

## Die koronare Muskelbrücke des Ramus descendens anterior

M. Stolte, P. Weis und H. Prestele

Pathologisches Institut (Direktor: Prof. Dr. V. Becker) und Institut für Medizinische Statistik und Dokumentation (Vorstand: Prof. Dr. L. Horbach) der Universität Erlangen-Nürnberg

### **Muscle Bridges Over the Left Anterior Descending Coronary Artery: Their Influence on Arterial Disease**

**Summary.** A total of 711 hearts was studied and examined for coronary muscle bridges of the left anterior descending (LAD) macroscopically, angiographically and histologically.

A muscular overbridging of the LAD was found in 22.9% of all hearts. The average distance from left artery bifurcation was 33.6 mm, the average length was 22.5 mm and the average thickness 2.8 mm. A thin layer of fat tissue is mostly to be found between the overbridged coronary artery and the myocardial bridge. The patient group with and without myocardial overbridging showed no difference in sex or age nor in average stature and the average heart weight.

Statistically, there is significantly more atherosclerosis of the coronary artery proximal to the muscle bridge than there is under and distal to the bridge. A difference in frequency and extent of atherosclerosis in hearts with and without coronary muscle bridge could not be shown for this portion of the LAD. Nevertheless, there is a tendency for fewer anterior-wall infarctions in the patient group with a coronary muscle bridge of the LAD, because, when the whole branch is considered, there is a significantly lower incidence of atherosclerosis in hearts with myocardial overbridging of the LAD. The reason for the protective effect of a coronary muscle bridge is yet not clear.

**Key words:** Coronary muscle bridge — Atherosclerosis of the coronary arteries.

**Zusammenfassung.** 711 menschliche Herzen wurden makroskopisch und teilweise auch angiographisch und histologisch auf koronare Muskelbrücken

Herrn Prof. Dr. Gerd Hegemann in Verehrung zum 65. Geburtstag

Sonderdruckanforderungen an Dr. M. Stolte, Pathologisches Institut der Universität, Krankenhausstr. 8–10, D-8520 Erlangen, Bundesrepublik Deutschland

des Ramus descendens anterior untersucht. Bei 22,9% aller Herzen fanden sich derartige Brücken. Der durchschnittliche Abstand vom Hauptstamm der linken Kranzarterie beträgt 33,6 mm, die mittlere Länge 22,5 mm und die mittlere Dicke 2,8 mm. Zwischen den überbrückten Koronargefäßen und der Muskulatur liegt zumeist eine feine Fettgewebsverschiebeschicht. Geschlechts- und Altersverteilung sowie durchschnittliche Körpergröße und mittleres Herzgewicht sind für die Patientengruppe mit bzw. ohne Muskelbrücke des Ramus descendens anterior gleich.

Die statistische Auswertung ergab, daß sich proximal einer Muskelbrücke des Ramus descendens anterior signifikant mehr Koronararteriensklerose als unter und distal dieser Brücke finden. Herzen mit einer Muskelbrücke des Ramus descendens anterior haben signifikant weniger Koronararteriensklerose im gesamten Verlauf dieses Kranzarterienastes als Herzen ohne derartige Brücken; die Folge davon ist ein Trend zu weniger Vorderwandinfarkten bei Patienten mit Muskelbrücke am Ramus descendens anterior.

Die Ursache für die Koronarsklerose-Protektion des Koronararterienastes unter der Muskelbrücke ist unklar.

„In eo plano superiori, sub ortu Arteriae pulmonalis,  
frequenter se subducit pone stratum extimum  
fibrarum Cordis iisque tegitur,  
donec post unius pollicis iter denuo emergat.“

Mit diesen Worten beschreibt Reyman im Jahre 1737 erstmals das Vorkommen einer koronaren Muskelbrücke. Wenn ein im subepikardialen Fettgewebe verlaufender Koronararterienast streckenweise intramural verläuft, also von Muskulatur überbrückt wird, spricht man von einer „koronaren Muskelbrücke“. Loder (1803) nannte diese Brücke: „Das fleischichste Blatt, welches sich theils aus den Fasern der rechten Herzkammer verlängert, theils aus den Fasern gleichsam entsteht, sich über die Kranzarterie wie eine Brücke hinwegbegibt und dieselbe bedeckt.“ Auch Caldanus (1810) beschreibt derartige Brücken, und Tandler (1913) sah manchmal „Herzmuskelfasern brückenförmig über einen Koronarstamm hinwegziehen“.

Koronare Muskelbrücken werden als phylogenetische Residuen (Hadziselimovic et al., 1974), als Übergangsstadium vom intramyokardialen Verlauf zum subepikardialen Verlauf (Berg, 1964) betrachtet. Die Bedeutung der koronaren Muskelbrücke für die Atherosklerose der Herzkratzgefäß ist nach wie vor umstritten. Während Geiringer (1951) sowie Polacek und Zechmeister (1968) im intramuralen Verlauf einen lokalen Schutzfaktor gegen Atherosklerose sehen und proximal der Muskelbrücke eine Koronarsklerose-Prädilektion postulieren, findet Edwards (1956) in intra- und extramuralen Koronararterienabschnitten gleich häufig Atherosklerose.

In der Ära der Koronarangiographie und Koronarchirurgie ist die koronare Muskelbrücke wieder aktuell geworden. Dies gilt insbesondere für die häufigste dieser Brücken am Ramus descendens anterior (Polacek, 1959), denn in diesem Kranzarterienast findet man die Koronarsklerose am häufigsten, er ist außerdem die bedeutendste Arterie für die aortokoronare Bypass-Chirurgie (Berger und Stary, 1971). Deshalb haben wir die Morphologie und Pathomorphologie der koronaren Muskelbrücke des Ramus descendens anterior untersucht.

