
- Echokardiographie: aufgrund Konstitution nicht durchführbar

Fall #4 – Präoperative Abklärung bei Risiko

51-jähriger Patient mit morbider Adipositas

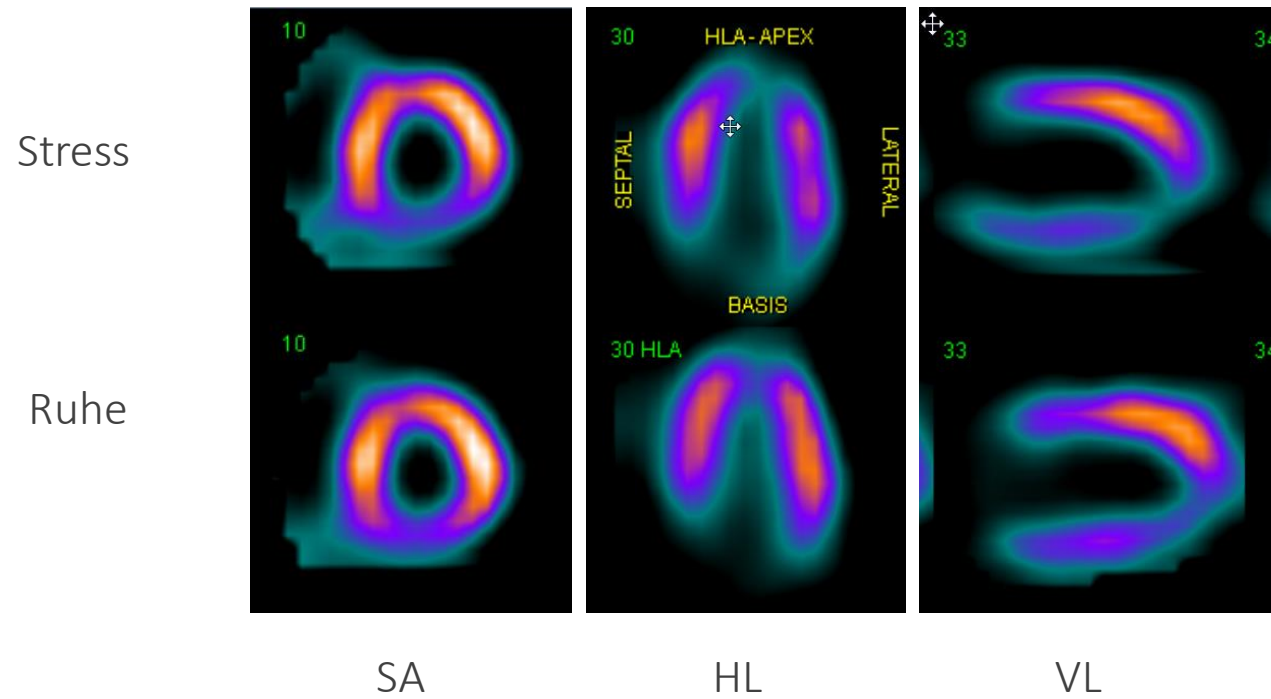
- kardiovaskuläre Risikofaktoren: art. Hypertonie, Adipositas (BMI 59 bei 174cm/178kg), Diabetes mellitus Typ II
- Ergometrie: wegen eingeschränkter körperlicher Leistungsfähigkeit nicht durchführbar
- Echokardiographie: aufgrund Konstitution nicht durchführbar

→ Myokardischämie?

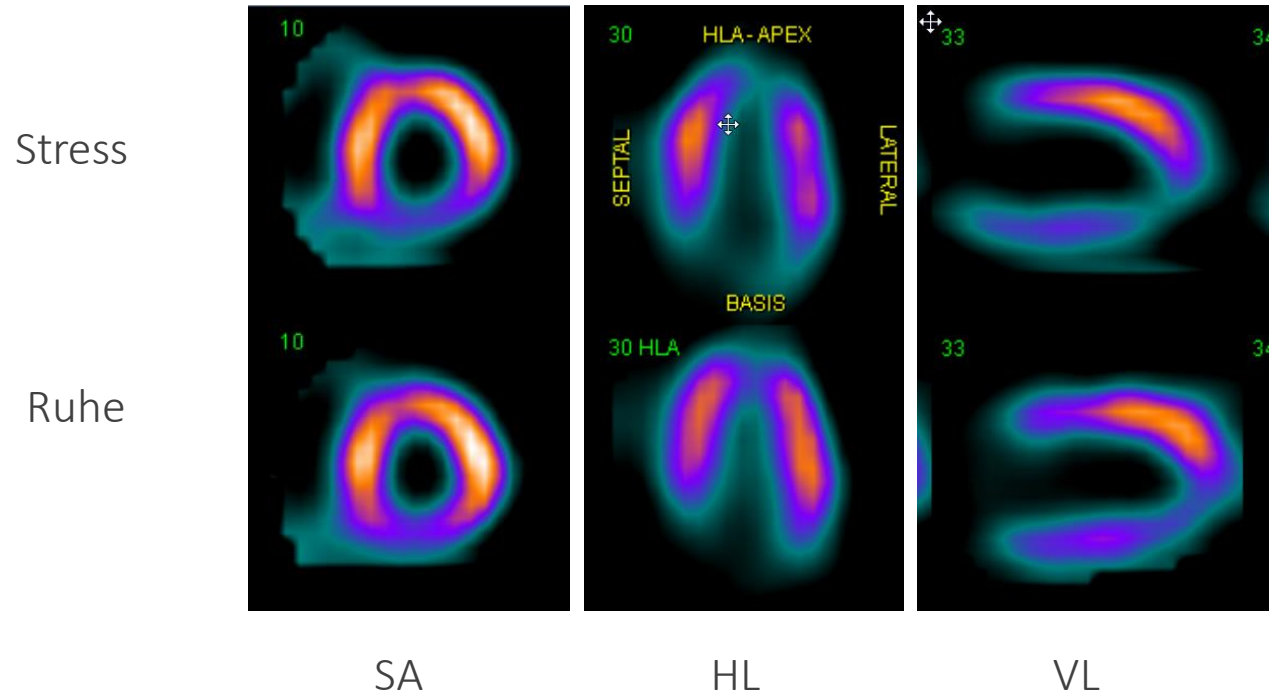
Myokardszintigraphie:

- pharmakologische Belastung (Adenosin)
- keine AP-Beschwerden
- keine Ischämie-typischen ST-Streckenveränderungen

