

Zeitschrift für Gefäßmedizin

Bildgebende Diagnostik • Gefäßbiologie • Gefäßchirurgie •
Hämostaseologie • Konservative und endovaskuläre Therapie •
Lymphologie • Neurologie • Phlebologie

**Belastungs-Duplexsonographie zur
Verlaufskontrolle nach Arteria
thoracica interna-Bypass auf den
Ramus interventricularis anterior
in MIDCAB-Technik: Beschreibung der
Methodik und eigene Ergebnisse**

Zeller T, Amantea P, Horn B

Rastan A, Frank U, Bürgelin K

Schwarzwälder U, Neumann FJ

Zeitschrift für Gefäßmedizin 2006;

3 (4), 4-10

Homepage:

www.kup.at/gefaessmedizin

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

**Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft
für Phlebologie und
dermatologische Angiologie**



**Offizielles Organ des Österreichischen
Verbandes für Gefäßmedizin**



**Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft für
Internistische Angiologie (ÖGIA)**



Indexed in EMBASE/COMPENDEX/GEOBASE/SCOPUS

Datenschutz:

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files der Zeitschrift für Gefäßmedizin und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

Lieferung:

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe der Zeitschrift für Gefäßmedizin. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

Abbestellen:

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

Das e-Journal

Zeitschrift für Gefäßmedizin

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

Belastungs-Duplexsonographie zur Verlaufskontrolle nach Arteria thoracica interna-Bypass auf den Ramus interventricularis anterior in MIDCAB-Technik: Beschreibung der Methodik und eigene Ergebnisse

P. Amantea, B. Horn, A. Rastan, U. Frank, K. Bürgelin, U. Schwarzwälder, F. J. Neumann, T. Zeller

Kurzfassung: *Studienziel:* Wir haben untersucht, ob es über die Bestimmung der systolischen (V_s) und diastolischen (V_d) Maximalfließgeschwindigkeiten und deren Quotienten (SDQ) unter Belastung möglich ist, eine Insuffizienz von Arteria-thoracica-Bypass auf den Ramus interventricularis anterior zu diagnostizieren. Die Patienten wurden in Ruhe sowie nach Volumen- (Azoulay-Test) und Fahrradergometerbelastung untersucht. *Patienten und Methodik:* Bei 55 Patienten (mittleres Alter 63 ± 10 Jahre, 7 Frauen, 48 Männer) wurde direkt postoperativ die Offenheit der ATI duplexsonographisch kontrolliert. Alle Patienten wurden postoperativ (40 Patienten, 73 %) oder im Verlauf (15 Patienten, 27 %) angiographiert. Bei 29/55 Patienten (52 %) wurde im Verlauf in Ruhe sowie unter Volumen- und Ergometerbelastung (25–75 W) V_s , V_d sowie deren Quotient SDQ bestimmt. *Ergebnisse:* Die Volumenbelastung führte zu einem signifikanten Anstieg der V_d von 41 ± 20 cm/s auf 49 ± 20 cm/s ($p < 0,005$), während V_s unverändert (54 ± 17 cm/s vs. 53 ± 21 cm/s; $p = 0,64$) blieb. Der SDQ fiel von $1,44 \pm 0,46$ auf $1,17 \pm 0,45$ ($p < 0,001$). Bei 6 Patienten mit einer angiographisch nachgewiesenen Bypass-Stenose kam es zu einem Anstieg des SDQ von $1,65 \pm 0,5$ auf $2,1 \pm 0,7$ ($p < 0,03$). Unter Fahrradergometerbelastung veränderten sich bei „Bypassgesunden“ alle 3 Parameter signifikant: SDQ Ruhe: $1,4 \pm 0,46$ vs. SDQ 75 W $1,1 \pm 0,48$, $p = 0,04$; V_s Ruhe 54 ± 17 vs. V_s 75 W 68 ± 18 cm/s, $p < 0,001$; V_d Ruhe 41 ± 19 vs. V_d 75 W 71 ± 27 cm/s,

$p < 0,001$. Bei Patienten mit ATI-Bypass-Stenose zeigte sich unter allen Belastungsstufen bei der Fahrradergometerbelastung ein nicht-signifikanter Anstieg des SDQ (SDQ Ruhe $1,3 \pm 0,7$ cm/s vs. SDQ 75 W $1,9 \pm 1,1$ cm/s, $p = 0,69$). *Schlußfolgerung:* Nach MIDCAB-Operation führt eine Volumenbelastung über die Aktivierung der koronaren Flußreserve zu einem Abfall des SDQ bei funktionstüchtigen Bypassen, während er bei Bypassinsuffizienz ansteigt. Die Fahrradergometerbelastung führt zu einem stärkeren Anstieg von V_d auf höherer Belastungsstufe, ist aber zur Erkennung einer Bypassinsuffizienz entbehrlich.

Stress Duplex Ultrasound for Follow-up After Internal Thoracic Artery Bypass to the Left Anterior Descending Artery Using MIDCAB Technique. *Aim:* The aim of the study was to examine whether detection of graft stenosis or insufficiency is possible by measuring the peak systolic (V_s) and diastolic (V_d) velocities and their ratios (SDR) under stress conditions. Patients underwent duplex ultrasound examination resting and after volume stress testing (Azoulay Test) and bicycle stress test. *Material and Methods:* Of 55 patients (mean age 63 ± 10 years; 7 female, 48 male) the patency of the internal thoracic artery was evaluated by duplex ultrasound. 40 of them (73 %) underwent immediate coronary angiography after surgery, 15 (27 %) during the next 1 to 4 years. In 29 of 55 patients (52 %), V_s and V_d and SDR were as-

sessed resting as well as under volume stress testing and bicycle stress test. *Results:* Volume stressing led to a significant raise of V_d from 41 ± 20 cm/s to 49 ± 20 cm/s ($p < 0,005$), whereas V_s remained stable (54 ± 17 cm/s vs. 53 ± 21 cm/s; $p = 0,64$). The SDR decreased from $1,44 \pm 0,46$ to $1,17 \pm 0,45$ ($p < 0,001$). 6 patients who had an angiographically proven bypass stenosis showed an increase of the SDR from $1,65 \pm 0,5$ to $2,1 \pm 0,7$ ($p < 0,03$). During bicycle stress test all three parameters were significantly changed in patients without graft stenosis compared to baseline: SDR resting $1,4 \pm 0,46$ vs. SDR 75 W $1,1 \pm 0,48$, $p = 0,04$; V_s resting 54 ± 17 vs. V_s 75 W 68 ± 18 cm/s, $p < 0,001$; V_d resting 41 ± 19 vs. V_d 75 W 71 ± 27 cm/s, $p < 0,001$. On the other hand, patients with ITA-bypass stenosis under bicycle stress test showed a non-significant increase of SDR at all stress levels (SDR resting $1,6 \pm 0,5$ cm/s vs. SDR 75 W $2,3 \pm 1,9$ cm/s, $p = 0,69$). *Conclusions:* Volume stressing leads to a decreased SDR by activation of the coronary flow reserve in patients without graft stenosis and to a non-significant increase of SDR in patients with graft stenosis. Bicycle stress test confirms the changes of SDR seen under volume stressing but leads to a stronger rise of V_d on bicycle stress test when stressed with 50 W or more. However, bicycle stress test does not provide additional information in the detection of bypass graft insufficiency compared to volume stressing. **Z Gefäßmed 2006; 3 (4): 4–10.**