## Material und Methode

711 Herzen aus dem Obduktionsgut des Pathologischen Institutes der Universität Erlangen-Nürnberg wurden auf koronare Muskelbrücken des Ramus descendens anterior untersucht. Grundsätzlich wurden folgende Daten festgehalten: Sektionsnummer, Alter, Geschlecht, Körpergröße, Herzgewicht, Abstand der Muskelbrücke vom Hauptstamm der linken Kranzarterie, Länge und Dicke der Muskelbrücke, Lokalisation und Grad der Koronarerteriensklerose im Ramus descendens anterior, Vorderwandinfarkt, -Schwiele oder -Aneurysma.

Das Gesamtkollektiv setzt sich aus 2 Gruppen zusammen:

*Gruppe A.* 609 unausgewählte Herzen, die nach der von Fischer modifizierten Virchowschen Methode seziert, deren Koronarerterien also längs aufgeschnitten wurden (Rössle, 1927; Hamperl, 1956). Histologische Untersuchung des Ramus descendens anterior vor, unter und hinter der Muskelbrücke.

*Gruppe B.* 102 ausgewählte Herzen von Patienten, die infolge einer koronaren Herzkrankheit oder eines Herzvitiums verstorben waren. Unterbindung der Vena cava inferior, Einbinden von Kathetern in die Vena cava superior und eine Lungenvene, Ligatur der restlichen Lungenvenen, postmortale Koronarangiographie mit einem Gemisch aus Gelatine und Röntgenkontrastmittel, Entfaltungsfixation des Herzens mit 10%igem Formalin, Röntgenaufnahmen unter Bildwandlerkontrolle in verschiedenen Projektionen, Transversalsektion des Herzens in 10 mm dicke Scheiben, Abpräparation der Koronarerterien, Lamellieren in 3 mm lange Segmente, makroskopische Befundung, histologische Untersuchung nach Paraffineinbettung und Färbung mit Haematoxylin-Eosin und Elastica-van-Gieson.

*Statistische Methoden.* Zur statistischen Beurteilung des Zusammenhangs zwischen Muskelbrücke und Koronarerteriensklerose und Muskelbrücke und Vorderwandinfarkt bzw. -schwiele oder Aneurysma wurde mit dem  $\chi^2$ -Test, dem Friedman-Test und dem Wilcoxon-Wilcox-Test gearbeitet (Sachs, 1972).

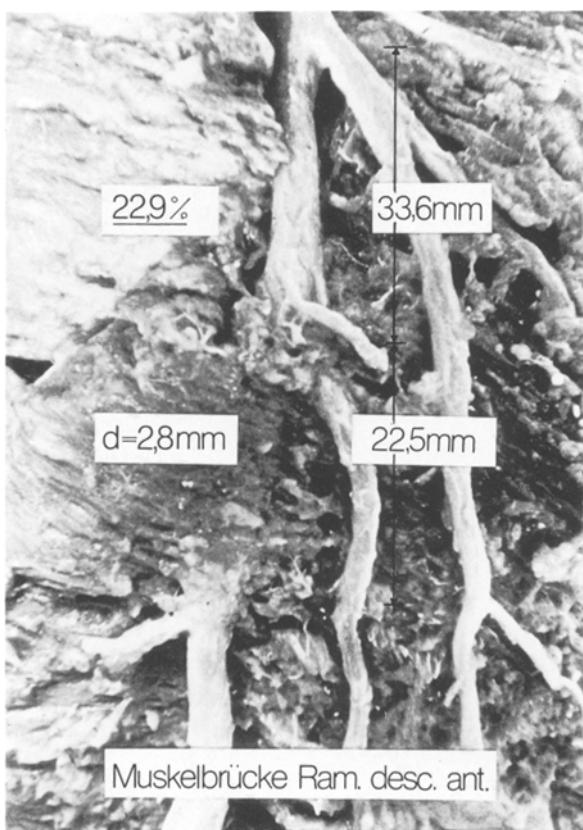
## Ergebnisse

### *I. Morphologie*

*1. Häufigkeit und Topographie.* In 163 von 711 Fällen (22,9%) fanden wir eine koronare Muskelbrücke des Ramus descendens anterior (s. Abb. 1). In der Gruppe A der unausgewählten Herzen ( $n=609$ ) wurden 145 Muskelbrücken gefunden (23,8%), in der Gruppe B der ausgewählten Herzen ( $n=102$ ) waren es 18 Muskelbrücken (17,7%).

Eine doppelte muskuläre Überbrückung des Ramus descendens anterior fand sich in 7 von 163 Fällen (4,3%). Der Abstand der Muskelbrücke vom Hauptstamm der linken Kranzarterie betrug im Mittel 33,6 mm (s. Abb. 1) mit einem Maximum von 100 mm und einem Minimum von 0 mm. Bei 77% aller Muskelbrücken des Ramus descendens anterior betrug der Abstand zwischen 20 und 50 mm (s. Abb. 2). Die durchschnittliche Länge der Muskelbrücke betrug 22,5 mm (s. Abb. 1). Die Länge schwankte zwischen 4 und 105 mm, zwei Drittel aller Muskelbrücken waren jedoch zwischen 10 und 30 mm lang (s. Abb. 3). Im arithmetischen Mittel war die Muskelbrücke 2,8 mm dick (s. Abb. 1). Die Dicke schwankte zwischen 1 mm und 10 mm, wobei jedoch nahezu 80% aller Brücken 2 oder 3 mm dick waren (s. Abb. 4).

