

SGUM Sektion Gefässe Duplexsonographie der Gefässe Abschlusskurs 25. – 26. April 2024

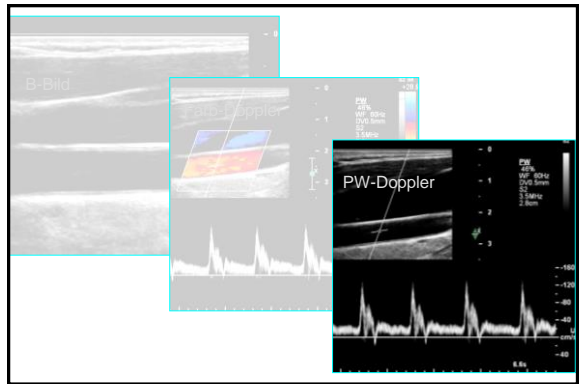
Duplextechnik: Grundlagen und Optimierung Spektralanalyse

Basel, 25. März 2024 09h.40-10h.00

Corina R. Canova
 Fachärztin Innere Medizin und Angiologie (CH)
 Interdisziplinäre Gefässmedizin Südost
 an verschiedenen Standorten ambulant und Spitalregion Südost
 corina.canova@gefaesse-so.ch



1



2

Doppler-Informationen

Hämodynamik


- Blut fließt
- Richtung des Blutflusses
- Geschwindigkeit des Blutflusses
- Menge des Blutflusses

Morphologie

- Tiefe
- Räumliche Lage
- Durchmesser

3


Was braucht es für diese Information ?

- **Bewegung** des Blutes
- **Schallwellen** aus einem einkanaligen abwechselnd sendenden und empfangenden Ultraschallsystem
- **Frequenzauswertung**
 - akustisch und
 - graphisch als Frequenzspektrum 
- **Fließgeschwindigkeit wird berechnet mit der Dopplergleichung** (Differenz zwischen Sendefrequenz und empfangener Frequenz)

$$v = \frac{\Delta f \cdot c}{2 f_0 \cdot \cos \alpha}$$

4

Was braucht es für diese Information ?

- **Bewegung** des Blutes
- **Schallwellen** aus einem einkanaligen abwechselnd sendenden und empfangenden Ultraschallsystem
- **Frequenzauswertung**
 - akustisch und
 - graphisch als Frequenzspektrum 
- **Fließgeschwindigkeit wird berechnet mit der Dopplergleichung** (Differenz zwischen Sendefrequenz und empfangener Frequenz)

$$v = \frac{\Delta f \cdot c}{2 f_0 \cdot \cos \alpha}$$

5

Was beeinflusst diese Information ?

- **Faktor Mensch:** als Untersucher
- **Faktor Mensch:** als Patient
- **Arterie:** Elastizität
Verkalkungen
Peripherer Widerstand
- **Alter der Arterie:** Fließgeschwindigkeit
- **Gefässterritorium:** Organperfusion

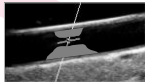
6

Dopplertechnik: PW und Farbe

Signale aus **Längsschnitt** registriert

- **Sample Volume:**

- **Kleinstmöglich zum Registrieren**
- **Grösser zum Auffinden / Suchen**
- an **Durchmesser angepasst für Volumenmessung**
- In **Gefässmitte bei ± normalem B-Bild**
- In **Flussjet bei Stenose**
- Entlang **Strömung bei möglichen Turbulenzen** (Beschleunigung)



10

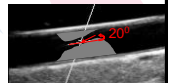
Dopplertechnik

- **Cursor:**

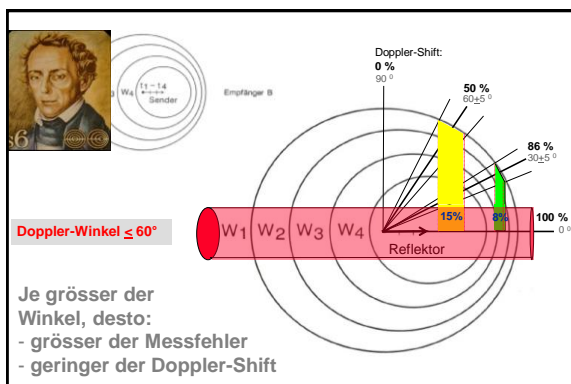
- Parallel zur Gefässachse ausrichten (Normales B-Bild)
- Gemäss Fluss-Jet bei Stenosen

- **Doppler-Winkel:**

- Standardisiert bei 60°
- Nicht > 60°
- < 60° entspricht kleinerem Messfehler
- Bei Follow-up-Vergleichen stets gleicher Winkel



11



12

Was beeinflusst diese Information ?

