

Ein Fortschritt in der kardiologischen Diagnostik

Dopplerechokardiographie in Farbe

Die Farbdopplerechokardiographie gewinnt in der nichtinvasiven kardiologischen Diagnostik immer mehr an Bedeutung. Der erfahrene Untersucher kann Insuffizienzen von Klappen und Klappenprothesen sicher erkennen und bei 80 Prozent der Patienten den Schweregrad richtig abschätzen. Darüber hinaus werden angeborene Vitien mit hoher Treffsicherheit entdeckt. Bei großer Erfahrung ist in einigen Fällen eine Herzoperation ohne invasive Diagnostik möglich.

Nicolaus Reifart
und Dieter Kneissl

Ultraschall hat sich zum wichtigsten bildgebenden Verfahren in der Kardiologie entwickelt. Die 1953 eingeführte eindimensionale Echokardiographie (1, 2) wurde Mitte der sechziger Jahre durch die zweidimensionale Echokardiographie ergänzt (3). Durch die Kombination beider Verfahren können die meisten angeborenen und erworbenen Herzfehler zuverlässig erkannt werden. Auch Dimensionen, regionale Kontraktionsstörungen und die globale Auswurfraction, ein wertvoller, prognostischer Parameter, lassen sich erfassen. Zur Beurteilung des Schweregrades eines Klappenfehlers muß jedoch mit Ausnahme der Mitralstenose auf indirekte Pa-

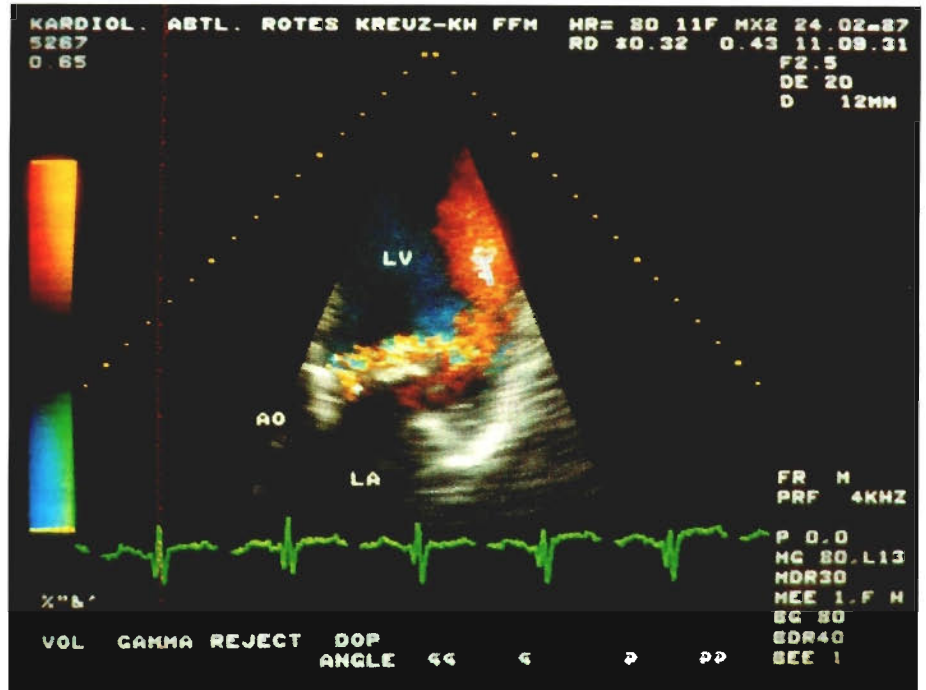


Abbildung 1: Mittelschwere Aorteninsuffizienz, von apikal. Frühdiastolischer bogiger, turbulenter (mosaikartiges Muster) Rückstrom von der Aorta (Ao) in den linken Ventrikel (LV). Dieser Rückstrom prallt auf die Ventrikelhinterwand und wird dann mit geringerer Geschwindigkeit zur Spitze reflektiert. An der Spitze Strömungsumkehr vom Schallkopf weg in Richtung Ausflußtrakt (blau-kodiert). Mittels herkömmlicher eindimensionaler Dopplersonographie wäre die Einschätzung von Flußbreite und -tiefe sehr schwierig

rameter wie Hypertrophie und Dilatation der Herzhöhlen zurückgegriffen werden.