■ Einleitung

Bei der chirurgischen Behandlung der koronaren Herzkrankheit hat sich der arterielle Bypass auf den Ramus interventricularis anterior (RIA) mittels Arteria thoracica interna (ATI) (Abb. 1) in den letzten 25 Jahren aufgrund seiner exzellenten Offenheitsrate nach 10 bzw. 15 Jahren im Vergleich zum Venenbypass als Revaskularisation der Wahl durchgesetzt [1–5]. Seit Einführung der „minimal-invasiven“ Bypassversorgung des RIA mit der ATI am schlagenden Herzen ohne kardiopulmonalen Bypass durch laterale Thorakotomie (MIDCAB) [6–9], die auch bei Hochrisikopatienten mit einer deutlich erhöhten perioperativen Morbidität und Mortalität durchgeführt werden kann, die für eine konventionelle Bypassoperation mit einem vertretbaren Risiko nicht in Frage kommen, gewinnt die duplexsonographische Darstellung der ATI vor und nach koronarer Bypassversorgung zunehmend an Bedeutung [6, 9–18]. Die native ATI ist in der Regel para-

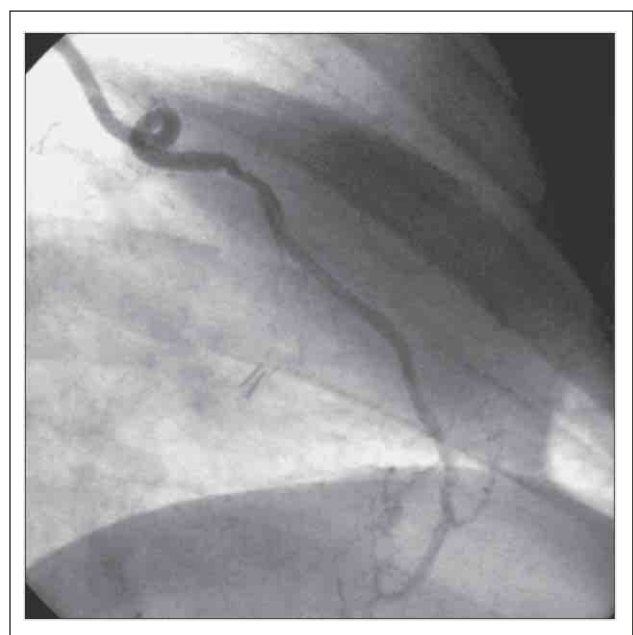


Abbildung 1: Beispiel eines ATI-Bypasses auf den Ramus interventricularis anterior 8 Jahre nach Implantation in MIDCAB-Technik.

Aus der Abteilung Angiologie, Herz-Zentrum Bad Krozingen

Korrespondenzadresse: CA PD Dr. med. Thomas Zeller, Abteilung Angiologie, Herz-Zentrum Bad Krozingen, D-79189 Bad Krozingen, Südring 15; E-Mail: thomas.zeller@herzzentrum.de

sternal subklavikulär duplexsonographisch in ihrem Verlauf darstellbar und damit ist eine nicht-invasive Diagnostik des Gefäßes möglich. Bei der minimal-invasiven Operationstechnik wird die linke ATI in der Regel in ihrem Ursprung nicht vollständig mobilisiert – die 1. Interkostalarterie wird meist nicht abgetrennt – und bleibt somit im Gegensatz zur konventionellen Präparationstechnik durch Sternotomie an ihrem Ursprung aus der A. subclavia duplexsonographisch darstellbar (Abb. 2, 3). In der Literatur existieren Beschreibungen über die Veränderungen der duplexsonographisch abgeleiteten Dopplerflußprofile der ATI in Ruhe und nach Belastung nach konventioneller Bypassanastomosierung [10–12, 15, 19–32] sowie über duplexsonographische Grenzwerte in Ruhe und deren Flußveränderungen nach minimal-invasiver Anastomosierung auf den Ramus interventricularis anterior [6, 16–18, 33, 34], die eine Diagnose einer Bypassinsuffizienz nach MIDCAB-Operation erlauben. In der Arbeit von Sunderdiek et al. [6] werden lediglich die Veränderungen der systolischen und diastolischen Flußgeschwindigkeiten in Ruhe sowie unter Belastung (Hand-Grip-Test) beschrieben. Bisher existiert jedoch nur eine Beschreibung der Veränderungen der systolischen (V_s) und diastolischen (V_d) Spitzenflußgeschwindigkeiten und des Quotienten des diastolischen zu systolischen Zeit-Geschwindigkeitsintegrals der ATI unter Fahrradergometerbelastung [6].

■ Patienten und Methodik

Über einen Zeitraum von 29 Monaten wurden in unserer herzchirurgischen Abteilung bei 60 Patienten (mittleres Alter 63 ±

10 Jahre, 7 Frauen, 53 Männer) singuläre Bypassversorgungen des RIA mit der ATI in MIDCAB-Technik durchgeführt. Bei 55 dieser Patienten erfolgte meist noch am OP-Tag postoperativ eine Duplexdarstellung der ATI beidseitig (Abb. 4a, b). Von den 55 initial durch eine Ruheduplexsonographie nachuntersuchten Patienten verstarb ein Patient postoperativ an einem Infarkt, 2 weitere im Verlauf. Von den verbliebenen 52 Patienten wurde zwischen November 1999 und Dezember 1999 bei 29 Patienten (56%) im Rahmen einer Doktorarbeit (BH) eine Volumen- und Fahrradergometerbelastung durchgeführt. Die Patienten wurden zunächst durch einen standardisierten Test einer Volumenbelastung unterzogen („Azoulay-Test“ = bei liegendem Patienten werden für 2 Minuten die Beine um 70–90° angehoben und vor und direkt nach der Volumenbelastung die ATI-Dopplerkurven abgeleitet; Abb. 3b). Nach 5 Minuten Ruhepause und erneuter Ableitung eines Dopplerspektrums als Ruhe-Referenzwert erfolgte eine Fahrradergometerbelastung liegend von 25 W bis 75 W, alle 2 Minuten um 25 W gesteigert. Auf jeder Belastungsstufe und 5 Minuten nach Belastung wurde parasternal subklaviku-

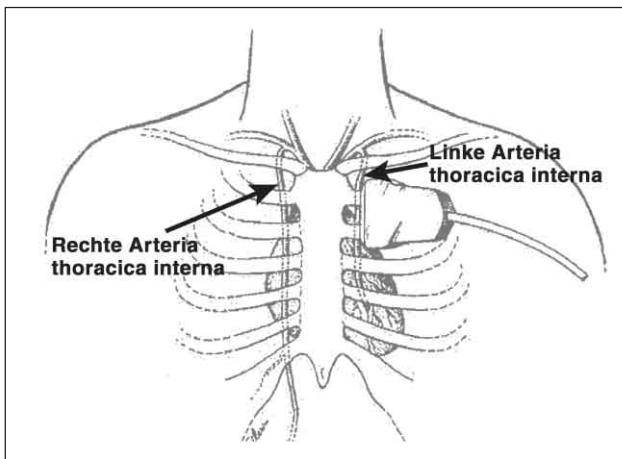


Abbildung 2: Topographie A. thoracica interna beidseits. Lage des Ultraschallkopfes.