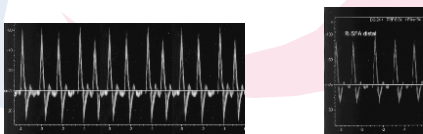
- Faktor Mensch: als Untersucher
- Faktor Mensch: als Patient
- **Arterie:** Elastizität
Verkalkungen
Peripherer Widerstand
- **Alter der Arterie:** Fließgeschwindigkeit
- **Gefässterritorium:** Organperfusion

13

Normales Flussmuster: „peripher“

- **periphere Gefässe: "high-resistance flow"**

- drei- bis vierphasisches Flussmuster mit
- geringgradig diastolischem Rückfluss
- "systolischem Fenster"



14

Wie kommt das zustande ?

- Elastische Gefässe mit Windkesselfunktion
- (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei homogenem Fluss
- (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei fehlenden Wandartefakten
- perfekte kardiale Pumpfunktion
- normaler Peripherer Widerstand im körperlichen Ruhezustand
- unbeeinflusst von Medikamenten

15

Wie kommt das zustande ?

- Elastische Gefäße mit Windkesselfunktion
- (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei homogenem Fluss
- Prozess zur Reduktion des Druckunterschieds zwischen Systole und Diastole
 - Hält Blutdruck aufrecht
 - Bedingt Elastizität der Arterien
 - Wandelt pulsierenden Blutstrom aus dem Herzen in gleichmässigen Volumenfluss im Kreislauf
- niedrigerer Widerstand im körperlichen Ruhezustand
- unbeeinflusst von Medikamenten

16

Wie kommt das zustande ?

- Elastische Gefäße
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei homogenem Fluss
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei fehlenden Wandartefakten
 - perfekte kardiale Pumpfunktion
 - normaler Peripherer Widerstand im körperlichen Ruhezustand
 - unbeeinflusst von Medikamenten
- Reinheit / Klarheit der Spektralkurve hängt ab von:
- Ort der Signalleitung
 - Position des Sample Volumes in Bezug auf die laminare Strömung
 - Wandbeweglichkeit und Wandbeschaffenheit
 - Flussturbulenzen
- Kann je nach abgeleiteter Region vom «Idealbild» abweichen

17

Wie kommt das zustande ?

- Elastische Gefäße
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei homogenem Fluss
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei fehlenden Wandartefakten
 - perfekte kardiale Pumpfunktion
 - normaler Peripherer Widerstand im körperlichen Ruhezustand
 - unbeeinflusst von Medikamenten
- Reinheit / Klarheit der Spektralkurve hängt ab von:
- Ort der Signalleitung
 - Position des Sample Volumes in Bezug auf die laminare Strömung



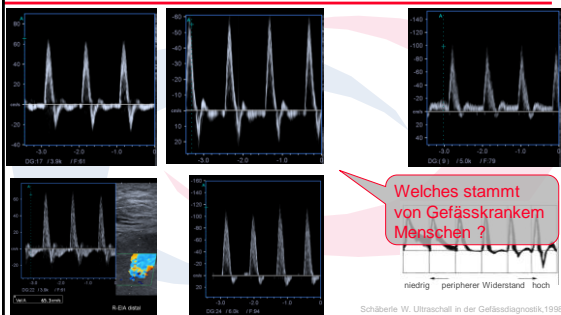
18

Wie kommt das zustande ?

- Elastische Gefäße
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei homogenem Fluss
 - (glas)-klares Spektralmuster mit freiem Spektralfenster bei fehlenden Wandartefakten
 - perfekte kardiale Pumpfunktion
 - normaler Peripherer Widerstand im körperlichen Ruhezustand
 - unbeeinflusst von Medikamenten
- Reinheit / Klarheit der Spektralkurve hängt ab von:
- Ort der Signalleitung
 - Position des Sample Volumes in Bezug auf die laminare Strömung
 - Wandbeweglichkeit und Wandbeschaffenheit
 - Flussturbulenzen
- Kann je nach abgeleiteter Region vom «Idealbild» abweichen

19

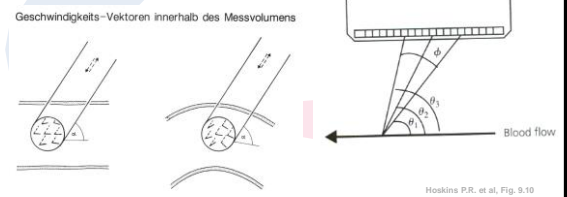
Gibt es das richtige Spektralmuster?