*2. Fettgewebsverschiebeschicht.* Eine Fettgewebschicht zwischen Ramus descendens anterior und Muskelbrücke fand sich histologisch in 34 von 35 untersuchten

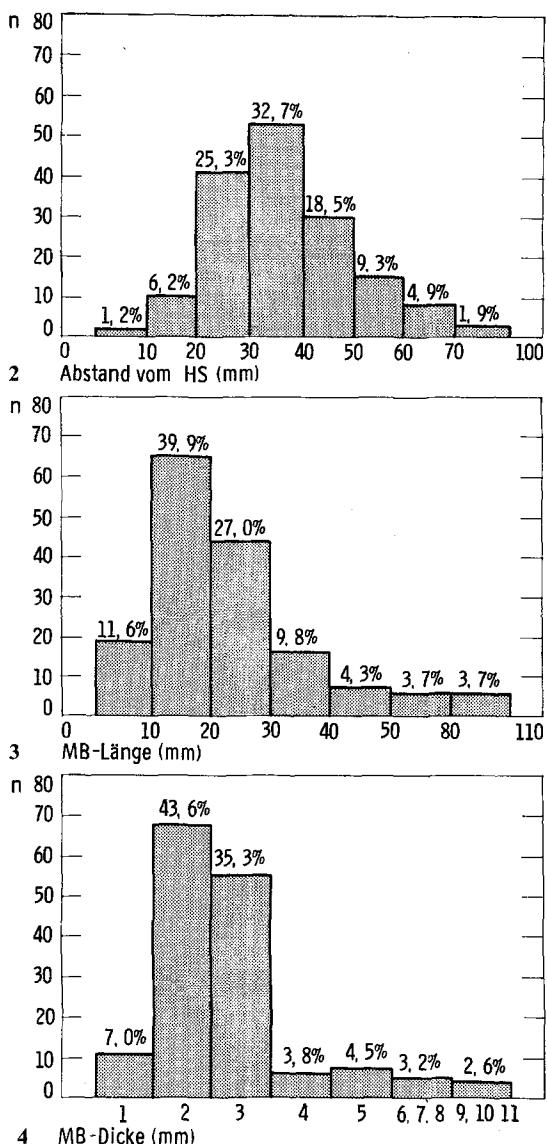


**Abb. 1.** Durchschnittliche Häufigkeit und Maße der koronaren Muskelbrücke des Ramus descendens anterior, die durch Abpräparation des subepikardialen Fettgewebes dargestellt ist: die Brücke tritt in 22,9% auf, ihr mittlerer Abstand vom Hauptstamm der linken Kranzarterie beträgt 33,6 mm, die durchschnittliche Länge 22,5 mm und die durchschnittliche Dicke 2,8 mm

Fällen, es überwiegen minimale ( $n=17$ ) und geringgradige ( $n=18$ ) Verschiebeschichten, eine mittelgradige oder ausgeprägte Fetschicht zwischen Muskulatur und Koronararterie ist die Ausnahme ( $n=1$ ;  $n=2$ ). In allen Fällen von minimaler oder geringgradiger Fettgewebsverschiebeschicht war die Intima zart oder nur geringgradig sklerotisch, während sich bei den zwei Herzen mit ausgeprägter Fettgewebsverschiebeschicht zwischen Muskulatur und Kranzarterie der einzige Fall des gesamten Muskelbrücken-Kollektiv mit ausgeprägten sklerotischen Veränderungen im Arterienabschnitt unter der Muskelbrücke fand.

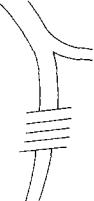
**3. Vasa vasorum.** Bei 80 Schnitten von 14 Koronararterienabschnitten mit einer Muskelbrücke des Ramus descendens anterior und 5 ohne Muskelbrücke wurde die Anzahl der Vasa vasorum in vergleichbaren Abschnitten ausgezählt. Ein Unterschied bestand nicht, die Blutversorgung der Gefäßwand über die Vasa vasorum wird durch die muskuläre Überbrückung nicht beeinflußt. Vor der Muskelbrücke ließen sich mehr Vasa vasorum nachweisen als unter der Muskelbrücke.

**4. Geschlecht, Alter, Körpergröße und Herzgewicht.** Bezüglich Geschlechts- und Altersverteilung sowie Körpergröße und Herzgewicht bestand kein statistisch signifikanter Unterschied zwischen den Kollektiven mit und ohne Muskelbrücke.



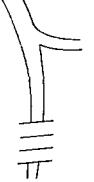
## II. Koronararteriensklerose und Muskelbrücke

1. *Koronarsklerose des Ramus descendens anterior proximal, unter und distal einer Muskelbrücke.* An 46 zufällig ausgesuchten Herzen mit einer muskulären Überbrückung des Ramus descendens anterior wurde der Grad der Koronararteriensklerose proximal, unter- und distal der Muskelbrücke nach einer modifizierten Methode von Herzog und Schoenmackers (Stolte, 1975) geschätzt (s. Abb. 5). Mit Hilfe des Friedman-Tests wurde auf Gleichverteilung der Stenosegrade an den 3 Lokalisationen geprüft. Dabei stellte sich heraus, daß die Hypo-



		Koronarsklerose-Grad					
		0	1	2	3	4	5
proximal	11	24	6	3	2	—	
	43	3	—	—	—	—	
	37	8	—	1	—	—	

**Abb. 5.** Makroskopische Schätzung des unterschiedlichen Koronarsklerose-Grades proximal, unter und distal der Muskelbrücke des Ramus descendens anterior bei 46 Herzen



	prox.	o B	Atherom	Fibrose	Sklerose	konzentrisch	exzentrisch
		—	43%	—	57%	49%	51%
unter	32%	—	—	11%	57%	92%	8%
	—	—	—	—	—	—	—

**Abb. 6.** Unterschiedliche histologische Qualität der Intimaveränderungen des Ramus descendens anterior proximal und unter der Muskelbrücke sowie Verteilung der konzentrischen und exzentrischen Ausprägung dieser Veränderungen

