

## Quantitative morphologische Untersuchungen koronarer Muskelbrücken\*

M. Riße und G. Weiler

Institut für Rechtsmedizin des Universitätsklinikums Essen-GHS, Hufelandstr. 55,  
D-4300 Essen 1, Bundesrepublik Deutschland

### Quantitative Morphological Examinations of Coronary Muscle Bridges

**Summary.** The coronary muscle bridge which was found in non-selected autopsy material with a frequency of 24% meets with increasing interest in the discussion on the causes of sudden cardiac death and within the scope of coronary bypass-surgery.

Twenty morphometrically examined coronary arteries have been used to demonstrate that the coronary muscle bridge provide local protection from atherosclerosis. Pathomorphological and functional effects of coronary muscle bridges are discussed.

**Key words:** Sudden cardiac death, morphometry of coronary arteries - Coronary muscle bridges

**Zusammenfassung.** Die koronare Muskelbrücke, die im unausgewählten Obduktionsgut mit einer Häufigkeit von etwa 24% gefunden wurde, findet in der Diskussion um die Ursachen des plötzlichen Herztodes und im Rahmen der Bypass-Chirurgie verstärktes Interesse.

Anhand von 20 morphometrisch untersuchten Koronararterienästen wird aufgezeigt, daß der koronaren Muskelbrücke eine lokale Schutzfunktion vor atheromatösen bzw. arteriosklerotischen Gefäßwandveränderungen zukommt. Patho-morphologische und funktionelle Auswirkungen der koronaren Muskelbrücke werden diskutiert.

**Schlüsselwörter:** Plötzlicher Herztod, Morphometrie der Koronararterien - koronare Muskelbrücken

Die Arterien des Herzens sind gegenüber anderen Arterien des muskulären Typs durch Besonderheiten in Bau und Funktion gekennzeichnet. Neben einer stärkeren

\* Auszugsweise als Vortrag gehalten auf der 59. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Rechtsmedizin 1980 in Heidelberg

Sonderdruckanfragen an: Priv. Doz. Dr. G. Weiler (Adresse siehe oben)

postnatalen Entwicklung der Längsmuskelbündel der Media zeichnet sich die Intima durch eine bereits mit dem fetalen Leben beginnende rapide Verdickung aus, die zunächst als Physiosklerose anzusprechen ist. Hinsichtlich des Blutflusses in den Koronararterien ergibt sich die funktionelle Besonderheit, daß die Blutversorgung des Myokards in der Systole im Bereich der intramural gelegenen Schlagaderäste behindert wird (Velican et al. 1979). Hierbei kann nach Gregg (1963) der Druck in der linken Kammerwand zu einer Unterbrechung und sogar zu einem retrograden Blutfluß führen.

Mit einer Häufigkeit von etwa 24% werden auch extramurale, subepicardial gelegene Koronararterienäste des menschlichen Herzens von Muskelfaserbündeln überbrückt. Diese wurden zuerst von Reymann im Jahre 1737 am menschlichen Herzen, und später, im Jahre 1909, von Schubert am Hundeherzen beschrieben. Erst gegen Mitte unseres Jahrhunderts setzten intensivere Untersuchungen dieser sogenannten Muskelbrücken in Hinblick auf Morphologie und Funktion der „überbrückten“ Koronararterien und des von ihr versorgten Muskelgewebes ein. Die Ergebnisse sind zum Teil recht unterschiedlich. Diskutiert wird vor allem: Eine lokale Schutzfunktion vor atheromatösen bzw. arteriosklerotischen Veränderungen (Geiringer 1951; Edwards 1956; Polacek 1959; Polacek u. Kralove 1961; Zechmeister 1965, 1969; Polacek u. Zechmeister 1968; Zechmeister u. Krejzlik 1968; Bloch et al. 1969; Lee u. Wu 1972; Stolte 1975; Stolte et al. 1977); kompressionsbedingte, systolische Stenosierungen mit daraus resultierender Ischämie bis hin zum plötzlichen Herztod (Portsmann u. Iwig 1960; Binet et al. 1975, 1977; Slany et al. 1976; Morales et al. 1980; Cheitlin 1980); ein gehäuftes und auch vermindertes Auftreten von Myokardinfarkten im Versorgungsgebiet (Polacek u. Zechmeister 1968; Stolte et al. 1977) sowie den unbestrittenen pathologisch-anatomischen Risikofaktor in der Bypass-Chirurgie (Stolte 1975, 1977; Stolte et al. 1977). Die bisher vorliegenden morphologischen Befunde im Rahmen dieser Thematik sind jedoch lediglich qualitativer bzw. halbquantitativer Art.