Fall #4 – Präoperative Abklärung bei Risiko



Fall #4 – Präoperative Abklärung bei Risiko

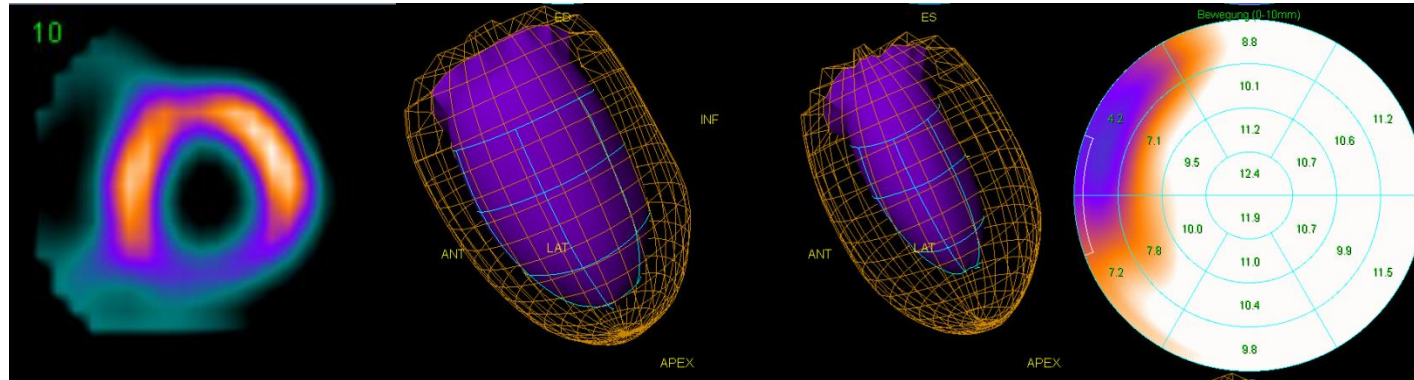


Minderperfusion in Ruhe & Stress

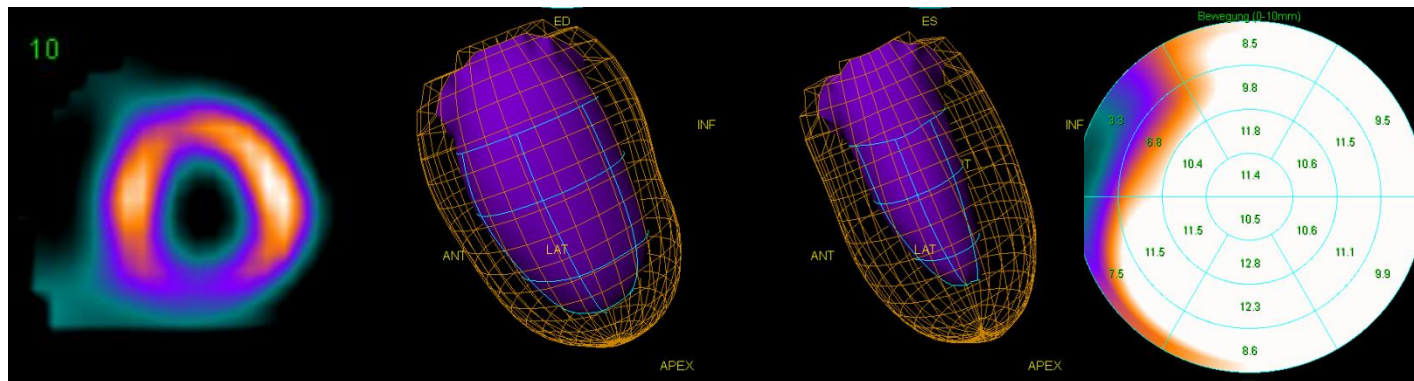
Fall #4 – Präoperative Abklärung bei Risiko

GATED-SPECT

Ruhe



Stress



- ➔ Normale Kontraktilität der Hinterwand Schwächungsartefakt
- ➔ Keine Ischämie oder Narbe

Fall #5 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK

61-jähriger Patient mit bekannter KHK

- Vor 2 Jahren: sudden cardiac death
- St. n. Stent proximaler RIVA
- Derzeit beim Jogging schwere Beine. Gelegentlich Druck in der Brust und Schwächegefühl sowie Unwohlsein.

➔ Myokardischämie?

Fall #5 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK

61-jähriger Patient mit bekannter KHK

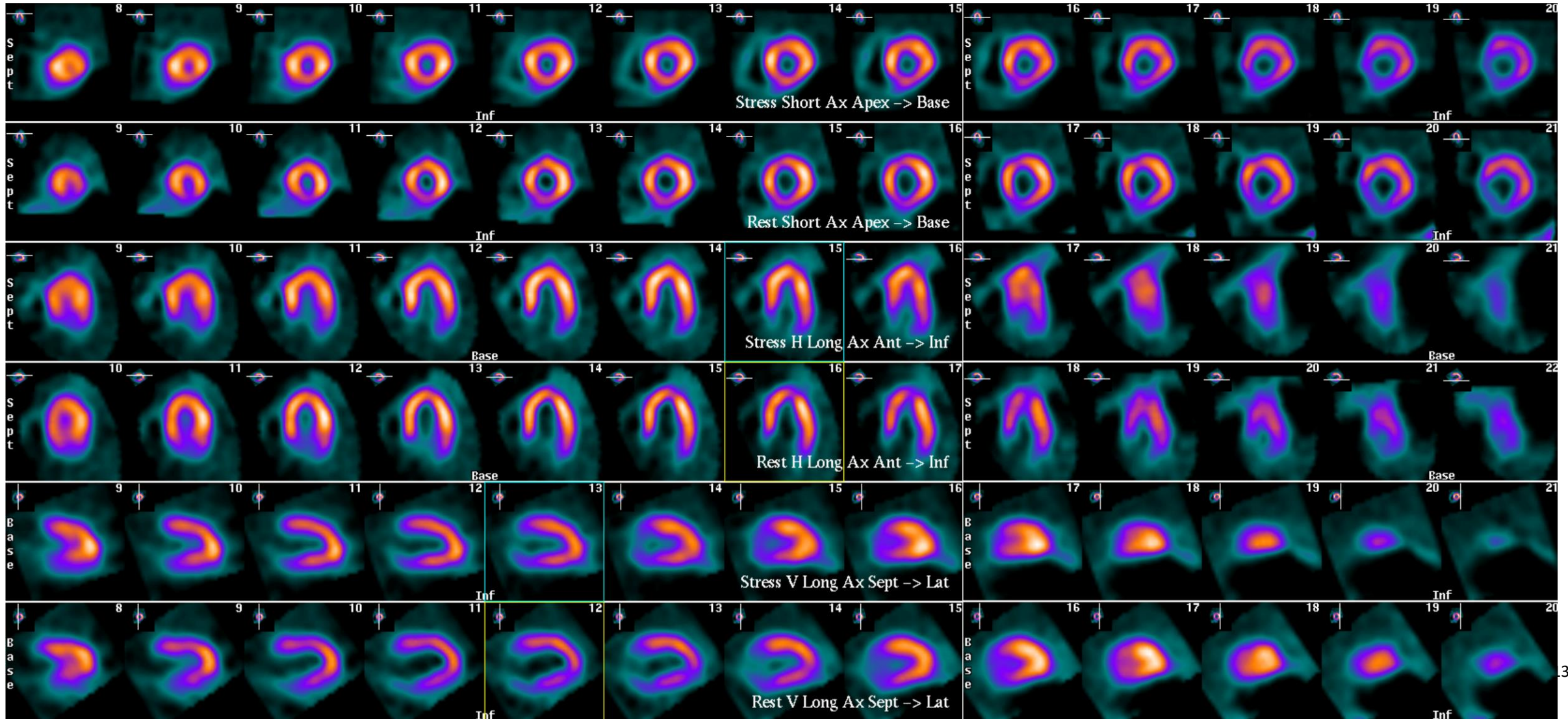
- Vor 2 Jahren: sudden cardiac death
- St. n. Stent proximaler RIVA
- Derzeit beim Jogging schwere Beine. Gelegentlich Druck in der Brust und Schwächegefühl sowie Unwohlsein.

→ Myokardischämie?

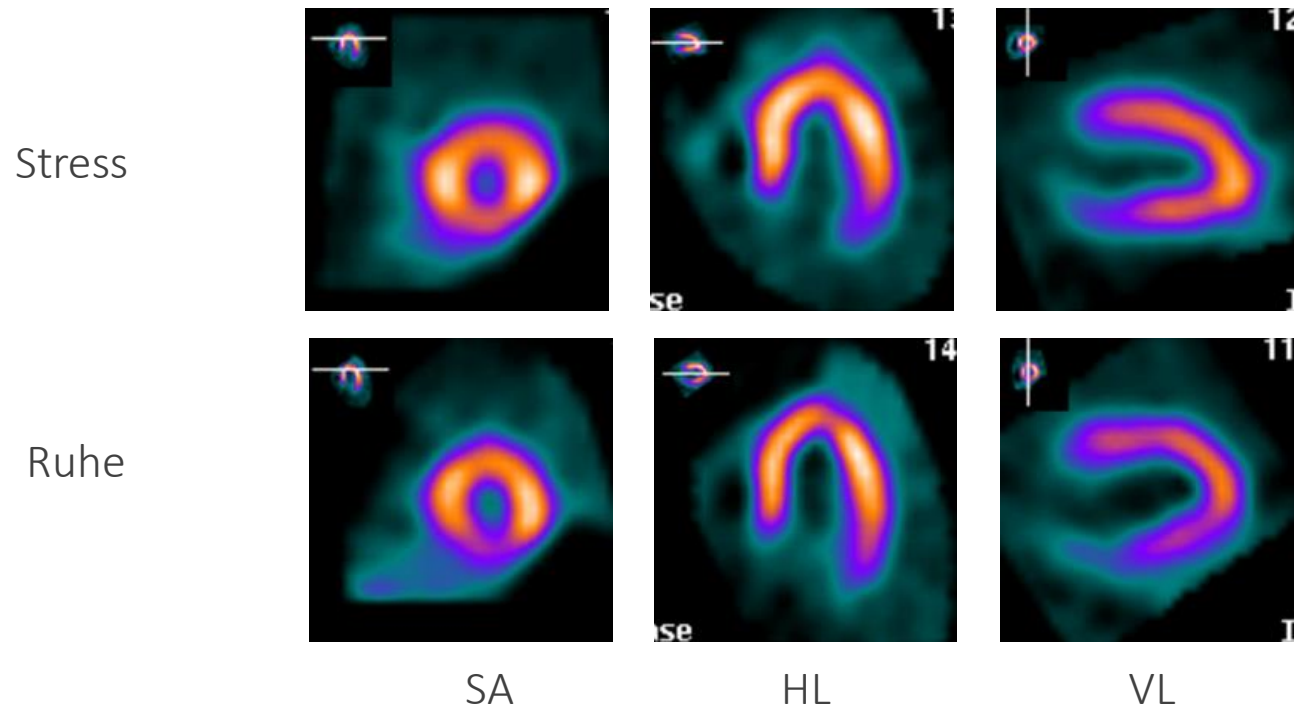
Myokardszintigraphie:

- Ergometrische Belastung: 110% Zielleistung, 87% der Soll-Herzfrequenz
- Keine AP-Beschwerden
- EKG: Keine Ischämie-typische ST-Streckenveränderungen

Fall #5 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK



Fall #5 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK



Keine Belastungsischämie

Fall #6 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK

62-jähriger Patient mit St.n. Leber- und Nierentransplantation

St. nach LeberTx und NierenTx

Schwere pAVK

Aktuell hypertensive Entgleisung mit thorakalem Druckgefühl

➔ Myokardischämie?

