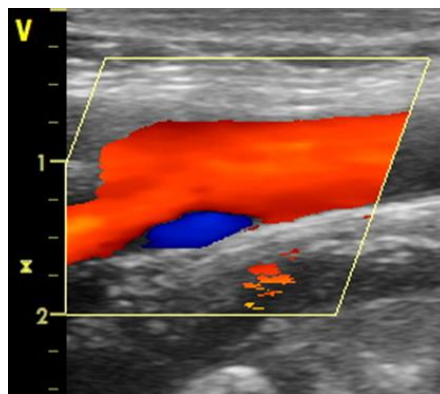


# Duplexsonographie der extrakraniellen hirnversorgenden Arterien



Johannes Frömke

Die Ultraschalluntersuchung der hirnversorgenden Gefäße stellt eine sehr valide Untersuchung dar. Sie ist bezüglich ihrer Treffsicherheit und Aussagekraft (Accuracy) angiographischen Verfahren als ebenbürtig anzusehen.

Um diese Kriterien zu erreichen bedarf sie allerdings einer ausreichenden Erfahrung, die nur durch ständiges Training erworben werden kann.

Die Graduierung stenosierender Gefäßprozesse geschieht auf zweierlei Weise:

1. morphologisch anhand der Plaquezusammensetzung und
2. hämodynamisch anhand sonographisch ermittelter Flussparameter.

Beide Verfahren sind stark untersucherabhängig, was leicht zu Fehlinterpretationen führt. Letztlich ist der Stenosegrad entscheidendes Kriterium einer weiteren Therapie mittels Operation, Stent oder nur einer antithrombozytären Behandlung.

Oberstes Ziel der Untersuchung und Therapie ist es jegliche Art von neurologischen Defiziten (TIA, Insult) zu verhüten.

## **Inhalt**

Duplexsonographie der Carotisstrombahn.....	04
Duplexsonographie der A. vertebralis.....	15
Duplexsonographie des Truncus brachiocephalicus.....	20
Duplexsonographie der A. subclavia.....	22

## **Untersuchungsprotokoll**

- Risikofaktoren, RR-Messung bds.
- aktuelle Anamnese (TIA, Insult, Paresen)
- frühere Operationen (Carotis, Vertebralis, Herz, Aorta)
- Carotis (ACC, Bulbusregion, ACI, ACE)
- Vertebralis (V2-Abschnitt, Abgang)
- Subclavia (supra-infraclaviculär)
- Truncus brachiocephalicus

## Duplexsonographie der Arteria carotis

I65.2 Verschluss und Stenose der A. carotis  
I72.0 Aneurysma und Dissektion der A. carotis

Vorbereitung keine  
Schallkopf linearer Schallkopf mit 5 – 8 MHz

Untersuchungsgang (Dauer etwa 15 Min.)

Patient in **Rückenlage** oder im **Sitzen**. Programmwahl ► „Carotis“ oder „Halsgefäße“  
Leitstruktur ist der M. sternocleidomastoideus.

Schallzugänge sind der Vorderrand (anteriorer Zugang), der mittlere Muskelanteil (lateraler Zugang) und der hintere Muskelrand (posteriorer Zugang).

Sowohl für die Carotis als auch Vertebrales ist der anteriore und posteriore Zugang geeignet.

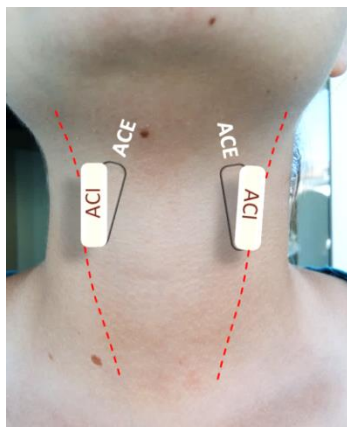


Position Carotis communis



Position Arteria vertebralis

Aufsuchen von Carotis interna und Externa am Vorderrand des M. sternocleidomastoideus (gestrichelte Linie):



ACE Position  
rechts



ACI Position  
rechts

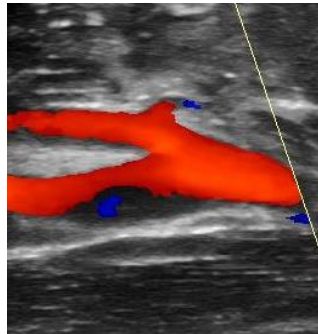


Die Differenzierung zwischen Carotis interna und Carotis externa erfolgt am besten im farbkodierten Modus und der Spektralkurve. Anhand des Flusspektrums lässt sich das jeweilige Gefäß gut identifizieren. Die Interpretation des Audiosignals (weiches Strömungsgeräusch für die Interna, peitschendes Geräusch für die Externa) ist hilfreich. Durch leichte Kipp- und Drehbewegungen wird die Schallkopfposition optimiert, wobei die Carotis interna eher parallel zum Muskelrand liegt.

Unterscheidungsmerkmale Carotis interna (ACI) vs Carotis externa (ACE):

**ACI**

- ist größer
- keine Äste
- liegt lateral
- low resistance
- diastolisch kräftig
- kein Trigger
- PSV 60-90 cm/s

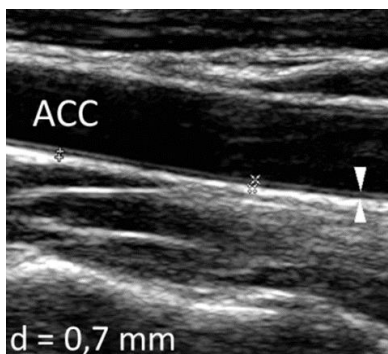


**ACE**

- ist kleiner
- hat Äste
- liegt medial
- high resistance
- diastolisch blass
- guter Trigger
- PSV 70-110 cm/s

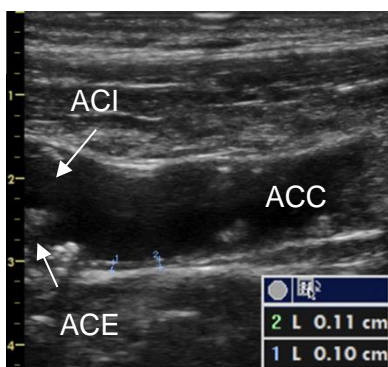
In dem obigen Beispiel befindet sich die Carotis externa in der oberen Bildhälfte.

- 1 Erzeugen des B-Bildes (► 2D) mit Längsdarstellung der Carotis communis (ACC). Der Marker zeigt zum Kopf des Patienten. Versuchen Sie die Intimagrenze zum Lumen als feine weiße Linie darzustellen. Hier können Sie auch die Intima-Media-Messung vornehmen. Diese erfolgt immer an der Schallkopf abgewandten Seite (bessere Darstellung, da als Vorlaufstrecke die echoleere Blutsäule dient).



Die weißen Pfeilspitzen zeigen den Messbereich. Messbeginn ist die helle feine Linie (Intima) und das Messende mit der kräftigen weißen Struktur (Mediabeginn). Durch Zuschalten der Zoom-Funktion wird das Messen erleichtert. Korrekt wird an drei Stellen ausgemessen und daraus der Mittelwert errechnet.

Als Normalwert gilt eine Distanz unterhalb 1 mm (Jüngere < Ältere).



Befund eines 71 jährigen Patienten mit deutlicher Verkalkung der Carotisbifurkation.

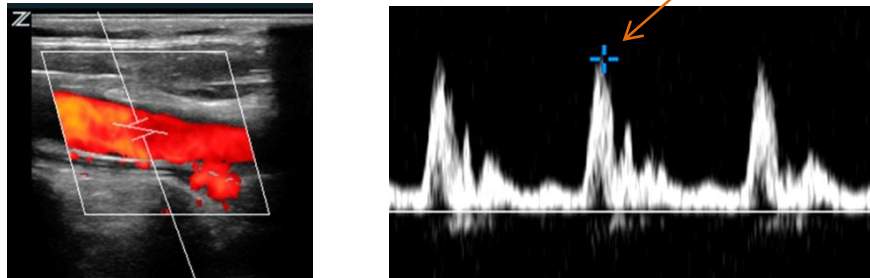
Der Intima-Media-Komplex (IMK) ergibt pathologische Messwerte mit einer Distanz von > 1 mm.

Die ACE zeigt eine echoreiche Plaque der Abgangsregion (Pfeil).

Da die Messgenauigkeit in Abhängigkeit vom Herzzyklus schwankt (5-10%) sollte die Messung EKG-getriggert, am Ende der Diastole (R-Zacke), erfolgen. Zum Ausmessen der meist kleinen Distanzen ist eine vergrößerte Darstellung (Zoomfunktion benutzen) hilfreich.