Eine Weiterentwicklung stellt die Dopplerechokardiographie dar, mit der zusätzlich die Blutströmung im Herzen direkt erfaßt und die Geschwindigkeit gemessen wird (4). Dies ermöglicht verlässlicher als zuvor, nichtinvasiv hämodynamische Daten zu berechnen wie Drucke, Druckgradient, Klappenöffnungsfläche und Herzminutenvolumen (5, 6). Nachdem es lange Jahre nur das eindimensionale gepulste oder Continuous-wave-Verfahren gab, beginnt sich in jüngster Zeit die

farbige, zweidimensionale Flußdarstellung (Farbdopplerechokardiographie) durchzusetzen (7, 8). Hierbei sind Richtung und Geschwindigkeit des Blutflusses durch unterschiedliche Farben und Farbintensitäten definiert, so daß eine rasche anatomische Zuordnung normaler und pathologischer Strömungen im Herzen möglich wird. Im Gegensatz zur zeitaufwendigen eindimensionalen Dopplerechokardiographie werden auch schmale, bogig verlaufende Regurgitations-Jets auf einen Blick sichtbar (Abbildung 1). Fluß auf den Schallkopf zu ist rot, vom Schallkopf weg blau dekoriert (Abbildung 2). Hohe Geschwindigkeiten sind durch höhere Farbintensität und Farbumschlag (zum Beispiel von rot nach blau) und Turbu-

Kardiologische Abteilung
Rotes-Kreuz-Krankenhaus
in Frankfurt am Main

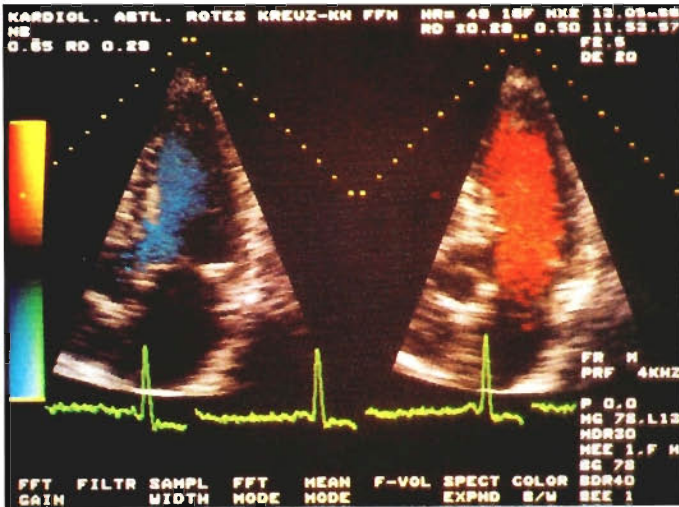


Abbildung 2: Normalbefund. Bei der Darstellung von apikal zeigt sich systolisch eine vom Schallkopf weg gerichtete blau-kodierte Strömung im Ausflusstrakt. Die Mitralklappe ist geschlossen, keine Blutströmung im linken Vorhof (linke Bildhälfte). Die rechte Bildhälfte zeigt die Situation während der Diastole. Bei geöffneter Mitralklappe wird ein homogener rot-kodierter Fluß vom linken Vorhof unterhalb der Mitralis bis in die Ventrikelspitze sichtbar. Es handelt sich um den diastolischen Einstrom

