

ANGIO UPDATE 2024

15. und 16. März

**Vaskuläre
Funktionsdiagnostik und
Ultraschall**

Michael Czihal, München

Interessenkonflikte

Vortrags- / Beratertätigkeit:

Roche, Bayer, Astra-Zeneca, Leo Pharma, MSD
Sharp & Dohme, Biotronik, Novartis, Lilly.

State of the Art

- Vaskuläre Funktionsuntersuchungen essentiell für die Charakterisierung von arteriellen und venösen Gefäßpathologien
- Multimodale Sonographie vielfach erste Bildgebung in der Abklärung von Gefäßerkrankungen, Erfassung von morphologischer und hämodynamischer Information
- Mikrozirkulationsdiagnostik aufwändig, oft eingeschränkt reproduzierbar und mit limitierter Therapierelevanz

Supraaortale Arterien

Arteriosklerose der A. carotis und kardiovaskuläres Risiko

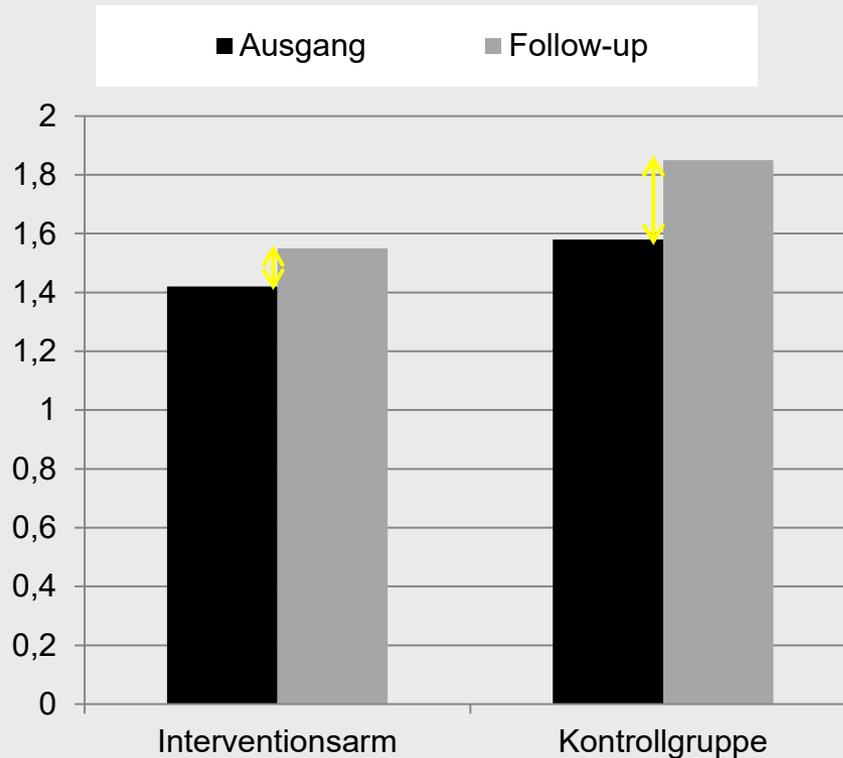
Sebastian et al. Current Problems in Cardiology. 2024;49(1 Pt C):102147

- Populationsbasierte Studien mit Follow-up
- 213 Studien gescreent, 11 Studien (9 Beobachtungsstudien und 2 RCTs) in die Analyse eingeschlossen, n = 21.046
- **RCTs:**
 - n = 7.046
 - Intervention: Visualisierung der US-Befunde an Patient / Hausarzt vs. keine Visualisierung
 - FU: CV-Risiko-Scores und Adhärenz zur med. Sekundärprophylaxe

Arteriosklerose der A. carotis und kardiovaskuläres Risiko

Sebastian et al. Current problems in cardiology. 2024;49(1 Pt C):102147

SCORE



Daten aus Näslund et al. Lancet. 2019;393(10167):133–142:

- SCORE nach einem Jahr im Interventionsarm + 0.13; Kontrollgruppe + 0.27

Arteriosklerose der A. carotis und kardiovaskuläres Risiko

Nyman et al. Clinical Physiol Funct Imaging. 2023; 43, 232–241.

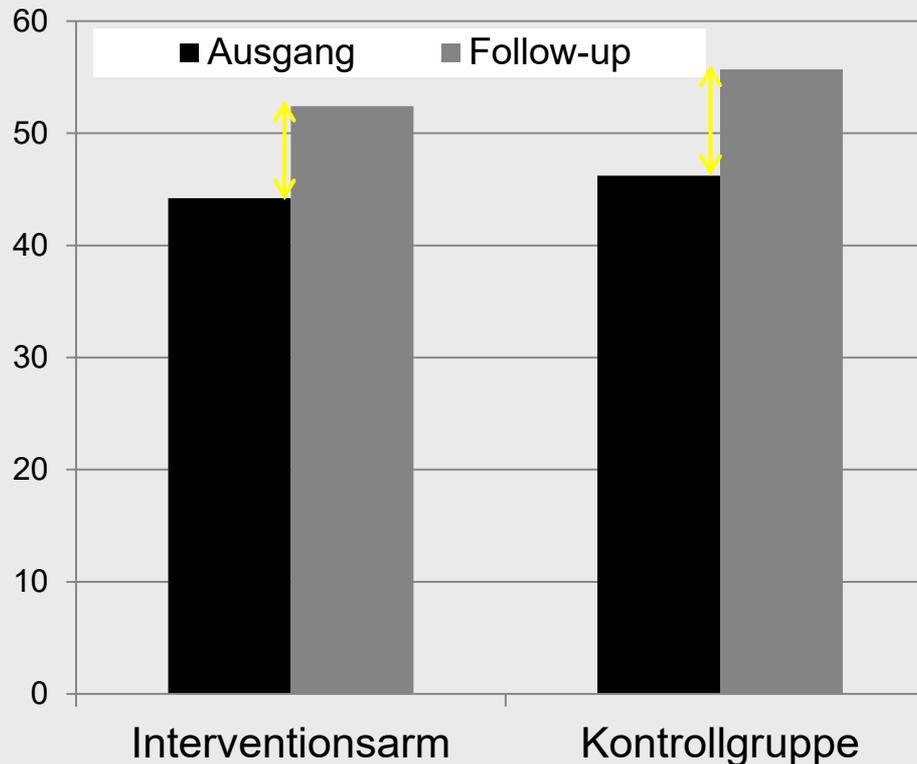
- Randomisierte Studie
- Personen zwischen 40-60 Jahren ohne manifeste CVD
- Intervention: bildbasierte Information über Ultraschallbefund A. carotis an Patient / Hausarzt (n = 1575)
- Kontrollen: keine Weitergabe der Ultraschallinformation (n = 1579)

- Endpunkte: Vorhandensein von Plaques, Plaquefläche
- Follow up: 3 Jahre

Arteriosklerose der A. carotis und kardiovaskuläres Risiko

Nyman et al. Clinical Physiol Funct Imaging. 2023; 43, 232–241.

PLAQUES



- Plaques: Odds ratio 0.88 (95% CI: 0.75–1.02, $p = 0.09$)
- Plaquefläche: Odds ratio 0.89 (95% CI: 0.75–1.07, $p = 0.21$)

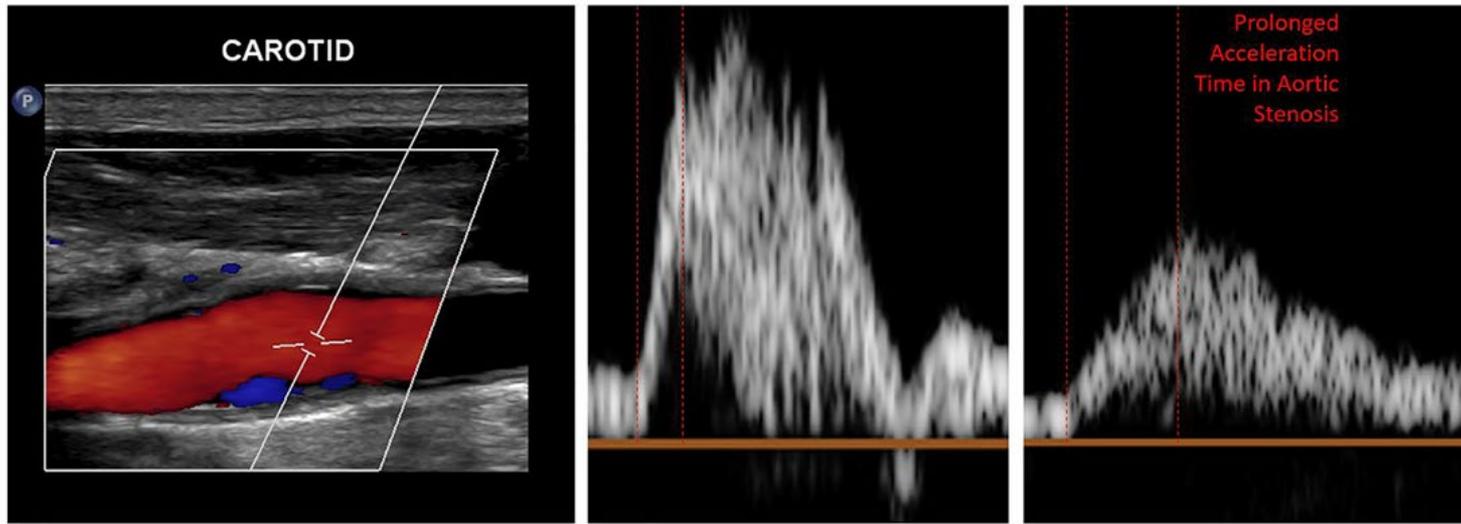
Flussmuster in der Karotis und Aortenklappenpathologien

Puthenpura et al. Am J Med . 2023:S0002-9343(23)00765-9

- 30 Patienten mit low flow – low gradient Aortenklappenstenose
 - LVEF <50%,
 - berechnete KÖF <1.0 cm²
 - mittlerer / maximaler Gradient <40 / <64 mm Hg
 - Schlagvolumenindex <35 mL/m²
- Finale Klassifikation als hochgradig bzw. pseudo-hochgradig auf Basis weiterführender Diagnostik (u.a. Stress-Echo, invasive Messung des Druckgradienten)
- Bestimmung der Akzelerationszeit der A. carotis communis

Flussmuster in der Karotis und Aortenklappenpathologien

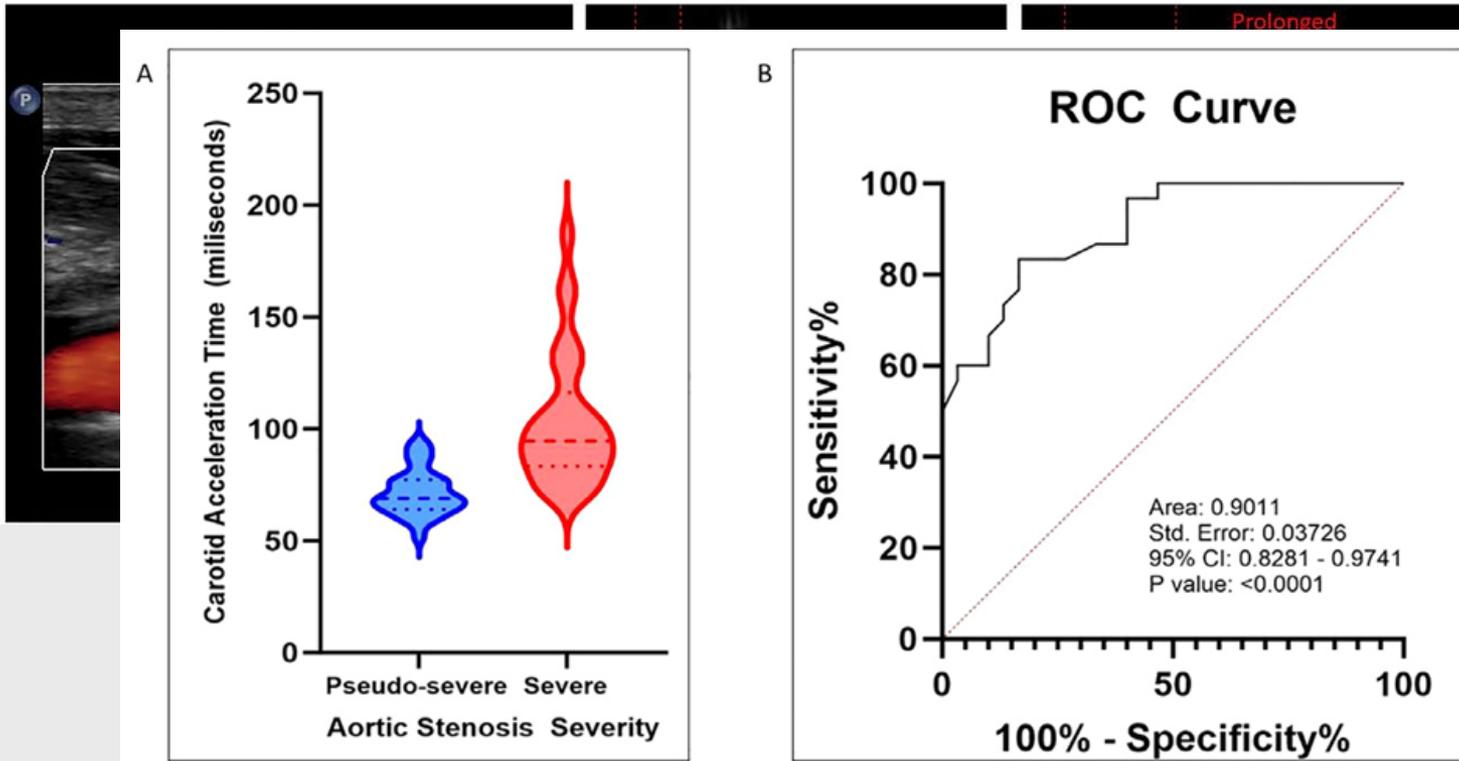
Puthenpura et al. Am J Med . 2023:S0002-9343(23)00765-9