Abbildung 3:
a) Schallkopfposition bei Untersuchung der A. thoracica interna links.
b) Position der Beine bei Azoulay-Test.

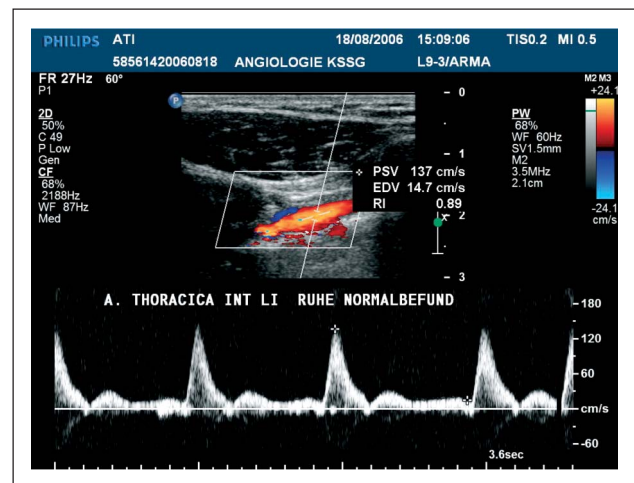


Abbildung 4a: Triphasisches normales Dopplerprofil: Linke A. thoracica interna vor Bypassanastomosierung.

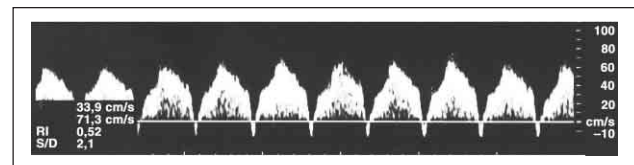


Abbildung 4b: Mono- bis biphasisches Dopplerspektrum mit kurzem retrogradem Fluß enddiastolisch der A. thoracica interna nach MIDCAB-Operation.

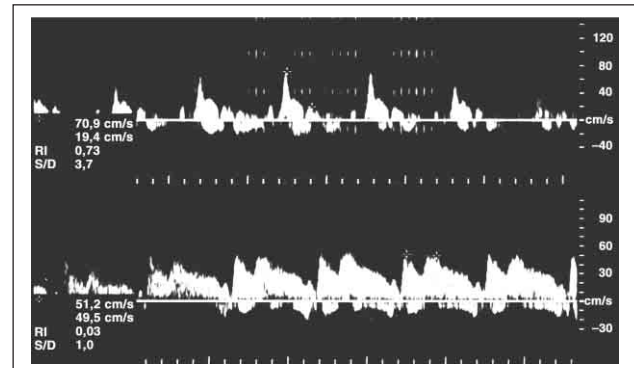


Abbildung 4c: Dopplerprofil bei Bypassverschuß und nach Revision.

lär im 1. oder 2. Interkostalraum mit einem 4–7 MHz Linear-schallkopf (ATL Ultramark 9, Fa. ATL, Bothwell, WA, USA) die linke ATI dargestellt. V_s und V_d wurden mittels winkelkorrigierter gepulster Dopplermessung bestimmt und der SDQ aus diesen Werten berechnet. Aus anatomischen Gründen mit einem Verlauf der ATI aus der Tiefe nach Abgang aus der A. subclavia zum Schallkopf hin konnten die Dopplerprofile sämtlich mit einer Winkelkorrektur $< 60^\circ$ abgeleitet werden. Analysiert wurden die Modulation des Dopplerspektrums, V_s und V_d sowie der SDQ.

Die Dopplermessungen wurden mit den angiographischen Ergebnissen korreliert. Alle Patienten des ursprünglichen Studienkollektivs ($n = 55$) wurden mit selektiver Darstellung des ATI-Bypasses koronarangiographiert, 36 Patienten postoperativ während der initialen Evaluierungsphase nach Einführung der neuen Operationsmethode im Rahmen eines festgelegten Studienprotokolls (0.–14. postoperativer Tag), 19 Patienten im weiteren klinischen Verlauf (6–14 Monate postoperativ).

Statistik

Mittelwerte wurden mit \pm Standardabweichung angegeben. Die Signifikanzberechnung erfolgte für nicht-gepaarte Gruppen (Vergleich zwischen den Gruppen) mit dem Mann-Whitney-U-Test, bei Vergleich gepaarter Stichproben mit dem Wilcoxon-paired-Test. Ein $p < 0,05$ gilt als statistisch signifikant. Sensitivität, Spezifität, der positive und negative prädiktive Wert eines SDQ > 2 wurden mittels 4-Felder-Test berechnet.

Resultate

Volumenbelastung

Bei 23 bypassgesunden Patienten, bei denen mittels des Azoulay-Tests eine Volumenbelastung durchgeführt wurde, zeigte sich duplexsonographisch ein signifikanter Anstieg von V_d von 41 ± 20 cm/s auf 49 ± 20 cm/s ($p < 0,005$) (Abb. 5, Tab. 1). V_s hingegen blieb bei der Volumenbelastung bei by-

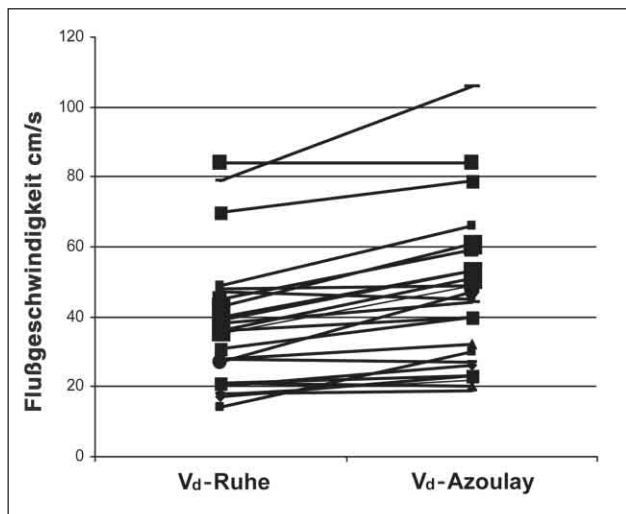


Abbildung 5: Patienten ohne Bypass-Stenose: Zunahme der distolischen Spitzenflußgeschwindigkeiten (V_d) unter Volumenbelastung.

passgesunden Patienten unverändert. Der SDQ fiel demzufolge von $1,44 \pm 0,46$ auf $1,17 \pm 0,45$ ($p < 0,001$) (Abb. 6, Tab. 1).