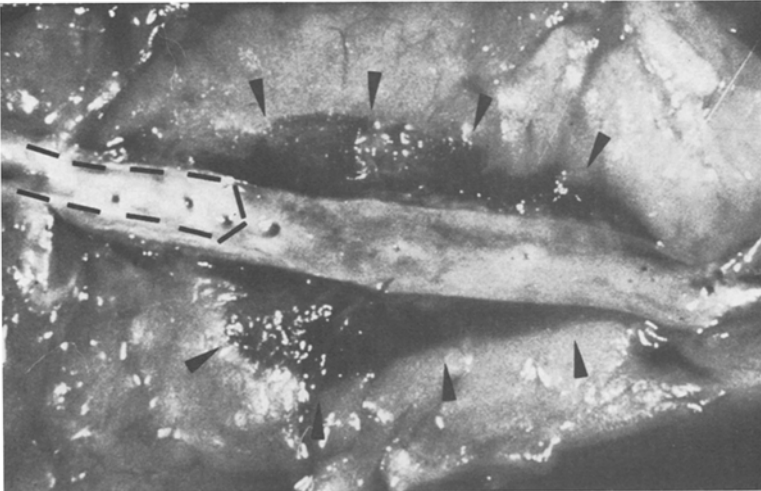
## Material und Methode

Um quantitative Daten zu gewinnen, wurden aus dem laufenden Obduktionsgut des Essener Instituts für Rechtsmedizin 454 Herzen auf das Vorkommen koronarer Muskelbrücken überprüft. Morphometrisch untersucht wurden davon 20 Fälle (ausschließlich koronare Muskelbrücken des Ramus descendens anterior) mit einer Mindeststärke der Muskelbrücke von 1 mm (Abb. 1 und 2).

Das Lebensalter der Verstorbenen (13mal männl. u. 7mal weibl. Geschlechts) lag zwischen 7 Monaten und 79 Jahren mit einem Mittelwert bei 34 Jahren. Die in üblicher Sektionstechnik längereröffnete Kranzschlagader wurde in ihrem extramuralen Verlauf als fingerdicker Gewebsblock abpräpariert, makroskopisch vermessen und formalinfixiert. Stufenschnitte im Abstand von 5 mm proximal und distal der Überbrückung sowie im Abstand von 2 mm im Bereich der Überbrückung wurden nach Paraffineinbettung mit HE, nach van Gieson und in einigen Fällen auch nach Goldner und mit Azan angefertigt. Nach Abzeichnung der Gefäßbilder am Projektionsmikroskop wurden der Lumenradius sowie die Intima- und Mediadicke vermessen. Hierbei wurden der Lumenradius über die



**Abb. 1.** 3 mm starke und 10 mm lange, unter dem subepicardialen Fettgewebe gelegene, Muskelbrücke des Ramus descend. ant. bei einem 7 Monate alt gewordenen Säugling



**Abb. 2.** Kräftige Muskelbrücke des Ramus descend. ant. bei einem 77 Jahre alt gewordenen Mann. Im proximalen Koronararterienabschnitt atheromatöse Intimaveränderungen (---)

elektronisch vermessene Länge der Lumenbegrenzung nach der Kreisumfangsformel errechnet, die mittleren Intima- und Mediadicken am Visopan-Mikroskop an jedem Schnitt bestimmt. Aus den quantitativen Werten wurde für jeden Fall ein graphisches Längsprofil des Arterienastes angefertigt (Abb. 3 und 4). Die statistische Auswertung erfolgte mit Hilfe des Friedman-Tests und dem Paarvergleich nach Wilcoxon-Wilcox.