- Sensitivität / Spezifität 83% (cut-off: Akzelerationszeit A. carotis communis 80 ms)

Flussmuster in der Karotis und Aortenklappenpathologien

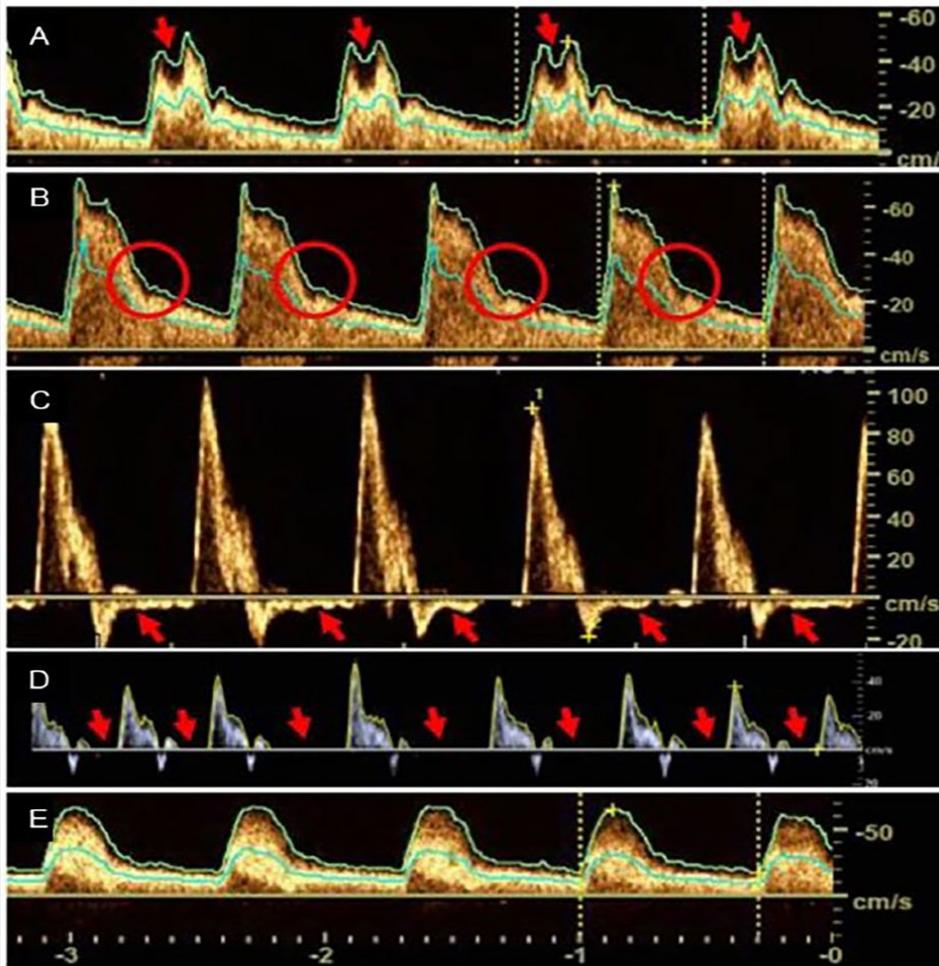
Puthenpura et al. Am J Med . 2023:S0002-9343(23)00765-9



- Sensitivität / Spezifität 83% (cut-off: Akzelerationszeit A. carotis communis 80 ms)

Flussmuster in der Karotis und Aortenklappenpathologien

Meyer S, et al. The Ultrasound Journal. 2023;15(1):29.



- Pulsus bisferiens
- Verlust diskrete Kerbe
- Diastolische Flussumkehr
- Diastol. Nullfluss
- Parvus et tardus

Flussmuster in der Karotis und Aortenklappenpathologien

Meyer S, et al. The Ultrasound Journal. 2023;15(1):29.

- 4.6% moderate bis schwere Aortenklappenstenose
 - ▶ parvus et tardus-Flussprofil (OR 1158.5, 95% CI 364.2–3684.8, $p < 0.001$)
- 7.4% moderate bis schwere Aortenklappeninsuff.
 - ▶ Pulsus bisferiens (OR 102.1, 95% CI 12.4–839.4, $p < 0.001$)
 - ▶ Verlust dikrote Kerbe (OR 10.8, 95% CI 3.2–33.9, $p < 0.001$)
 - ▶ diastolische Flussumkehr (OR 15.4, 95% CI 3.2–74.6, $p < 0.001$)

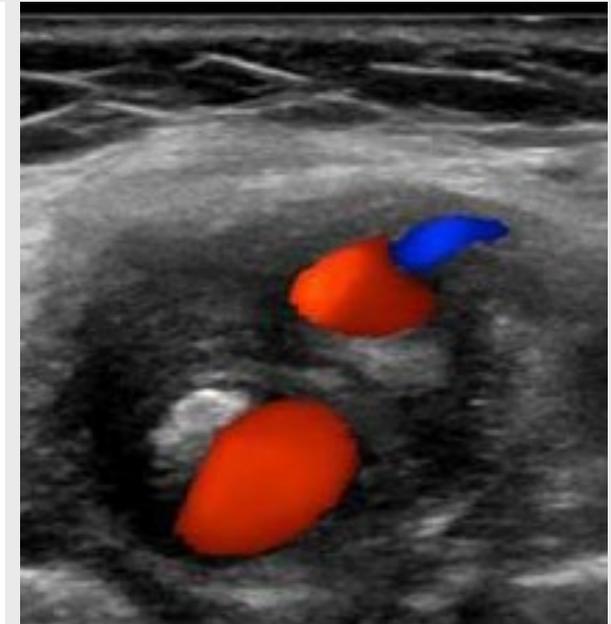
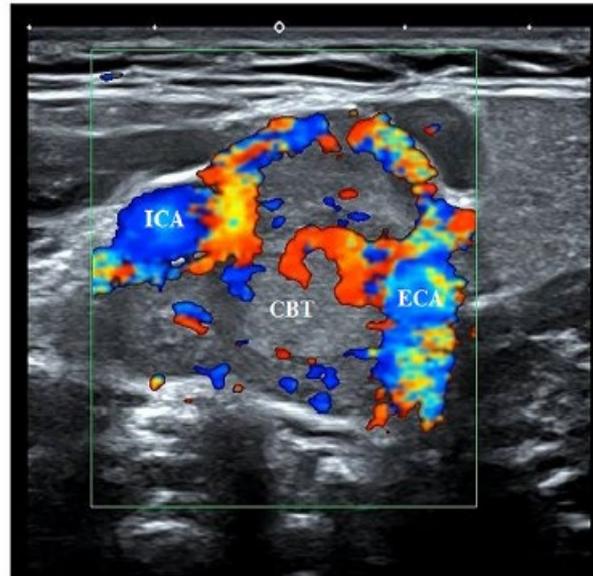
Paragangliome

Zhiqiang et al., BMC Med Imaging. 2024;24(1):10.

Zhang et al. Front Oncol. 2022;12:1053236



Paragangliom



TIPIC-Syndrom

Paragangliome

Zhiqiang et al., BMC Med Imaging. 2024;24(1):10.

Zhang et al. Front Oncol. 2022;12:1053236

- Im Bifurkationsbereich lokalisiert
- Bei fortschreitendem Wachstum zirkuläre Ausdehnung um die Arterie und Aufspreizung des Winkels zwischen A. carotis interna und externa
- Typischerweise homogen echoarm, scharf abgegrenzt, duplexsonographisch hypervaskularisiert
- Elastographisch hartes Gewebe

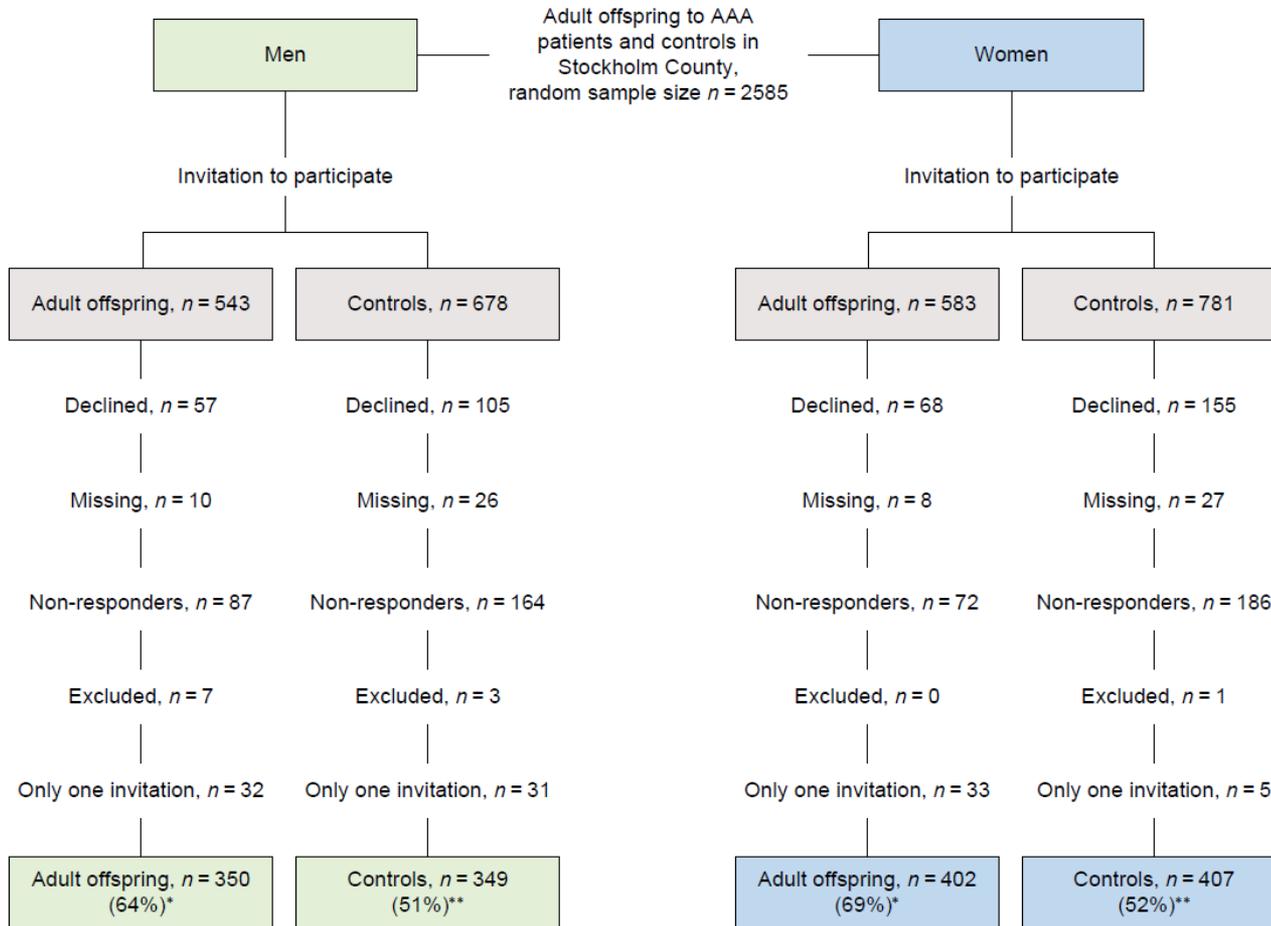
Fazit für Klinik und Praxis

- Wenn schon eine Karotissonographie für die Abschätzung des kardioaskulären Risikos in der Primärprävention erfolgt, dann sollte auch eine bildbasierte Information an Patient und Hausarzt ergehen.
- Über die Stenosegraduierung hinaus kann eine detaillierte Analyse der Flussprofile der supraaortalen Arterien hilfreich sein in der Erkennung / Beurteilung vorgeschalteter Pathologien der Aortenklappe.
- Paragangliome der Karotisgabel sind selten, aber auf Basis der Sonographie gut zu identifizieren.