20

Technisch bedingte Spektralverbreiterung

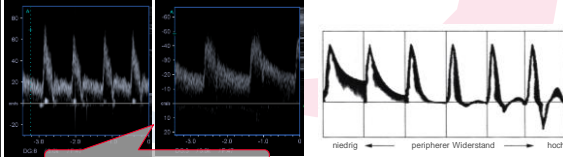
Das **kleinstmögliche Messvolumen (MV)** ist physikalisch stets viel grösser als Reflektor (EC)



23

Normales Flussmuster: „parenchymatös“

- Fluss zu parenchymatösen Organen: "low-resistance flow" (oder poststenotisch)
 - deutlicher diastolischer Fluss



24

Was beeinflusst diese Information ?

- Faktor Mensch: als Untersucher
- Faktor Mensch: als Patient
- Arterie: Elastizität, Verkalkungen, Peripherer Widerstand
- Alter der Arterie: Fließgeschwindigkeit
- Gefäßterritorium: Organperfusion

32

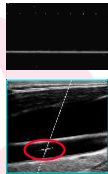
Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

- Lage und Grösse des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist
- **PRF reduziert** wurde und **Bereich** angepasst wurde
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde



33

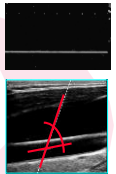
Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

- Lage und Grösse des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist
- **PRF reduziert** wurde und **Bereich** angepasst wurde
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde



34

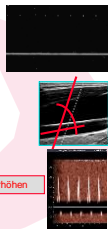
Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

- Lage und Grösse des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist PW-Doppler Gain erhöhen
- **PRF reduziert** wurde und **Bereich** angepasst wurde
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde



35

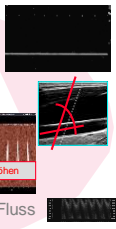
Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

- Lage und Grösse des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist PW-Doppler Gain erhöhen
- **PRF reduziert** wurde zur Detektion von langsamem Fluss
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde



36

Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

- Lage und Größe des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist
- **PRF reduziert** wurde und **Bereich** angepasst wurde
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde

PW-Doppler Gain erhöhen

PW-Doppler Gain erhöhen

37

Flussbeurteilung mit pw-Doppler

Was tun wir, wenn nichts fließt ?

Ist das Gefäß verschlossen ?

Ja, falls:

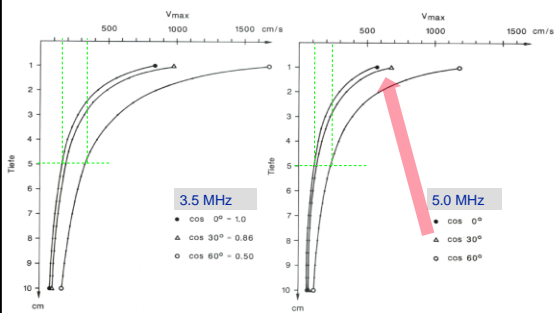
- Lage und Größe des **sample volume** stimmen
- **Einschallwinkel** stimmt
- **Empfangsverstärkung** intensiviert ist
- **PRF reduziert** wurde und **Bereich** angepasst wurde
- **Filterschwelle** reduziert wurde
- **Sendefrequenz** erhöht wurde

PW-Doppler Gain erhöhen

PW-Doppler Gain erhöhen

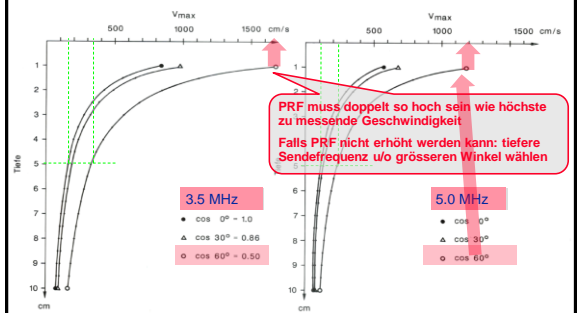
38

Beziehung zwischen Tiefe des Gefäßes und höchster messbarer Geschwindigkeit (V_{max}) in Abhängigkeit von Sendefrequenz und Doppler-Winkel



39

Beziehung zwischen Tiefe des Gefäßes und höchster messbarer Geschwindigkeit (V_{max}) in Abhängigkeit von Sendefrequenz und Doppler-Winkel



40

Was machen wir aus dieser Information ?