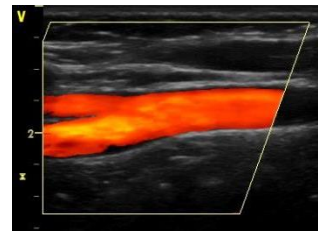
Die Bestimmung des Intima-Media-Komplexes (IMK) an der Carotis communis als Atherosklerosemarker ist umstritten. Das Ausmessen des IMK an der Femoralarterie soll eine bessere Korrelation liefern.

Durch Zuschalten der Farbe wird die Carotis auf Füllungsdefekte (eventuellen Plaques entsprechend) beurteilt und die Spitzengeschwindigkeit (PSV) im Frequenzspektrum bestimmt:

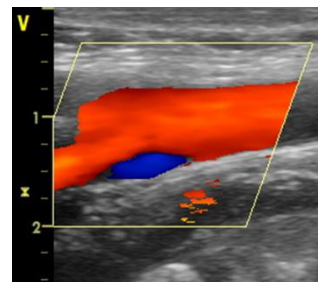
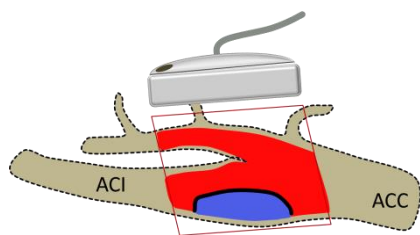


- 2 Darstellen der Bifurkation mit Interna (ACI) und Externa (ACE). Die ACI ist meist kaliberstärker.

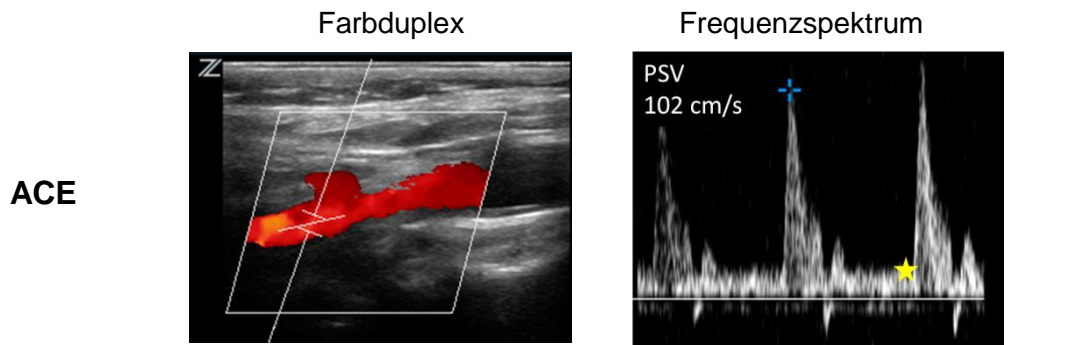
Die gemeinsame Darstellung von Interna und Externa gelingt nicht immer. Oft müssen beide Gefäße einzeln aufgesucht werden. Spektralkurve und Dopplergeräusch lassen eine Zuordnung zu.



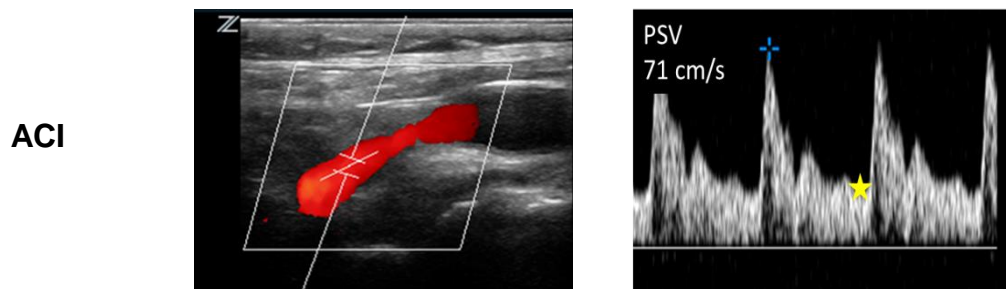
Achten auf Farbausfüllung im gesamten Gefäß. Die Flussrichtung ist nach kranial gerichtet und nur im Internaabgang (Bulbus) teilweise retrograd (Farbwechsel von rot nach blau über schwarze Linie).



Das Phänomen des Rückwärtsflusses wird auch als Flusseparation oder "eddy-flow" bezeichnet (eddy = Wirbel). Diese Flusseigenschaften können oft in beiden Arterien (ACI und ACE) abgangsnah beobachtet werden.



Spektralkurve reicht enddiastolisch (Stern) bis knapp an die Nulllinie



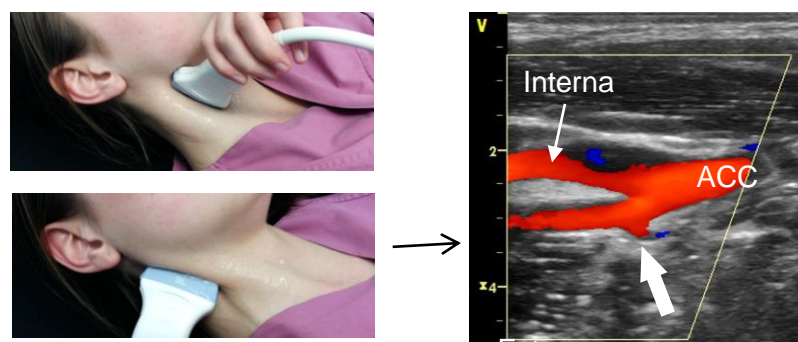
Spektralkurve liegt enddiastolisch (Stern) deutlich über der Nulllinie

Aufgrund der höheren Widerstände ist während der Diastole der Fluss in der Externa abgeschwächt (schwache Farbfüllung) während die Interna gut kontrastiert bleibt.

Die Bifurkation und periphere extrakranielle Carotisstrombahn lassen sich sehr gut von lateral darstellen.

Die beiden Abbildungen zeigen die anteriore und dorsale Schallkopfposition im Vergleich mit dem dazugehörigen Farbbild bei dorsaler Beschallung.

Aufgrund der Ultraschallanatomie ist bei dorsaler Beschallung das Internagefäß im oberen Bildabschnitt gelegen.



Man erkennt sofort, dass sich von dorsal gut die Peripherie von Carotis interna und Externa erreichen lassen. Als weiterer Vorteil ist die geringere Abschwächung und damit bessere Bildqualität zu nennen, da wir durch die V. jugularis interna schallen und diese als akustisches Fenster benutzen.

Der Internabulbus ist im Farbbild blau dargestellt, da hier eine Rückwärtsströmung physiologisch vorliegt.

Der erste abzweigende Ast der Externa ist die A. thyroidea superior (dicker weißer Pfeil).



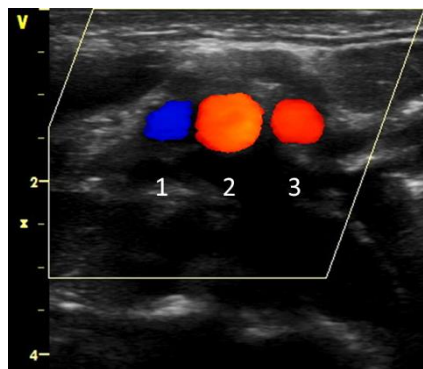
Schallkopfposition von dorsal zur postoperativen Kontrolle:



Ausschälpräparat nach Endarterektomie

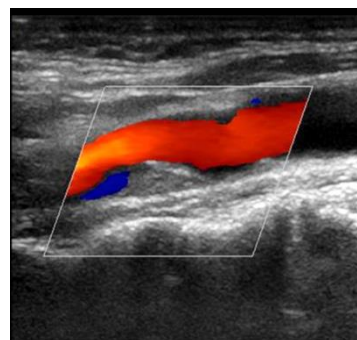
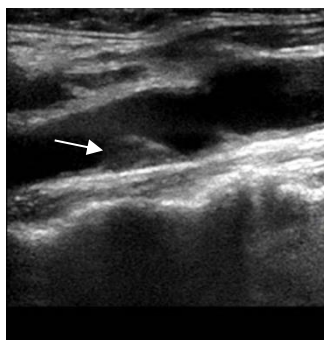
Grundsätzlich sollten beide Schallpositionen trainiert werden, da echogene Plaques Geschwindigkeitsmessungen behindern und deshalb ein anderer Schallwinkel verwendet werden muss.

Darstellen der distalen Halsgefäße im Querschnitt rechts.