ABDOMINELLE GEFÄSSE

Ultraschall-Screening bei erwachsenen Nachkommen von Patienten mit Bauchaortenaneurysma

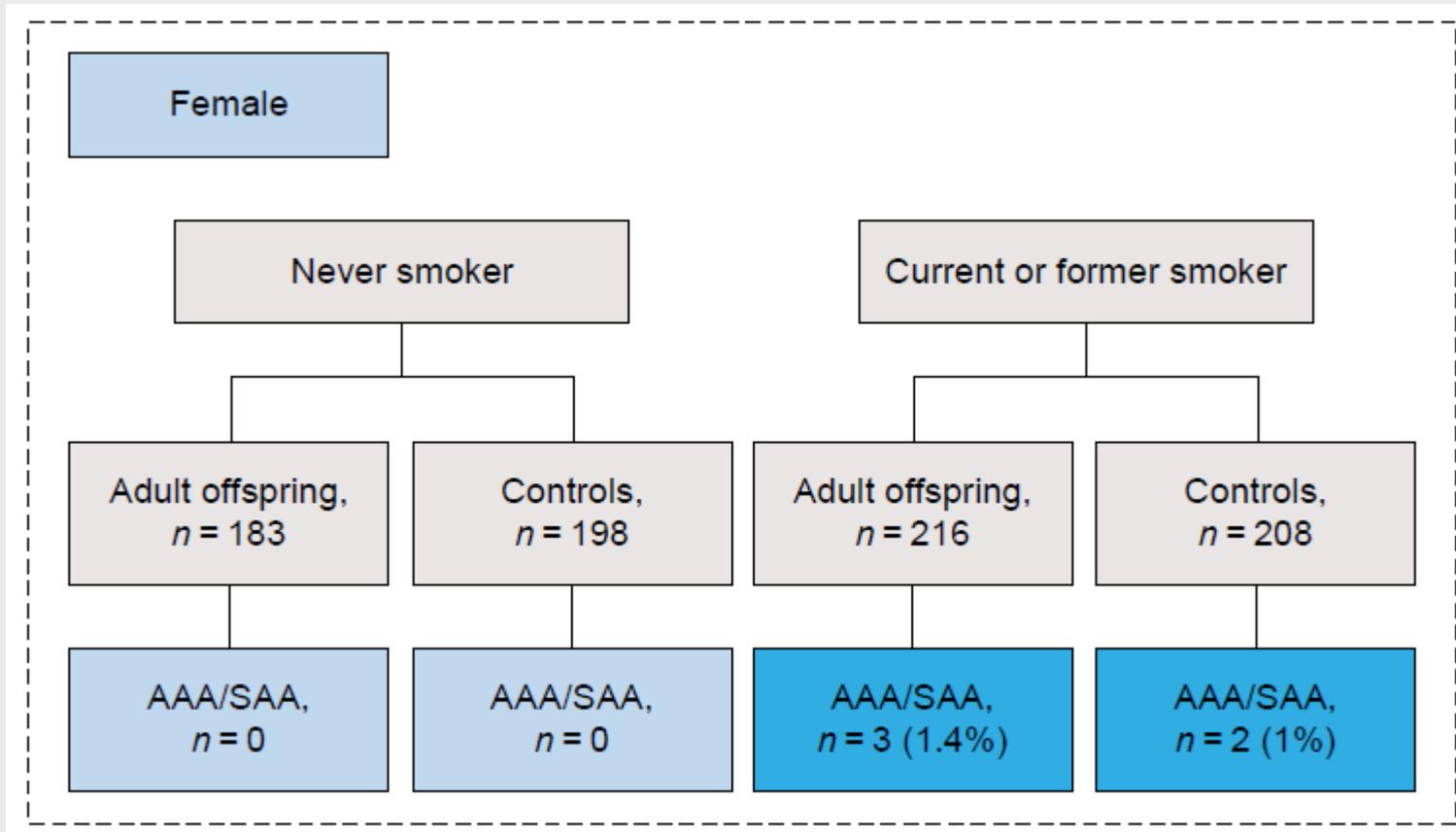
Fattahi et al. BJS Open. 2024;8(1).



Mittleres Alter der Nachkommen bei Studieneinschluss:
Im Mittel 64 Jahre

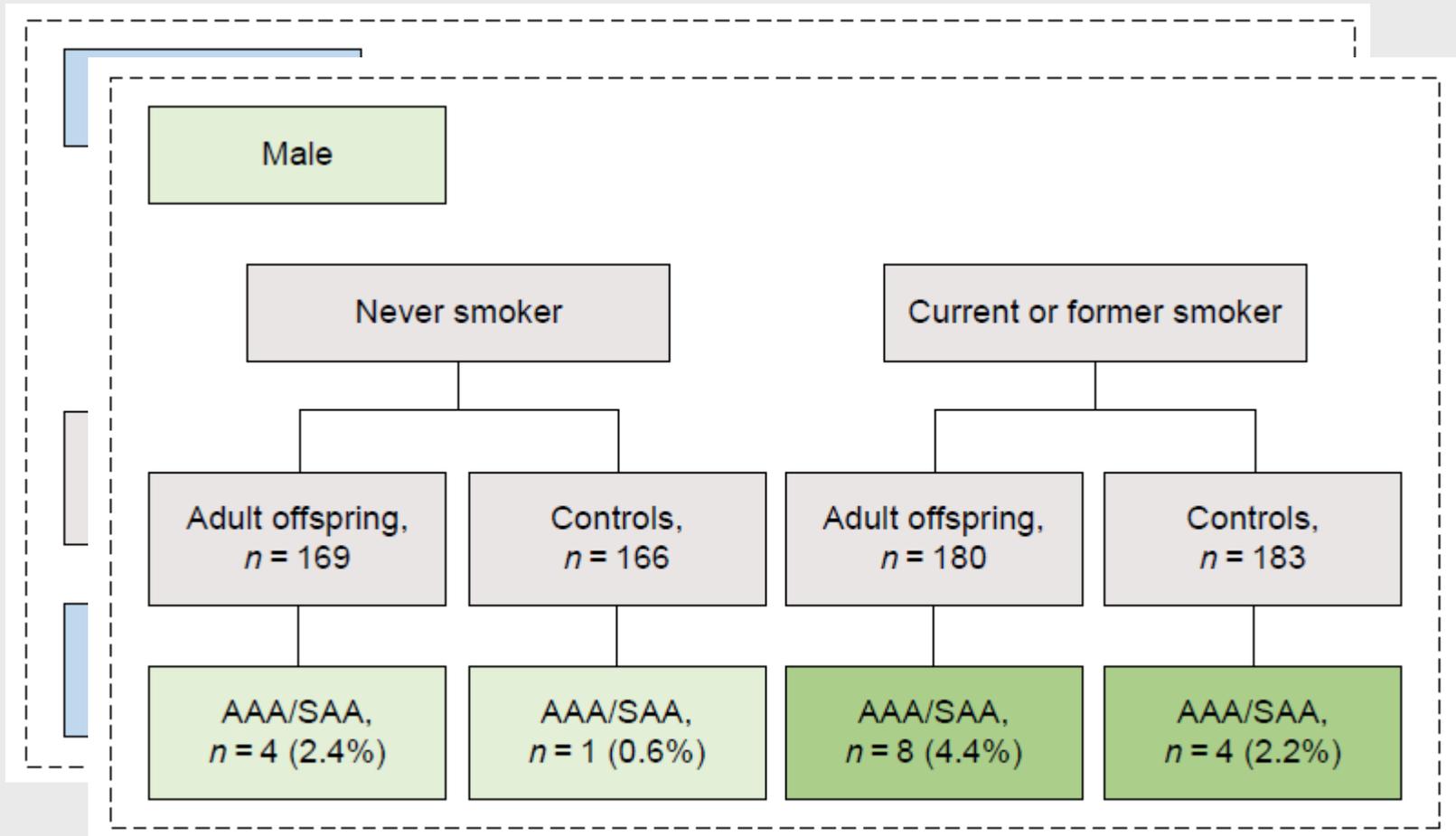
Ultraschall-Screening bei erwachsenen Nachkommen von Patienten mit Bauchaortenaneurysma

Fattahi et al. BJS Open. 2024;8(1).



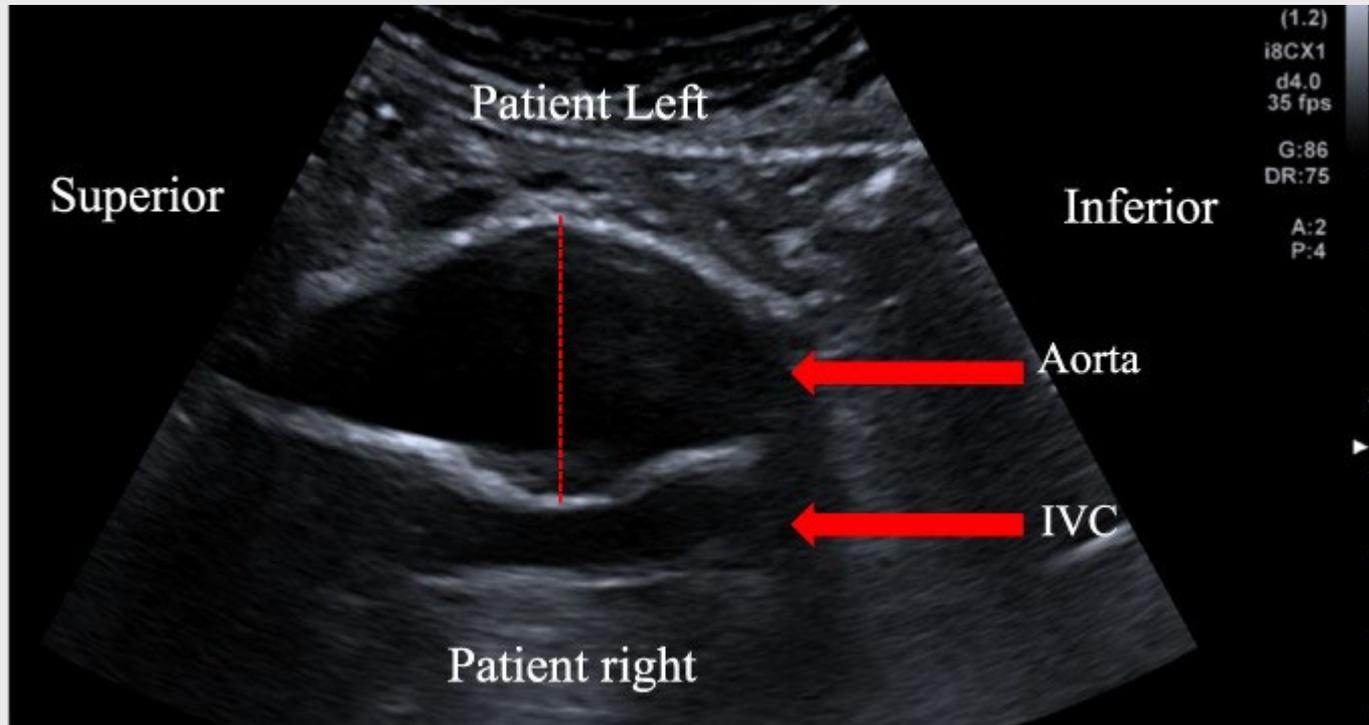
Ultraschall-Screening bei erwachsenen Nachkommen von Patienten mit Bauchaortenaneurysma

Fattahi et al. BJS Open. 2024;8(1).



Bauchaortenaneurysma - Diameterbestimmung

Hill et al. Australasian Journal of Ultrasound in Medicine. 2023;26(1):5-12.

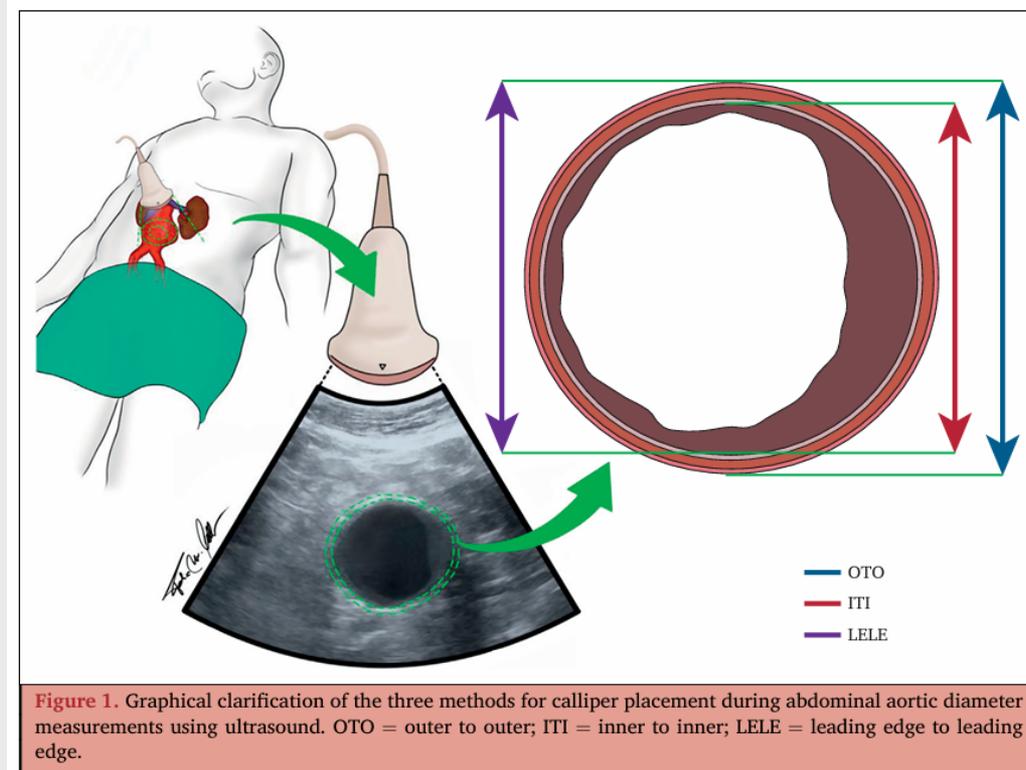


- N = 325
- transversale Diametermessung in koronarer Schnittführung
- Leicht verbesserte Korrelation mit CT-basierter Diameterbestimmung

Bauchaortenaneurysma - Diameterbestimmung

Bissaco et al. Eur J Vasc Endovasc Surg 2023. 66, 620e631

- Studien zwischen 1991 und 2021
- Mediane Zahl der Studienteilnehmer: 50 (10-215)