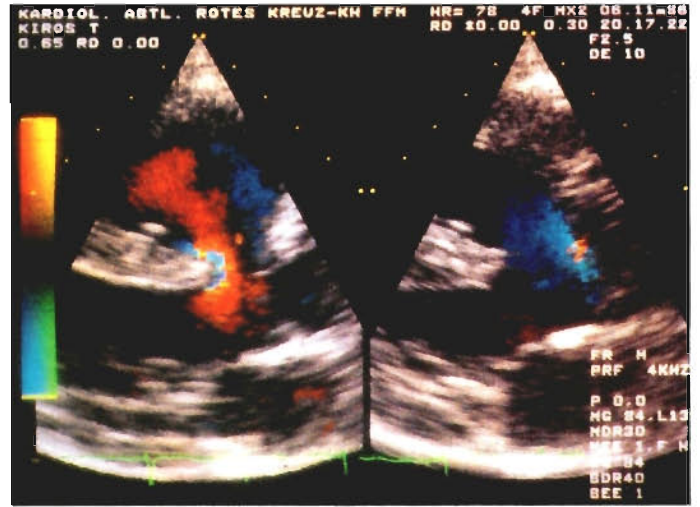


Abbildung 3: Großer Ventrikelseptumdefekt mit gekreuztem Shunt. In der langen Achse parasternal wird auf der linken Bildhälfte ein rot-kodierter Strom von der linken in die rechte Kammer sichtbar, wobei es im Septumdefekt zu einer Strömungsbeschleunigung mit Turbulenzmuster kommt. Die rechte Bildhälfte zeigt den blau-kodierten Rechts-Links Shunt

lenzen durch ein mosaikartiges Spektrum gekennzeichnet (Abbildung 4, 5, 6).

Eigene Erfahrungen

In den letzten zwei Jahren wurden am Rotes-Kreuz-Krankenhaus in Frankfurt 3700 Patienten mit Verdacht auf einen angeborenen oder erworbenen Herzfehler oder nach operativer Korrektur mittels Farbdopplerechokardiographie untersucht. Sämtliche Untersuchungen erfolgten im Anschluß an die konventionelle ein- und zweidimensionale Echokardiographie und vor der invasiven Diagnostik.

Untersuchungstechnik

Mit einem Toshiba SSH 65 A-Gerät und 2,5 MHz-Sonde wurden zunächst in der langen und kurzen Achse, dann im apikalen Zwei- und Vierkammerblick sowie subkostalen Vierkammerblick die Strömungsverhältnisse im Herzen visuell beurteilt. Mittels EKG-getriggter Bild-zu-Bild-Analyse ließ sich zeitliches Auftreten, Breite und Ausdehnung pathologischer Strömungen bestimmen. Zusätzlich wurde die bessere

zeitliche Auflösung des eindimensionalen Farbdopplerechokardiogramms genutzt, um auch kurzzeitige Strömungen exakt zu dokumentieren (zum Beispiel „physiologische Regurgitation“). Bei Klappenstenosen, Kunstklappen und zur Bestimmung des pulmonalen Druckes wurde in der Regel unter audiovisu-

eller Kontrolle mittels Continuous-wave-Doppler (CW) quantifiziert (Abbildung 4).

Normalbefunde

Die zweidimensionale Dopplerdarstellung ist wegen des geringen Winkels zur Blutströmung meist von

Tabelle 1: Bei 112 Patienten mit Aorten- oder Mitralklappeninsuffizienz wurde kurz vor der Linksherzkatheter-Untersuchung (CA) eine semi-quantitative Einschätzung des Schweregrades (Grad 0 bis IV) mittels Farbdopplerechokardiographie (FDE) vorgenommen. Dabei wurden sowohl Breite als auch Ausdehnung des Regurgitationsstroms berücksichtigt. Bei Aortenklappeninsuffizienz war die Übereinstimmung zwischen beiden Methoden 80 Prozent, bei Mitralklappeninsuffizienz 77 Prozent. Nur in fünf Prozent der Fälle differierte die Einschätzung um mehr als einen Schweregrad.