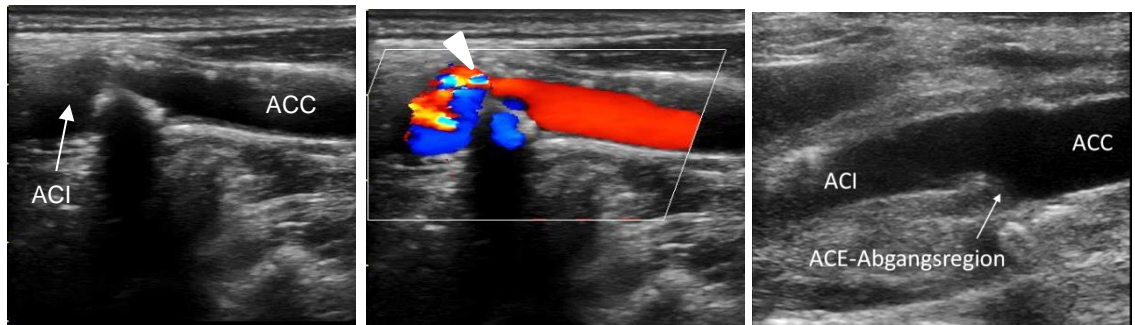
1 = vena jugularis interna  
2 = Carotis interna  
3 = Carotis externa

- ③ Beurteilen der **Plaques** (Morphologie und Echogenität).  
Plaques mit erhöhtem Risiko neurologischer Ereignisse sind:  
**ulcerös, echoarm, irregulär, stenosierend.**  
Echoarme Plaques (wie in diesem Beispiel, Pfeil)) sind im B-Bild meist schwer zu erkennen und erst bei Hinzuschalten der Farbe gut abzugrenzen.



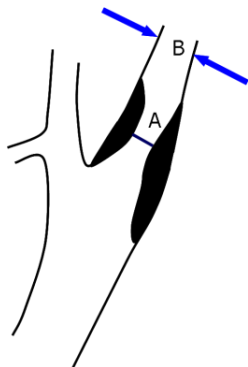


Beispiel einer filiformen, asymptomatischen ACI-Stenose mit einer PSV von 460 cm/sec. (80 jähriger Mann):



Im B-Bild (links) ist der Schallschatten unterhalb der echoreichen (verkalkten) Plaque zu sehen. Das Farbbild (Mitte) zeigt Aliasing (Pfeilspitze). Das B-Bild rechts zeigt das postoperative Ergebnis nach Desobliteration und glatten Wandverhältnissen.

- 4 Ausmessen von Stenosen im Farbbild. Gemessen wird der Diameter intrastenotisch (A, engste Stelle) und in der distalen Interna (B, normales wandparalleles Gefäß). Berechnung des **Stenosegrades** nach **NASCET**:



$$\frac{(B - A)}{B} \cdot 100 = \% \text{ Stenose}$$

↳ Collaborators NASCET 1991, *N Engl J Med* 325: 445-453

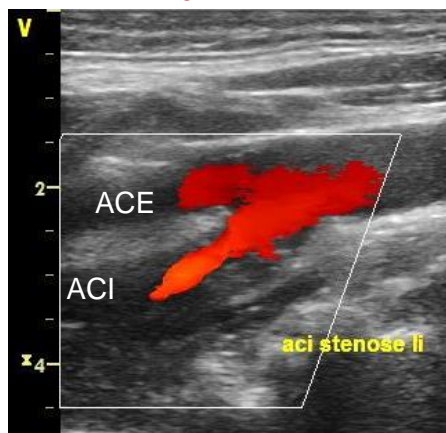
Hauptparameter ist die Bestimmung der Peak Systolic Velocity (**PSV**); zusätzlich kann auch die End Diastolic Velocity (**EDV**) hinzugezogen werden.

Normalwerte ACC = 70 cm/s PSV und  
20 cm/s EDV

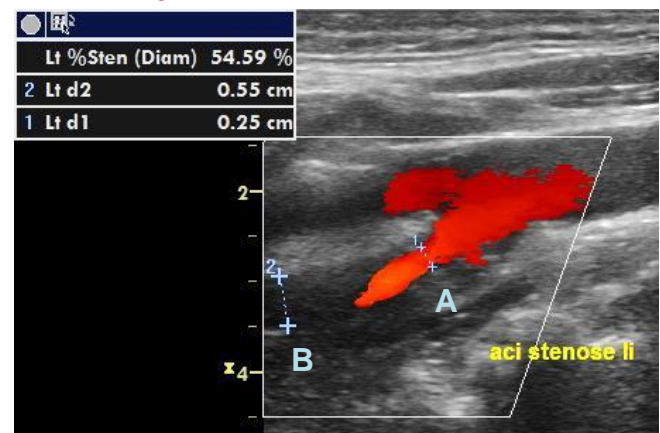
Normalwerte ACI = 80 cm/s PSV und  
20 – 40 cm/s EDV

Messung und Berechnung einer Internastenose nach NASCET:

**Farbkodierung**



**Berechnung**



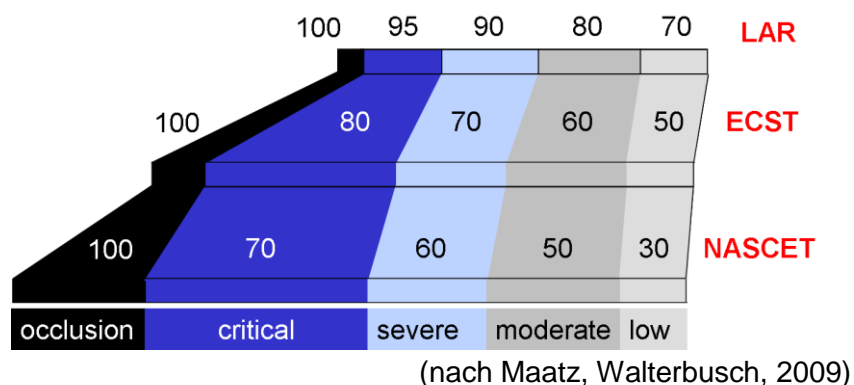
A = 0,25 cm (engste Stelle)  
 B = 0,55 cm (normale, distale Interna)

Nach der oben genannten Formel ergibt sich hier ein Stenosegrad von 54,59%.

Bei Schlingelung (Coiling) werden Stenosen überschätzt, wenn das Messvolumen im Bereich der äußeren Krümmung gewählt wird.

In der nachstehenden Grafik sind Stenosemessungen (Diameterreduktionen) nach NASCET- und ECST-Kriterien sowie der Flächenreduktion und einem Stenosegrad (low bis occlusion) jeweils zugeordnet.

Die Bestimmung der Durchmesserreduktion (lineare Messung) gibt nicht den tatsächlichen Stenosegrad an, sondern unterschätzt ihn. Je nach Messmethode (NASCET, ECST) lassen sich bei gleichem Stenosegrad unterschiedliche Werte berechnen.



- LAR            Local Area Reduction
- ECST        European Carotid Surgery Trial
- NASCET     North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial

Man erkennt, dass höhergradige Stenosierungen (etwa bei 80%) in den einzelnen Messverfahren weniger differieren, während milde (low grade) Stenosen zwischen 30 – 70% auseinandergehen.

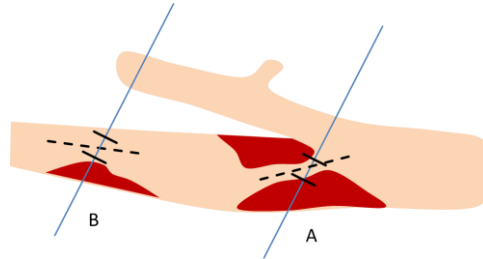
**Nach geltendem Standard soll die NASCET-Messung bevorzugt werden.**

5

Intrastenostische Messwerte und Graduierung von Internastenosen

Zur korrekten Erfassung von Flussgeschwindigkeiten ist das Setzen der Winkelkorrektur von entscheidender Bedeutung.

Messorte mit unterschiedlichen Stenosen und korrekter Plazierung des Schallwinkels:



Die gängige Positionierung, parallel zur Gefäßachse ist im Messort B korrekt gewählt. Im Messort A muss der Schallwinkel entsprechend der Stenosemorphologie angepasst werden.

Die gängige Positionierung, parallel zur Gefäßachse ist im Messort B korrekt gewählt. Im Messort A muss der Schallwinkel entsprechend der Stenosemorphologie angepasst werden.

Typische Messwerte von Internastenosen:

		PSV cm/s	EDV cm/s	Ratio
native Stenose	> 60%	> 130	40 - 110	> 3,3
native Stenose	75 – 95%	> 230	> 140	> 4
in-stent Restenose	> 70%	> 300	> 90	> 4

Die Bestimmung der **Ratio** (PSV ACI dividiert durch PSV ACC) dient der Graduierung unter Bedingungen einer low flow Situation bzw. high flow Situation.