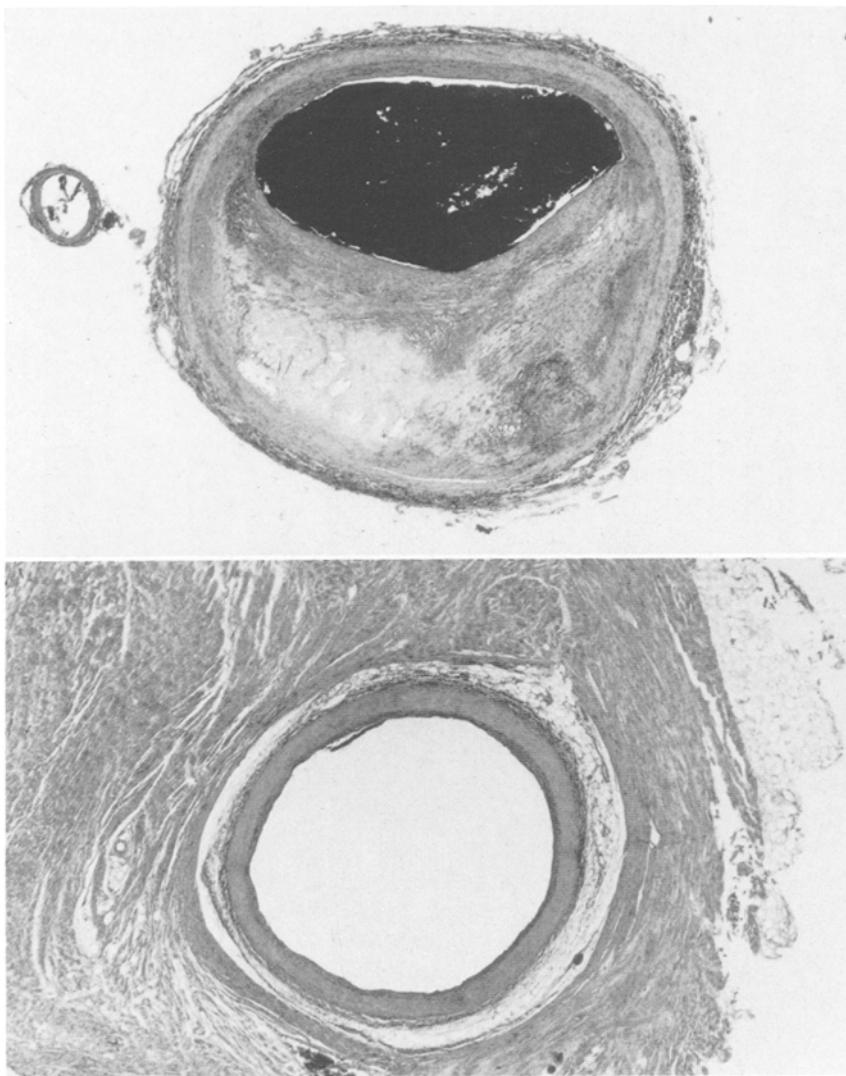
these der Gleichverteilung der Stenosegrade verworfen werden mußte, also signifikante Unterschiede der 3 Lokalisationen bestehen.

Beim Paarvergleich nach Wilcoxon-Wilcoxon ergab sich, daß im Abschnitt des Ramus descendens anterior proximal der koronaren Muskelbrücke statistisch signifikant höhere Koronararteriensklerose-Grade gefunden werden als im Abschnitt unter und distal der Muskelbrücke. Zwischen unter und distal konnte kein signifikanter Unterschied aufgezeigt werden.

2. *Qualität der Koronararteriensklerose proximal und unter der Muskelbrücke.* Unabhängig von der Graduierung der Koronararteriensklerose ergab die histologische Auswertung von 35 Fällen von koronarer Muskelbrücke (s. Abb. 6):
  - eine zarte Intima fand sich vor der Muskelbrücke nie, unter der Brücke jedoch in 32%,
  - ein Atherom wurde unter der Brücke nie, proximal jedoch in 43% gefunden,
  - eine lockere Fibrose trat proximal nie, unter der Brücke in 11% in Erscheinung,
  - der Anteil der Sklerose war proximal und unter der Brücke mit 57% gleich häufig und
  - während die Ausprägung der Intimaveränderungen unter der Muskelbrücke vorwiegend konzentrisch war, fand sich vor der Brücke gleich häufig eine exzentrische oder konzentrische Veränderung.

Mit einer einzigen Ausnahme waren die Intimaveränderungen unter der Muskelbrücke immer nur geringgradig und engten das Lumen um weniger als 10% ein (s. Abb. 7).

3. *Koronarsklerose im Ramus descendens anterior und Vorderwandinfarkt.* Bei Herzen mit koronarer Muskelbrücke des Ramus descendens anterior läßt sich



**Abb. 7.** Ramus descendens anterior proximal und unter einer koronaren Muskelbrücke: exzentrisches Atherom mit ca. 70%iger Stenosierung oberhalb der Brücke (im Restlumen Kontrastmittel-Gemisch), unter der Muskelbrücke dagegen nur minimale konzentrische Intimasklerose (SN 138/75, HE, Vergr. 6,4fach)

statistisch signifikant weniger Koronararteriensklerose im Ramus descendens anterior nachweisen als bei Herzen ohne derartige Muskelbrücken (s. Abb. 8).

Eine stenosefreier (0) und unter 25% stenosierter (1) Ramus descendens anterior ist in der Muskelbrücken-Gruppe häufiger; ein Stenosegrad unter 50% (2) ist bei beiden Patientengruppen etwa gleich häufig, die höhergradigen Stenosen (50–75% = 3, 76–99% = 4) und die totalen Verschlüsse (5) des Ramus descendens anterior überwiegen eindeutig in der Gruppe ohne koronare Mus-