- o **Faktor Mensch:** als Untersucher
- o **Faktor Mensch:** als Patient

Interpretation der abgeleiteten Befunde / Flussmuster

o Erkennen, wann «etwas nicht normal» ist

- Ableiten / Extrapolieren der Theorie in die Praxis

Befunde müssen mit der klinischen Situation des Patienten in Einklang gebracht werden

Jeder «nicht normale Befund» sollte erklärt werden können

- erklären, warum «etwas nicht normal» ist

o Gefäßterritorium: Organperfusion

41

Dopplersonographie und Spektralanalyse

Flussspektrum bei peripheren Arterien:

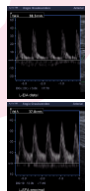
normal

- mindestens triphasisch (Windkesselfunktion)



pathologisch

- Prästenotisch: bi- bis monophasisch
- Poststenotisch: bi- bis monophasisch
- Intrastranotisch: beschleunigt oder Null



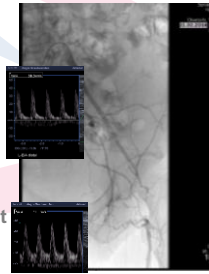
42

Dopplersonographie und Spektralanalyse

Flussspektrum bei peripheren Arterien:

pathologisch

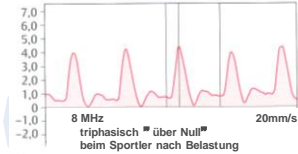
- Prästenotisch:
- Poststenotisch:
- Intrastenotisch: beschleunigt



43

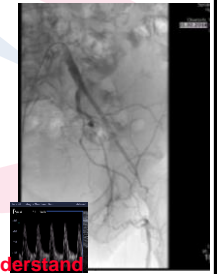
Dopplersonographie und Spektralanalyse

Flussspektrum bei peripheren Arterien:



- Prästenotisch:
- Poststenotisch: **monophasisch**
- Intrastenotisch:

durch erniedrigten peripheren Widerstand



44

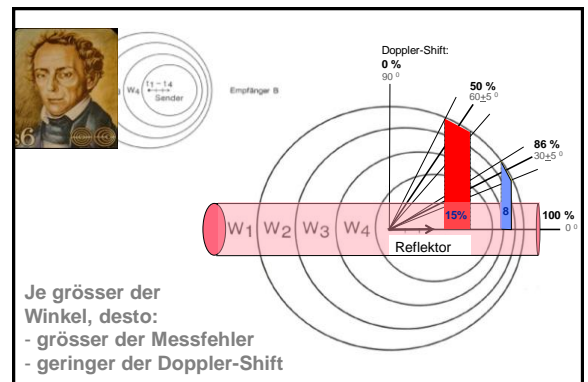
Dopplersonographie und Spektralanalyse

Grundlagen

- Was ist das Doppler-Prinzip ?
- Warum nützt es uns in der Duplexsonographie ?
- Unterschiede zwischen PW-Doppler und CW-Doppler

Anwendung

- Dopplertechnik
- Spektralkurve: Filter, Bereich
- Bedeutung des Dopplerwinkels / Winkelkorrektur
- Stenosegraduierung
- Aliasing



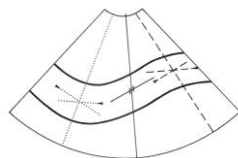
52

53

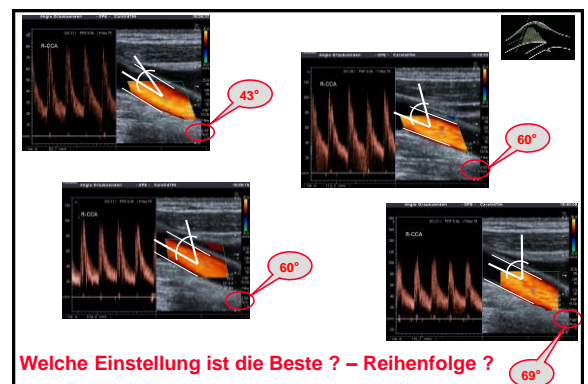
Winkelkorrektur



Welches ist der korrekte Doppler-Winkel ?