- Low flow:
  - schlechtes HZV (Herzinsuffizienz, Kardiomyopathie),
  - abgangsnahe ACC-Stenose,
  - weit distale oder intrakranielle ACI-Stenose
- High flow:
  - hohes HZV (Anämie, Hyperthyreose),
  - kontralateraler Carotisverschluss

Für die seltene Stenose der Carotis communis (ACC) gilt:

Stenose > 60% = PSV > 250 cm/sec  
 EDV > 60 cm/sec  
 (JM Matos, et al. J Vasc Surg 2014;59:435)

Stenosekriterien nach der Society of Radiologists in Ultrasound (SRU); Consensus Conference 2002:

**PSV** =  
 peak systolic velocity

**EDV** =  
 end diastolic velocity

Stenose	ACI PSV	$\frac{ACI_{PSV}}{ACC_{PSV}}$	ACI EDV
normal	< 125 cm/s	< 2,0	< 40 cm/s
< 50 %	< 125 cm/s	< 2,0	< 40 cm/s
50 – 70 %	125-230 cm/s	2,0 - 4,0	40-100 cm/s
70 – 99 %	> 230 cm/s	> 4,0	> 100 cm/s
subtotal	niedrig oder nicht messbar	variabel	variabel

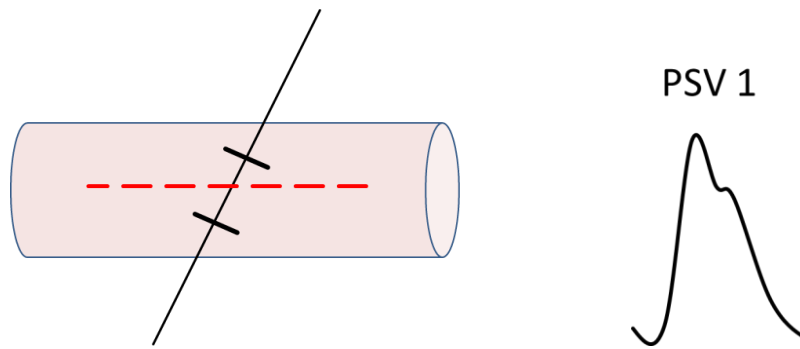
## 6 Carotisstent

Patienten nach Angioplastie und Stent werden routinemäßig 1mal jährlich mittels Ultraschall kontrolliert.

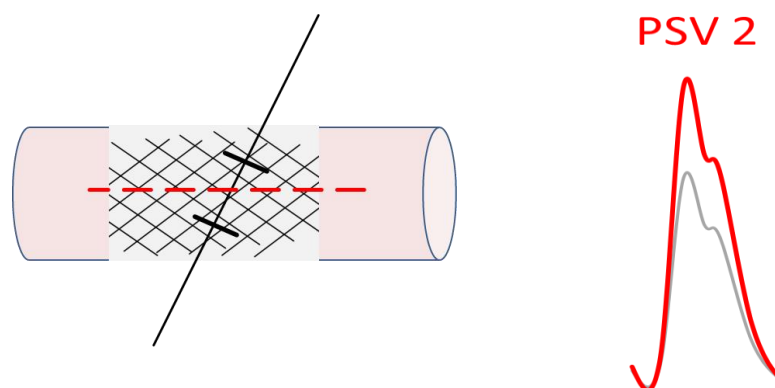
Grundsätzlich ist bei der Beurteilung von Rezidivstenosen die Darstellung im B-Bild sowie Messungen der systolischen Maximalgeschwindigkeit (PSV) obligatorisch. Dabei ist zu beachten, dass oft erhöhte Spitzenflüsse ermittelt werden, aber im B-Bild keine Lumeneinengung vorliegt.

Der Grund ist die fehlende arterielle Wandbewegung (fehlende Compliance), die im gestenteten Segment unterbleibt. Speziell die systolischen kräftigen Flüsse werden überschätzt, was sich in einem falsch hohen PSV-Wert bemerkbar macht.

Beispiel 1: Normales Arteriensegment mit normaler Wandbewegung. Die PSV ist normal.

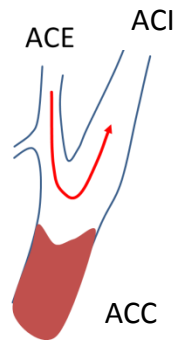


Beispiel 2: Gestentetes Arteriensegment mit fehlender Wandbewegung. Die PSV ist erhöht.



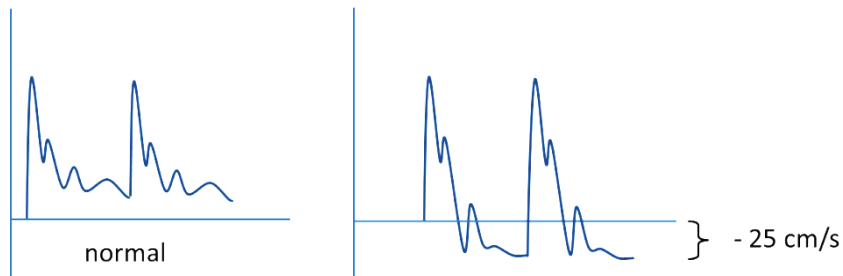
## 7 Seltene Befunde

### 1. Arteria carotis communis Verschluss



Bei einem isolierten Communisverschluss und offener Strombahn nach kranial besteht meist ein Kollateralkreislauf, der zu einer Flussumkehr in der Carotis externa führt.

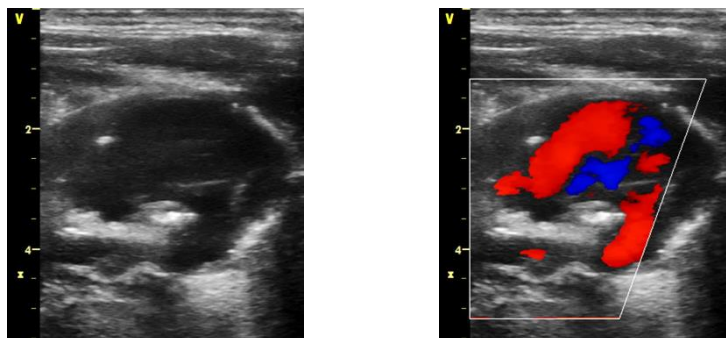
### 2. Spektrum bei Aortenklappeninsuffizienz



Liegt der diastolische Anteil des Dopplerspektrums (abgeleitet in der Carotis communis oder A. subclavia) deutlich unterhalb der Nulllinie (ca.  $- 25$  cm/s) muss von einer höhergradigen Aortenklappeninsuffizienz ausgegangen werden.

### 3. Carotis Aneurysma

Bei diesem Patient liegt ein Carotisaneurysma rechts vor. Vorausgegangen war eine Carotisendarterektomie vor 7 Jahren mit einem Dacronpatch. Nach arteriellen Rekonstruktion treten aneurysmatische Veränderungen gelegentlich auf. Sie werden als Nahtaneurysma bzw. Anastomosenaneurysma bezeichnet und sind Ausdruck einer Wandschwäche oder einer chronischen Infektion. Ein postoperatives Carotisaneurysma ist außerordentlich selten und tritt eher nach Venenpatchplastik auf. Die Bilder zeigen die Carotis in Längsachse.



Im vorliegenden Fall beträgt der Durchmesser etwa 3 cm.