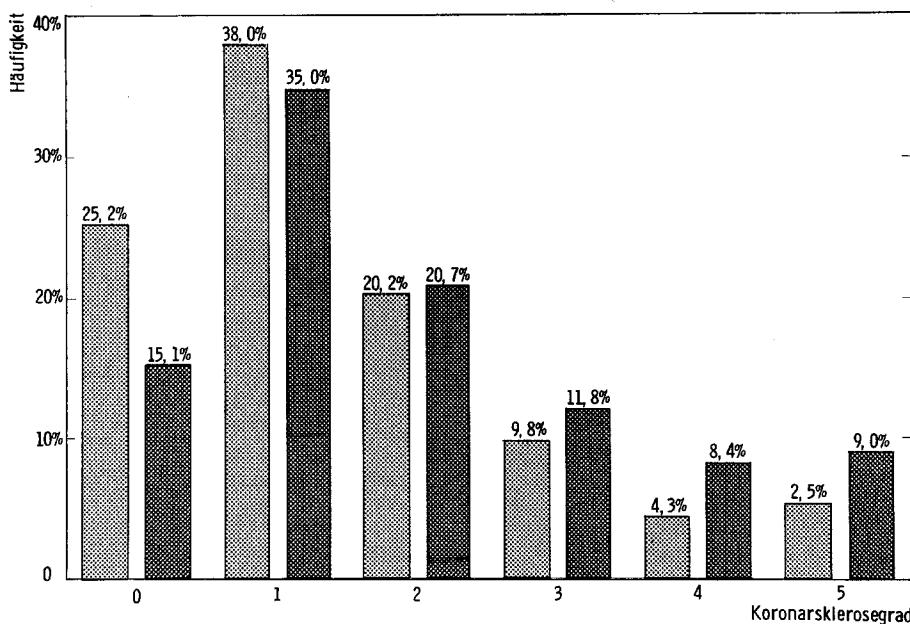


Abb. 8. Histogramm der Häufigkeitsverteilung der Koronarsklerose-Grade im Ramus descendens anterior mit (hellere Säulen) und ohne (dunklere Säulen) koronare Muskelbrücken

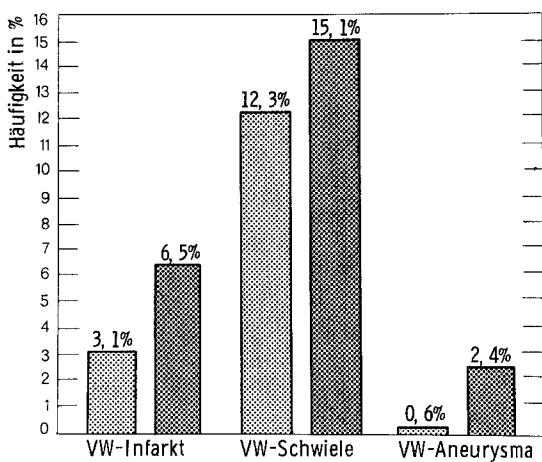


Abb. 9. Histogramm für die Häufigkeit von Vorderwandinfarkten-Schwielen und -aneurysmen bei Patienten mit (hellere Säulen) und ohne (dunklere Säulen) koronare Muskelbrücke des Ramus descendens anterior

kelbrücke. Diese Häufigkeitsverteilung der Stenosegrade bei beiden Kollektiven war im  $\chi^2$ -Test statistisch signifikant unterschiedlich.

Im Kollektiv mit Muskelbrücke des Ramus descendens anterior fanden sich in der Vorderwand des linken Ventrikels seltener frische Infarkte, Infarktschwielen und Aneurysmen als im Patientenkollektiv ohne Muskelbrücke (s. Abb. 9). Aufgrund des  $\chi^2$ -Tests besteht zwar kein statistisch signifikanter Unterschied

in der Häufigkeit von Infarkten, Schwienlen und Aneurysmen der linksventrikulären Vorderwand bei Herzen mit und ohne Muskelbrücke des Ramus descendens anterior, es ist aber ein eindeutiger Trend zu weniger Vorderwandinfarkten bei Herzen mit koronarer Muskelbrücke nachweisbar.

## Diskussion

Nach der Erstbeschreibung koronarer Muskelbrücken durch Reyman (1737) und einzelnen Hinweisen in anatomischen Atlanten (Loder, 1803; Caldanus, 1810) wird erst zu Beginn unseres Jahrhunderts wieder auf diese Eigentümlichkeit hingewiesen (Schubert, 1909; Tandler, 1913; Crainicianu, 1922; Spalteholz, 1924).

Erst in der zweiten Hälfte dieses Jahrhunderts wird ausgehend von der Kontroverse über Häufigkeit und Bedeutung der Muskelbrücke zwischen Geiringer (1951) und Edwards et al. (1956), das Problem der koronaren Muskelbrücke intensiv bearbeitet, insbesondere von Polacek (1959, 1961a, b, 1968).

In jüngster Zeit wird eine mögliche Myokardischämie infolge der Kompression der Muskelbrücke vermutet und deshalb deren chirurgische Durchtrennung diskutiert (Slany et al., 1976).

Polacek und Zechmeister (1968) vertreten die Ansicht, daß das menschliche Herz in bezug auf die koronare Muskelbrücke eine Mittelstellung zwischen den Herzen kleiner Säugetiere mit vorwiegend intramyokardialem Verlauf und den Herzen sehr großer Säugetiere mit rein subepikardialem Verlauf einnimmt. Dieser Mitteltyp tritt danach außer beim Menschen auch bei mittelgroßen Säugetieren, wie Schaf und Hund auf, und zeichnet sich durch einen subepikardialen Koronararterienverlauf mit gelegentlicher Muskelbrücke aus. Berg (1964) fand den intramyokardialen Verlauf bei primitiven Tieren wie Monotremata, Marsupialia, Insectivora, Rodentia und Lagomorpha. Der Autor sieht in der Muskelbrücke ein phylogenetisches Problem, was er auch durch seine Studien an Schweinen bestätigt fand, denn bei primitiveren Schweinerassen waren Muskelbrücken wesentlich häufiger als beim deutschen Edelschwein.

Die Schwankungsbreite der Häufigkeitsangaben der koronaren Muskelbrücke ist groß. Wir haben die bisher größte Anzahl von Herzen ( $n=711$ ), auf Muskelbrücken des Ramus descendens anterior untersucht und fanden diese in 22,9%. Edwards et al. (1956) beobachtete sie nur in 4,7% der untersuchten Herzen ( $n=276$ ), während Polacek (1961a) die Muskelbrückenhäufigkeit bei 70 untersuchten Herzen mit 60% angibt. Dieser hohe Prozentsatz ist sicher auch darauf zurückzuführen, daß Polacek grundsätzlich auch feinste Überbrückungen der Koronararterie durch nur wenige Myokardfasern als Muskelbrücke eingestuft hat. Dementsprechend häufig finden sich bei Polacek (1959) auch Doppel-Muskelbrücken des Ramus descendens anterior, nämlich bei 7 von 50 unausgesuchten Herzen, im Vergleich zu 711 unausgesuchten Herzen in unserer Studie. Genaue Verteilungskurven über Länge und Dicke werden von Polacek nicht angegeben.