Bei 6 Patienten mit angiographisch nachgewiesener Bypassinsuffizienz zeigte sich hingegen duplexsonographisch ein signifikanter Anstieg des SDQ von $1,65 \pm 0,5$ auf $2,1 \pm 0,7$ ($p < 0,03$) (Abb. 7).

Tabelle 1. Dopplerwerte Volumenbelastung (Azoulay-Test) im Vergleich „Bypassgesunde“ vs. Bypassinsuffizienz

	Bypass intakt n = 23	Bypassinsuffizienz n = 6	p-Wert
$V_{systolisch}$ Ruhe [cm/s]	54 ± 17	74 ± 23	n.s.
$V_{diastolisch}$ Ruhe [cm/s]	41 ± 20	45 ± 36	n.s.
SDQ-Ruhe	$1,44 \pm 0,46$	$1,65 \pm 0,5$	n.s.
$V_{systolisch}$ Azoulay [cm/s]	66 ± 27	82 ± 22	n.s.
$V_{diastolisch}$ Azoulay [cm/s]	49 ± 20	38 ± 27	n.s.
SDQ-Azoulay	$1,17 \pm 0,45$	$2,10 \pm 0,7$	n.s.

SDQ: systolisch-diastolischer Quotient

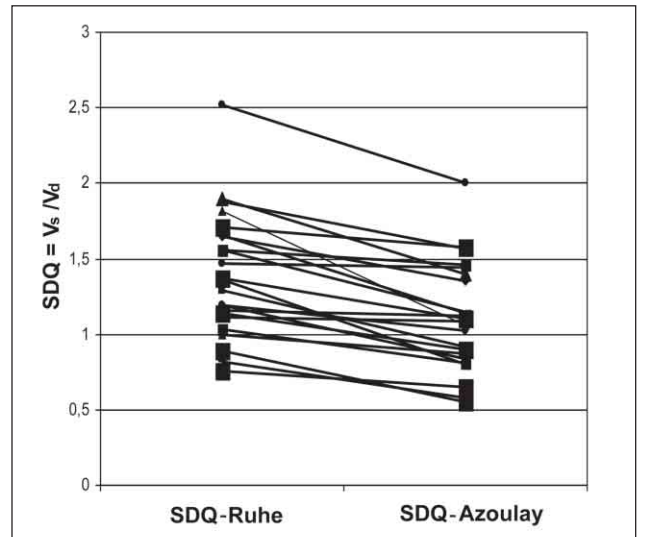


Abbildung 6: Patienten ohne Bypass-Stenose: Abnahme des systolisch/diastolischen Flußquotienten in Ruhe unter Volumenbelastung.

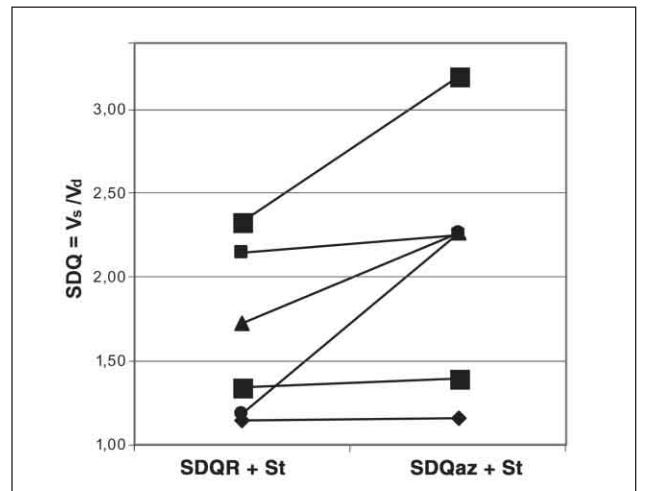


Abbildung 7: Patienten mit Bypass-Stenosen: Anstieg des systolisch/diastolischen Flußquotienten unter Volumenbelastung (SDQ az + St) im Vergleich zum Ruhewert (SDQ R + St).

Von diesen 6 Patienten wurde ein Patient direkt nach Durchführung der Duplexsonographie wegen eines akuten Infarktes ohne Angiographie reoperiert (Abbildung 4c), 3 Patienten unmittelbar postoperativ nach angiographischer Bestätigung des Duplexbefundes und zwei Patienten im Verlauf des Follow-up. In 4 Fällen zeigten sich jeweils höchstgradige (> 90 %) Anastomosen-Stenosen der ATI auf den RIA, bei einem Patienten fand sich eine 50–70 % Stenose der ATI proximal der Anastomose.

Fahrradergometerbelastung

29 Patienten wurden von 25 W bis 75 W belastet, 11 von diesen Patienten konnten bis 100 W belastet werden. Bei den 23 „Bypassgesunden“ kam es unter allen Belastungsstufen zu einem signifikanten kontinuierlichen Anstieg der diastolischen Spitzengeschwindigkeit von 41 ± 19 auf 71 ± 27 cm/s, ($p < 0,001$) (Abb. 8) und einer signifikanten Veränderung der systolischen Spitzengeschwindigkeit und des SDQ (SDQ-Ruhe $1,4 \pm 0,46$ vs. SDQ 75 W $1,1 \pm 0,48$, $p = 0,04$; V_s -Ruhe 54 ± 17 cm/s vs. V_s 75 W 68 ± 18 cm/s, $p < 0,001$).

Im Vergleich mit den „bypassgesunden“ Patienten zeigte sich bei den Patienten mit angiographisch nachgewiesener Bypassinsuffizienz keine statistisch signifikante Veränderung von V_s , V_d (Tab. 2) sowie des SDQ. Der SDQ war bei Patienten mit Bypassinsuffizienz auf den Belastungsstufen 25 W und 50 W signifikant höher als bei Patienten ohne Bypass-Stenose. Auf der 25 W-Stufe zeigte sich ein Anstieg des SDQ von $1,6 \pm 0,5$ auf $2,1 \pm 1,2$ ($p = 0,03$) und auf der 50 W-Stufe auf $1,9 \pm 1,1$ ($p = 0,05$). Bei einer Belastung von 75 W war

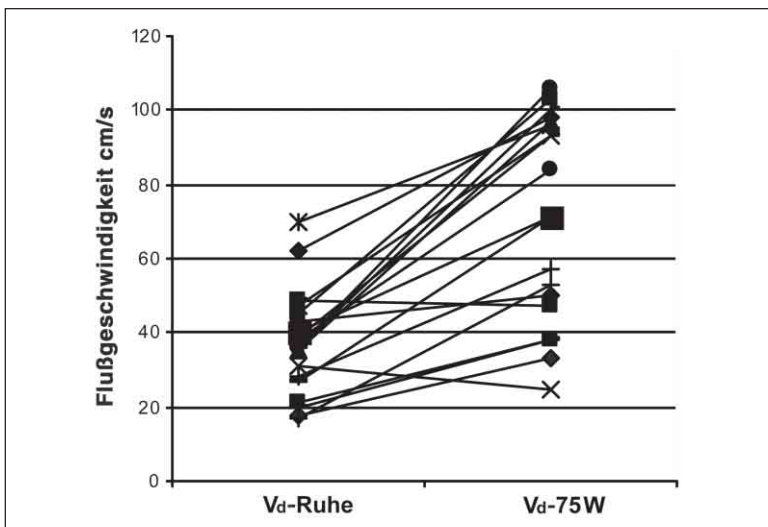


Abbildung 8: Patienten ohne Bypass-Stenose: Anstieg der diastolischen Spitzenflußgeschwindigkeit (V_d) unter Fahrradergometrie bei 75 W.