FDE	0	I	II	III	IV
CA					
0	78	4	1		
I	8	19	7	2	
II	2	7	37	7	
III		1	3	31	4
IV				2	11

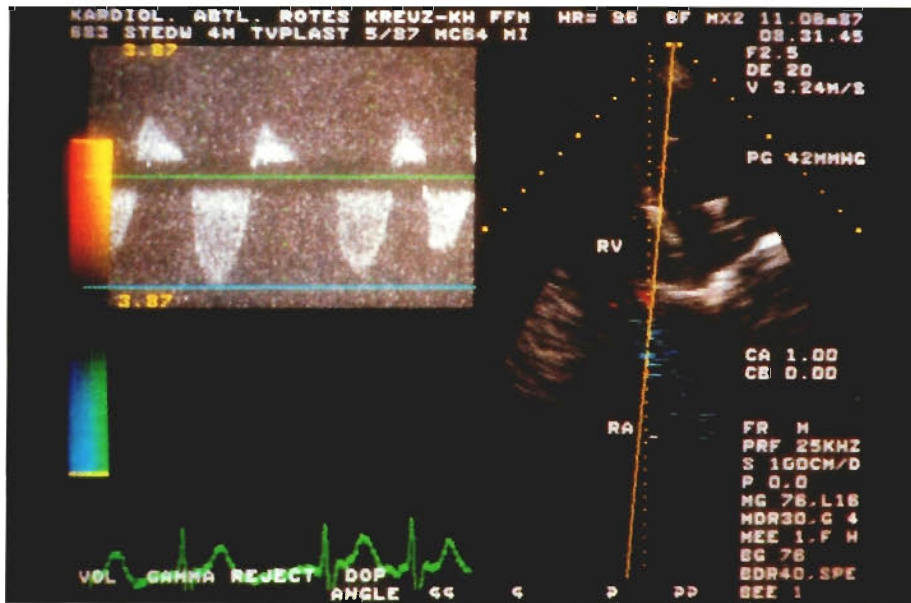


Abbildung 4:
Bei pulmonaler Hypertonie läßt sich wie hier im Vierkammerblick von apikal eine meist geringe Trikuspidalklappeninsuffizienz als systolische, turbulente Regurgitation darstellen. Über die Geschwindigkeitsmessung mittels CW-Doppler-Verfahren läßt sich der systolische Druck in der rechten Kammer berechnen (hier 52 mmHg)

apikal am aufschlußreichsten. Während der Austreibungsphase erkennt man den Ausflußtrakt des linken Ventrikels als blaue und während der Diastole den Einflußtrakt als rot-gelbe Farbkeule (Abbildung 2). Mittels EKG-Triggerung läßt sich jede Phase des Herzzyklus im Momentbild festhalten. Dies erleichtert es, Klappeninsuffizienzen oder Shunts zu entdecken, die dem Auge während der schnellen bewegten Wiedergabe leicht entgehen können. So ist es bei einem Großteil der Patienten sogar möglich, den normalen, minimalen und kurzanhaltenden Rückfluß beim Schluß der gesunden Herzklappe darzustellen (13).

Angeborene Herzfehler

Mit der zweidimensionalen Farbdopplerechokardiographie ist es ungleich einfacher, intrakardiale Shunts aufzufinden, als mit der herkömmlichen Doppler-Technik (9, 10). Beim Ventrikelseptumdefekt fällt ein turbulenter Fluß durch das Ventrikelseptum auf (Abbildung 3). Infolge der hohen Strömungsgeschwindigkeit können auch kleine Defekte, die mit anderen nichtinvasiven Methoden nicht zu entdecken sind, sicher nachgewiesen werden. Vorhofseptumdefekte lassen sich bei etwa 90 Prozent der erwachsenen Patienten als endsystolische Strö-

Tabelle 2: Diagnostische Treffsicherheit bei invasiv (Links- und Rechtsherzkatheter) untersuchten Patienten

Erkrankung:	Anzahl	Diagnose korrekt	Prozent korrekt %
Aorteninsuffizienz	122	119	98
Mitralinsuffizienz	87	82	94
Trikuspidalinsuffizienz	29	29	100
Prothesendysfunktion	17	16	94
HOCM	34	34	100
M. Ebstein	7	7	100
Ventrikelseptumdefekt	21	21	100
Vorhofseptumdefekt	41	37	90
M. Fallot	7	7	100
Transposition d. gr. Gefäße	5	5	100
Ductus Botalli	9	9	100

Anmerkung: Eingeschränkte Treffsicherheit bei Vorhof-Septum-Defekt (ASD) mit gekreuztem Shunt infolge niedriger Fließgeschwindigkeit. Quantifizierung stenosierter Klappen und der Prothesenöffnungsfläche mittels CW-Doppler erfolgt in der Regel ohne Einsatz der Farbe. Fünf Patienten mit akuter Klappeninsuffizienz und zwei Patienten mit Prothesendysfunktion wurden ohne invasive Untersuchung reoperiert.