- OTO: outer to outer
- ITI: inner to inner
- LELE: leading edge to leading edge

Bauchaortenaneurysma - Diameterbestimmung

Bissaco et al. Eur J Vasc Endovasc Surg 2023. 66, 620e631

	Alle Studien
OTO	0,182 ± 0,440
ITI	0,170 ± 0,554
LELE	0,437 ± 0,419

Interobserver-Reproduzierbarkeit:

Niedrigere Werte entsprechen einer besseren Übereinstimmung

Bauchaortenaneurysma - Diameterbestimmung

Bissaco et al. Eur J Vasc Endovasc Surg 2023. 66, 620e631

	Alle Studien	Ab 2010
OTO	0,182 ± 0,440	0,283 ± 0,603
ITI	0,170 ± 0,554	0,264 ± 0,690
LELE	0,437 ± 0,419	0,131 ± 0,545

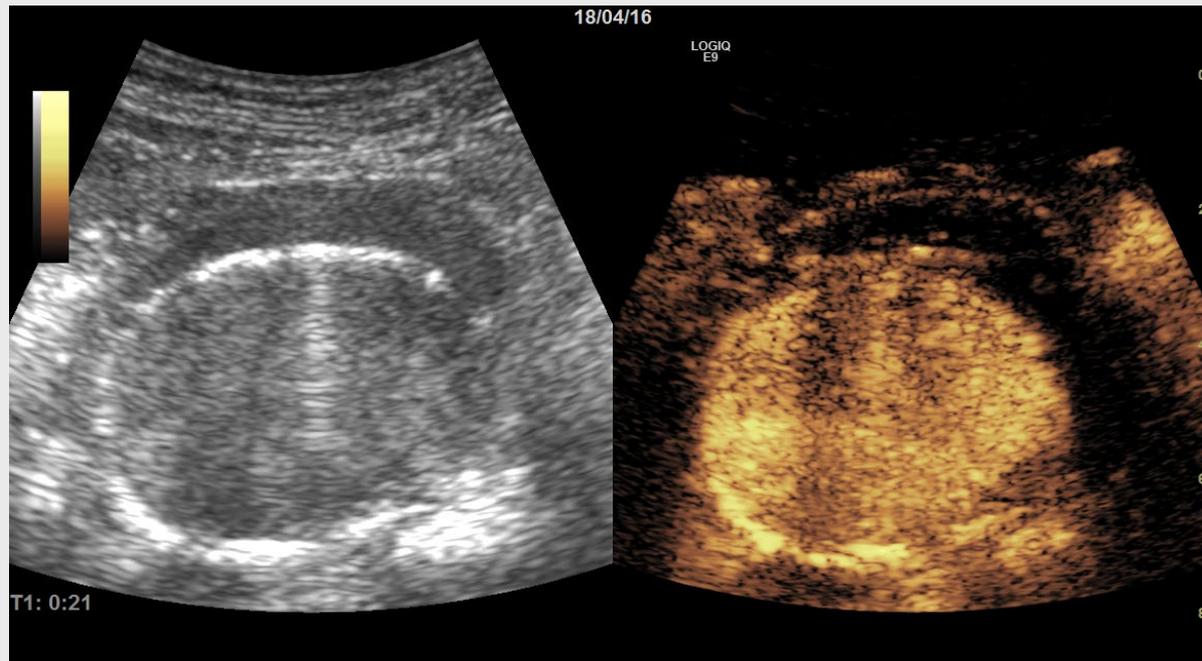
Interobserver-Reproduzierbarkeit:

Niedrigere Werte entsprechen einer besseren Übereinstimmung

Sonographie bei inflammatorischen Bauchaortenaneurysmen

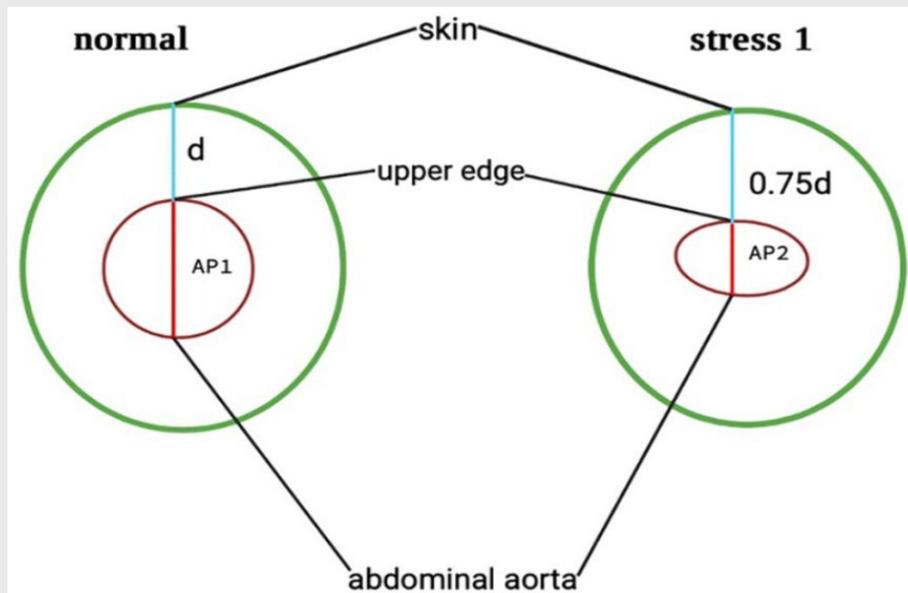
Slijkhuis et al. Diagnostics (Basel, Switzerland). 2023;13(10).

- Bis zu 5% aller Fälle mit Bauchaortenaneurysma
- Hohe diagnostische Ausbeute der Sonographie im Vergleich zur Schnittbildgebung



Elastische Deformierbarkeit der Aorta nach EVAR

Van Genderen et al. J Endovasc Ther. 2023 May 11:15266028231172400.

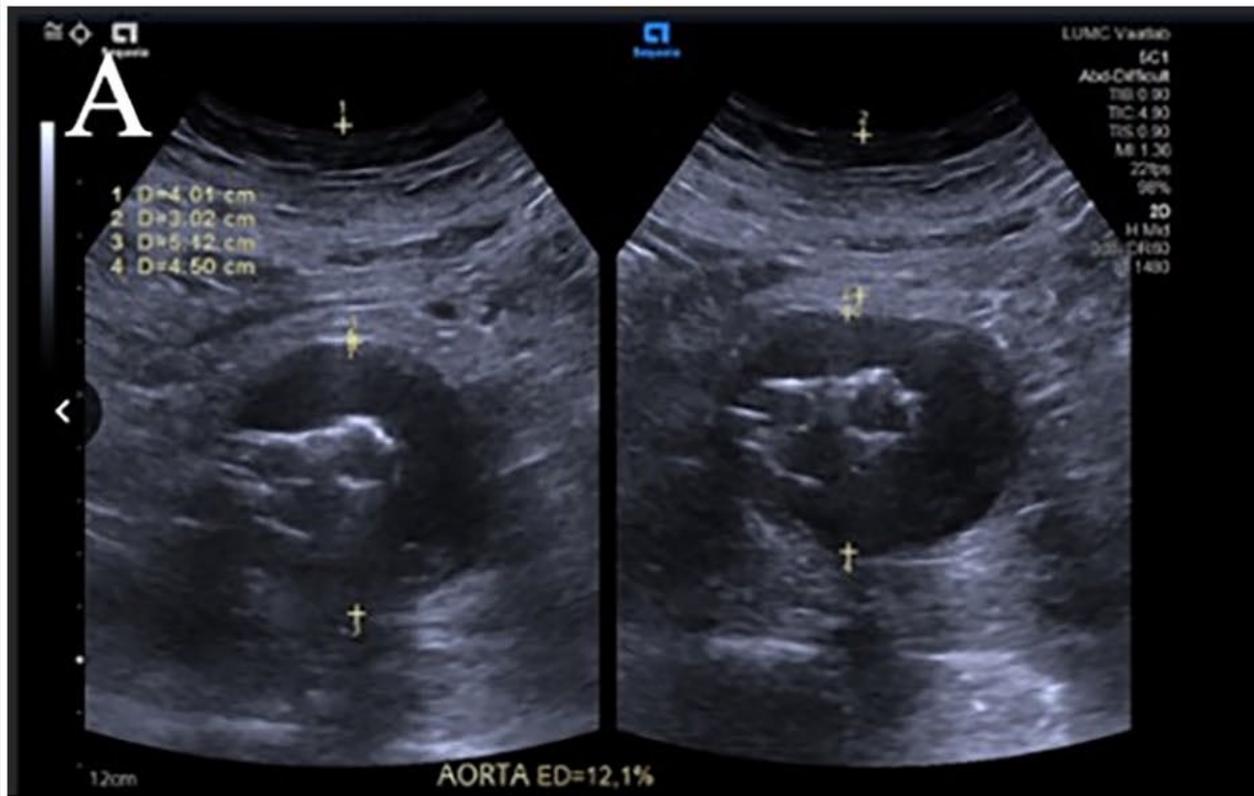


Schallkopfdruck standardisiert durch 25%ige Reduktion der Strecke zwischen Haut und schallkopfnaher Außenwand der Bauchschlagader (split screen)

- Unbehandeltes BAA
- BAA nach EVAR, kein Endoleak
- BAA nach EVAR, Endoleak

Elastische Deformierbarkeit der Aorta nach EVAR

Van Genderen et al. J Endovasc Ther. 2023 May 11:15266028231172400.

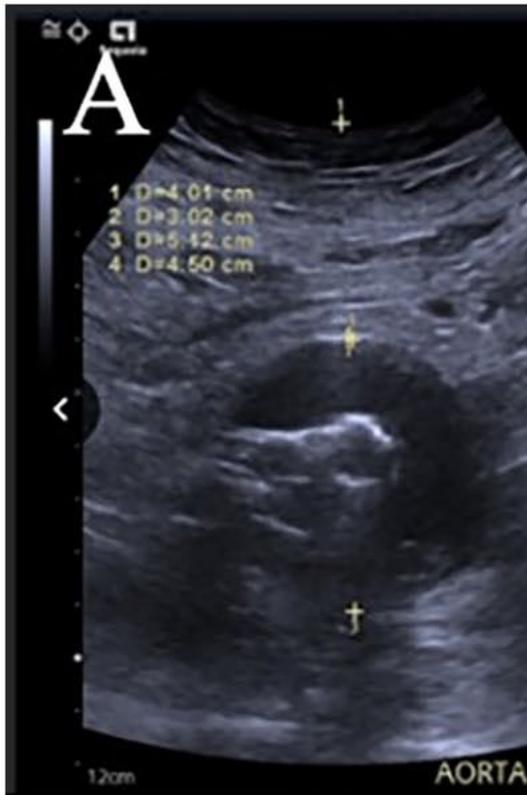


◀ EVAR, kein Endoleak

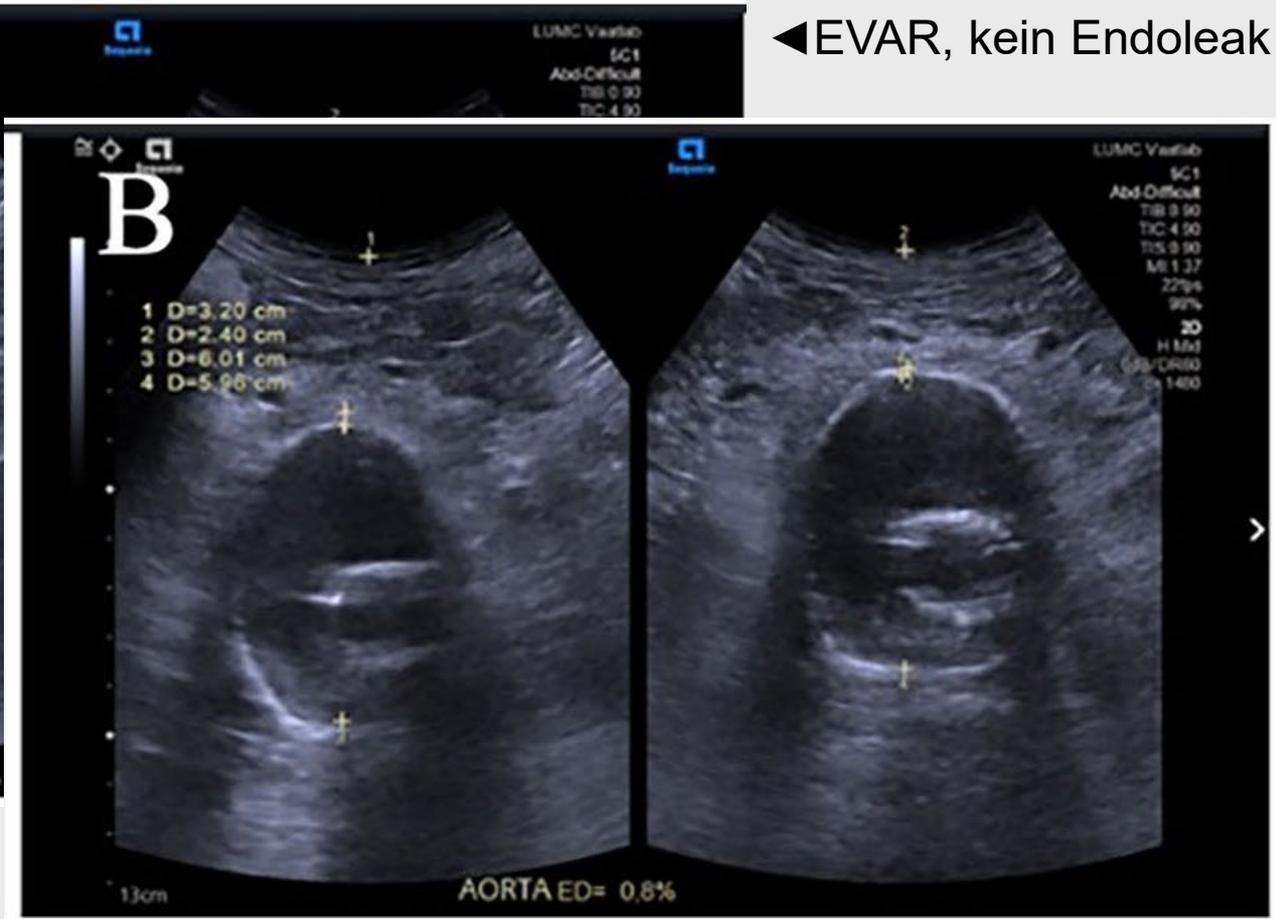
EVAR, Endoleak ▶

Elastische Deformierbarkeit der Aorta nach EVAR

Van Genderen et al. J Endovasc Ther. 2023 May 11:15266028231172400.