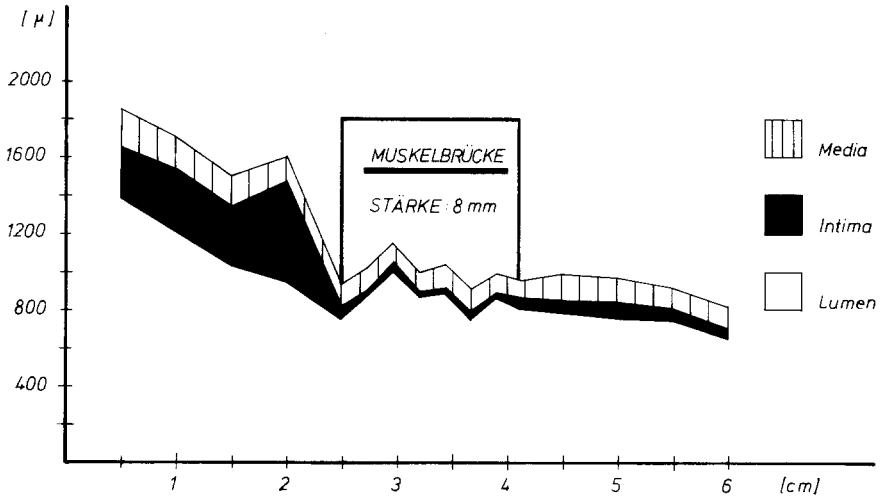


Abb. 3. Quantitative Analyse des Ramus descend. ant. mit einer 8 mm starken und 1,7 mm langen Muskelbrücke (35 J., weibl.). Fehlende Atheromatose unter der Muskelbrücke

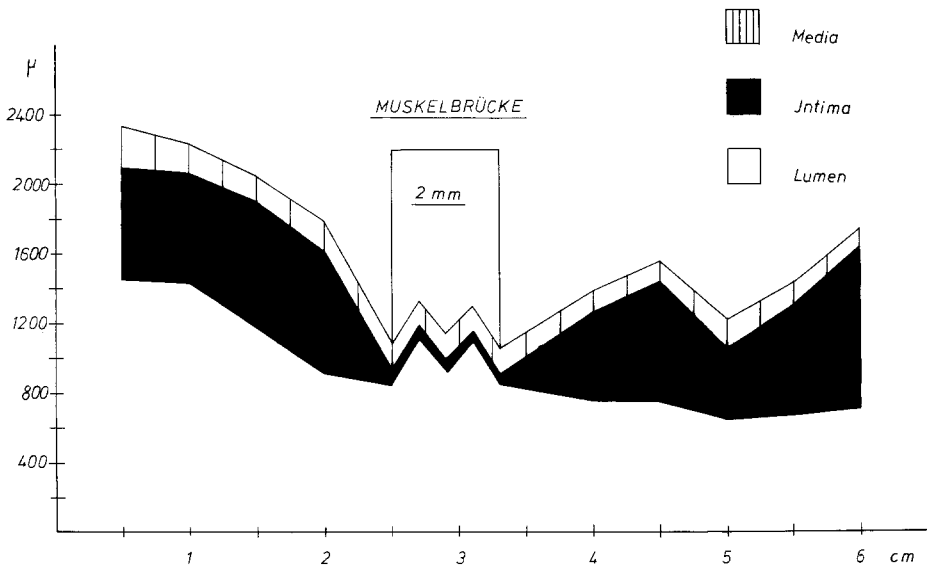


Abb. 4. Quantitative Analyse des Ramus descend. ant. bei schwerer stenosierender Koronarsklerose proximal und distal einer Muskelbrücke und zarter Intima unter der Muskelbrücke (86 J., weibl.)

## Ergebnisse

Bei den 454 untersuchten Herzen fanden wir in 107 Fällen (23,6%) koronare Muskelbrücken, davon 3 Doppelüberbrückungen (2,8%). Auf den Ramus descendens anterior entfielen 97 (90,6%), auf den Ramus circumflexus sinister 7 (6,5%) und auf die Arteria coronaria dextra 3 Überbrückungen (2,8%).

Die mittlere Dicke der vermessenen Muskelbrücken betrug 4 mm (1–9 mm), die mittlere Länge 2,3 cm (1,2–6 cm). Der Abstand vom Ostium betrug im Mittel 3,3 cm (1–6,5 cm). Das durchschnittliche Herzgewicht lag bei 355 g. Zwischen Muskelbrücke und Koronararterie fand sich zumeist eine dünne Fettgewebsverschiebeschicht.

Die mittlere Intimadicke als Maß der Koronarsklerose lag mit  $321 \mu$  proximal der Muskelbrücke hochsignifikant über derjenigen mit  $59 \mu$  unter und  $77 \mu$  distal der Muskelbrücke ( $P < 0,01$ ).

Gleiche Signifikanz ergab sich auch bei Relation von Intimastärke zum Lumenradius.