Fall #6 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK

62-jähriger Patient mit St.n. Leber- und Nierentransplantation

St. nach LeberTx und NierenTx

Schwere pAVK

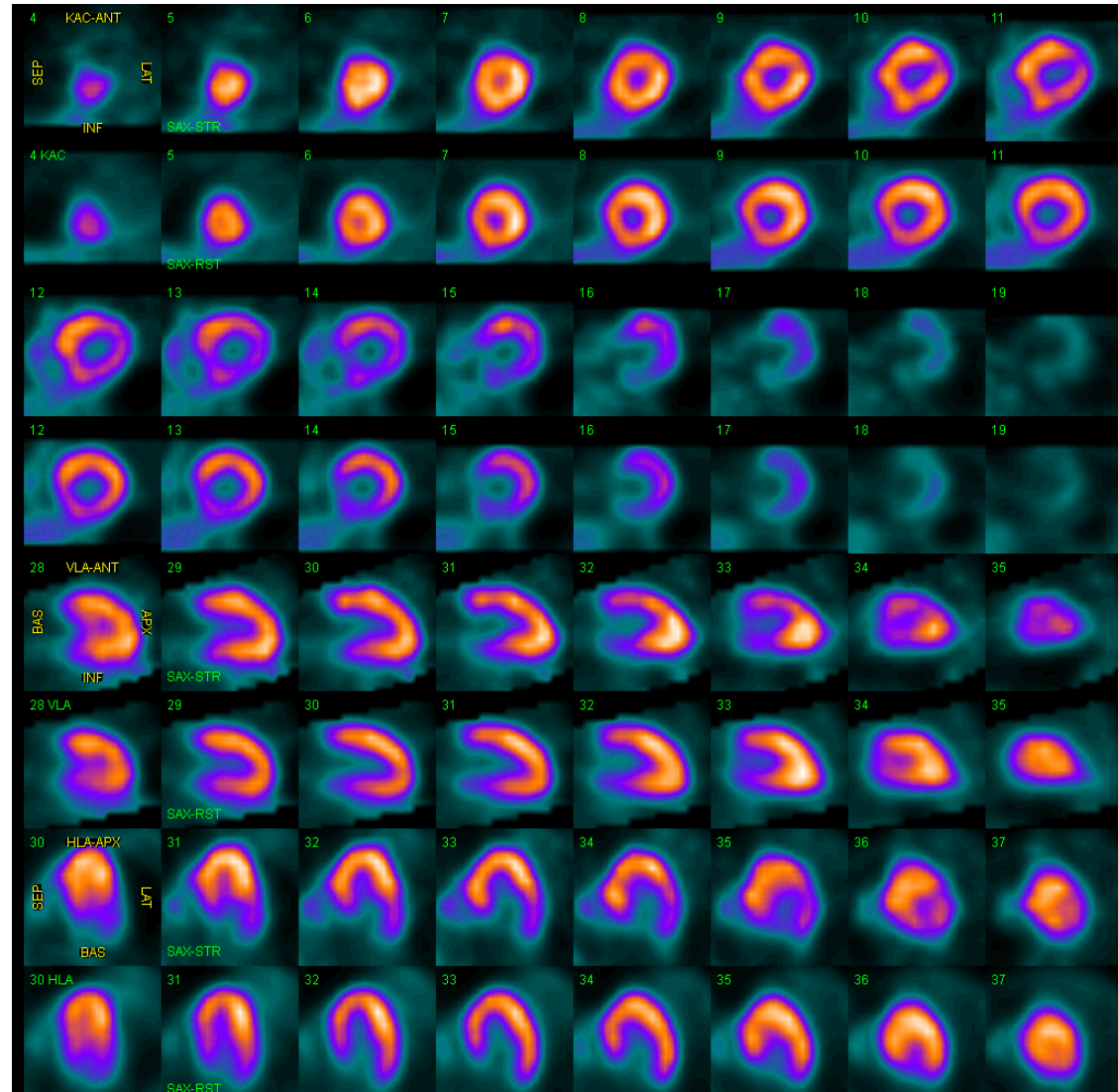
Aktuell hypertensive Entgleisung mit thorakalem Druckgefühl

→ Myokardischämie?

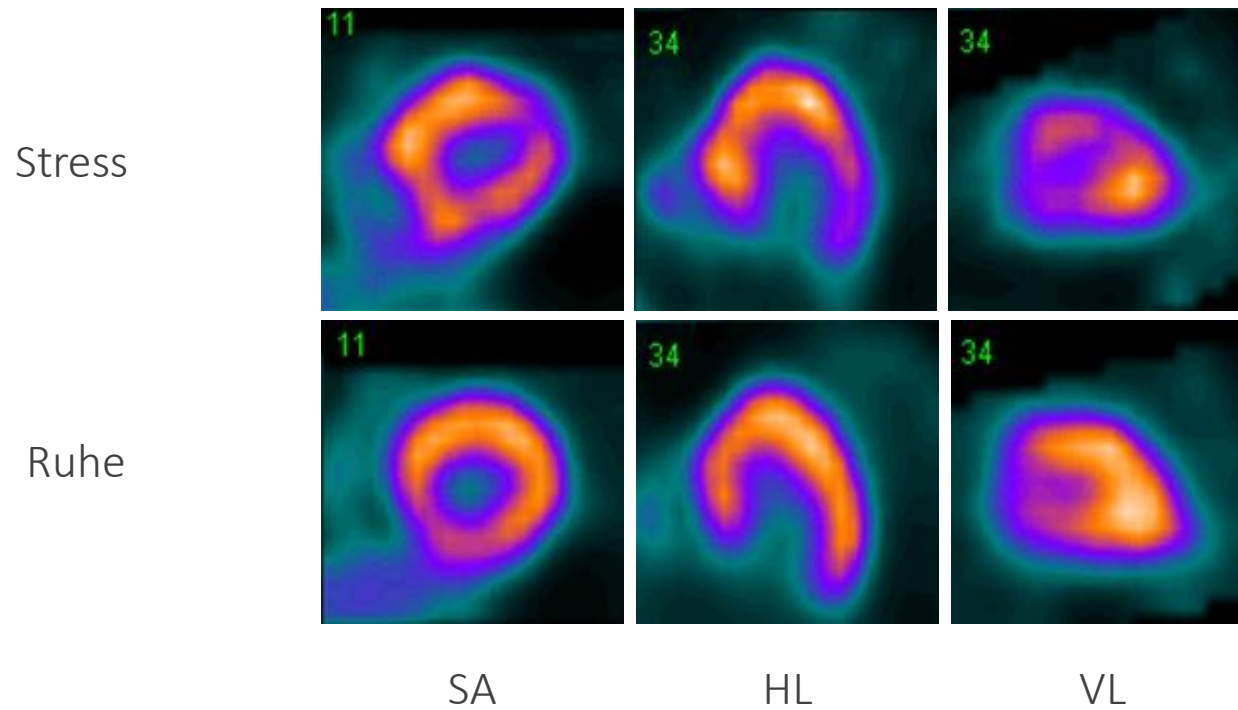
Myokardszintigraphie:

- Pharmakologische Belastung
- nicht einschränkende AP-Beschwerden
- EKG: keine Ischämie-typische ST-Streckenveränderungen