## Abgeschlossene Studien zur Therapie der Carotisstenose

### Carotis Endarterektomie (CEA)

ECST	European Carotid Surgery Trial (1981 – 1994)
NASCET	North American Symptomatic Carotid Endarterectomy Trial (1987 – 1991)
ACAS	Asymptomatic Carotid Artery Stenosis (1987 – 1993)
ACST	Asymptomatic Carotid Stenosis Trial (= ACST 1) (1993 – 2003)

### Carotis Angioplastie + Stent (CAS) versus CEA

CAVATAS	Carotid and Vertebral Artery Transluminal Angioplasty Study (1992 – 1997)
SAPPHIRE	Stenting and Angioplasty with Protection in Patients at High Risk for Endarterectomy (1998 – 2002)
EVA-3S	Endarterectomy vs Angioplasty (2000 – 2003)
SPACE	Stent-protected Angioplasty vs. Carotid Endarterectomy (2001 – 2006)
ICSS	International Carotid Stenting Study (= CAVATAS II) (2001 – 2011)
CREST	Carotid Revascularization Endarterectomy versus Stent Trial (2000 – 2011)
ACT-1	Asymptomatic Carotid Trial (2005 – 2013)
SPACE-2	Stent-Protected Angioplasty in Asymptomatic Carotid Artery Stenosis versus Endarterectomy Trial-2 (2008 – 06/2016; abgebrochen wegen zu langsamer Rekrutierung)

## Laufende Studien zur Therapie der Carotisstenose

CREST-2	Carotid Revascularization Endarterectomy Versus Stenting Trial-2 (Dezember 2014 – Dezember 2020)
ACST-2	Asymptomatic Carotid Surgery Trial 2 ( - 2019)
ECST-2	European Carotid Surgery Trial 2 (März 2012 – März 2022)

## Zusammenfassung der Studienaussagen für die Praxis

- ▶ Bei symptomatischen Stenosen über 70% (NASCET 1991, ECST 1998) und bei asymptomatischen Stenosen über 60% (ACAS 1989, ACST 2004) kann von der operativen Therapie (CEA), gegenüber der konservativ-medikamentösen Therapie, ein Vorteil erwartet werden.
- ▶ Für Patienten mit symptomatischer Stenose sollte das OP-Risiko unter 6%, für Patienten mit asymptomatischer Stenose unter 3 % liegen.
- ▶ Bei Stenosen kleiner als 50 % ergibt sich kein Nutzen der chirurgischen Therapie.
- ▶ Der Nutzen einer CEA hängt nicht nur vom Grad der Stenosierung ab, sondern variiert in Abhängigkeit von anderen klinischen Parametern, etwa der zeitlichen Verzögerung der OP nach einer zerebralen Ischämie. Die Operation sollte binnen 2 Wochen nach dem letzten Ereignis durchgeführt werden.
- ▶ Die Ergebnisse von SPACE, EVA3-S und ICSS zeigen, dass das Stenting (CAS, carotid angioplasty and stenting) symptomatischer Carotisstenosen mit einem höheren periprozeduralen Risiko als die Operation assoziiert ist.
- ▶ Ein Alter über 70 Jahre ist prädisponierend für eine höhere Komplikationsrate bei CAS.
- ▶ Die Carotisendarterektomie ist bei symptomatischer Carotisstenose und insbesondere älteren Patienten die Methode der ersten Wahl. Der Nutzen der Operation ist allerdings von der Komplikationsrate der Chirurgen abhängig und stellt damit einen Qualitätsanspruch an die Chirurgie dar!
- ▶ Asymptomatische Patienten mit einem Stenosegrad von 70-99%, einem Alter bis 75 Jahren und einer Lebenserwartung von über 5 Jahren profitieren von einer Operation. Eine Endarterektomie in dieser Gruppe reduziert die 5 Jahres stroke-rate von 12 % auf 6 %. Bei diesen 6 % sind die 3 % perioperative stroke-rate eingerechnet. (2 A Empfehlung) (Lancet 2004; 363: 1491-1502).
- ▶ Eine evidenzbasierte Indikation für das Stenting ist derzeit bei symptomatischen Patienten, die eine mehr als 70%ige Verengung der Carotis interna aufweisen und gleichzeitig ein hohes chirurgisches Risiko haben, gegeben.
- ▶ Als weitere Stentindikationen gelten: radiogene Stenosen, Rezidive nach CEA und distale Internastenosen.
- ▶ ICSS und CREST zeigen die Überlegenheit der operativen Therapie (CEA) gegenüber der Angioplastie mit Stent (CAS) im Hinblick auf das primäre Ziel, nämlich Schlaganfälle zu verhüten.

## Literatur

- S3-Leitlinie zur Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose. [http://www.awmf.org/uploads/tx\\_szleitlinien/004-028l\\_S3\\_Extracranielle\\_Carotisstenose\\_08\\_2012\\_01.pdf](http://www.awmf.org/uploads/tx_szleitlinien/004-028l_S3_Extracranielle_Carotisstenose_08_2012_01.pdf)
- Mark N Rubin, Kevin M Barrett, Thomas G Brott, James F Meschia. Asymptomatic carotid stenosis: What we can learn from the next generation of randomized clinical trials. Journal of the Royal Society of Medicine (JRSM) Cardiovasc Disv.3; Jan-Dec 2014



## Duplexsonographie der Arteria vertebralis (VA)

I65.0  
G45.8

Verschluss und Stenose der A. vertebralis  
Subclavian steal

### Indikation

- Ischämien im posterioren Hirnkreislaufgebiet (20% dieser Patienten haben eine proximale Vertebralisstenose)
- Schwindel unklarer Genese (Vertebraliskinking?)
- Abklärung vertebrobasilärer Symptomatik

### Vorbereitung

keine

### Schallkopf

linearer Schallkopf mit 5 – 8 MHz (alternativ konvexer Schallkopf)

Dauer

5 – 10 Min.)

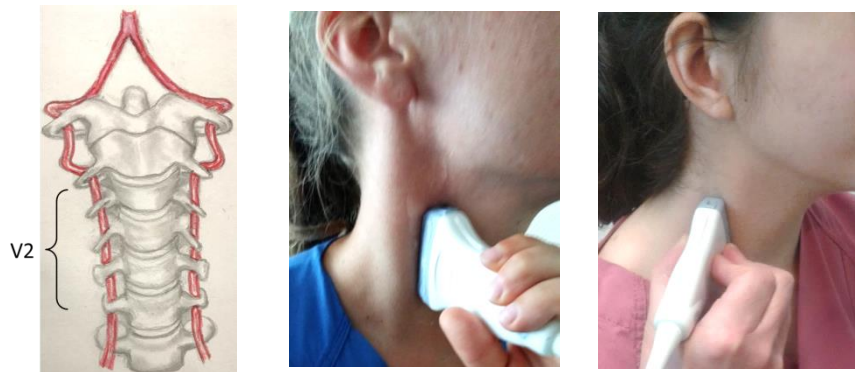
Position:

Rückenlage oder im Sitzen.

Programmwahl

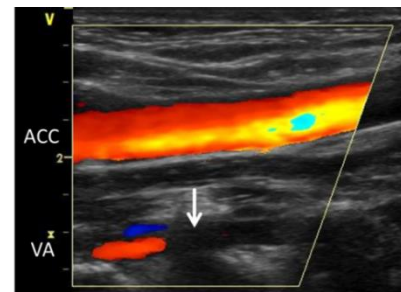
► vascular, Carotis/Vertebral oder Halsgefäße

- 1 Leitstruktur ist der M. sternocleidomastoideus am Vorderrand oder alternativ auch am Hinterrand. Geschallt wird die Vertebralarterie im V2-Segment (zervikaler intertransforaminaler Abschnitt).

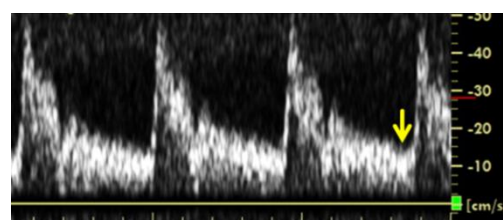


- 2 Erzeugen des B-Bildes (► 2D) mit Längsdarstellung der A. carotis communis. Kippen des Schallkopfes bis die Arteria vertebralis, posterior zur Carotis, erscheint. Typisch ist die Unterbrechung durch die Wirbelquerfortsätze. Anwählen der Farbe (► Color, CDI)

Carotis (ACC) und Vertebralis (VA) fließen beide nach kranial und weisen im Normalfall die gleiche Farbkodierung auf. Der Pfeil markiert den Schallschatten, bedingt durch den Querfortsatz. Beide Arterien gemeinsam lassen sich nicht immer darstellen.



Die Spektralkurve liegt enddiastolisch (Pfeil) deutlich über der Nulllinie und ähnelt der Carotis interna Kurve.



Nicht immer lassen sich Carotis- und Vertebralisverlauf gemeinsam darstellen.



Der Durchmesser beträgt 4 mm.

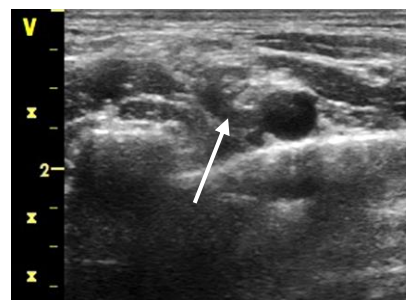
Da Vertebralisstenosen fast ausschließlich abgangsnah vorkommen ist die direkte Beurteilung dieser Region von Interesse. Hierzu wird der Schallkopf schräg seitlich positioniert. Er befindet sich in Mittelstellung zwischen Clavicula und Sternocleidomastoideus.