Auch v. Lüdinghausen (1975), der in 57 von 100 anatomisch untersuchten Herzen Muskelbrücken des Ramus descendens anterior fand, macht keine detail-

**Tabelle 1.** Häufigkeit der koronaren Muskelbrücke des Ramus descendens anterior

Autor	n	Häufigkeit
Edwards et al. (1956)	276	4,7%
Geiringer (1951)	100	23,0%
Lee und Wu (1972)	108	58,0%
Polacek (1961a)	70	60,0%
v. Lüdinghausen (1975)	100	57,0%
Eigene Ergebnisse	711	22,9%
Insgesamt	1365	26,4%

lierten Angaben. Die Untersuchungen von Geiringer (1951) stimmen hinsichtlich der Häufigkeit mit unseren überein. Einen rassischen Unterschied zwischen Asiaten und Europäern stellen Lee und Wu (1972), die in 58% einen intramuralen Verlauf des Ramus descendens anterior fanden, zur Diskussion. Vielleicht bestehen darüber hinaus auch regionale Unterschiede in der Häufigkeit der koronaren Muskelbrücke, durch die sich die unterschiedlichen Ergebnisse deuten ließen. Für einen mehr regionalen als rassischen Unterschied sprechen auch die stark differierenden Ergebnisse aus mehreren osteuropäischen Staaten, die von einer Häufigkeit von 15,2% (Hristodulo-Finiti, 1959), über 55% (Hadziselimovic et al., 1974; Lisicin, 1927) bis hin zu 70% (Dzavahisvili und Komahidze, 1957) reichen.

Die Zusammenstellung eigener und in der Literatur mitgeteilter Ergebnisse ergibt eine Häufigkeit von 26,4% koronarer Muskelbrücken des Ramus descendens anterior bei 1365 untersuchten menschlichen Herzen (s. Tabelle 1).

Chase und De Garis (1939) nehmen an, daß die Häufigkeit koronarer Muskelbrücken mit steigender Inkonstanz des Koronarverlaufs ebenfalls ansteigt. Nach einer Studie am Primatenherzen kamen sie zu dem Ergebnis, daß bei artspezifisch konstantem Kranzarterienverlauf (Gorilla und Gibbon) keine Muskelbrücken auftreten, während bei artspezifisch variablem Kranzarterienverlauf (Schimpanse und Orang-Utan) intramurale Koronararterienabschnitte häufig sind. Da der intramurale Verlauf offensichtlich vor Koronarsklerose schützt, reflektierte Geiringer melancholisch, daß der Mensch offenbar vom falschen Affentyp abstammt.

Der Ansicht von Polacek und Zechmeister (1968) die exakte Sektion nach Kontrastmittelfüllung der Koronararterien würde 50 bis 60% Muskelbrücken des Ramus descendens anterior aufzeigen, während nach Längseröffnung der Arterien nur etwa 17% sichtbar würden, müssen wir entgegenhalten, daß wir in der Gruppe mit Längseröffnung der Koronararterien 23,8% und in der Gruppe mit Kontrastmittelfüllung nur 17,7% Muskelbrücken fanden.

Die von uns errechneten Mittelwerte des Abstands vom Hauptstamm (33,6 mm), der Länge (22,5 mm) und der Dicke (2,8 mm) der Muskelbrücke des Ramus descendens anterior stimmen weitgehend mit den Ergebnissen von Polacek (1961a) und von Lee und Wu (1972) überein.

Koronare Muskelbrücken liegen an der Arterienwand entweder unmittelbar an, oder zwischen beiden ist eine Fettgewebsverschiebeschicht lokalisiert (Geiringer, 1951; Polacek und Zechmeister, 1968). Die Festigkeit des umgebenden

Muskelgewebes soll ein Atheromatoseschutz sein (Polacek und Zechmeister, 1968). Je dünner die Fettgewebsverschiebeschicht zwischen Ramus descendens anterior und Muskelbrücke, um so geringgradiger müßte demnach die Koronarsklerose in diesen Kranzarterienabschnitten sein. Wir fanden in unserem Muskelbrücken-Kollektiv meist nur eine minimale oder geringgradige Fettgewebsverschiebeschicht. Bei den wenigen Fällen mit einer dickeren Fetschicht zwischen Muskelbrücke und Kranzarterie war die Koronarsklerose unter der Brücke ausgeprägter als bei den Patienten mit einer dünnen Fetschicht.

Meessen (1975) stellte zur Diskussion, ob nicht die bessere Blutversorgung des Gefäßabschnittes unter der Muskelbrücke durch vermehrte Vasa vasorum für die Atherosklerose-Protektion verantwortlich sei.

Unsere Befunde widersprechen dieser Ansicht, denn wir fanden unter und distal der Muskelbrücke deutlich weniger Vasa vasorum als proximal und als in einem Vergleichskollektiv ohne Muskelbrücke des Ramus descendens anterior.

Ein Unterschied in der Geschlechtsverteilung der Menschen mit und ohne Muskelbrücke des Ramus descendens anterior besteht nicht. Muskelbrücken sind angeboren, entstehen also nicht postnatal, und sind deshalb auch bei Feten und Neugeborenen nachweisbar (Polacek, 1961a; Polacek und Zechmeister, 1968). Den Zeitpunkt der Anlage der Muskelbrücke gibt Geiringer (1951) mit der siebten Embryonalwoche an. Demgemäß fand sich in unserem Kollektiv mit Muskelbrücken eine gleichmäßige Altersverteilung; Herzen von Neugeborenen und Säuglingen haben wir allerdings nur vereinzelt untersucht, deshalb ist unser jüngster Patient mit Muskelbrücke des Ramus descendens anterior 17 Jahre, der älteste 95 Jahre alt.