Fall #6 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK



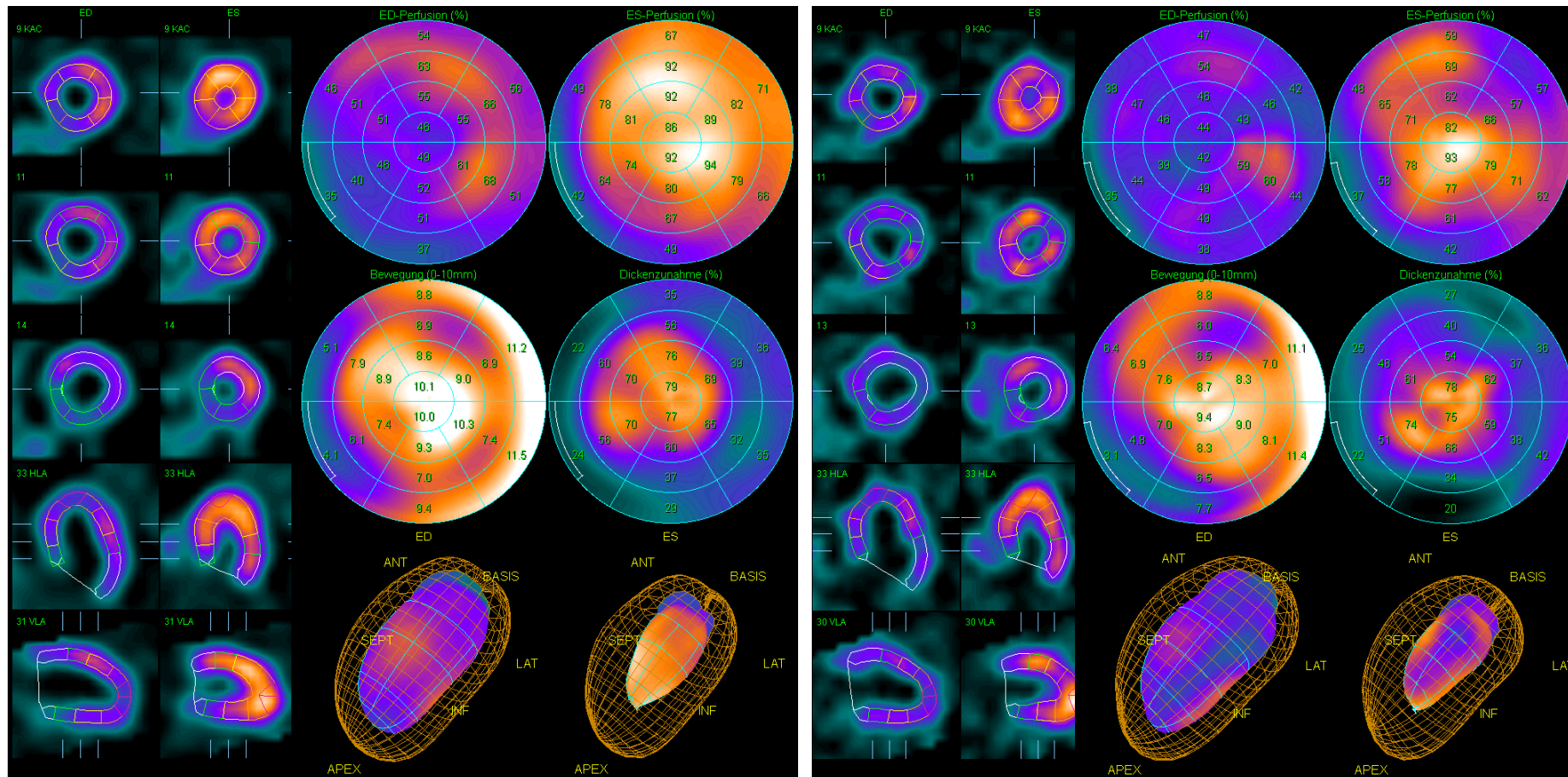
Fall #6 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK



Belastungsischämie
basisnah
antero-lateral

Fall #6 – Unklare Beschwerden bei bekannter KHK

GATED-SPECT



Verminderte Kontraktilität anterolateral, post-Stress betont

Fall #7 – Unklare Beschwerden

85-jährige Patientin mit

- Status nach Myokardinfarkt vor 18 Jahren
- Akute Thoraxschmerzen mit Ausstrahlung in die linke Schulter
- Aktuelle kardiale Abklärung nicht konklusiv

→ Myokardischämie?

Fall #7 – Unklare Beschwerden

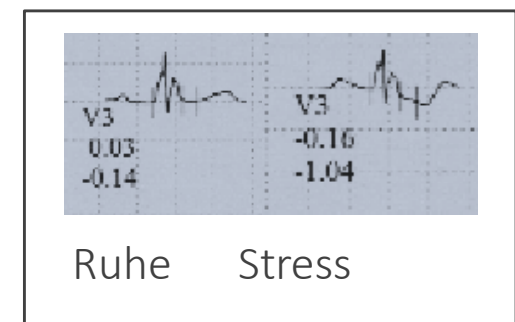
85-jährige Patientin mit

- Status nach Myokardinfarkt vor 18 Jahren
- Akute Thoraxschmerzen mit Ausstrahlung in die linke Schulter
- Aktuelle kardiale Abklärung nicht konklusiv

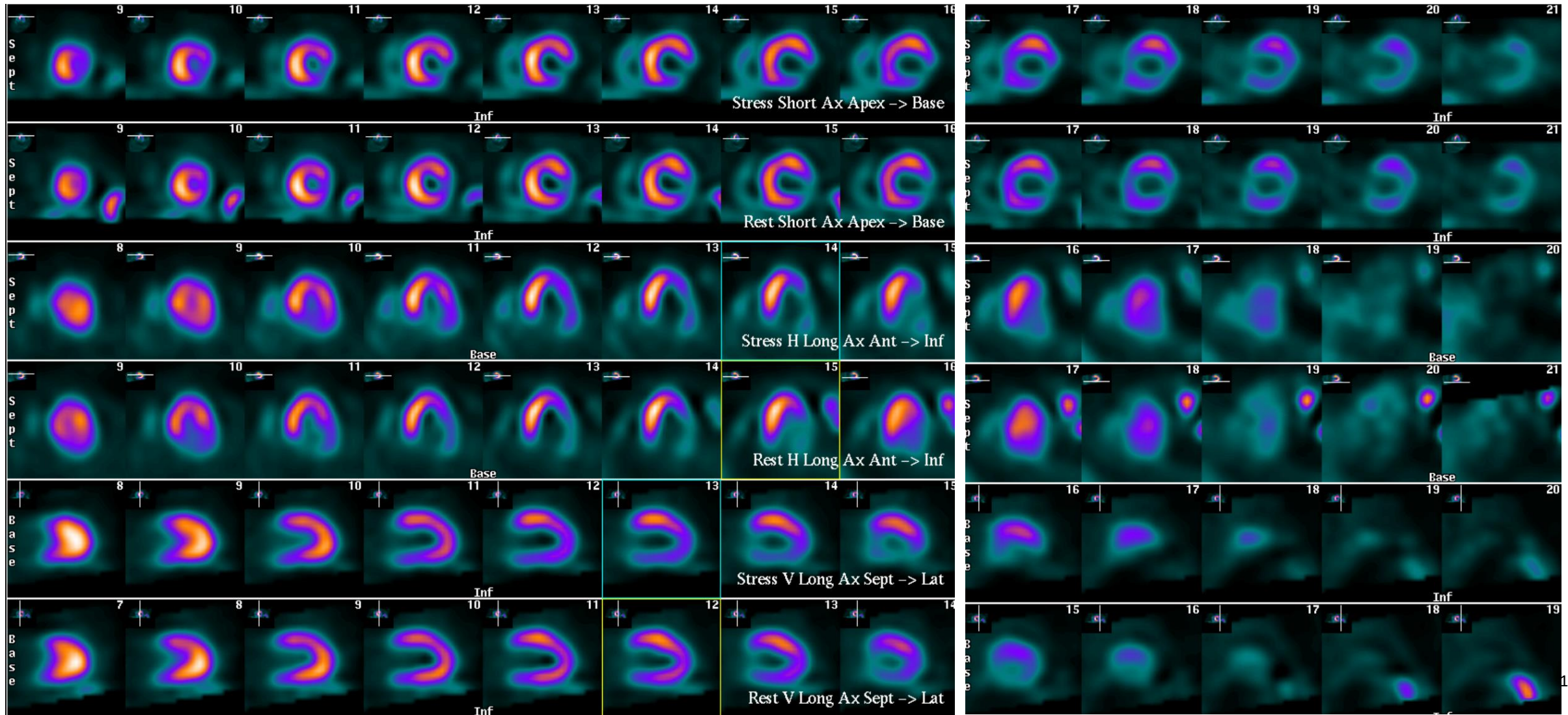
→ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