EVAR, Endoleak ▶



◀EVAR, kein Endoleak

Fazit für Klinik und Praxis

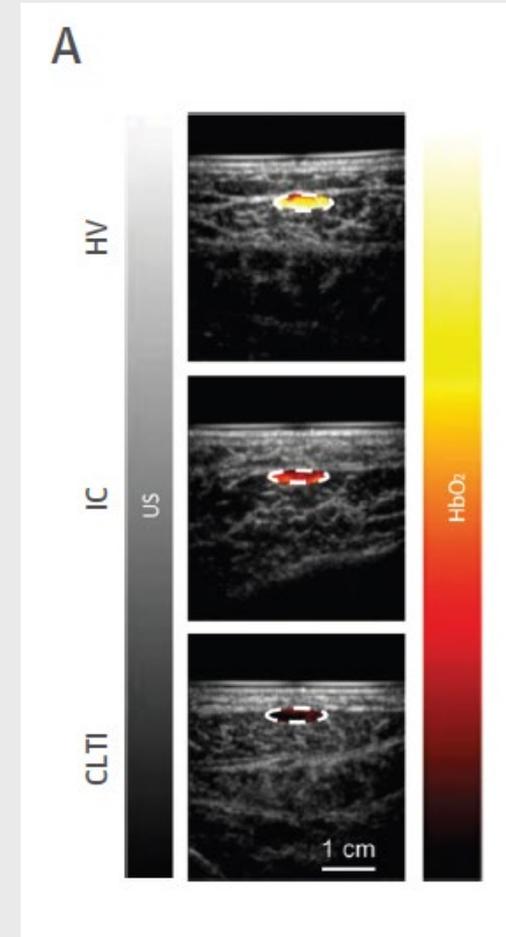
- Bei männlichen, nicht aber bei weiblichen Nachkommen von BAA-Patienten erscheint ein Screening bez. Pathologien der Bauchaorta sinnvoll (ab dem 65. Lebensjahr)
- Bei insgesamt heterogener Datenlage erscheint die leading-edge to leading edge-Methode die beste Methode der sonographischen Diameterbestimmung der Bauchschlagader zu sein
- Inwiefern die Bestimmung des Transversaldurchmesser in koronarer Schnitfführung einen Zusatznutzen in der Diameterbestimmung bzw. die kontrollierte Kompression des Aneurysmasacks nach EVAR einen Zusatznutzen in der Endoleak-Detektion bieten, muss geklärt werden.
- Ca. 5% aller BAA sind inflammatorisch und bedürfen ggf. einer weiteren Abklärung bzw. immunsuppressiven Therapie

Beinarterien

PAVK-Diagnostik mittels multispektaler optoakustischer Tomographie (MSOT)

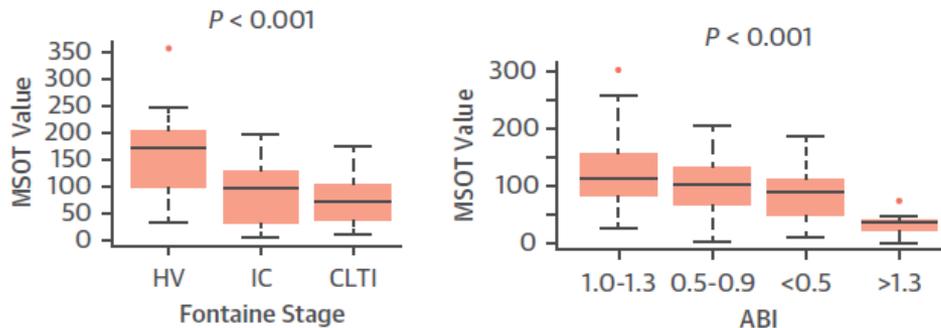
Günther et al. JACC Cardiovascular Imaging. 2023;16(5):719-21.

- Fall-Kontroll Studie (gesamt n = 197)
 - Claudicatio intermittens
 - CLTI
 - Kontrollen ohne PAVK
- MSOT der Wadenmuskulatur vor und nach standardisierter Belastung
- Bestimmung des Gehalts an oxygeniertem Hämoglobin (HbO₂)

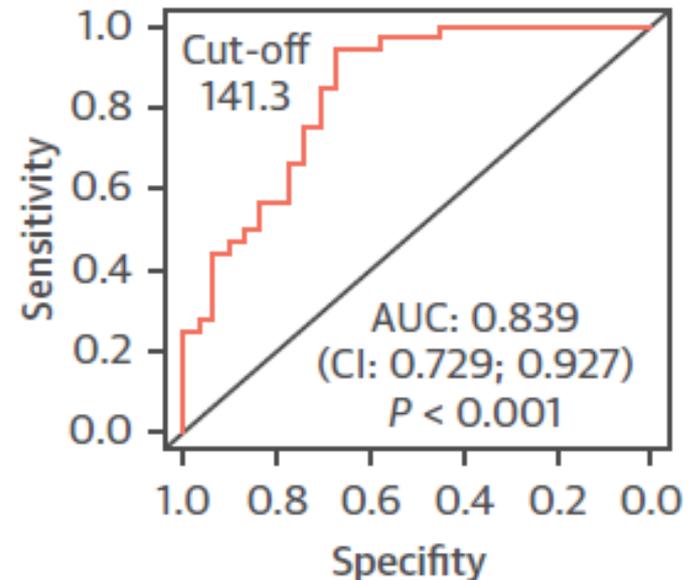


PAVK-Diagnostik mittels multispektaler optoakustischer Tomographie

Günther et al. JACC Cardiovascular Imaging. 2023;16(5):719-21.



▲ Korrelation von HbO₂ mit Erkrankungsstatus (links) bzw. ABI (rechts)

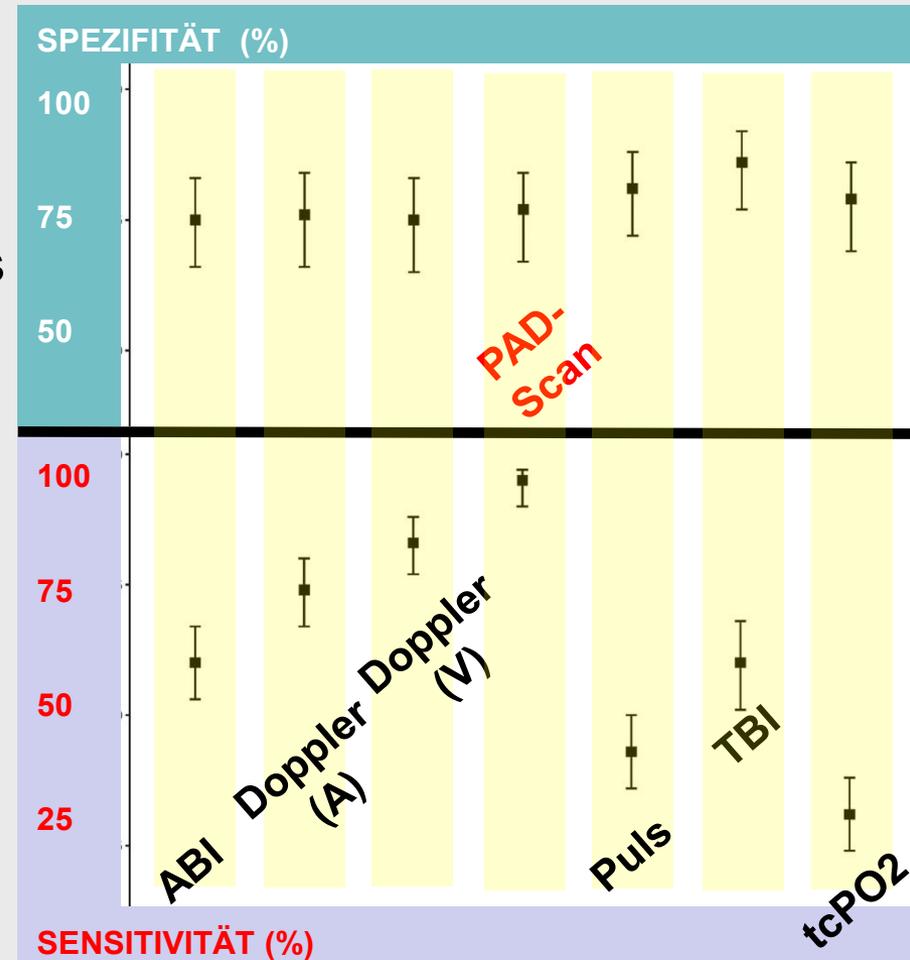


ROC-Kurve für die Unterscheidung der Wadenmuskeldurchblutung mittels HbO₂ nach Belastung von Patienten mit CLTI und gesunden Kontrollen ▲

PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Normahani et al. Ann Surg 2022;276:e605–e612

- 305 Patienten aus 2 britischen Fußzentren
- Vergleichende Analyse der diagn. Wertigkeit von 6 Point-of-Care-Tests zur Durchblutungsmessung für die PAVK-Diagnostik
- PAD-Scan:
„Podiatric ankle duplex scan“



PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

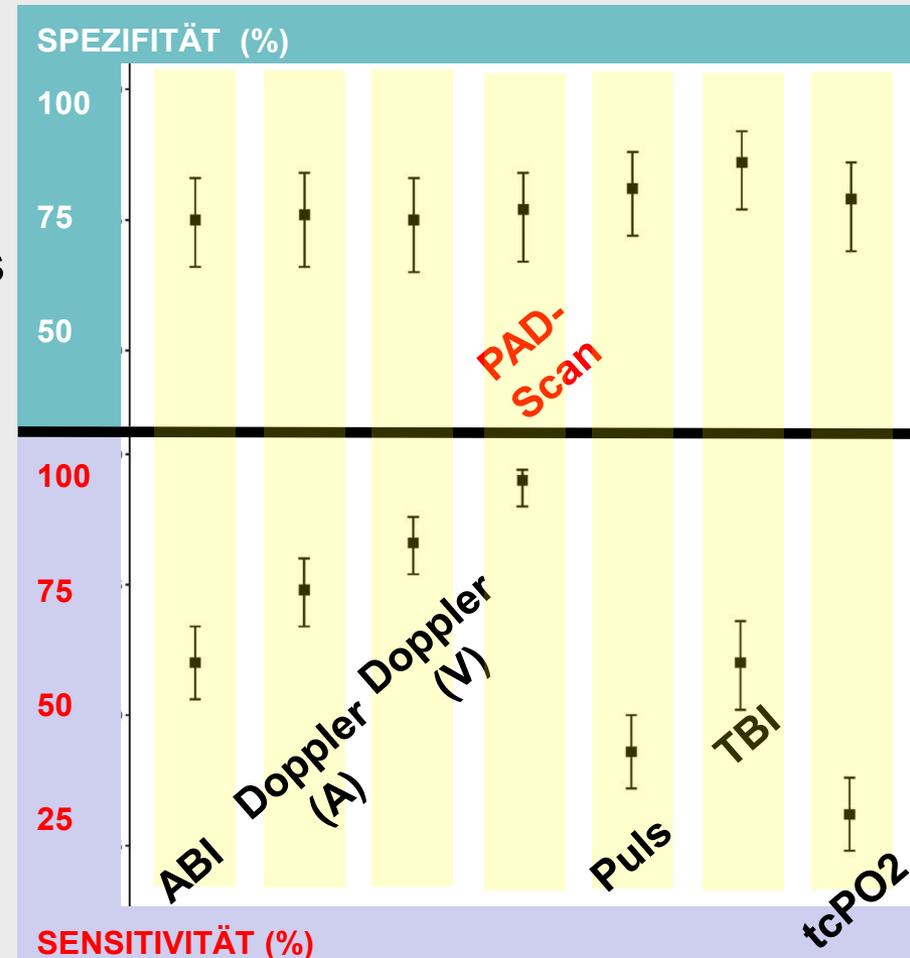
Normahani et al. Ann Surg 2022;276:e605–e612

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).