Im Gegensatz zu Polacek und Zechmeister (1968) die bei schlanken Individuen häufiger Muskelbrücken als bei korpulenten nachgewiesen haben, ließ sich in unserem Kollektiv kein diesbezüglicher Unterschied feststellen. Auch ein Unterschied im Herzgewicht bestand nicht. Dagegen fanden Polacek und Zechmeister (1968) bei leichten Herzen die meisten Muskelbrücken am Ramus descendens anterior, bei schweren Herzen die wenigsten. Die Begriffe „leichtes“ und „schweres“ Herz waren jedoch nicht nach Linksherzhypertrophie, Rechtssherzhypertrophie oder Lipomatosis cordis differenziert worden.

Bezüglich des Zusammenhangs zwischen Koronarsklerose und Muskelbrücke haben unsere Untersuchungen ergeben, daß proximal einer Muskelbrücke des Ramus descendens anterior signifikant mehr und höhergradige Koronarsklerose als unter und distal der Muskelbrücke zu finden ist. Viele Autoren sehen in dem proximal der Muskelbrücke gelegenen Koronarabschnitt eine eben durch die Muskelbrücke bedingte Prädispositionssstelle der Atherosklerose (Crainiciu, 1922; Geiringer, 1951; Polacek, 1961a und b; Polacek und Zechmeister, 1961; Lee und Wu, 1972). Nach unseren Ergebnissen halten wir jedoch die Begünstigung der Atherogenese vor der Muskelbrücke durch die Kontraktion dieser Brücke für unwahrscheinlich, denn einerseits ist die Koronarsklerose-Häufigkeit im Ramus descendens anterior bei Muskelbrücken-Herzen statistisch signifikant niedriger als bei Herzen ohne Muskelbrücke, andererseits ist der Bereich oberhalb der Muskelbrücke also das proximale Drittel des Ramus descendens anterior, ohnehin der Locus minoris resistentiae für die Artherosklerose.

rose der Herzkrankgefäße, ob mit oder ohne Muskelbrücke (Enos et al., 1953; Hort, 1969; Wegener, 1969; Berger und Stary, 1971; Doerr, 1972; Sinapius, 1972).

Gegen die Hypothese der Begünstigung der Atherogenese vor der Muskelbrücke spricht auch unsere vergleichende Auswertung der frischen oder alten Vorderwandinfarkte bei Herzen mit und ohne Muskelbrücke. Frische Infarkte und Aneurysmen der Vorderwand kamen bei Herzen ohne Muskelbrücke mehr als doppelt so häufig vor als bei Herzen mit einer derartigen Überbrückung. Es ließ sich zwar keine statistische Signifikanz jedoch ein deutlicher Trend zu häufigeren Vorderwandinfarkten bei Herzen ohne Muskelbrücke feststellen.

Zu einer grundsätzlichen gegenteiligen Ansicht kamen Polacek und Zechmeister (1968), die bei Patienten mit koronarer Muskelbrücke im Ramus descendens anterior Vorderwandinfarkte statistisch signifikant häufiger fanden. Polacek (1961b), der bei 40 Infarktfällen in 67% eine Muskelbrücke distal des Koronarverschlusses sah, deutete eben diese koronare Muskelbrücke als einen Umstand, der die Entstehung einer Koronarthrombose und somit eines Myokardinfarktes begünstigte.

Nicht nur im Grad der Stenosierung, sondern auch hinsichtlich der histologischen Qualität der Koronarsklerose besteht ein deutlicher Unterschied für die Abschnitte proximal und unter der koronaren Muskelbrücke. Oberhalb der muskulären Überbrückung herrscht etwa Gleichverteilung zwischen Atheromatose und Sklerose sowie zwischen konzentrischer und exzentrischer Ausprägung. Dagegen ist die Qualität der Koronarsklerose unter der Muskelbrücke eine ganz andere: Atheromatosen fehlen völlig, es findet sich entweder eine zarte Intima oder eine geringgradige konzentrische Sklerose. Auch Geiringer (1951), Polacek und Zechmeister (1968) sowie Lee und Wu (1972) fanden unter der Muskelbrücke nur äußerst selten Atherome. Nur Edwards et al. (1956) berichten bei 13 von 15 Muskelbrücken über intramurale Atheromatosen und Lumeneinengungen.

Nach unseren Ergebnissen besteht jedoch an der *Atherosklerose-Schutzfunktion* der koronaren Muskelbrücke kein Zweifel. Geiringer (1951) diskutiert eine „mediaähnliche Schutzfunktion der Muskelbrücke“, denn analog der normalen Mediafunktion vermindere der Myokardwall die mechanische Belastung. Dem wäre entgegenzuhalten, daß durch die systolische Kontraktion der Muskelbrücke – je nach deren Dicke und Länge – die mechanische Belastung dieses Gefäßabschnittes eher erhöht ist. Polacek und Zechmeister (1968) sehen in der Festigkeit des umgebenden Muskelgewebes einen Atheromatoseschutz, denn auch Arterien in parenchymatösen Organen würden oft stärkere Artherosklerose zeigen als solche in Muskelgewebe. Vielleicht werden intramural verlaufende Kranzarterienabschnitte, im Gegensatz zu den im subepikardialen Fettgewebe eingebetteten, unmittelbar durch Metabolite des Myokardstoffwechsels beeinflußt und erfahren dadurch – ähnlich den Arteriolen – einen Schutz vor Koronarsklerose (Fleckenstein, 1974). Eine möglicherweise bessere Vaskularisation der Gefäßwand unter der Muskelbrücke als Erklärung für den Atheroskleroseschutz (Meessen, 1975) haben wir nicht nachweisen können.

Warum die örtliche Bedingung Muskelbrücke ein protektiver Atherosklerosefaktor ist, bleibt unklar. Vielleicht ist es gerade die durch die systolische Kontrakt-

tion der Muskelbrücke bedingte Melkbewegung des Koronararterienastes, die den Gefäßwand-Säftestrom von innen nach außen, die Perfusion (Doerr, 1963), derartig beeinflußt, daß die sklerogenen Noxen ihre Wirkung nicht entfalten können. Der Abtransport der eingesickerten Blutflüssigkeit ist beschleunigt, die intramuralen Flüssigkeitsstraßen werden besser gereinigt.