Tabelle 2. Dopplerwerte dynamische Belastung (Fahrradergometrie) im Vergleich „Bypassgesunde“ vs. Bypassinsuffizienz

	Bypass intakt n = 23	Bypass- insuffizienz n = 6	p-Wert
$V_{systolisch}$ Ruhe [cm/s]	54 ± 17	59 ± 14	n.s.
$V_{systolisch}$ 75 W [cm/s]	68 ± 18	72 ± 17	n.s.
$V_{diastolisch}$ Ruhe [cm/s]	49 ± 19	45 ± 36	n.s.
$V_{diastolisch}$ 75 W [cm/s]	71 ± 27	53 ± 36	n.s.
SDQ-Ruhe	$1,4 \pm 0,46$	$1,6 \pm 0,5$	n.s.
SDQ-75 W	$1,1 \pm 0,48$	$2,3 \pm 2,1$	n.s.

SDQ: systolisch-diastolischer Quotient

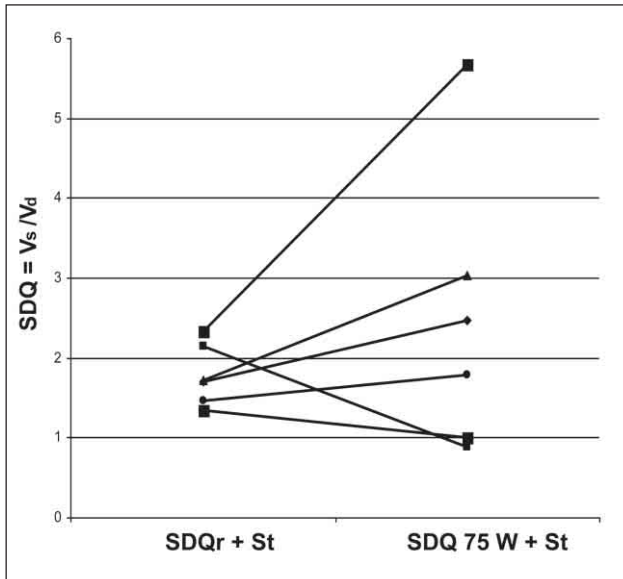


Abbildung 9: Patienten mit Bypass-Stenosen: Anstieg des systolisch/diastolischen Flußquotienten unter Fahrradergometerbelastung bei 75 W (SDQ 75 W + St) im Vergleich zum Ruhewert (SDQ R + St).

der SDQ mit einem Wert von $2,3 \pm 2,1$ ($p = 0,16$) nicht mehr signifikant unterschiedlich zwischen den Gruppen (Abb. 9).

Tabelle 3 zeigt die Werte für den negativen prädiktiven Wert, positiven prädiktiven Wert, Sensitivität und Spezifität inkl. der 95 %-Konfidenzintervalle für die korrekte Identifikation einer Bypass-Stenose durch die Duplexsonographie. Als Cut-off-Wert wurde ein $SDQ > 2,0$ verwendet.

Vergleich Volumen- und Fahrradergometerbelastung

Bei den bypassgesunden Patienten zeigten sich sowohl unter Volumen- und Ergometerbelastung keine signifikanten Unterschiede von V_s und SDQ: V_s Azoulay 51 ± 19 cm/s vs. V_s 75 W 67 ± 18 cm/s ($p = n.s.$), SDQ Azoulay $1,18 \pm 0,43$ vs. SDQ 75 W $1,06 \pm 0,48$ ($p = n.s.$).

V_d zeigte jedoch einen signifikant stärkeren Anstieg bei 75 W gegenüber der reinen Volumenbelastung (V_d -Ruhe 41 ± 21 cm/s; V_d Azoulay: 51 ± 21 cm/s vs. V_d 75 W 71 ± 27 cm/s, $p < 0,001$).

Bei den Patienten mit nachgewiesener Bypassinsuffizienz kam es zu keinen signifikanten Veränderungen von V_s , V_d und SDQ im Vergleich zwischen Volumen- und 75 W-Ergometerbelastung: V_s Azoulay 66 ± 27 cm/s vs. V_s 75 W 72 ± 17 cm/s

Tabelle 3. Negativer prädiktiver Wert (NPW), positiver prädiktiver Wert (PPW), Sensitivität und Spezifität inkl. der 95 %-Konfidenzintervalle (KI) für die korrekte Identifikation einer Bypass-Stenose durch Duplexsonographie (Cut-off-Wert $SDQ > 2,0$)

	Wert	Unteres 95 %-KI	Oberes 95 %-KI
NPW	85 %	65 %	96 %
PPW	50 %	7 %	93 %
Sensitivität	33 %	4 %	78 %
Spezifität	92 %	73 %	99 %

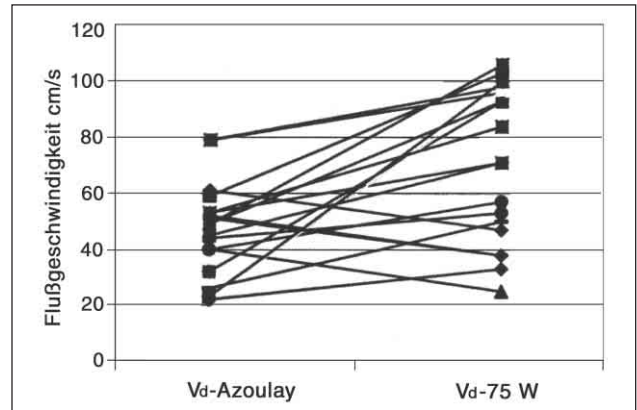


Abbildung 10: Patienten ohne Bypass-Stenose: Vergleich Volumenbelastung und Ergometerbelastung bei 75 W: Anstieg der diastolischen Spitzenflußgeschwindigkeit (V_d).