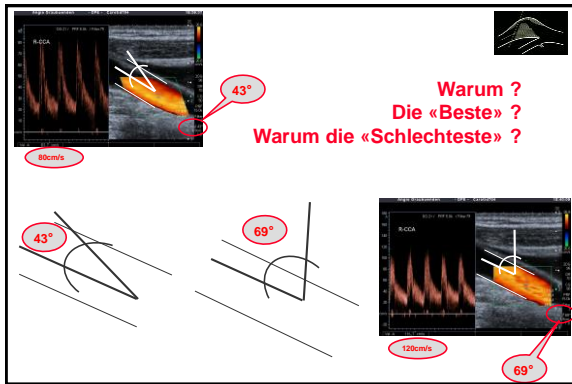
Fluss zum Messvolumen bestimmt Ausrichtung des Dopplerwinkels



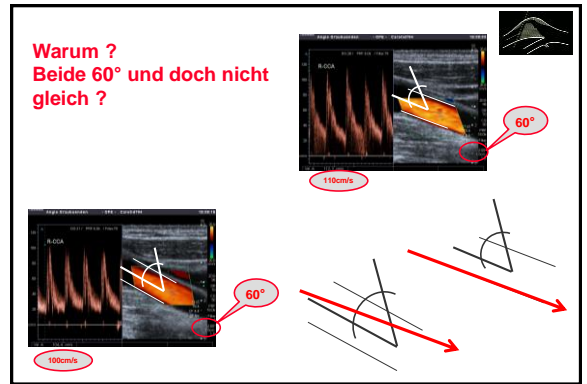
Welche Einstellung ist die Beste ? – Reihenfolge ?

54

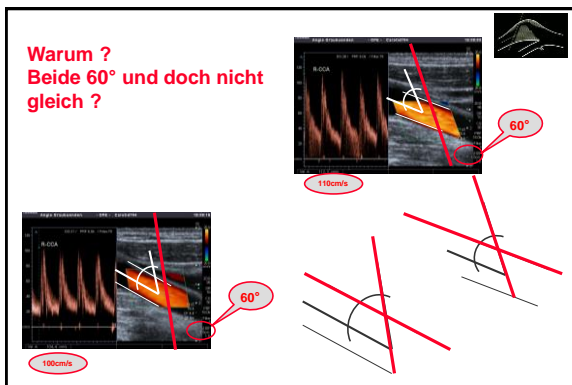
56



57



58



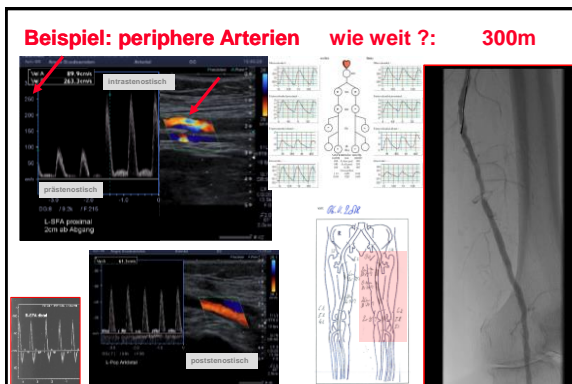
59

**Und was bedeutet das
jetzt in unserem Alltag ?**

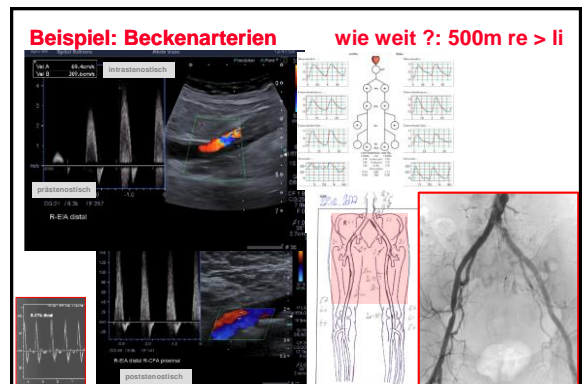
Was bedeutet, was wir sehen ?
Wie interpretieren wir, was wir sehen ?

Wie können wir wissen, ob das auch so ist ?
Wie beraten wir den Patienten ?
Wie wissen wir, wie rasch wir handeln müssen ?

60



61



62

Beispiel: Beckenarterien

wie weit?: 200m re > li