Abbildung 5: Großer Vorhofseptumdefekt. In der Vierkammerdarstellung von apikal fällt enddiastolisch ein breiter, auf den Schallkopf zu gerichteter, rot-gelber Strom vom linken Vorhof (LA) in den rechten Vorhof (RA) auf

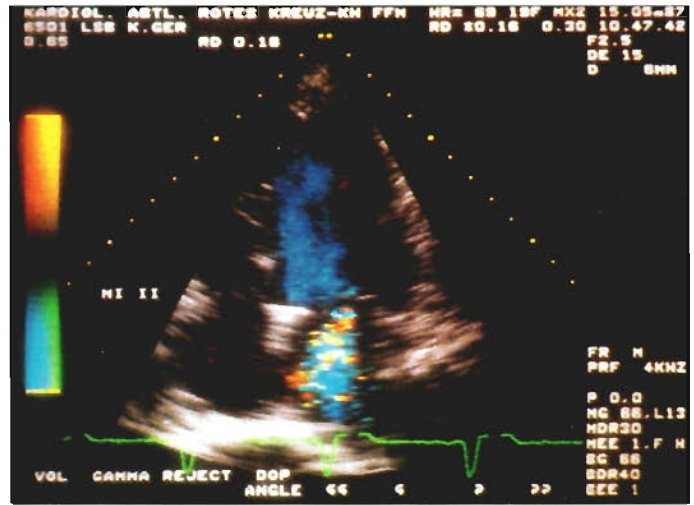


Abbildung 6: Mittelschwere Mitralklappeninsuffizienz. Im Vierkammerblick von apikal zeigt die systolisch getriggerte Aufnahme eine homogene blau-kodierte normale Strömung im Ausflußtrakt, wobei der Blutfluß vom Schallkopf weg gerichtet ist. Durch die geschlossene Mitrals wird als Hinweis auf hohe Frequenzen und Turbulenz ein mosaikartig blau-grün-gelb gefärbter Strom von der Mitrals bis zum Vorhofdach reichend sichtbar (Alias-Signal). Die Jet-Breite an der Mitrals beträgt 6 mm

mung durch das Vorhofseptum erkennen (Abbildung 5). Im Gegensatz zur Flußcharakteristik bei Ventrikelseptumdefekten kann bei sehr großem Defekt im Vorhofseptum (ASD) mit gekreuztem Shunt die Blutströmung so stark verlangsamt sein, daß sie unterhalb der Nachweisgrenze liegt (3–6 cm/sek). In diesen Fällen führt die Bolusinjektion von 5 ml Gelifundol in eine Armvene (Kontrastechokardiographie) zur Diagnose.

Bei nahezu allen Patienten mit persistierendem Ductus arteriosus läßt sich der Fehler von parasternal oder suprasternal durch systolisch-diastolisch turbulenten Fluß in der Pulmonalarterie erkennen. Wie bei Aortenstenose ist auch bei einer Pulmonalstenose der Gradient mittels herkömmlicher eindimensionaler Continuous-wave-Doppler-Technik zuverlässig meßbar. Mit der Farbdopplerechokardiographie ist es darüber hinaus möglich, durch Lokalisation der Turbulenz eine subvalvuläre von einer valvulären Stenose zu unterscheiden. Analog gilt für den linksventrikulären Ausflußtrakt, daß rasch eine Differenzierung zwischen valvulärer Aortenstenose und hypertroph-obstruktiver Kardiomyopathie sowie einer Hypertrophie ohne Obstruktion möglich ist.