Die atheromatösen und arteriosklerotischen Intimaveränderungen endeten in der Regel abrupt mit Beginn der Muskelbrücke (vergl. Abb. 2, 3 u. 4). Die Intima im Bereich einer Muskelbrücke zeigte nie atheromatöse Plaques oder exzentrische Stenosingen, nur gelegentlich bei älteren Menschen eine diskrete konzentrische fibröse Verdickung.

Die Dickenwerte der Media ( $152 \mu$  proximal,  $117 \mu$  unter und  $103 \mu$  distal der Muskelbrücke) ließen keine topographisch relevanten Unterschiede erkennen.

## Diskussion

Unsere morphometrischen Untersuchungen bestätigten die Ergebnisse von Geiringer (1951), Polacek und Kralove (1961), Polacek und Zechmeister (1968), Lee und Wu (1972) sowie von Stolte et al. (1977), daß der koronaren Muskelbrücke eine lokale Schutzfunktion vor atheromatösen Gefäßwandveränderungen zukommt. Lediglich Edwards (1956) findet in überbrückten und nicht überbrückten Koronararterienabschnitten gleich häufig Atherosklerose. Ein derartiges Verhalten konnten wir in unserem Untersuchungsgut nur bei einer stark fettdurchwachsenen Muskelbrücke beobachten. Nach Stolte et al. (1977) soll auch bei kräftiger Fettgewebsverschiebeschicht zwischen Arterie und Muskelbrücke kein geringerer Arteriosklerosebefall zu beobachten sein.

Die in der Literatur angegebene Häufigkeit koronarer Muskelbrücken variiert stark und erreicht Werte bis zu 85,7% (Polacek u. Zechmeister 1968), wenn bereits einzelne Faserüberbrückungen im Bereich aller Arterienäste berücksichtigt werden.

Während Polacek und Zechmeister (1968) beim Vergleich von Herzen mit und ohne Muskelbrücke keine Unterschiede im Grad der allgemeinen Koronarsklerose erkennen konnten, fanden Stolte et al. (1977) einen geringeren Grad der Koronarsklerose im gesamten Ramus descendens anterior bei gleichzeitiger muskulärer Überbrückung. Eine gegenteilige Auffassung vertreten die beiden Autorengruppen auch hinsichtlich der Häufigkeit von Vorderwandinfarkten bei Muskelbrücken des Ramus descendens anterior.

Beim Vergleich von eigenen Intimadickenmessungen bei Herzen mit und ohne Koronarsklerose (Weiler 1975 a, b, c) und unseren jetzt erhobenen quantitativen Befunden bei zusätzlicher koronarer Muskelbrücke, läßt sich für den proximalen Anteil des Ramus descendens anterior kein quantitativer Unterschied erkennen. So beträgt bei 28 Fällen mit Koronarsklerose die mittlere Intimadicke  $401 \mu$  und bei

14 Fällen mit Muskelbrücke und etwa vergleichbarem Grad der Koronarsklerose 419  $\mu$ . Der Mittelwert für die gemessene Intimadicke im Bereich der Muskelbrücke entspricht als Folge der lokalen atheromatösen Schutzfunktion, dem von Koronararterien ohne Arteriosklerose der 2. Lebensdekade (Weiler 1975 a).

Die lokale Schutzfunktion der koronaren Muskelbrücke ist vermutlich nicht allein durch begünstigende mechanische Wirkungen auf den interzellulären Säftestrom der Arterienwand zu erklären (Stolte 1975), sondern es ist auch an metabolische Einflüsse des umgebenden Muskelgewebes auf die Gefäßwand zu denken. Im Hinblick auf die Manifestation arteriosklerotischer Veränderungen sind überbrückte extramurale Koronararterienabschnitte den intramuralen kleineren Arterienästen vergleichbar.

In zunehmendem Maße werden koronare Muskelbrücken für pectanginöse Beschwerden und auch für zum plötzlichen Tod führende Koronarspasmen (Morales et al. 1980; Cheitlin 1980) verantwortlich gemacht. Dies soll namentlich bei jüngeren Menschen bei stärkerer körperlicher Belastung vorkommen. In der rechtsmedizinischen Praxis wird man daher dem Vorkommen derartiger koronarer Muskelbrücken stärkere Beachtung schenken müssen.