Abgangsregion rechts



Abgangsregion links



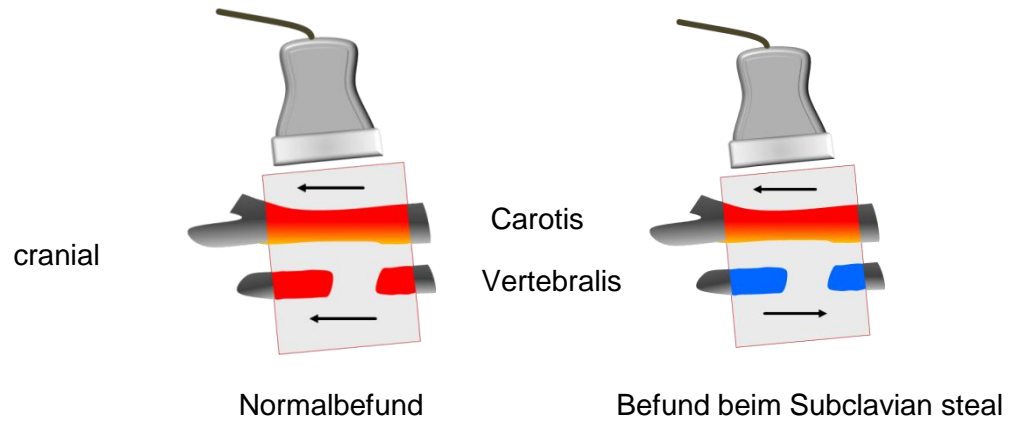
Schematische Einzeichnung der A. subclavia und der daraus abgehenden A. vertebralis.

Im B-Bild wird die rechte Seite geschallt. Man sieht die kreisrunde A. subclavia und die Abgangsregion der A. vertebralis (Pfeil).

Wenn hier das Frequenzspektrum abgeleitet wird ähnelt es einer extremitäten-versorgenden Arterie! Es hat demnach keinen erhöhten diastolischen Flussanteil wie in der peripheren Vertebralarterie im V2-Abschnitt.

- 3 Bei Subclaviaabgangsstenose bzw. Verschluss tritt eine Flussumkehr in der Vertebralarterie auf. Carotis communis und Vertebralarterie weisen dann unterschiedliche Flussrichtungen und damit Farbkodierungen auf.

Schematische Darstellungen des Farbduplex:

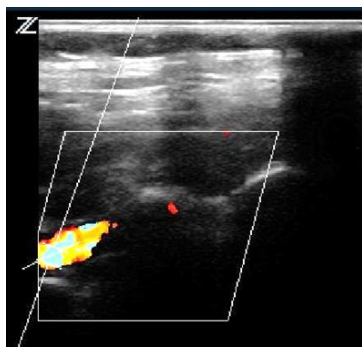


### Subclavian steal Syndrom

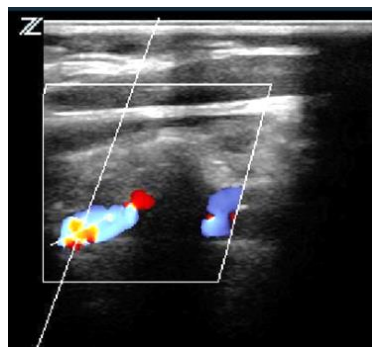
1. Farbduplex und Spektralkurve bei Arteria subclavia Verschluss links:

rechte Seite (Normalbefund)

linke Seite (pathologischer Befund)

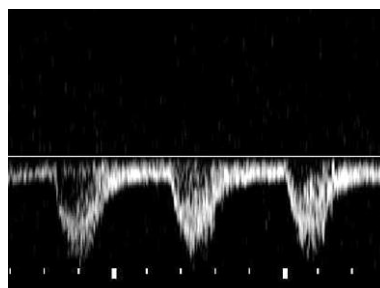
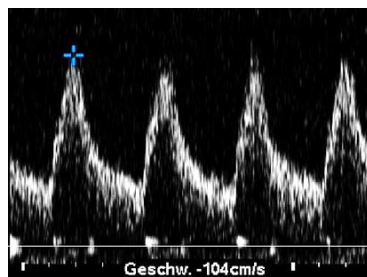


gelb = Fluss nach cranial



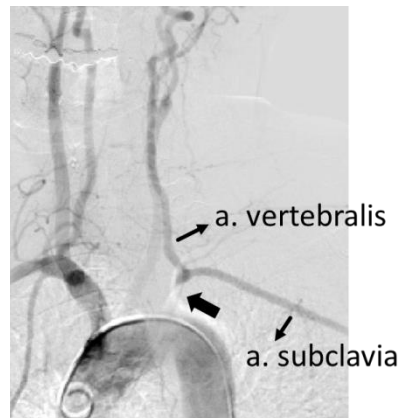
hellblau = Flussumkehr

Die beiden unteren Bilder zeigen das entsprechende Frequenzspektrum in Bezug zur Nulllinie. Der Kurve auf der erkrankten linken Seite ist deutlich amplitudenreduziert und liegt unterhalb der Nulllinie.

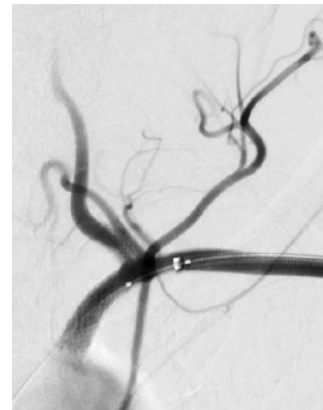


## 2. Angiographie (DSA) beim gleichen Patient:

### Proximaler Verschluss (Pfeil)



### Dilatation und Stent



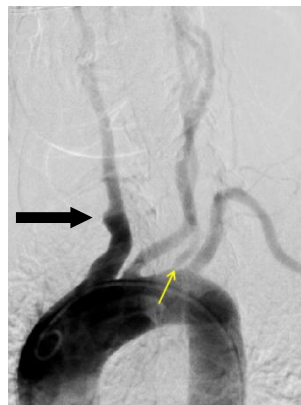
4

### Normalwerte

- Durchmesser: 3 – 5 mm (im zervikalen Verlauf)
- PSV: 40-60 cm/sec
- EDV: 15-20 cm/sec

### Abweichungen

- in 2 – 6% liegt eine Hypoplasie vor (< 3 mm)
- in ca. 6% entspringt die linke VA direkt aus dem Aortenbogen (Pfeil)



Die Aortenbogenangiographie zeigt neben den vier Gefäßabgängen einen Verschluss der A. subclavia unmittelbar am Abgang aus dem Truncus (schwarzer Pfeil).

### Stenosegraduierung

- Duplexsonographisch schwierig, da es sich meist um eine abgangsnaher Stenose handelt, die nicht direkt beschallt werden kann (V0 Abschnitt).
- In der Regel wird eine Angiographie (DSA) erforderlich sein.
- Der Nachweis eines **bidirektionalen Flusses** deutet auf eine höhergradige Stenose.
- Eine PSV von  $> 100$  cm/sec spricht für eine Stenose  $> 50\%$ .
- Eine PSVr (PSV-Ratio) von 2,2 gilt als bestes Sonokriterium einer höhergradigen proximalen Vertebralarterienstenose.  
(mit einer Sensitivität von 96% und Spezifität von 89%)

Berechnung der Ratio (PSVr):

Maximalgeschwindigkeit (PSV) im V1-Segment dividiert durch die PSV im V2-Segment.

*Doppler Criteria for Identifying Proximal Vertebral Artery Stenosis of 50% or More. Yurdakul M, Tola M, J Ultrasound M 2011, 30: 163-168*

### 5

#### Therapieempfehlungen (bei symptomatischer Stenose):

- Therapie der Wahl ist die interventionelle Versorgung mittels Angioplastie und Stent.
- Alternativ ist eine operative Korrektur durch Transposition der Vertebralarterie auf die Carotis communis möglich (→ Vertebralistransposition)

Bezüglich der einzelnen Verfahren besteht nach derzeitiger Literatur keine eindeutige Empfehlung.



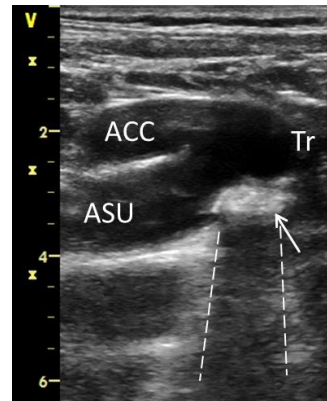


② Aufsuchen des Truncus brachiocephalicus (Tr) und der Gefäßabgänge zur Arteria carotis communis (ACC) und A. subclavia (ASU)

Der Schallkopf wird im Jugulum, dem medialen Rand des Sternocleidomastoideus folgend, aufgesetzt. Die Schallkopfmarkierung zeigt nach kranial. Durch Kippen der Sondenachse in Richtung rechte Schulter erreicht man den Truncus mit seiner Aufzweigung.