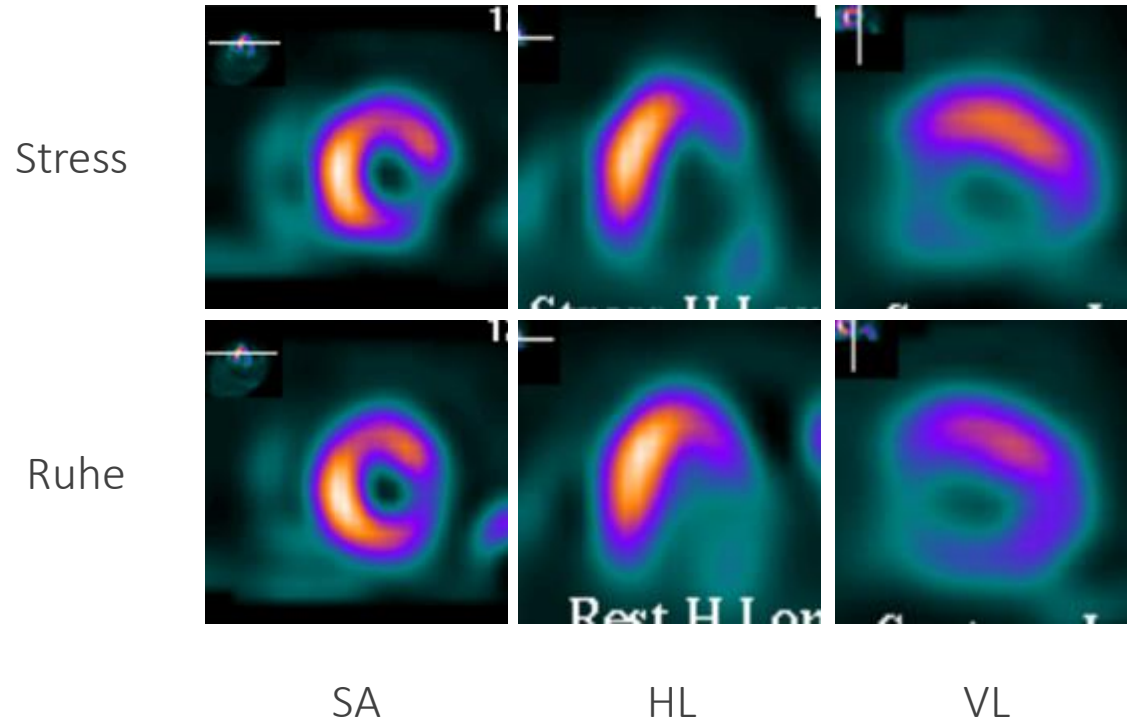
- pharmakologische Belastung und geringe ergometrische Belastung (Adenosin+35W)
- nicht einschränkende AP-Beschwerden
- EKG: Ischämie-typische ST-Streckenveränderungen in V3



Fall #7 – Unklare Beschwerden



Fall #7 – Unklare Beschwerden



Verminderte Perfusion in Ruhe- und Stress
Infero-lateral
→ Narbe
Umschriebene Randischämie inferior

Fall #8 – Unklare Beschwerden

59-jähriger Patient mit bekannter KHK

– St.n. nicht NSTEMI

→ Myokardischämie?

Fall #8 – Unklare Beschwerden

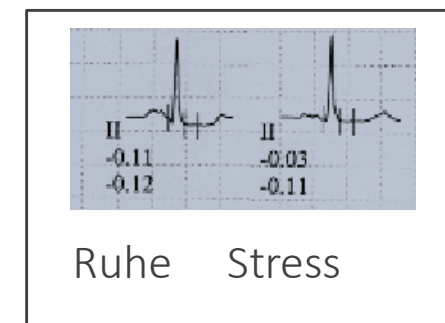
59-jähriger Patient mit bekannter KHK

– St.n. nicht NSTEMI

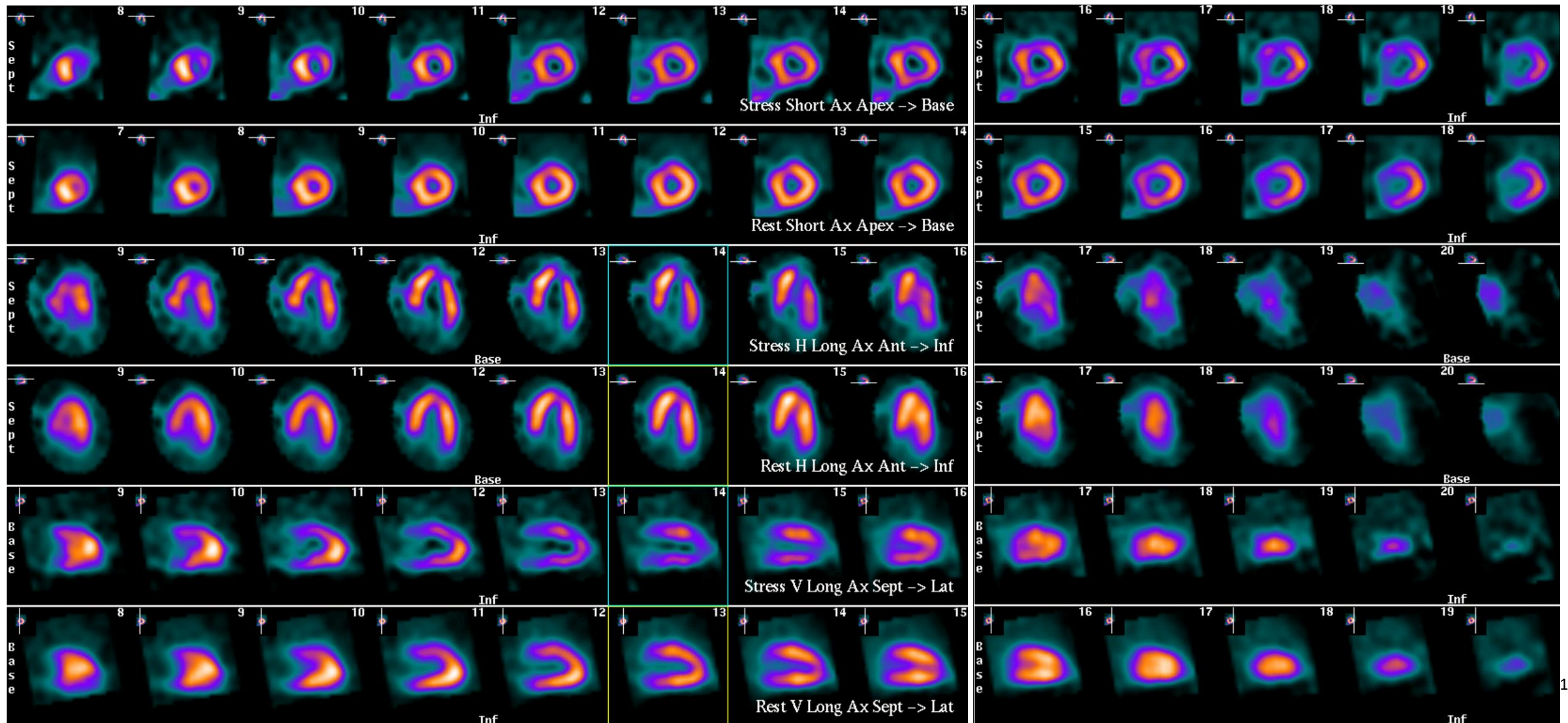
→ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