($p = 0,14$), V_d Azoulay 38 ± 27 cm/s vs. V_d 75 W 53 ± 36 cm/s ($p = 0,14$), SDQ Azoulay $2,09 \pm 0,7$ vs. SDQ 75 W $2,3 \pm 2,1$, ($p = n.s.$; Abb. 10).

■ Diskussion

Sowohl direkt postoperativ als auch im weiteren Verlauf nach MIDCAB-Operation kann die Duplexsonographie der ATI in Ruhe, wie oben beschrieben, als einfache und nicht-invasive Methode zur semiquantitativen Offenheitskontrolle des ATI-Bypasses nach MIDCAB-Operation angewendet werden [6, 15–21, 35]. Wir konnten in der vorliegenden Arbeit zeigen, daß sich durch eine Belastungsduplexsonographie, entweder mittels Volumen- oder Fahrradergometerbelastung, Bypassstenosen demaskieren lassen. Diese Ergebnisse bestätigen die Resultate von überwiegend medikamentösen Belastungsstudien mit Dipyridamol oder Adenosin nach konventioneller ATI-Bypassanastomosierung, die wie in der vorliegenden Studie jeweils einen Anstieg der systolischen Flußgeschwindigkeit und einen Abfall der diastolischen Spitzenflußgeschwindigkeit im Falle einer Bypass-Stenose bzw. eines Verschlusses nachwiesen [16, 23, 28, 29, 32].

Von Vorteil ist die Einfachheit der Volumenbelastung, da insbesondere beim polymorbiden älteren Patienten eine Fahrradergometerbelastung aus Mobilitätsgründen oder aufgrund einer manifesten Herzinsuffizienz häufig nicht durchführbar ist, letzteres gilt auch für die medikamentösen Belastungsprotokolle.

Als Goldstandard zur Verlaufsbeurteilung gilt weiterhin die Angiographie. Diese ist neben weiteren Methoden wie Streßechokardiographie oder nuklearmedizinischen Methoden zur Ischämiediagnostik geeignet und somit zum Nachweis einer Bypassinsuffizienz häufig auch an größeren Zentren nicht kurzfristig verfügbar, zudem teuer und im Vergleich zur Duplexsonographie für den Patienten mit möglichen unangenehmen Nebeneffekten verbunden. Bei Patienten mit komplettem Linksschenkelblock ist zudem die Interpretation von EKG-Veränderungen erschwert.

Als weitere nicht-invasive Methode zur potentiellen Diagnose von Bypass-Stenosen der Arteria thoracica interna ist die

64-Zeilen-Computertomographie zu erwähnen, allerdings gibt es diesbezüglich noch keine publizierten Erfahrungen. Für die Erfassung von Stenosen im Bereich der Herzkranzgefäße wird in der Literatur eine Sensitivität und Spezifität von 88,6 % beziehungsweise 96,6 % angegeben. In 3,6 % der Fälle konnte der Befund nicht beurteilt werden (n = 787) [36, 37]. Des weiteren erlaubt die Methode auch die Ermittlung des Ausmaßes der Verkalkungen an den Herzkranzgefäßen bei stark reduzierter Dosis ohne Kontrastmittel. Zusätzlich ist eine Klappendiagnostik sowie Ventrikelanalyse möglich. Im Bereich von Stents ist eine Graduierung der Intimahyperplasie oder Diagnose der In-Stent-Stenose jedoch nicht möglich.

Der Vergleich zwischen reiner Volumenbelastung und der Fahrradergometerbelastung zeigt bei Bypassgesunden auf mittlerer Belastungsstufe (≥ 50 W) einen stärkeren Anstieg von V_d als Ausdruck der größeren Belastung und damit vermehrten Koronarperfusion während der Diastole bei vergleichbaren V_s und SDQ. Die in der vorliegenden Arbeit beschriebenen Veränderungen von V_s und V_d und des SDQ in der Arteria thoracica interna (ATI) nach MIDCAB-Operation unter Volumen- und Fahrradergometerbelastung, sowohl bei Bypassgesunden als auch bei Patienten mit Bypass-Stenose, sind vergleichbar mit den Resultaten der Arbeit von Sunderdiek et al., die 35 Patienten nach MIDCAB-Operation mittels eines standardisierten Hand-Grip-Manövers belastet haben [6]. Es zeigt sich, daß es sowohl bei Volumen- und Fahrradergometerbelastung als auch bei Belastung durch die Faustschlußprobe – somit unabhängig von der Belastungsart – bei Bypassgesunden durch die Erhöhung der Koronarperfusion während der Diastole zu einer signifikanten Zunahme des diastolischen Flusses in der ATI kommt. Im Gegensatz zur vorliegenden Arbeit beschreiben Sunderdiek et al. eine knapp signifikante Zunahme des systolischen Flusses während der Faustschlußprobe. Findet sich duplexsonographisch in der ATI in Ruhe ein SDQ von größer als 2,0 und steigt der SDQ unter Volumenbelastung (Azoulay-Test) oder Ergometerbelastung an, so spricht dies für das Vorhandensein einer höhergradigen Stenose und somit für eine Bypassinsuffizienz nach MIDCAB-Operation.

Mauric et al. [21] zeigten, daß es bei der Belastung mit Nitroglycerin (1 mg sublingual) bei unverändertem Fluß im ATI-Graft aufgrund einer relativen Verkürzung der Systole gegenüber der Diastole sowie kompensatorisch gesteigerter Herzfrequenz zu einem statistisch signifikanten Anstieg von V_d kommt. Die zusätzliche körperliche Belastung („Kniebeugen“ liegend) führte zu keinem weiteren statistisch signifikan-

ten Anstieg von V_s und V_d . Bei der alleinigen körperlichen Belastung zeigte sich ein statistisch signifikanter Anstieg von V_s und V_d gegenüber V_s und V_d in Ruhe. Durch die medikamentöse Belastung mit Adenosin (0,14 mg/Kg/Min. i. v. während 2 Min.) zeigte sich ebenfalls ein Anstieg von V_s und V_d [21]. Zudem konnten Meyer et al. zeigen, daß die dopplersonographisch ermittelten Befunde sehr gut mit den invasiv gemessenen Werten korrelieren. Die Studie war aber nicht konzipiert, um eine Graftinsuffizienz zu diagnostizieren. Hingegen konnten Katz et al. [18] zeigen, daß bei proximal verschlossenem Graft kein Fluß und bei distal verschlossenem Graft ein Flußmuster mit vorwiegend systolisch dominanter Komponente vorliegt. Auch in der Arbeit von Takemura et al. [38] konnte nach Anastomosierung der ATI auf den Ramus interventricularis anterior unmittelbar postoperativ in Ruhe ein statistisch signifikanter Anstieg von V_d sowie Rückgang von V_s (jeweils $p < 0,001$) dokumentiert werden. Unter Fahrradergometerbelastung zeigte sich ein Anstieg von V_d und weniger von V_s . Es wurden aber keine Patienten mit Graftstenosen untersucht.