Sondenposition

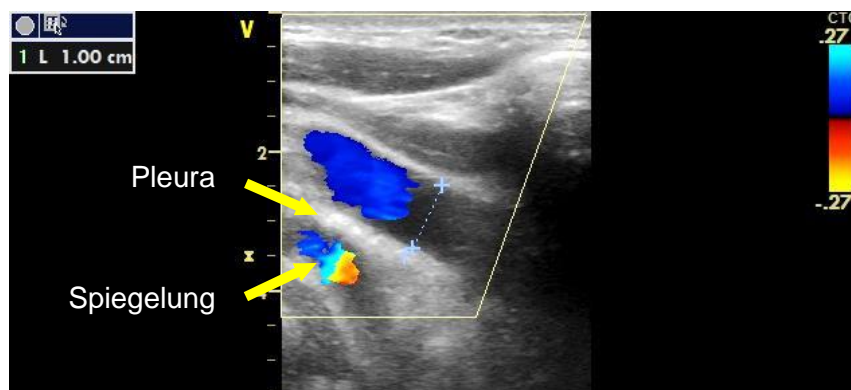


B-Bild

Auf dem B-Bild ist eine echoreiche Plaque (Pfeil) zu sehen. Distal davon findet eine Schallauslöschung statt (Fläche zwischen gestrichelten Linien).

Eine Strömungsbeschleunigung besteht nicht.

Das Farbduplexbild unten zeigt einen normalen Truncus-Durchmesser von 10 mm. Unterhalb davon findet sich eine Spiegelung des Gefäßes unterhalb der Pleura.



③ **Konsequenzen**

Hochgradige oder symptomatische Stenosen werden durch eine Angioplastie mit Stent versorgt.

Milde oder asymptomatische Stenosen werden 1-2 mal pro Jahr sonographisch kontrolliert.

Die Einnahme eines Thrombozytenaggregationshemmers ist sinnvoll.



# Duplexsonographie der Arteria subclavia

I70.26

Schulter-Arm-Typ, alle Stadien

Indikationen Abklärung von Schwindelzuständen, vorzeitiger Armermüdung und Blutdruckdifferenz an den Armen.

Vorbereitung keine

Schallkopf linearer Schallkopf mit 5 – 8 MHz

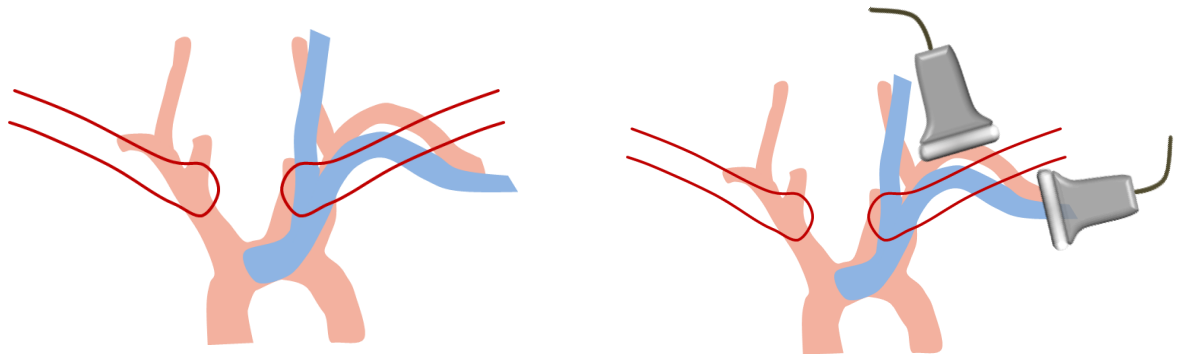
Untersuchungsgang (Dauer etwa 20 Min.)

Patient im Sitzen oder in Rückenlage.

Programmwahl ► Vasc., periphere Arterien, Upper Extremity (UE).

Untersucht wird in Quer- und Längsachse. Die Schallkopfmarkierung zeigt in der Querachse immer nach rechts und in der Längsachse immer zum Kopf des Patienten.

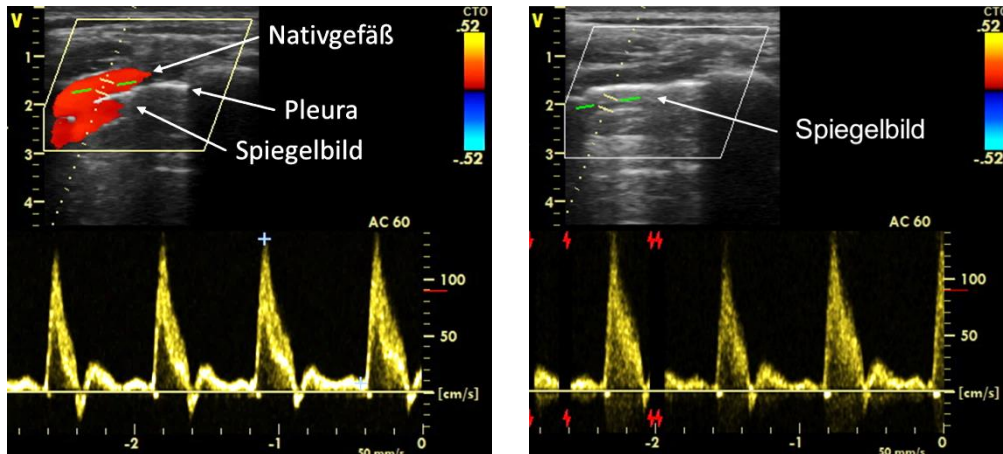
Im Schema sind die supra- und infraclaviculäre Schallkopfposition eingezeichnet.



- 1 Man beginnt direkt oberhalb des Schlüsselbeins. Die Arterie wird in Längsrichtung erfasst. Im B-Bild erkennt man eine helle weiße Linie, die der Pleurakuppel entspricht. Direkt darüber verläuft die Arterie, die im Farbmodus gut zu erkennen ist.



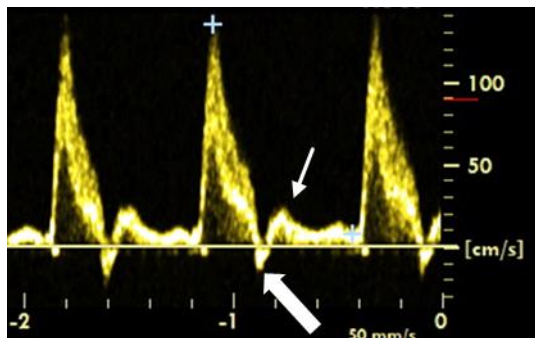
Auffallend häufig findet man direkt unterhalb der Pleura ein zweites, parallel verlaufendes Gefäß. Dabei handelt es sich um ein Spiegelartefakt der Arterie, welches durch die starke Reflexion an der Pleura verursacht wird.



Im linken Bild erfolgt die Flussmessung in der originären A. subclavia.  
 Im rechten Bild (ohne Farbkodierung) wird in der gespiegelten Arterie gemessen.  
 Beide Dopplerspektren zeigen die gleiche Charakteristik.

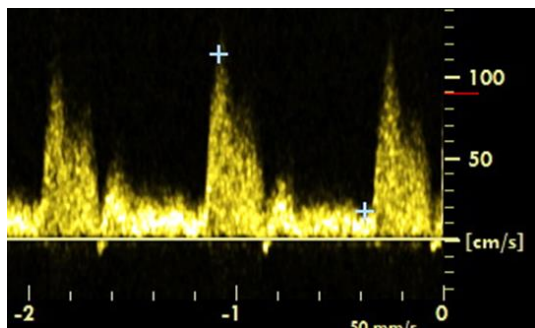
Je nach Belastungszustand können 2 unterschiedliche Frequenzspektren abgeleitet werden:

1. Dopplerspektrum der A. subclavia in Ruhe:



Man erkennt auf dem linken Bild ein triphasisches arterielles Signal mit systolischem Spitzenfluss (Markierung), früdiastolischem Rückwärtsfluss (breiter Pfeil) und spätdiastolischem Vorwärtsfluss (schmaler Pfeil).