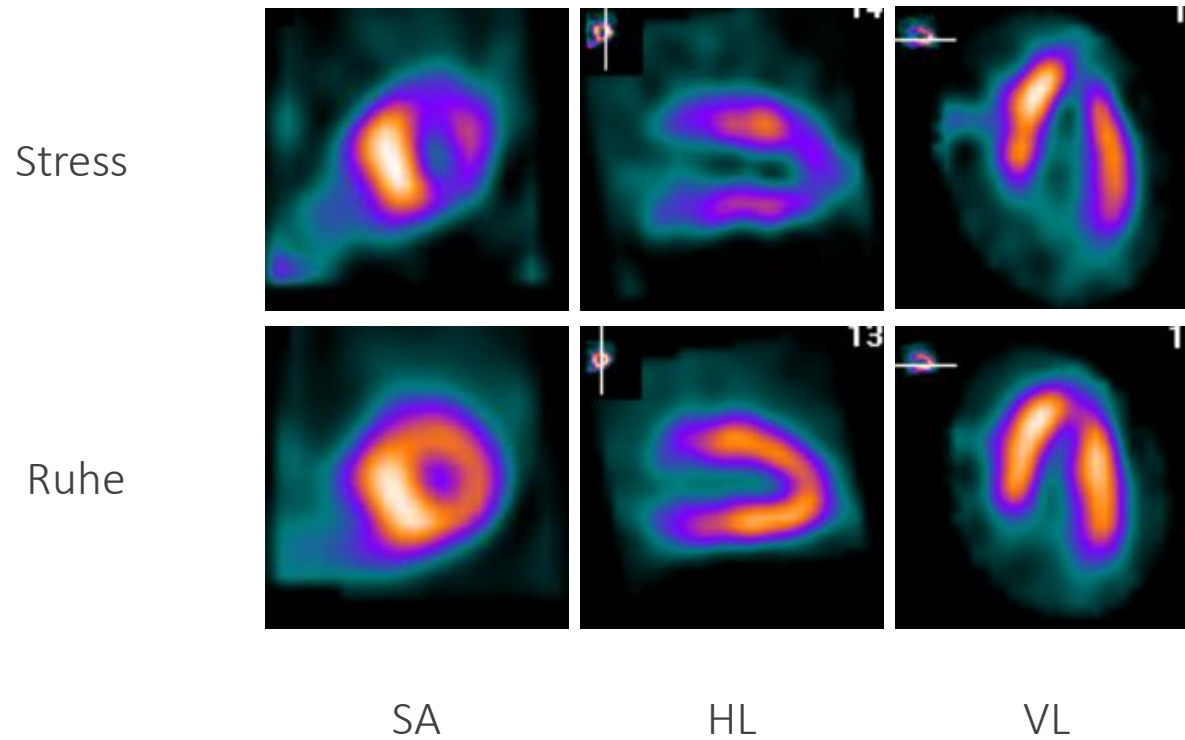
- Pharmakologische Belastung
- Nicht einschränkende AP-Beschwerden
(Dyspnoe, leichte Angina pectoris)
- EKG: keine Ischämie-typische ST-Streckenveränderungen



Fall #8 – Unklare Beschwerden



Fall #8 – Unklare Beschwerden



Belastungsmyokardischämie
infero-lateral
apiko-antero-lateral

Fall #9 – Dyspnoe mit KHK

79-jährige Patientin mit progredienter Dyspnoe bei Belastung

- Status nach Stent RIVA 2003
- AV-Block II°, Status nach Schrittmacherimplantation
- Niereninsuffizienz

→ Myokardischämie?

Fall #9 – Dyspnoe mit KHK

79-jährige Patientin mit progredienter Dyspnoe bei Belastung

- Status nach Stent RIVA 2003
- AV-Block II°, Status nach Schrittmacherimplantation
- Niereninsuffizienz

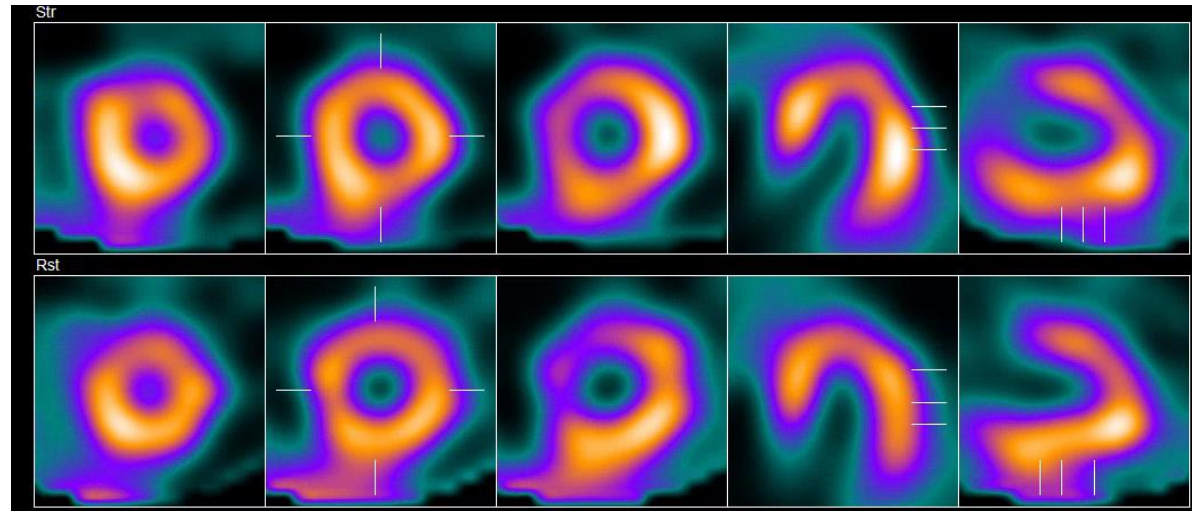
→ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

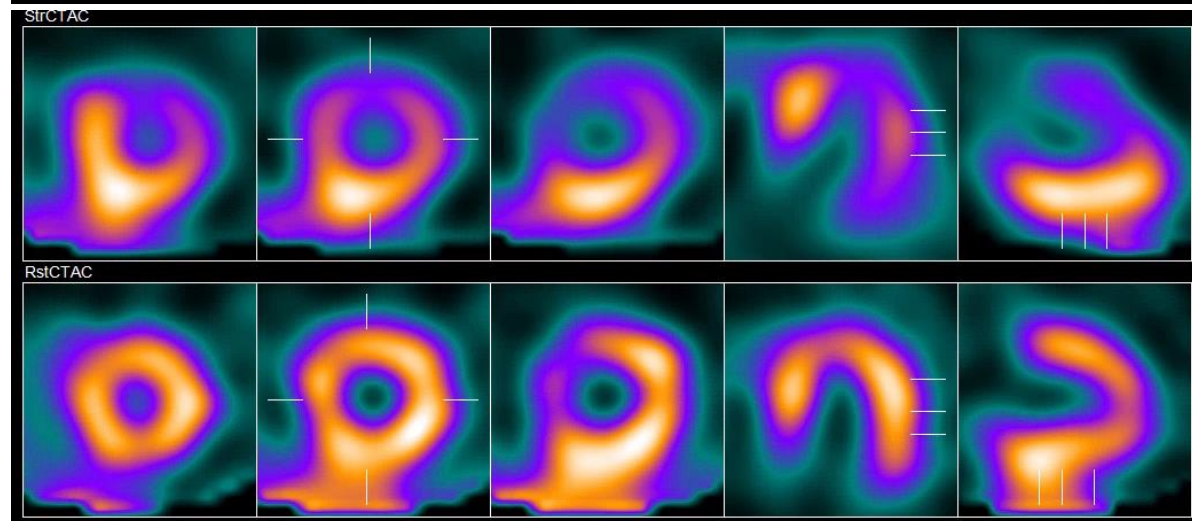
- Pharmakologische Belastung mit Regadenoson und 35 Watt ergometrischer Belastung
- Keine Beschwerden
- EKG: keine Ischämie-typischen ST-Streckenveränderungen