## Literatur

- Berg, R.: Beitrag zur Phylogenie des Verhaltens der Koronararterien zum Myokard beim Hausschwein (*Sus scrofa domesticus*). *Anat. Anz.* **115**, 184–192 (1964)
- Berger, R.L., Stary, H.C.: Anatomic assessment of operability by the saphenous vein bypass operation in coronary artery disease. *New. Engl. J. Med.* **285**, 248–252 (1971)
- Caldanus, F.: *Icones anatomicae III/1. Venetia*: Picottus 1810
- Chase, R.E., De Garis, C.F.: Arteriae coronariae cordis in the higher primates. *Am. J. Phys. Anthropol.* **24**, 427–448 (1939)
- Crainiciu, A.: Anatomische Studien über die Koronararterien und experimentelle Untersuchungen über ihre Durchgängigkeit. *Virch. Arch. Path. Anat.* **238**, 1–75 (1922)
- Dzavahisvili, H.A., Komahidze, M.E.: *Sosudi serdca*. Izdateljstvo Akademii nauk Gruzinskoy SSR, Tbilisi (UdSSR), 1963
- Doerr, W.: Pathologie der Koronargefäße. *Anthropol. Aspekte. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, math.-naturwissensch. Klasse, Jahrg. 1972*, 2. Abhandlung
- Doerr, W.: Perfusionstheorie der Arteriosklerose. Stuttgart: Thieme 1963
- Edwards, J.C., Burnsides, C., Swarm, R.L., Lansing, A.I.: Arteriosclerosis in the intramural and extramural portions of coronary arteries in the human heart. *Circulation* **13**, 235–241 (1956)
- Enos, W.F., Holmer, C.R., Beyer, J.: Coronary disease among United States soldiers killed in action in Corea. *J.A.M.A.* **18**, 1090–1093 (1953)
- Fleckenstein, H.: Zitiert nach Stolte, M., 1975
- Geiringer, E.: The mural coronary. *Am. Heart J.* **41**, 359–368 (1951)
- Hadziselimovic, H., Seceron, D., Rizvanbegovic, S.: On myocardial bridges and loops in blood vessels of the human heart. *Fol. Med. Fac. Med. Univ. Sarajevoensis* **9**, 19–38 (1974)
- Hamperl, H.: *Leichenöffnung, Befund und Diagnose*. Berlin, Göttingen, Heidelberg: Springer 1956
- Hort, W.: *Herzinfarkt – Grundlagen und Probleme*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1969
- Hristodulo-Finiti, A.S.: *Arterii serdca celoveka v nekatorie periodi ontogeneze*. Dis. Doneck 1959
- Lee, S.S., Wu, L.: The role of the coronary mural artery in prevention of coronary atherosclerosis. *Arch. Path.* **93**, 32–35 (1972)
- Lisicin, M.S.: Tipi krovosnobjenja serdca. *Hir. i pogr. obl.* **9**, 26–27 (1927)
- Loder, J.C.: Anatomische Tafeln zur Beförderung der Kenntnis des menschlichen Körpers. *Angiologie, erster Abschnitt: Arterienlehre, III. Abt., Tafel CXIII*, Weimar: 1803
- Lüdinghausen, v. M.: Das Verteilungsmuster der Koronararterien und ihr Einbau in das Myokard. *Dtsch. Med. Wschr.* **100**, 2448–2451 (1975)
- Meessen, H.: Diskussionsbemerkungen auf der Tagung der Dtsch. Ges. f. Kreislauftforschung. Bad Nauheim 1975
- Polacek, R.: Über die myokardialen Bündel, die den Verlauf der Koronararterien überbrücken. *Anat. Anz.* **106**, 386–395 (1959)
- Polacek, P.: Relation of myocardial bridges and loops on the coronary arteries to coronary occlusions. *Am. Heart J.* **61**, 44–52 (1961a)
- Polacek, P.: Myocardial infarction and muscular bridges and loops on the coronary arteries. *Arch. Path. (Mosk.)* **23**, 23–29 (1961b)
- Polacek, P., Zechmeister, A.: The occurrence and signification of myocardial bridges and loops on coronary arteries. *Acta Fac. Med. Univ. Brunensis* **36**, (1968)
- Reyman, H.C.: *Dissertationem inauguralem de vasis Cordis propriis*. Diss. Göttingen, 1–32 (1737)
- Rössle, R.: Technik der Obduktion mit Einschluß der Meßmethoden an Leichenorganen. In: Abderhalden, E.: *Handbuch der biologischen Arbeitsmethoden* Abt. VII. Teil 1/II, 1927
- Sachs, L.: *Statistische Auswertungsmethoden*. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1972

- Schubert, F.: Beiträge zur Anatomie des Herzens der Haussäugetiere. Diss. Dresden, 1-95 (1909)
- Sinapius, D.: Zur Morphologie und Pathogenese des Koronarverschlusses. Vortrag 10. Jahrestagung Dtsch. Ges. Angiol., Frankfurt/M. 1972
- Slany, J., Mösslacher, H., Wolner, E.: Myokardbrücke – Ursache einer herzphasenabhängigen Koronarstenose. Dtsch. Med. Wschr. **101**, 653-655 (1976)
- Spalteholz, W.: Die Arterien der Herzwand. Leipzig: S. Hirzel 1924
- Stolte, M.: Morphologische Analyse der Koronarchirurgie. Baden-Baden: G. Witzstrock 1975
- Tandler, J.: Anatomie des Herzens. Jena: G. Fischer 1913
- Wegener, K.: Koronarverschluß: Histogenese der sklerotischen Plaques und regressive Veränderungen. Arch. Kreislf.fschg. **58**, 102-187 (1969)

*Eingegangen am 18. März 1977*