Erworbene Herzfehler

Valvuläre Stenosen sind mittels herkömmlicher Echokardiographie und Dopplerechokardiographie gut zu diagnostizieren und zu quantifizieren (11, 12). Dies gelingt bis auf wenige Ausnahmen auch ohne Einsatz der Farbe. Der Vorteil der Farbdopplerechokardiographie liegt darin, eine begleitende Klappeninsuffizienz rasch entdecken zu können. Bei der Aorteninsuffizienz fällt im EKG-getriggerten frühdiastolischen Bild noch vor Öffnung der Mitrals ein turbulenter Rückstrom in die linke Kammer auf (Abbildung 1). Analog gilt für die Mitralsinsuffizienz, daß systolisch ein turbulenter Rückstrom im linken Vorhof sichtbar wird (Abbildung 6). Bei exzentrischem und bogigem Rückstrom (Abbildung 1) wäre eine Einschätzung mit der herkömmlichen Dopplersonographie sehr schwierig.

Schweregrad von Klappeninsuffizienz

Der Zusammenhang zwischen Regurgitationsvolumen und farbdopplersonographisch sichtbarem Fluß ist eine Voraussetzung für die semiquantitative Beurteilung. Der

sichtbare Rückstrom ist bei geringer Klappeninsuffizienz schmal und kurz und bei schwerem Fehler breit und ausgedehnt. Unsere prospektive Vergleichsuntersuchung mit der Angiokardiographie (112 Patienten) und der Radionuklidventrikulographie (99 Patienten) belegen bei etwa 80 Prozent (Tabelle 1) eine Übereinstimmung (14). In weniger als fünf Prozent der Fälle kommt es zu einer Fehlschätzung um mehr als einen Schweregrad. Bei Patienten mit akuter Klappeninsuffizienz wurde die Klappenersatzoperation (3 Aortenklappenersatz, 1 Mitralklappenersatz, 1 Doppelklappenersatz, 2 paraprothetisches Leck) nach farbdopplerechokardiographischer Untersuchung ohne weitere invasive Diagnostik durchgeführt.

Klappenprothesen

An Kunstklappen kann farbdopplersonographisch die prothesenspezifische, geringe, frühe Regurgitation von der pathologischen Insuffizienz differenziert werden. Zur Bestimmung der Prothesenöffnungsfläche wird das CW-Verfahren eingesetzt. Bei 16/17 Patienten mit hämodynamisch bedeutsamer Protheseninsuffizienz ließ sich der Be-

fund vor Linksherzkatheteruntersuchung oder Operation sichern. In einem Fall mit paravulvulärem Leck der Mitralklappenprothese (Kipp-scheibe) war die Regurgitation infolge des Schallschattens durch die Klappe nicht darstellbar. Zwei Patienten wurden ohne invasive Kontrolluntersuchung reoperiert.

Pulmonale Hypertonie

An der Trikuspidalis läßt sich insbesondere bei pulmonaler Hypertonie in nahezu allen Fällen eine meist geringe Regurgitation darstellen (Abbildung 4). Wird der CW-Dopplerstrahl durch diesen Regurgitationsjet gelegt, kann der systolische Druck in der Pulmonalarterie (genauer: im rechten Ventrikel) anhand der gemessenen Strömungsgeschwindigkeiten berechnet werden.

Fehlermöglichkeiten

Durch unzulängliche Erfahrung oder unbefriedigende Schalleitungsbedingungen können physiologische

Strömungen (zum Beispiel Aortenklappeninsuffizienz, Protheseninsuffizienz) überschätzt, Wandbewegungsartefakte fehlinterpretiert oder wirksame Regurgitationen (zum Beispiel Mitrals) übersehen werden. Dies ist teilweise durch Untersuchung von zahlreichen „unüblichen“ Schallpositionen vermeidbar. Bei Verlaufsuntersuchungen müssen Variabilität der Methode und der Hämodynamik berücksichtigt werden. Die Farbdopplersonographie kann nicht Anamnese, Untersuchung mit sorgfältiger Auskultation, Belastungs-EKG und konventionelle Echokardiographie ersetzen.