Fall #10 – Atypische Angina pectoris

Non-AC



AC



Fall #10 – Atypische Angina pectoris

Non-AC

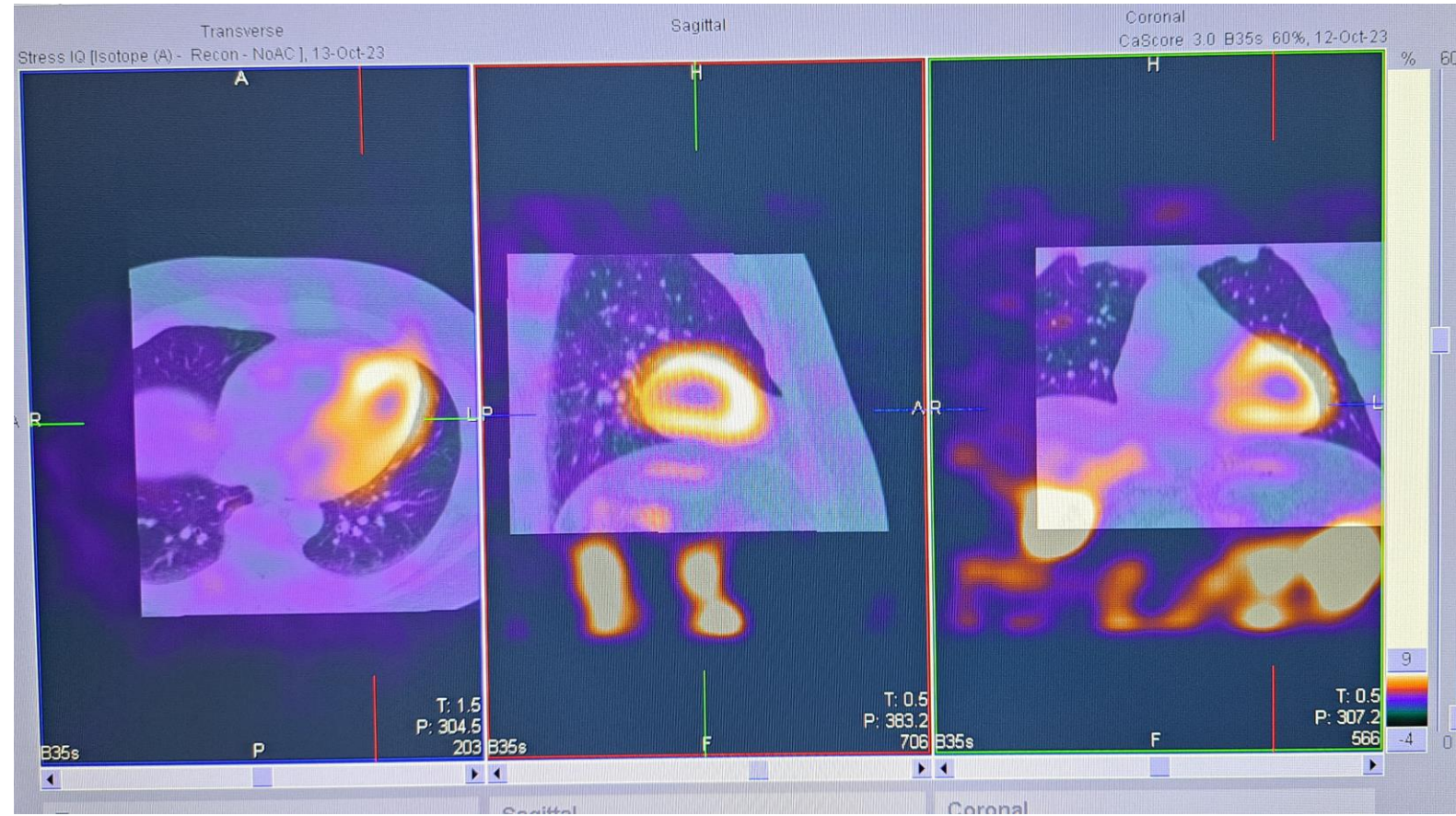


AC



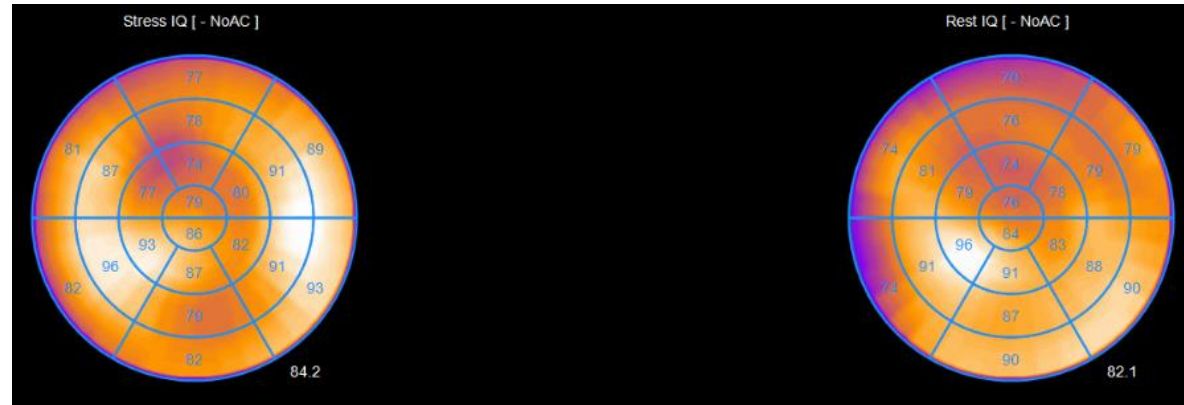
Fall #10 – Atypische Angina pectoris

Planung
Schwächungskorrektur

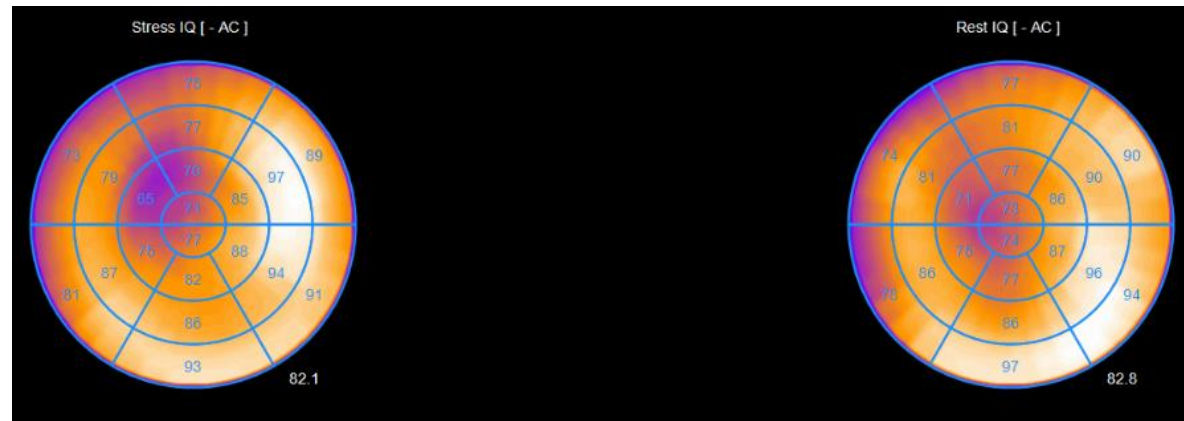


Fall #10 – Atypische Angina pectoris

Non-AC



AC



Fall #10 – Atypische Angina pectoris

67-jähriger Patient mit atypischen AP-Beschwerden

- bei körperlicher Anstrengung Druckgefühl links am Hals
- kardiovaskuläre Risikofaktoren: art. Hypertonie, leichte Adipositas (BMI 28.4), familiäre Belastung (Herztod des Bruders eine Woche zuvor)
- Ergometrie: bei 120% Ausbelastung keine Ischämiezeichen; inkonstantes Druckgefühl am Hals

➔ Myokardischämie?

Fall #10 – Atypische Angina pectoris

67-jähriger Patient mit atypischen AP-Beschwerden

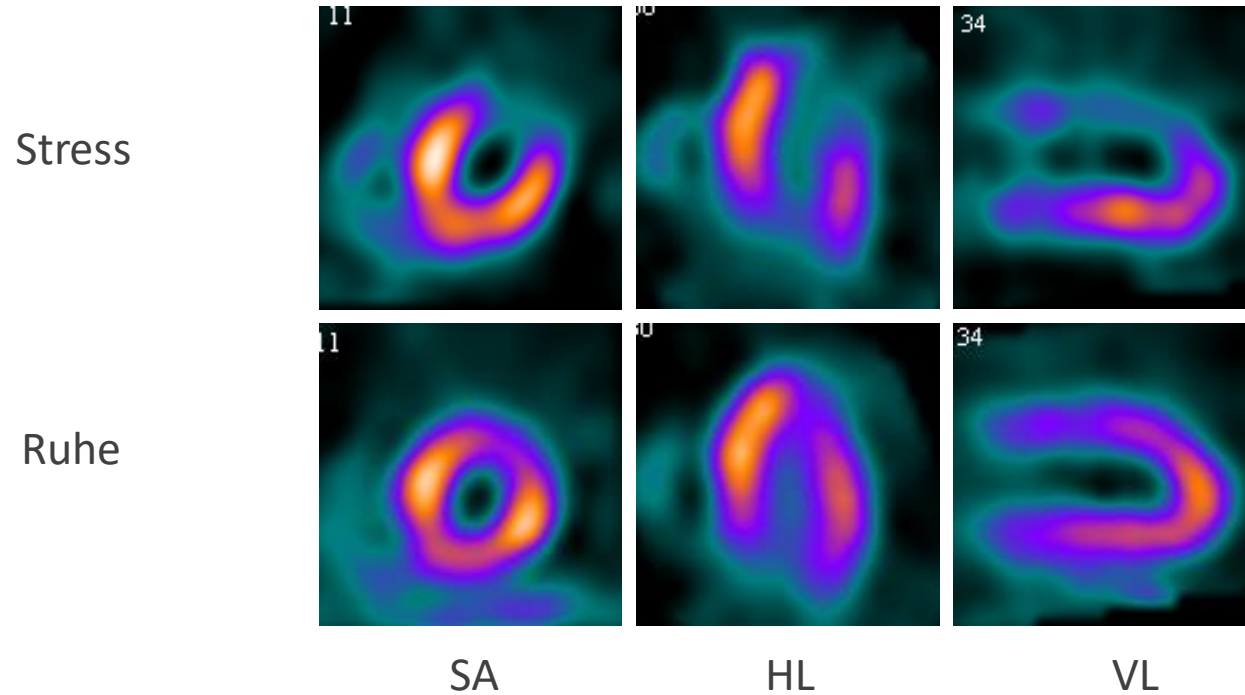
- bei körperlicher Anstrengung Druckgefühl links am Hals
- kardiovaskuläre Risikofaktoren: art. Hypertonie, leichte Adipositas (BMI 28.4), familiäre Belastung (Herztod des Bruders eine Woche zuvor)
- Ergometrie: bei 120% Ausbelastung keine Ischämiezeichen; inkonstantes Druckgefühl am Hals

→ Myokardischämie?