Die Limitation der alleinigen Streß-Duplexsonographie im Vergleich zur Streß-Echokardiographie besteht in der begrenzten Aussage der auf die Perfusion der ATI begrenzten Diagnostik. Bei Angina pectoris-Beschwerden kann eine Ischämie in einem anderen Myokardareal als dem antero-septalen (RIA-Versorgungsgebiet) nicht ausgeschlossen werden. Allerdings handelt es sich bei Patienten, die einer isolierten Revaskularisation des RIA unterzogen werden, in der Regel um koronare Eingefäßerkrankungen oder nicht revaskularisationswürdige zusätzliche Seitenaststenosen, sodaß zumindest in einem zeitlich begrenzten postoperativen Zeitraum bei erneut auftretenden Angina pectoris-Beschwerden am wahrscheinlichsten eine Perfusionsstörung im revaskularisierten Gefäßareal zu erwarten ist. Der besondere Wert der in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungsmethode liegt darin, daß bei angiographisch nicht sicher beurteilbarem ATI-Bypass auf den RIA – z. B. aufgrund nicht selektiver Sondierbarkeit des Bypasses – eine zusätzliche selektive Funktionsuntersuchung zur Verfügung steht. Zusätzlich ermöglicht die Farbduplexsonographie auch eine Darstellung der dem Abgang der ATI vorgeschalteten Arteria subclavia und Arteria vertebralis und damit die nicht-invasive Ausschlußmöglichkeit eines „Subclavian-steal“-Phänomens als mögliche Ursache einer Bypassinsuffizienz. Da jedoch bei jedem Patienten präoperativ der Status der A. subclavia angiographisch abgeklärt und ggf. saniert wird, ist die Ausbildung einer hochgradigen A. subclavia-Stenose im Verlauf relativ unwahrscheinlich.

Tabelle 4. Änderung der systolischen (V_s) und diastolischen Spitzenflußgeschwindigkeiten (V_d) in Abhängigkeit der Belastungsart

Autoren	Belastungsart	V_s -Ruhe (cm/s)	V_s -Belastung (cm/s)	V_d -Ruhe (cm/s)	V_d -Belastung (cm/s)	p-Wert
Sunderdiek 2003 [6]	Hand-Grip-Test	51,4 ± 17,2	56,0 ± 13,2	40,3 ± 16,7	60,6 ± 20,2	< 0,05
Mauric 1995 [21]	Nitroglycerin 0,5 mg s. l.	14,9 (4,5)	9,4 (2,8)	26,9 (12,9)	28 (13,2)	n.s.
Mauric 1995 [21]	„Kniebeugen“ liegend	16,2 (4,8)	23,7 (11,2)	28,5 (8,2)	36,1 (13,7)	0,002
Meyer 2004 [16]	0,14 mg/Kg/Min. Adenosin i. v.	44,2	64	33,8	71,5	< 0,05
Katz 1999 [18]	0,14 mg/Kg/Min. Adenosin i. v.	54 ± 23	72 ± 17	48 ± 20	105 ± 28	< 0,05

Literatur:

- Loop FD, Lytle BW, Cosgrove DM, Stewart RW, Goormastic M, Williams GW, Golding LAR, Gill CC, Taylor PC, Sheldon WC, Proudfit WL. Influence of the internal mammary artery graft on 10 year survival and other cardiac events. *New Engl J Med* 1986; 314: 1–6.
- Tector AJ. Fifteen years' experience with the internal mammary artery graft. *Ann Thorac Surg* 1986; 42: 22–7.
- Okies JE, Page US, Bigelow JC, Krause AH, Salomon NW. The left internal mammary artery: the graft of choice. *Circulation* 1984; 70 (Suppl I): I213–I221.
- Cameron A, Davis KB, Green G, Schaff HV. Coronary bypass surgery with internal-thoracic artery grafts – effects on survival over a 15-year period. *New Engl J Med* 1996; 334: 216–9.
- Berger A, MacCarthy PA, Siebert U, Carlier S, Wijns W, Heyndrickx G, Bartunek J, Vanermen H, De Bruyne B. Long-term patency of internal mammary artery bypass grafts: relationship with preoperative severity of the native coronary artery stenosis. *Circulation* 2004; 110 (Suppl 1): II-36–II-40.
- Sunderdieck U, Kalweit GA, Marx R, Schipke JD, Gams E. Minimally invasive coronary artery bypass grafting in high-risk patients. Late follow up with assessment of left internal mammary artery graft patency and flow by exercise transthoracic Doppler echocardiography. *Cardiovasc Surg* 2003; 11: 389–95.
- Mishra YK, Metha Y, Juneja R, Kasliwal RR, Mittal S, Trehan N. Mammary coronary artery anastomosis without cardiopulmonary bypass through a minithoracotomy. *Ann Thorac Surg* 1997; 63: 114–8.
- Calafiore AM, di Giammarco G, Teodori G, Gallina S, Maddestra N, Palovascia L, Scipioni G, Iovino T, Contini M, Vitolla G. Midterm results after minimally invasive coronary surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1998; 115: 763–71.
- Calafiore AM, di Giammarco G, Teodori G, Bosco G, D'Annunzio E, Barsotti A, Maddestra N, Palovascia L, Vitolla G, Sciarpa A, Fino C, Contini M. Left anterior descending coronary artery grafting via left anterior small thoracotomy without cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1658–63.
- Marx R, Sons H, Lösse B, Bircks W. Grundlagen zur Ultraschall-Duplex-Sonographie der Arteria thoracica interna. *Z Kardiol* 1994; 83: 804–8.
- Krijne R, Lyttwin RM, Höltgen R, Heinrich KW, Marx R, Sons H. Combined two-dimensional and Doppler echographic examination of the internal mammary artery grafts from the supraclavicular fossa. *Int J Card* 1992; 37: 61–4.
- Marx R, Jax T, Schoebel FC, Schannwell CM, Plehn G, Leschke M, Strauer BE. Arteria thoracica interna-Bypass – Grundlagen der Dopplersonographie für die prä- und postoperative Diagnostik. *Z Kardiol* 1998; 87 (Suppl II): 80–6.
- Nasu M, Akasaka T, Okazaki T, Shinkai M, Fujiwara H, Sono J, Okada Y, Miyamoto S, Nishiuchi S, Yoshikawa J, Shomura T. Postoperative flow characteristics of left internal thoracic artery grafts. *Ann Thorac Surg* 1995; 59: 154–62.
- Sons HJ, Marx R, Godehardt E, Lösse B, Kunert J, Bircks W. Duplex sonography of the internal thoracic artery – preoperative assessment. *J Cardiovasc Surg* 1994; 108: 549–55.
- Sons HJ, Vester E, Marx R, Becker T, Schulte HD, Lösse B, Bircks W. Ultrasonic duplex scanning for the assessment of the internal thoracic artery. *J Cardiovasc Surg* 1990; 31 (Suppl I): 58.
- Meyer GP, Laudenberg B, Hausmann D, Mugge A, Cremer J, Hornig B, Weiss T, Hecker H, Haverich A, Drexler H, Schaefer A. Transthoracic Doppler validation in mammary artery grafts after minimal invasive direct coronary artery bypass operation. *J Am Soc Echocardiogr* 2004; 17: 954–61.
- Driever R, Fuchs S, Schmitz E, Vetter HO. Assessment of left mammary artery grafts (LIMA) to left anterior descending artery (LAD) after off-pump coronary artery bypass grafting by color Doppler. *Cardiovasc Surg* 2002; 10: 49–51.
- Katz WE, Zenati M, Mandarino WA, Cohen HA, Gorcsan J 3rd. Assessment of left internal mammary artery graft patency and flow reserve after minimally invasive direct coronary artery bypass. *Am J Cardiol* 1999; 84: 795–801.
- Krijne R, Lyttwin RM, Höltgen R, Heinrich KW. Doppler sonographic examination of the internal mammary artery graft: Influence of exercise. *Int J Cardiol* 1993; 39: 635–41.
- Rombout E, Vantrimont P, Gurne O, Chenu P, Schroeder E, Buche M, Louagie Y, Eucher P, Marchandise B. Noninvasive functional assessment of left internal mammary artery grafts by transcutaneous Doppler echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 1998; 11: 403–8.
- Mauric A, Samani NJ, de Bono DP. Effects of exercise and nitrates on blood flow in internal mammary artery to coronary artery grafts: a non-invasive study. *Clinical Science* 1995; 88: 635–41.
- Hartman JM, Kelder JC, Ackerstaff RG, van Swieten HA, Vermeulen FE, Bogers AJ. Postoperative changes in duplex ultrasound velocity characteristics in the nonmobilized right internal mammary artery in patients with left internal mammary artery bypass grafting. *Ann Vasc Surg* 2004; 18: 207–11.
- De Simone L, Caso P, Severino S, Cicala S, Galderisi M, Renzulli A, Bonzani G, Scherillo M, Mininni N, Cotrufo M. Non-invasive assessment of left and right internal mammary artery graft patency using transthoracic color Doppler echocardiography. *Ital Heart J* 2003; 4: 173–8.
- Madaric J, Mistrik A, Pacak J, Vrsansky M, Rieckensky I. The internal mammary artery bypass—the principles of preoperative and postoperative diagnosis using colour-duplex ultrasound. *Bratisl Lek Listy* 2001; 102: 400–5.
- Yoshitatsu M, Miyamoto Y, Mitsuno M, Toda K, Yoshikawa M, Fukui S, Nomura F, Hirata N, Onishi K. Changes in left anterior descending coronary artery flow profiles after coronary artery bypass grafting examined by means of transthoracic Doppler echocardiography. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003; 126: 1531–6.
- El-Masry MM, Salama MM, Darwish AZ, Abd El-Aziz O. Assessment of left internal mammary artery graft patency by transthoracic Doppler echocardiography. *Clin Cardiol* 2002; 25: 511–6.
- Pizzuto F, Voci P, Mariano E, Puddu PE, Aprile A, Romeo F. Evaluation of flow in the left anterior descending coronary artery but not in the left internal mammary artery graft predicts significant stenosis of the arterial conduit. *J Am Coll Cardiol* 2005; 45: 424–32.
- Calachanis M, Giorgis ML, Barberis G, Morello M, Mangiardi L, Actis Dato G, Trevi G. Contrast enhanced imaging of left internal mammary artery after vasodilation improves the evaluation of the bypass graft. *Minerva Cardioangiologica* 2004; 52: 329–37.
- Song MH, Ito M, Toki S, Tanaka K, Kato W, Iwase J, Tajima K. Echocardiographic evaluation of internal mammary artery graft patency. *Asian Cardiovasc Thorac Ann* 2004; 12: 130–2.
- Cagli K, Emir M, Kunt A, Ergun K, Muharem T, Murat T, Vural K, Sener E. Evaluation of flow characteristics of the left internal thoracic artery graft: perioperative color Doppler ultrasonography versus intraoperative free-bleeding technique. *Tex Heart Inst J* 2004; 31: 376–81.
- Hata M, Raman JS, Shiono M, Sezai A, Negishi N, Sezai Y, Seevanayagam S, Kanagasaby R, Store M, Croce ED, Buxton BF. What can Doppler wave forms of the left internal thoracic artery teach us? The efficacy of apical transthoracic approach of Doppler echocardiography. *Ann Thorac Cardiovasc Surg* 2002; 8: 92–6.
- Cicala S, Renzulli A, Galderisi M, De Simone L, De Feo M, Onorati F, Cerasuolo F, Bonzani G, Caso P, Cotrufo M. Transthoracic Doppler echocardiography of mammary artery grafts to assess graft function. *Can J Cardiol* 2005; 21: 45–9.
- Zeller T, Frank U, Müller C, Horn B, Ginkel B, Pasucci S, Roskamm H, Neumann FJ. Duplexsonographische Normwerte der Arteria thoracica interna nach minimal invasiver Anastomosierung (MIDCAB) auf den Ramus interventricularis anterior. *Ultraschall Med* 2002; 23: 176–80.
- Lisboa LA, Dallan LA, De Figueiredo LF, Molnar L, Filho EM, Ramires JA, De Oliveira SA. A prospective comparison of Doppler echocardiography and postoperative angiography in the assessment of left internal thoracic artery graft in 72 patients submitted to minimally invasive direct coronary artery bypass (MIDCAB). *Heart Surg Forum* 2002; 5 (Suppl 4): S362–S377.
- Tagaki T, Yoshikawa J, Yoshida K, Akasaka T. Noninvasive assessment of left internal mammary artery graft patency using duplex Doppler echocardiography from supraclavicular fossa. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1647–52.
- Leschka S, Alkadhi H, Plass A, Desbiolles L, Grunenfelder J, Marincek B, Wildermuth S. Accuracy of MSCT coronary angiography with 64-slice technology: first experience. *Eur Heart J* 2005; 26: 1482–7.
- Nikolaou K, Knez A, Rist C, Wintersperger BJ, Leber A, Johnson T, Reiser MF, Becker CR. Accuracy of 64-MDCT in the diagnosis of ischemic heart disease. *Am J Roentgenol* 2006; 187: 111–7.
- Takemura H, Kawasuji M, Sakakibara N, Tedoriya T, Ushijima T, Watanabe Y. Internal thoracic artery graft function during exercise assessed by transthoracic Doppler echocardiography. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 914–9.

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

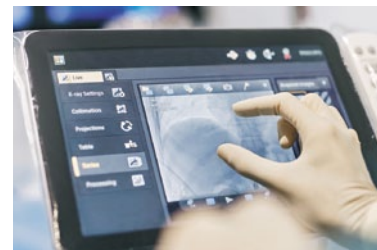
[Medizintechnik-Produkte](#)



Neues CRTD Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

[Bestellung e-Journal-Abo](#)

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)