- 305 Patienten aus 2 britischen Fußzentren
- Vergleichende Analyse der diagn. Wertigkeit von 6 Point-of-Care-Tests zur Durchblutungsmessung für die PAVK-Diagnostik
- PAD-Scan:
„Podiatric ankle duplex scan“

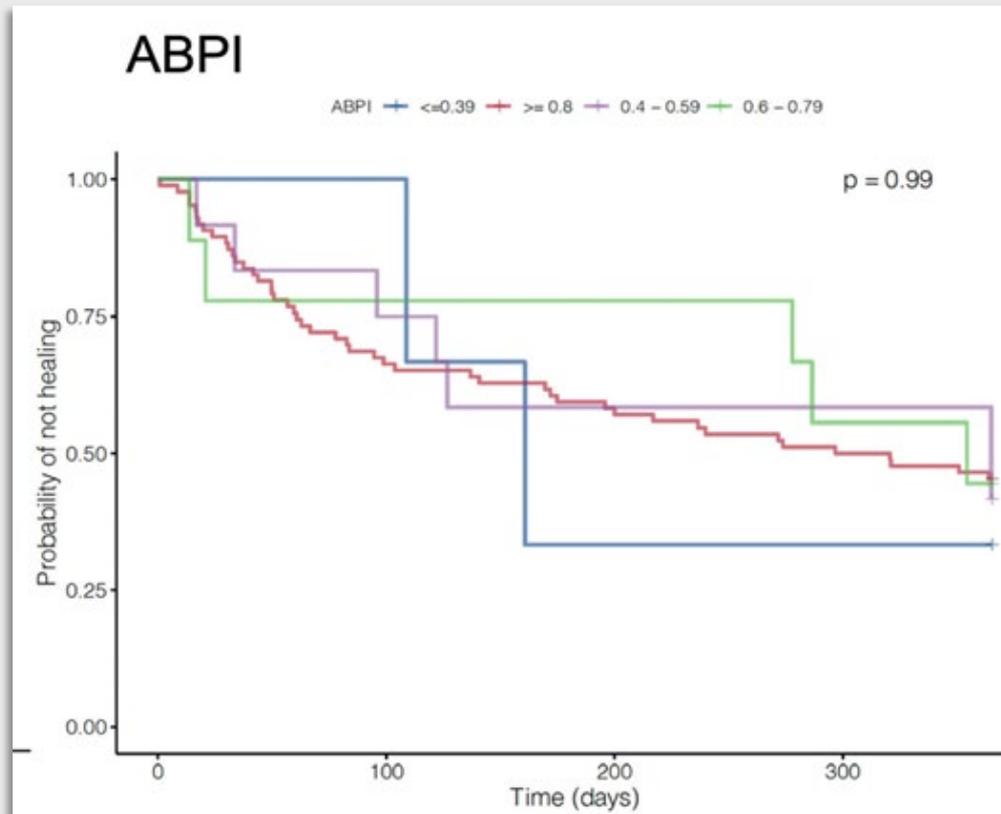
Follow-up über 1 Jahr:

- n = 123
- Wundheilung in 52.8%



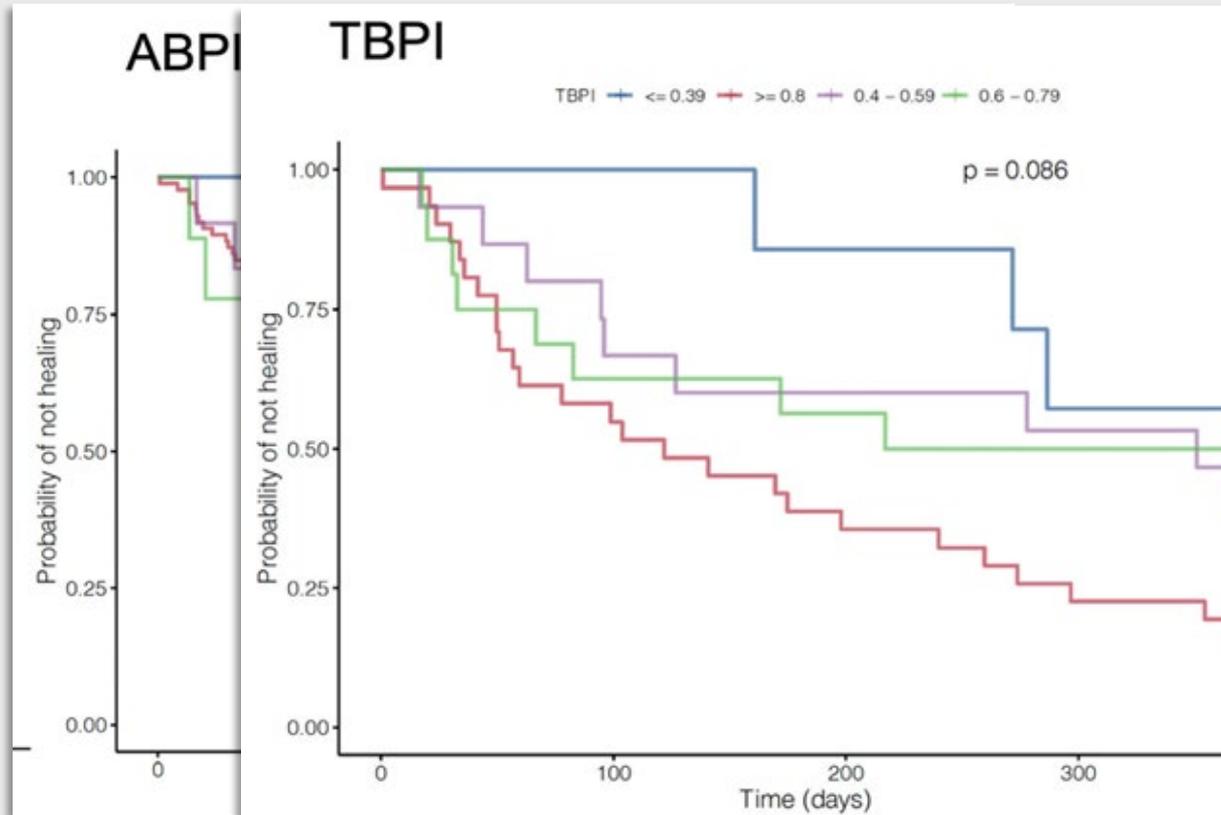
PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).



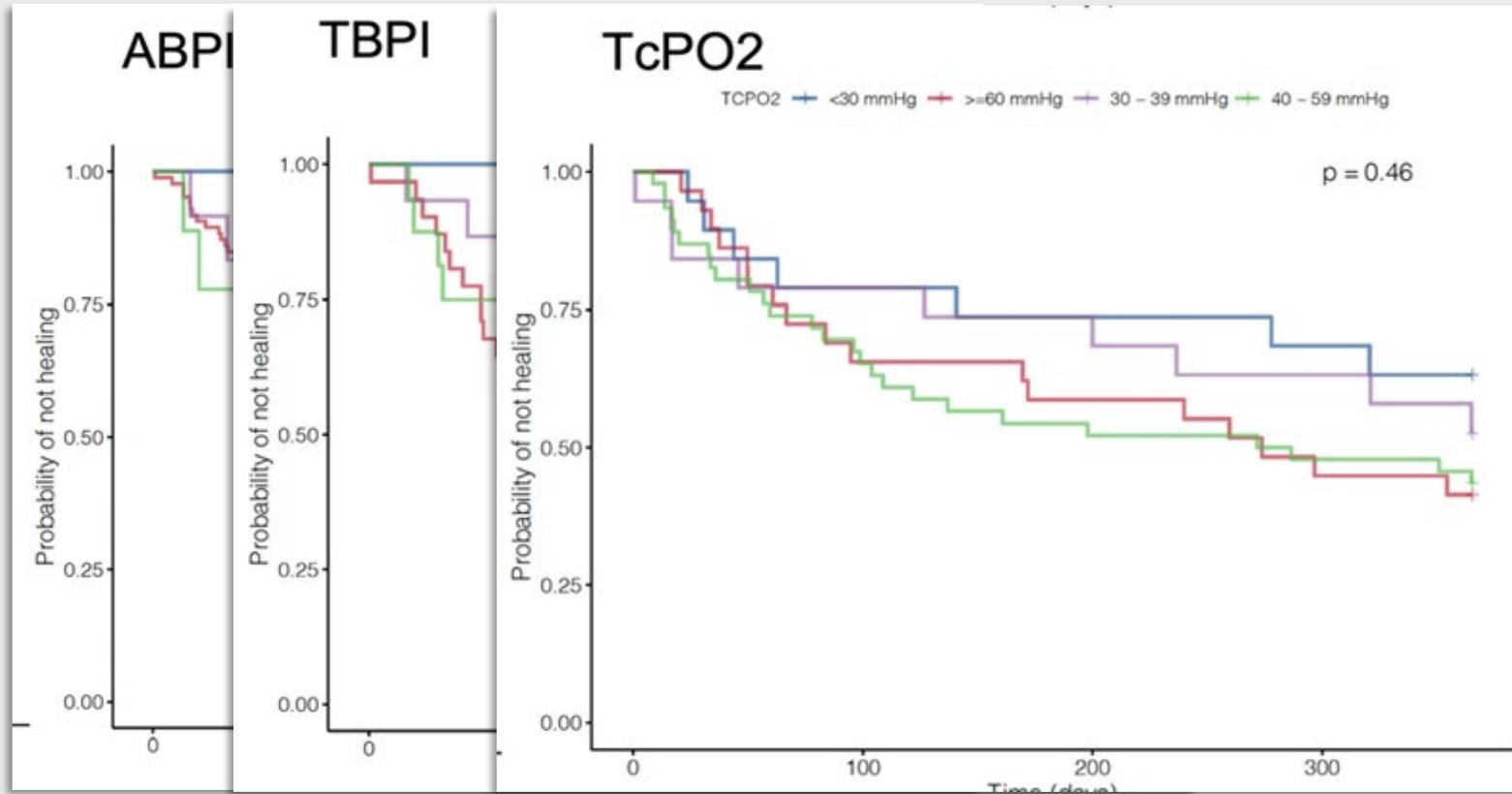
PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).



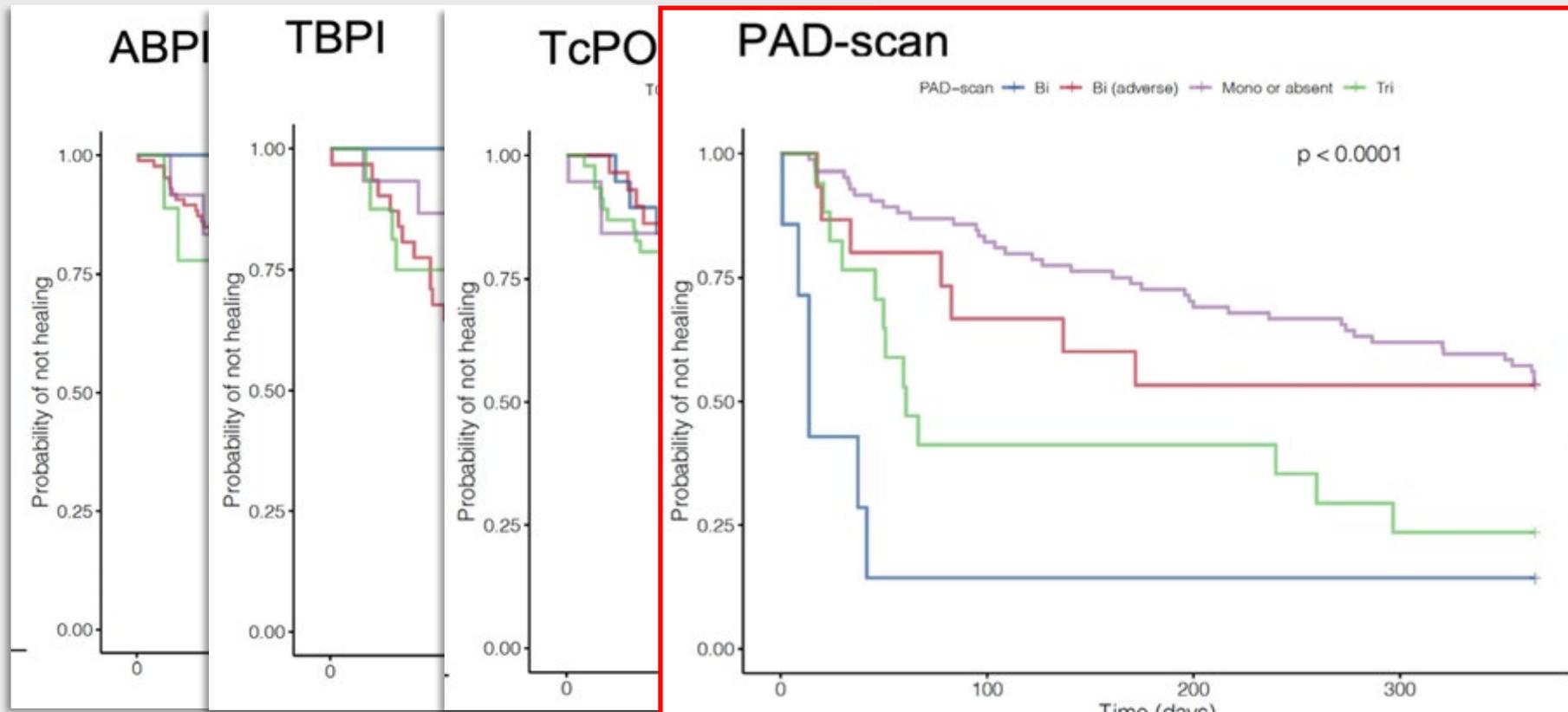
PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).