Myokardszintigraphie:

- Ergometrische Belastung: 118% der Zielleistung, 104% der Soll-Herzfrequenz
- Beschwerden linke Halsseite
- EKG: keine Ischämie-typischen ST-Streckenveränderungen

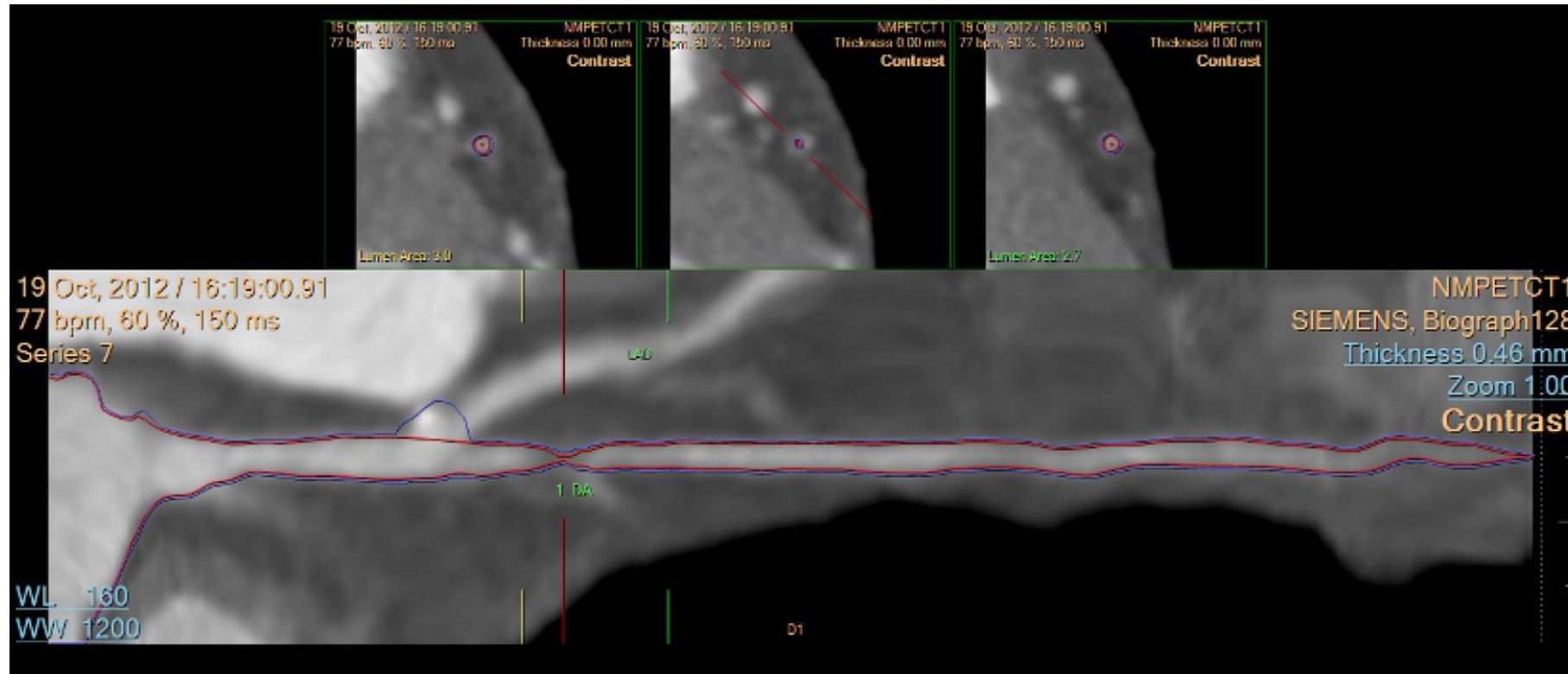
Fall #10 – Atypische Angina pectoris



Ausgedehnte Stress-Minderperfusion
antero-lateral

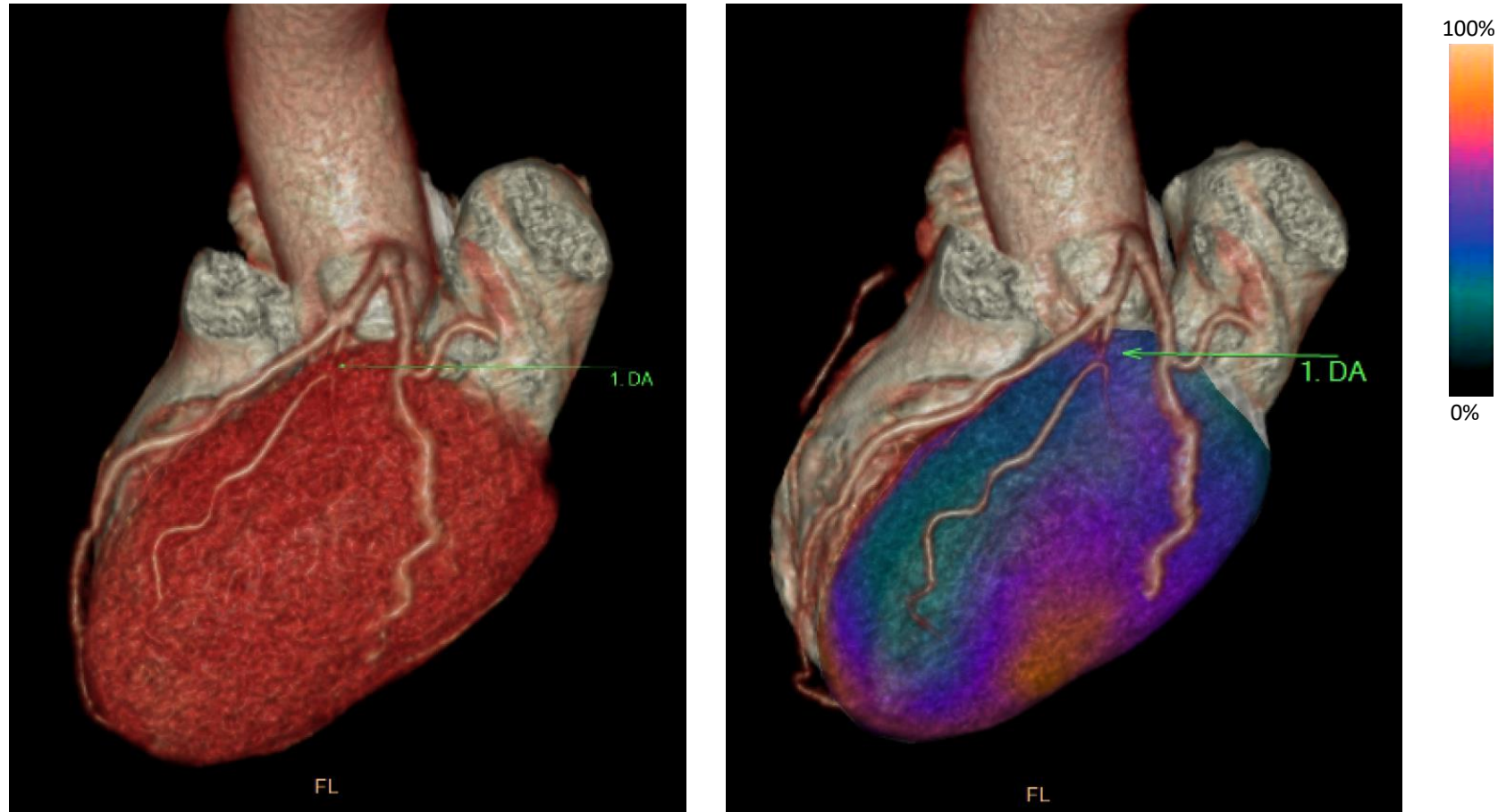
Relative Ruhe-Minderperfusion
antero-lateral

Fall #10 – Atypische Angina pectoris



- Hochgradige proximale Stenose des 1. Diagonalastes (90%)

Fall #10 – Atypische Angina pectoris



Belastungsmyokard-Ischämie im Versorgungsgebiet des hochgradig stenosierten 1. Diagonalastes



Vielen Dank!



**bei Fragen:
bernd.vollnberg@hirslanden.ch**