2. Dopplerspektrum nach Belastung (20 schnelle Faustschlüsse):

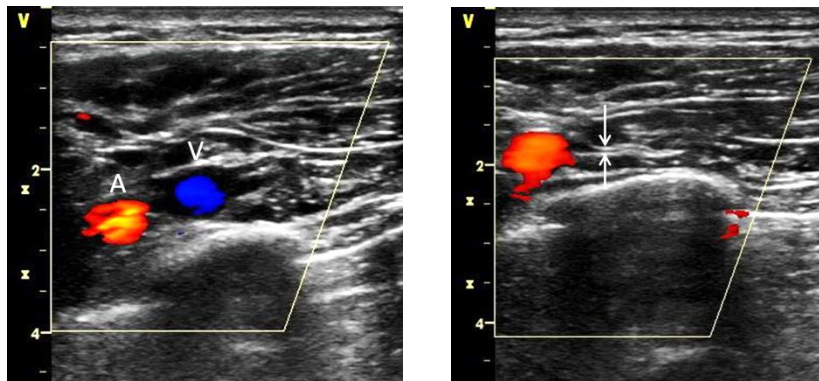
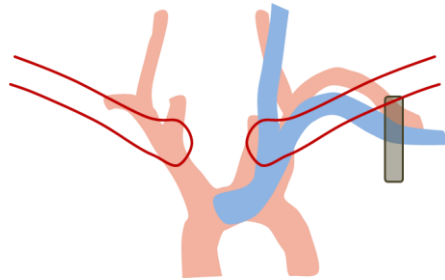


Auf diesem Bild liegt die Spektralkurve komplett über der Nulllinie und ist nicht mehr triphasisch. Sie entspricht dem Frequenzspektrum einer parenchymversorgenden Arterie mit niedrigem peripheren Widerstand.

Unter der muskulären Belastung wird durch Dilatation der Arterien der Widerstand gesenkt.

- 2 Danach werden die SubclaviagefäÙe infraclaviculär untersucht. Hier lassen sie sich in Längs- und Querachse gut darstellen.

Schema und Duplexbilder der infraclaviculären GefäÙe:



Arterie und Vene sind hier annähernd kreisrund. Die Vene lässt sich vollständig komprimieren (weisse Pfeile im rechten Bild) was einen Thromboseausschluss erlaubt.

### 3 Subclavian steal

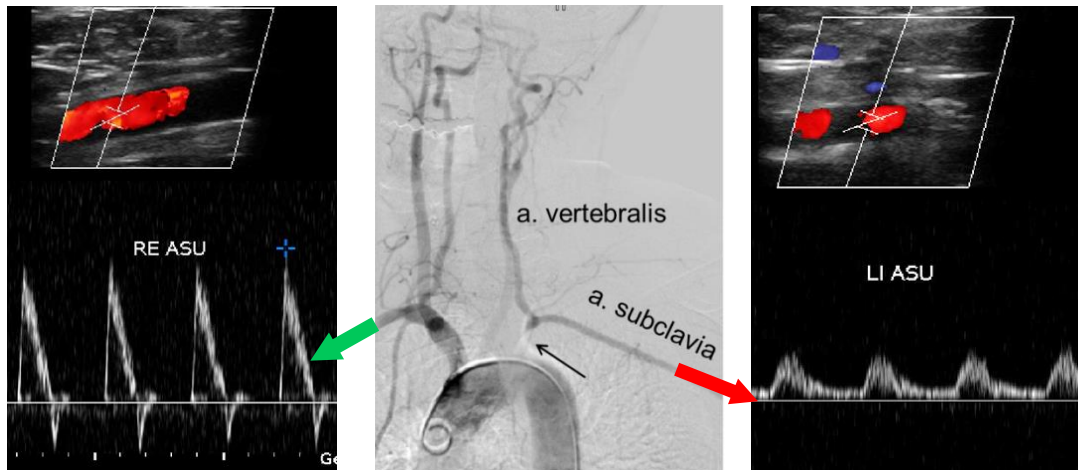
Die folgenden Bilder zeigen eine Patienten mit Verschluss der linken A. subclavia und Stealsyndrom.

Supraclaviculäre Darstellung der Arterie:

Die Schallkopfmarkierung zeigt zur rechten Seite der Patientin.



## Farbkodierte Duplexsonographie und Frequenzspektrum bds.:



Frequenzspektrum der rechten Seite. Physiologische triphasische Kurve. PSV = 88 cm/s.

DSA-Darstellung mit verschlossener Arterie im Abgangsbereich (schwarzer Pfeil).

Frequenzspektrum der linken Seite. Pathologische monophasische Kurve. PSV = 40 cm/s.

### 4 Befunde und Kommentare

- Etwa 3% haben eine Subclaviastenose
- Blutdruckdifferenzen bis zu 20 mm Hg gelten noch als normal (bedingt durch unterschiedliche Gefäßkaliber).
- Darüber hinaus besteht der dringende Verdacht auf eine Abgangsstenose der betreffenden A. subclavia, die wesentlich häufiger auf der linken Seite (etwa 4mal so oft) anzutreffen ist.

Normalwerte:

- PSV = 100 – 135 cm/s
- RI = 0,8

Stenose > 70 % :

- PSV > 240 cm/s (Overall accuracy 81 %)
- EDV ≥ 60 cm/s

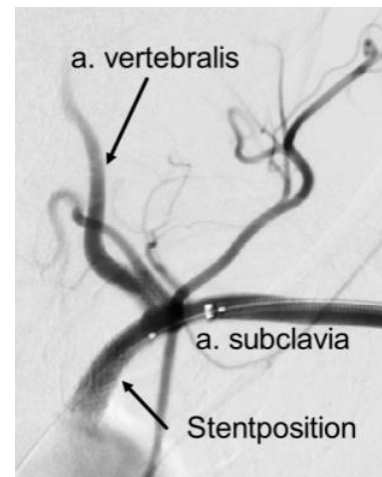
(Albeir Y. Mousa et al.:  
*Validating Subclavian Artery Duplex Ultrasound Peak Systolic Velocity with Angiographic Defined Stenosis. 2016 Annual Symposium ePosters, Las Vegas*)

## 5 Empfehlungen zur Therapie

- Eine asymptomatische Stenose oder Verschluss, auch wenn ein retrograder Fluss in der A. vertebralis vorliegt, bedarf keiner Therapie. Es liegt dann ein sogenanntes Steal-Phänomen vor.
- Eine symptomatische Stenose oder Verschluss liegen dann vor, wenn spontan Schwindelzustände oder eine rasche Ermüdbarkeit der Armmuskulatur auftreten. Man spricht hier dann von einem Subclavian steal Syndrom.

- Abgangsnahе Verschlüsse oder Stenosen werden effektiv durch Dilatation und Stent interventionell behandelt.

DSA Kontrolle nach Stentimplantation links



- Alternativ kann ein kurzer Bypass zwischen A. carotis communis und der A. subclavia über einen supraclaviculären Zugang implantiert werden (sogenannter carotido-subclavialer Bypass). Die Operation ist technisch anspruchsvoll, da der Zugang (unterhalb des M. scalenus anterior) erschwert ist und die anatomischen Umgebungsstrukturen (Ductus thoracicus, Nervus phrenicus) beachtet werden müssen.

## Literatur

Writing Group: A.R. Naylor, J.-B. Ricco, G.J. de Borst, Debus, J. de Haro, A. Halliday, G. Hamilton, J. Kakisis, S. Kakkos, S. Lepidi, H.S. Markus, D.J. McCabe, J. Roy, H. Sillesen, J.C. van den Berg, F. Vermassen

ESVS Guidelines Committee: P. Kolh, N. Chakfe, R.J. Hinchliffe, I. Koncar, J.S. Lindholt, M. Vega de Ceniga, F. Verzini

ESVS Guideline Reviewers: J. Archie, S. Bellmunt, A. Chaudhuri, M. Koelemay, A.-K. Lindahl, F. Padberg, M. Venermo

**Management of Atherosclerotic Carotid and Vertebral Artery Disease: 2017 Clinical Practice Guidelines of the European Society for Vascular Surgery (ESVS)**  
Eur J Vasc Endovasc Surg (2017), 1 – 79

Arning C et al.:

**Ultraschallkriterien zur Graduierung von Stenosen der A. carotis interna – Revision der DEGUM-Kriterien und Transfer in NASCET-Stenosierungsgrade.**

Ultraschall in Med 2010; 31: 251–257

Arning C et al:

**Karotisstenose: Definitionschaos wurde beseitigt.**

Dtsch Arztebl 2011; 108: 34-35

Eckstein HH:

**S3-Leitlinie zur „Diagnostik, Therapie und Nachsorge der extracraniellen Carotisstenose“.**

Gefäßchirurgie, Okt 2012

...so, und jetzt sind Sie an der Reihe! \*



\*und fangen Sie gleich an, schließlich beträgt die Lernkurve etwa 2 Jahre!

Stand: Januar 2018  
Email: [froemke@cardiacresearch.de](mailto:froemke@cardiacresearch.de) oder  
[johannes.froemke@t-online.de](mailto:johannes.froemke@t-online.de)

J. Frömke CardiacResearch/ Klinik für Herz-Thorax-Gefäßchirurgie,  
St. Johannes Hospital, Dortmund