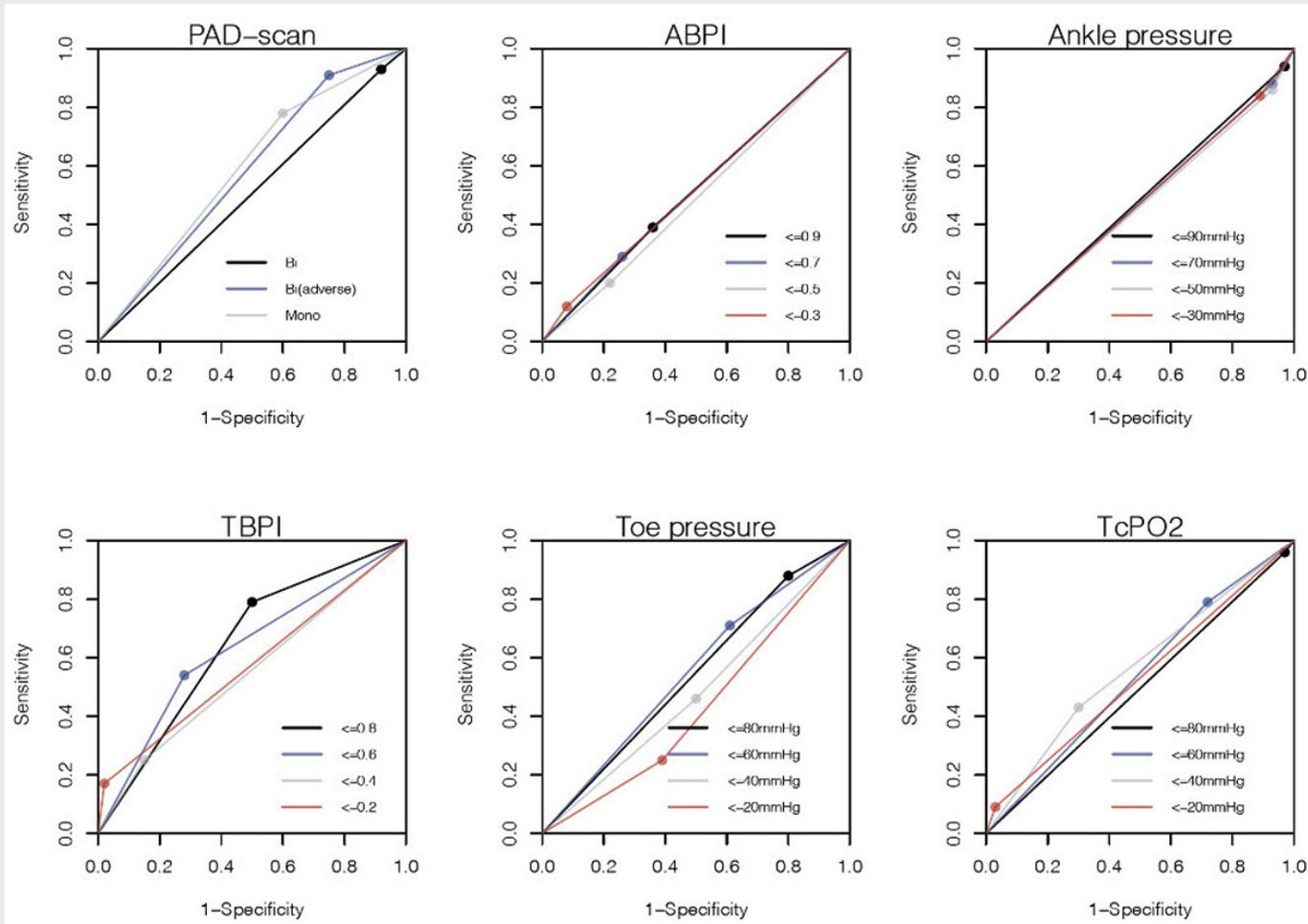
PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).



PAVK-Diagnostik bei Diabetes: TrEAD-Studie

Elghazali et al. BMJ Open Diabetes Research & Care. 2023;11(2).



Künstliche Intelligenz in der PAVK-Diagnostik

McBane II et al. J Am Heart Assoc. 2024;13:e031880

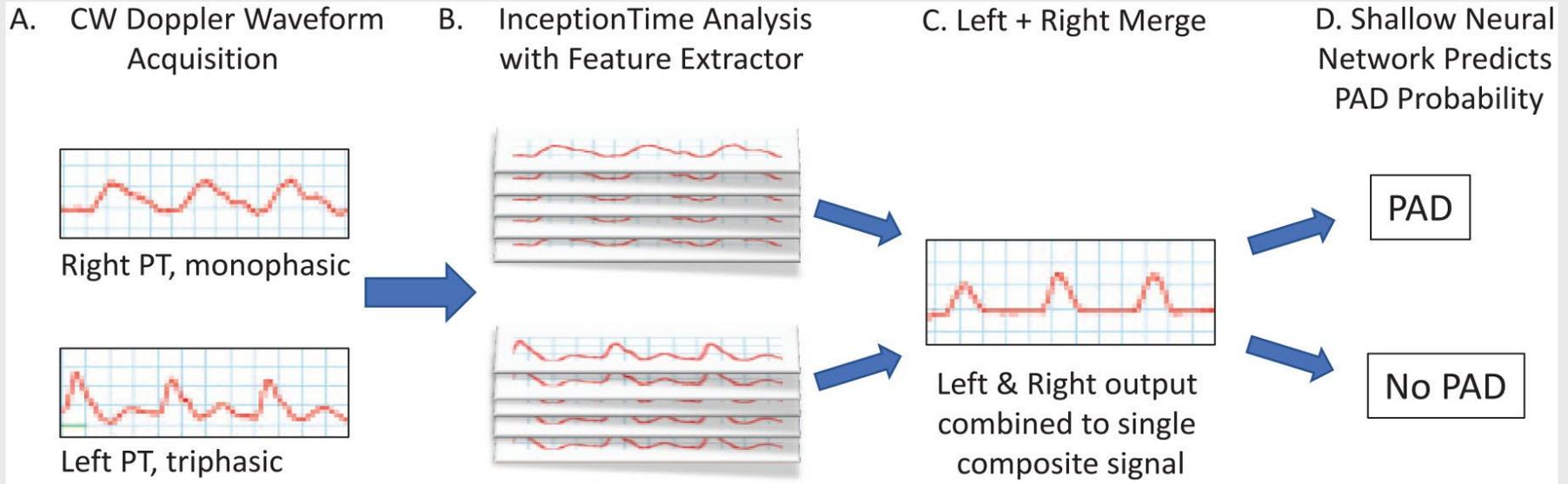
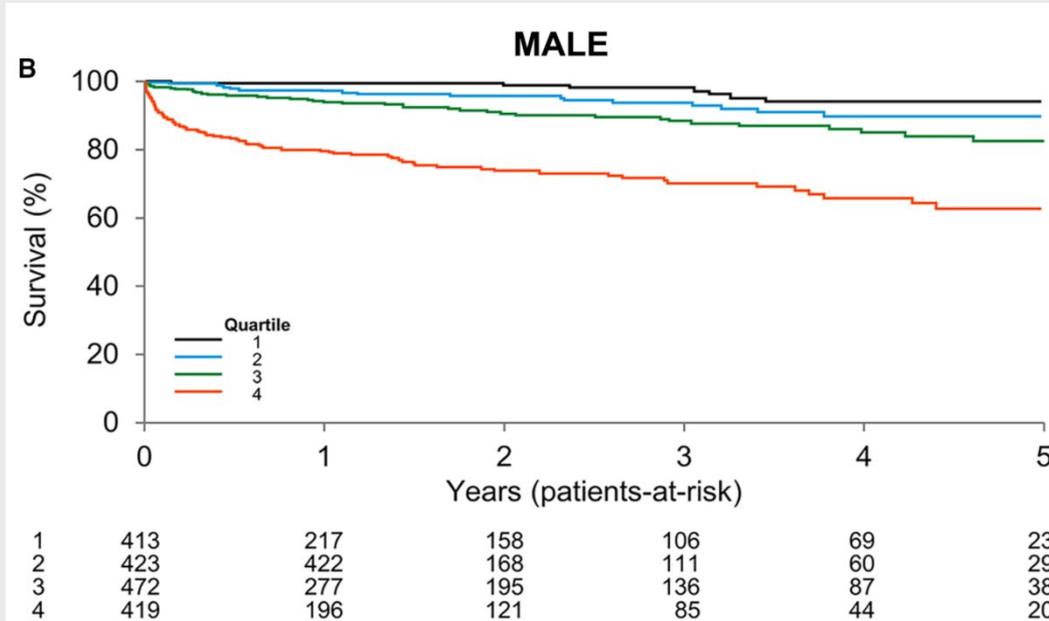


Abb. aus: McBane II et al. Vasc Med 2022;27(4):333-342.

- 10.437 Patienten mit PAVK-Verdacht
- Training eines deep neural network mit Doppler-Profilen der A. tib. post.
- Vorhersage zukünftiger kardiovask. Ereignisse

Künstliche Intelligenz in der PAVK-Diagnostik

McBane II et al. Vasc Med. 2022;27(4):333-342.



MALE: major adverse limb events

- Sensitivität/Spezifität für die Diagnose PAVK: 83% / 88%
- Unabhängige Vorhersage von Todesfällen, kardiovask. Ereignissen und extremitätenbezogenen Ereignissen durch die in Quartile kategorisierte Risiko-Scores

Fazit für Klinik und Praxis

- Bedeutsamer als Studien zur Beurteilung der Durchblutung der Wadenmuskulatur mit modernen bildgebenden Methoden der Mikrozirkulation wären Studien zur Durchblutung der Fußmuskulatur für die Diagnostik und Prognosebestimmung der CLTI.
- Die duplexsonographische Beurteilung der Flussprofile der Knöchelarterien stellt die wichtigste Methode für die Detektion der PAVK insb. vom Unterschenkeltyp bei mediasklerotischen Verschlussdrucken dar.

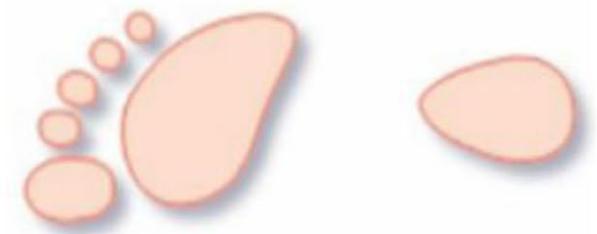
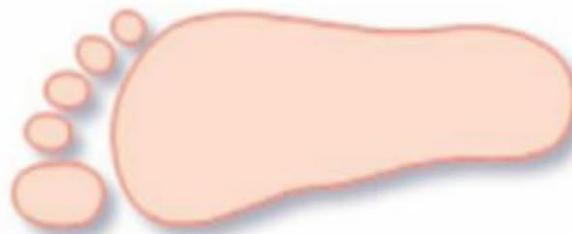
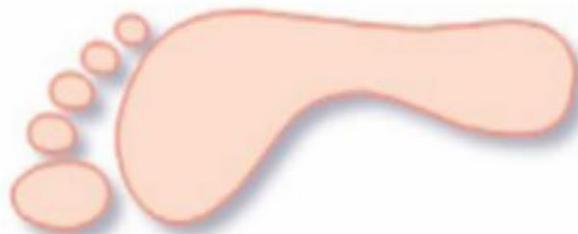
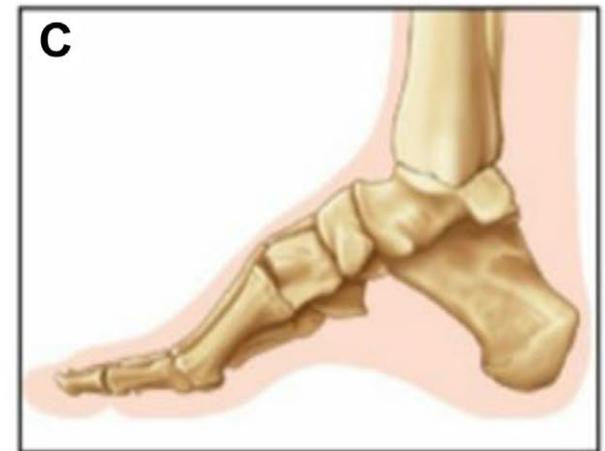
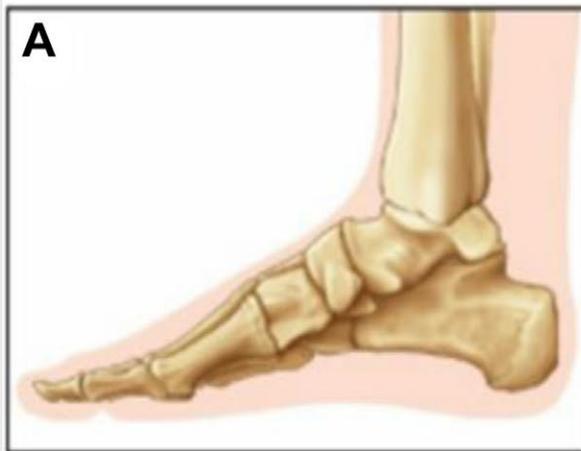
Venen

Statische Störungen des Fußgewölbes und venöse Hämodynamik

Karaca et al. Phlebology 2023;38(9):628-34.

Tsimba et al. Phlebology 2023;38(6):380-8.

Tsimba et al. J Vasc Surg Ven Lymphat Disord 2023;11(6):1203-12.



Physiologisch

Plattfuß

Hohlfuß

Statische Störungen des Fußgewölbes und venöse Hämodynamik

Karaca et al. Phlebology 2023;38(9):628-34.

Tsimba et al. Phlebology 2023;38(6):380-8.

Tsimba et al. J Vasc Surg Ven Lymphat Disord 2023;11(6):1203-12.

Table 4. Comparison of CEAP classification between groups.

Value	Patient	Control	<i>p</i> value ^a
Class 0	1 (%3.4)	13 (%43.3)	<0.001
Class 1	16 (%55.2)	12 (%40.0)	
Class 2	5 (%17.2)	3 (%10.0)	
Class 3	5 (%17.2)	1 (%3.3)	
Class 4	2 (%6.9)	1 (%3.3)	

^aChi-square test was used.