Schlußfolgerung

Mit der zweidimensionalen, farbkodierten Dopplerechokardiographie gelingt es in hohem Prozentsatz angeborene und erworbene Vitien zuverlässig zu diagnostizieren (Tabelle 2). Bei Klappeninsuffizienzen ist eine für klinische Entscheidungen ausreichende semiquantitative Einschätzung des Schweregrades möglich (Tabelle 1). Erfahrung

vorausgesetzt, kann man insbesondere bei akuter Endokarditis und Prothesendysfunktion, auch ohne die möglicherweise riskante invasive Diagnostik, eine Klappenersatzoperation durchführen lassen.

Die überragenden diagnostischen Möglichkeiten und sinkenden Herstellerpreise lassen erwarten, daß die Methode in den nächsten Jahren in allen größeren Krankenhäusern und kardiologischen Praxen eingesetzt werden wird. Um unangenehme Fehlinterpretationen zu vermeiden, sollten zur Anwendung gute kardiologische Kenntnisse und profunde Erfahrung in der Echokardiographie vorausgesetzt werden.

Die in Klammern gesetzten Ziffern beziehen sich auf das Literaturverzeichnis im Sonderdruck, zu beziehen über die Ver-fasser.

Anschrift für die Verfasser:

Privat-Dozent
Dr. med. Nicolaus Reifart
Abteilung Kardiologie
Rotes-Kreuz-Krankenhaus
Königswarterstraße 16
6000 Frankfurt/Main

Thrombozytenaggregationshemmer als sekundäre Prävention

Einunddreißig randomisierte Versuche mit einer Behandlung mit Thrombozytenaggregationshemmern bei Patienten mit Anamnesen von transienten ischämischen Attacken, okklusivem Schlaganfall, nicht stabiler Angina pectoris oder Myokardinfarkt wurden aufgearbeitet. Sechs von diesen Versuchen befanden sich zum Zeitpunkt der Analyse noch im Verlauf, und die Ergebnisse der restlichen 25 wurden untersucht. Sie umfaßten eine Gesamtanzahl von 29 000 Patienten, von denen 3000 starben. Insgesamt betrachtet wurde mit der Thrombozytenaggregationshemmung keine offensichtliche Wirkung auf die nicht vaskuläre Letalität beobachtet, sie reduzierte jedoch die vaskuläre Letalität um 15 Prozent (SD 4 Prozent) und die

nicht tödlichen Ereignisse (Schlaganfall und Myokardinfarkt) um 30 Prozent (4 Prozent). Diese Ergebnisse lassen – so die Autoren – den Schluß zu, daß zusammen mit einer guten Compliance diese Behandlung die vaskuläre Letalität um ein Sechstel oder die okklusiven vaskulären Erkrankungen um ein Drittel und somit die vaskulären Fälle insgesamt um ein Viertel reduzieren könnte. Es konnte ein signifikanter Unterschied weder zwischen den Aggregationshemmern (300–325 mg Aspirin täglich, höhere Aspirin-Dosen, Sulfinpyrazon oder hoher Dosis Aspirin mit Dipyridamol) noch bei der Wirkung bei Patienten mit einer zerebrovaskulären Erkrankung oder einer KHK gefunden werden. Somit kann eine Behandlung mit Throm-

bozytenaggregationshemmern bei Patienten mit Risiko für eine okklusive vaskuläre Erkrankung schwere vaskuläre Ereignisse um ein Viertel reduzieren. Die Risiko-Nutzen-Abwägung zeigte bei der „primären“ Prävention bei Personen mit einem niedrigen absoluten Risiko für eine okklusive Erkrankung unter Thrombozytenaggregationshemmung einen leichten Anstieg für eine zerebrale Blutung, so daß die primäre Prävention nicht ohne weiteres empfohlen werden kann. Lng

Antiplatelet Trialists' Collaboration: Secondary prevention of vascular disease by prolonged antiplatelet treatment, Brit. Med. Journ. Vol. 296 (1988) 320-331
Antiplatelet Trialists' Collaboration, Clinical Trial Service Unit, Nuffield Department of Clinical Medicine, Radcliffe Infirmary, Oxford OX2 6HE, Großbritannien

FÜR SIE REFERIERT