## Literatur

1. Bloch JH, Hurwitz MM, Edwards JE (1969) Myocardial environment as protection against coronary atherosclerosis. *Geriatrics* 24:83–85
2. Binet JP, Piot C, Planche C, Leriche H, Raza A, Bourdil M, Kone A (1975) "Pont myocardique" comprimant l'artère inter-ventriculaire antérieure. *Arch Mal Coeur* 68:87–90
3. Binet JP, Guiraudon G, Langlois J, Piot C, Vachon J, Grosgeat Y (1977) Angine de poitrine et ponts musculaires sur l'artère interventriculaire antérieure. *Arch Mal Coeur* 71: 251–258
4. Cheitlin MD (1980) The intramural coronary artery: another cause for sudden death with exercise? *Circulation* 62:238–239
5. Edwards JC, Burnside C, Swarm RL, Lansing AJ (1956) Arteriosclerosis in the intramural and extramural portions of coronary arteries in the human heart. *Circulation* 13:235–241
6. Geiringer E (1951) The mural coronary. *Am Heart J* 41:359–368
7. Gregg DE (1963) Physiology of the coronary circulation. *Circulation* 27:1128–1137
8. Lee SS, Wu TL (1972) The role of the mural coronary artery in prevention of coronary atherosclerosis. *Arch Pathol* 93:32–35
9. Morales AR, Romanelli R, Boucek RJ (1980) The mural left anterior descending coronary artery, strenuous exercise and sudden death. *Circulation* 62:230–237
10. Polacek P (1959) Über die myokardialen Bündel, die den Verlauf der Koronararterien überbrücken. *Anat Anz* 106:386–395
11. Polacek P, Kralovec H (1961) Relation of myocardial bridges and loops on the coronary arteries to coronary occlusions. *Am Heart J* 61:44–52
12. Polacek P, Zechmeister A (1968) The occurrence and significance of myocardial bridges and loops on coronary arteries. *Acta Fac Med Univ Brunensis* 36
13. Portsmann W, Iwig J (1980) Die intramurale Koronarie im Angiogramm. *Fortschr Röntgenstr* 92:129–133
14. Reymann HCh (1737) *Dissertatio de vasis cordis propriis*. Haller *Biblioth Anat* 2:366
15. Schubert F (1909) Beiträge zur Anatomie des Herzens der Haussäugetiere. *Inaug Diss Dresden*, S 1–95
16. Slany J, Mösslacher H, Wolner E (1976) Myokardbrücke — Ursache einer herzphasen-abhängigen Koronarstenose. *Dtsch Med Wochenschr* 101:653–655
17. Stolte M (1975) Morphologische Analyse der Koronarchirurgie. Witzstrock, Baden-Baden

18. Stolte M, Weis P, Prestele H (1977) Die koronare Muskelbrücke des Ramus descendens anterior. *Virch Arch Pathol Anat Histol* 375:23–36
19. Stolte M (1977) Pathologisch-anatomische Risikofaktoren der koronaren Bypass-Chirurgie. *Klinikerarzt* 6:798–799
20. Velican C, Velican D (1979) Some particular aspects of the microarchitecture of human coronary arteries. *Atherosclerosis* 33:191–200
21. Weiler G (1975 a) Untersuchungen über die Zahl der Kerne und die Dicke von Media und Intima der Koronararterien bei normalen Herzen der zweiten und dritten Lebensdekade und bei Herzen mit Koronarsklerose und Hypertonie. *Z Kardiologie* 64:995–1003
22. Weiler G (1975 b) Quantitative Morphologie der Koronararterien in der zweiten und dritten Lebensdekade. *Basic Res Cardiol* 70:596–613
23. Weiler G, Knieriem HJ (1975 c) Beitrag zur Morphometrie der Coronarsklerose. *Z Rechtsmed* 75:241–251
24. Zechmeister A (1965) Macroscopic and microscopic observations of muscular (myocardial) bridges and loops over coronary arteries of dogs. *Fol Morphol (Prague)* 13:1–11
25. Zechmeister A, Kreyzlik Z (1968) Auftreten des Vorderwandinfarktes unter besonderer Berücksichtigung seines Verhaltens zu Myokardbrücken über dem Ramus interventricularis anterior der Arteria coronaria cordis sinistra. *Zentralbl Allg Pathol* 111:391–401
26. Zechmeister A (1969) Calcification of epicardial stretches of bridged coronary arteries in man. *J Atheroscl Res* 9:121–129

Eingegangen am 27. November 1980