◀ Karaca et al.

Statische Störungen des Fußgewölbes und venöse Hämodynamik

Karaca et al. Phlebology 2023;38(9):628-34.

Tsimba et al. Phlebology 2023;38(6):380-8.

Tsimba et al. J Vasc Surg Ven Lymphat Disord 2023;11(6):1203-12.

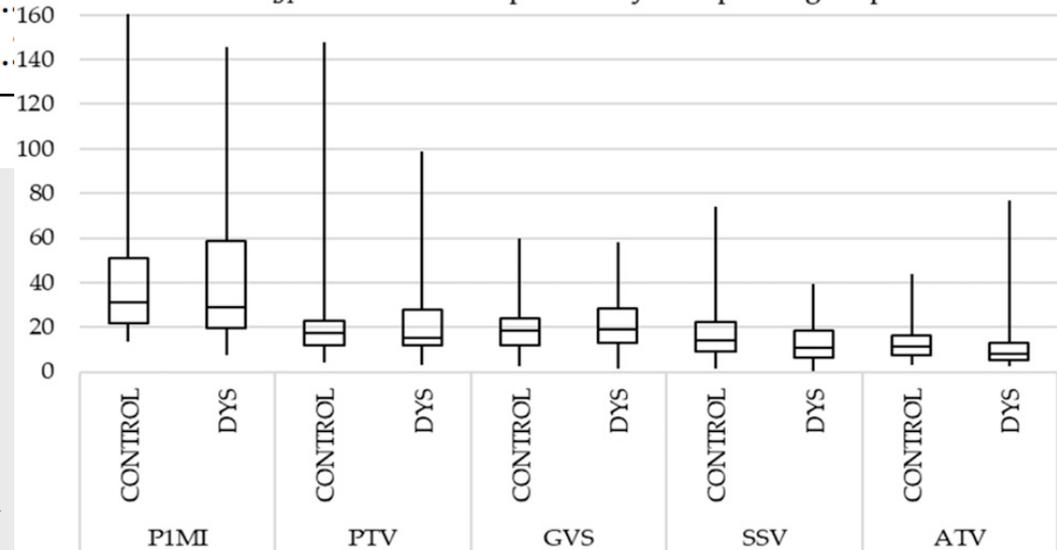
Table 4. Comparison of CEAP classification between groups.

Value	Patient	Control	<i>p</i> value ^a
Class 0	1 (%3.4)	13 (%43.3)	<0.001
Class 1	16 (%55.2)	12 (%40.0)	
Class 2	5 (%17.2)	3 (%10.0)	
Class 3	5 (%17.2)	1 (%3.4)	
Class 4	2 (%6.9)	1 (%3.4)	

^aChi-square test was used.

◀ Karaca et al.

Vmax_{BT} in control and "plantar dysmorphies" groups



Tsimba et al. ▶

Körperliche Aktivität und Diameter der Beinvenen

Béliard et al. Eur J Vasc Endovasc Surg 2023;66(6):856-63

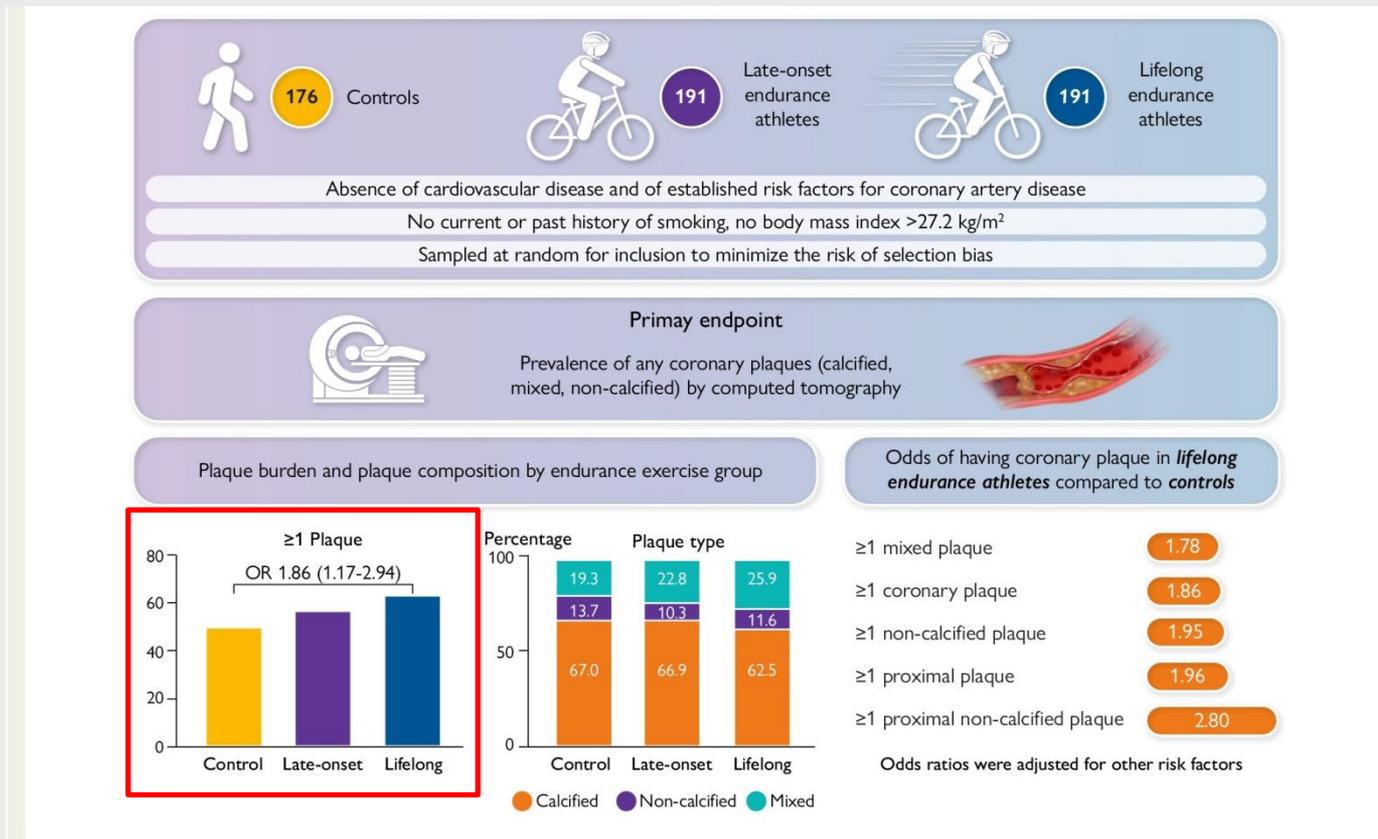
- VARISPORT-Studie
- Jeweils 119 Patienten mit / ohne starke körperliche Aktivität

Diameter (mm)		
V. poplitea	10.9 ± 1.8	9.8 ± 1.9
Muskelvene medialer Gastrocnemiuskopf	6.0 ± 1.7	5.1 ± 1.7
V. saphena magna	4.0 ± 1.4	3.6 ± 0.8
V. saphena parva	2.8 ± 0.9	2.6 ± 1.0
Epifasziale Seitenäste	5.0 ± 2.3	3.9 ± 0.9
Reflux (%)		
V. poplitea	0	0
Muskelvene medialer Gastrocnemiuskopf	0	0
V. saphena magna	9.2	3.5
V. saphena parva	2.6	2.1
Epifasziale Seitenäste	20.8	5.8

Körperliche Aktivität und KHK

De Bosscher et al. Eur Heart J . 2023;44(26):2388-2399.

Master@Heart-Studie



Nierenfunktion bei kompressionsbedingter Stenosierung der linken Nierenvene

Gavrilov et al. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord. 2024;12(1):101668

- Prospektive Studie, Screening von 162 Patientinnen

162 Patientinnen mit pelvinem Stauungssyndrom

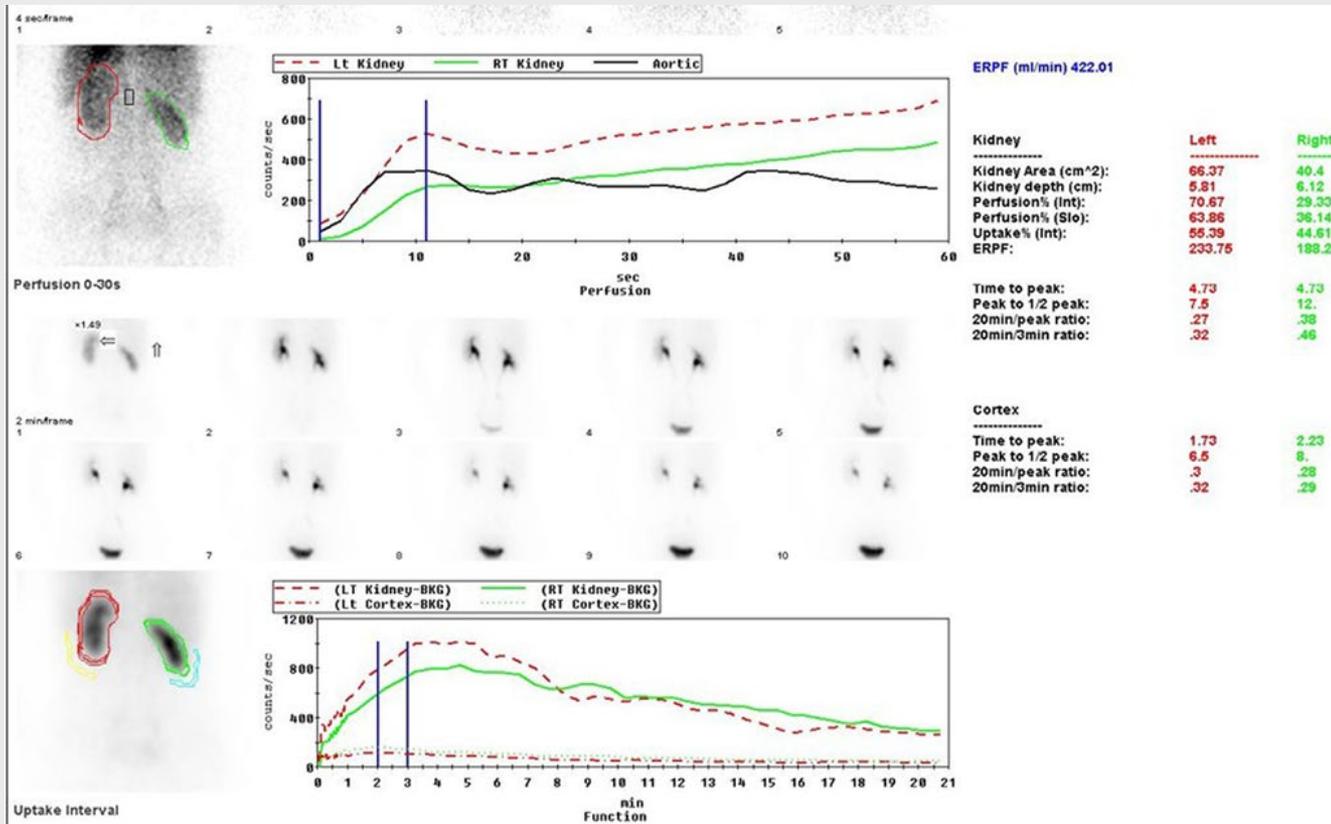
Ausschluss von 122 Patienten ohne Stenosierung der linken Nierenvene

40 Patienten mit duplexsonographischem Nachweis einer Stenosierung der linken Nierenvene (PVR > 4.9)

Nierenfunktionstests, Urinanalyse, dynamische Nierenzintigraphie

Nierenfunktion bei kompressionsbedingter Stenosierung der linken Nierenvene

Gavrilov et al. J Vasc Surg Venous Lymphat Disord. 2024;12(1):101668



- Bei keiner der 40 Patientinnen laborchemisch oder szintigraphisch Störung der Nierenfunktion

Fazit für Klinik und Praxis

- Statische Störungen des Fußgewölbes ohne bedeutsamen Einfluss auf die venöse Funktion der unteren Extremitäten
- Regelmäßige sportliche Aktivität in hohem Umfang kann einen Risikofaktor für die Entwicklung einer Insuffizienz epifaszialen Venen darstellen.
- Eine Kompression der linken Nierenvene mit funktioneller Stenosierung (Nussknacker-Anatomie) hat keine negativen Auswirkungen auf die Funktion der linken Niere

Mikrozirkulation

Kapillarmikroskopie bei Kawasaki-Erkrankung

Konda et al. Rheumatology (Oxford) 2024;63(2):392-398
Sedaghat et al. Reumatol Clin (Engl Ed). 2023;19(5):255-259.



Angaben in %	Kawasaki (n = 31)	Kontrollen (n = 30)
Kapillardurchmesser		
- Reduziert	25.8	0
- Irregulär erweitert	35.4	13.3
Kapillardichte		
- Reduziert	45.2	0

Fazit für Klinik und Praxis

- Jedes Jahr Publikation zahlreicher Studien zur Mikrozirkulationsdiagnostik, insb. auch zur Kapillarmikroskopie, jedoch nur in Ausnahmefällen klinische Relevanz
- Interessant ist der Einsatz der Kapillarmikroskopie im diagnostischen Work-up vermuteter Vaskulitiden mit Kleingefäßbeteiligung, aktuell untersucht bei Kindern mit Kawasaki-Syndrom