

Aus dem Gerichtlich-Medizinischen Universitätsinstitut in Debrecen, Ungarn
(Vorstand: Prof. Dr. J. NAGY)

Ostium-Barriere beim plötzlichen Tod

Von

L. NAGY, M. SZABÓ und N. KAPUSZ

Mit 5 Textabbildungen

(Eingegangen am 15. September 1964)

Bekanntermaßen reagiert der Herzmuskel auf eine vermehrte funktionelle Inanspruchnahme mit Verdickung der Muskelfasern: es entsteht eine konzentrische, später eine exzentrische Hypertrophie. Das Volumen der Muskulatur übersteigt das sogenannte kritische Gewicht. Die Herzmuskelfasern beginnen intensiv zu wachsen. Es steigt die in den Herzhöhlen verbleibende, residuale Blutmenge. Das Herz verbreitert sich in Querrichtung. Der Wirkungsgrad seiner Leistungsfähigkeit verschlechtert sich, seine Reservekraft nimmt ab (LINSBACH). Bei der Hypertrophie hält die Capillarisierung mit der Volumenvermehrung der Muskulatur nicht Schritt: Da die Zahl der Capillaren sich nicht ändert, verschlechtert sich relativ die Blutversorgung des Herzmuskels. Die gleichbleibende Zahl von Capillaren muß die Blutversorgung einer größeren Muskelmasse sichern. Mit der Erweiterung der Capillaren kann aber die Lumenvergrößerung der Kranzgefäße nicht Schritt halten, über eine bestimmte Grenze hinaus können die Coronarostien die für den Herzmuskel erforderliche größere Blutmenge nicht durchlassen. Es entsteht eine sog. Mündungsblockade, die Ostium-Barriere.

Es fehlen bislang planmäßige Angaben darüber, wann zwischen Lumen der Herzkranzgefäßabgänge, den Durchmessern der Herzcapillaren und der Maße der Herzmuskulatur eine Disproportion entsteht, die mit dem Leben nicht mehr vereinbar ist.

Um diese Frage zu klären, haben wir in Fällen von Herztod, die auf die Flächeneinheit entfallende Zahl von Capillaren, das Gesamtausmaß von deren Lumina sowie die Weite der Kranzgefäßabgänge bestimmt.

Wir haben die Kranzgefäße von normalen und hypertrofischen Herzen mit sechsfach gefilterter technischer Tusche aufgefüllt, die mit physiologischer Kochsalzlösung dreifach verdünnt wurde (Hersteller Lack- und Farbwerke Budapest). Hierzu wurde ein von uns modifiziertes Modell des Seifertschen Coronarauffüll-Gegendruckapparates (Abb. 1) bei einem konstanten Druck von 140 mm Hg verwendet. Um einen gleichen Druck zu erhalten, wurde der Toldtsche Apparat verwendet (Abb. 2) und der Druck mit einem Quecksilbermanometer kontrolliert.

Die Vorrichtung besteht aus zwei ineinandergeschobenen Röhren (Abb. 1, 3). Das innere Rohr endet kegelförmig, sein Durchmesser beträgt 3 mm. Durch dieses fließt die zur Auffüllung verwendete, verdünnte und filtrierte Tusche. Zwischen den beiden Röhren ist ein Hohlraum, dessen Öffnung die Saugscheibe bildet (Abb. 1, 1). Mit Hilfe einer Wasserstrahlpumpe wird eine starke Saugwirkung ausgeübt, so bildet sich eine enge Verbindung zwischen dem inneren Rohr des Auffüllapparates und dem Gefäßlumen. Das Wirkungsprinzip des Apparates besteht darin, daß nach Vakuumansaugung der Kranzgefäßmündung bzw. ihrer Umgebung es ohne tiefere Einführung einer Injektionskanüle oder eines sonstigen Rohres gelingt, das Kontrastmittel in das Kranzgefäßsystem einzusperren.

Nach der Darstellung des Kranzgefäßsystems mit Tusche wurden die Herzen *in toto* durchschnittlich 10 Tage lang in Formalin fixiert. Nach Einbettung in Paraffin haben wir aus den verschiedenen Herzgegenden, anfangs insgesamt aus zehn Stellen, später nur noch aus der Vorder- und Hinterwand der Vorhöfe und Kammern, dem Versorgungsgebiet des jeweiligen Coronargefäßes, je einen Schnitt entnommen.

Es wurden Querschnittspräparate von den Capillaren angefertigt und die Bilder mit einem Mikroprojektionsapparat dargestellt. Die Capillaren aus einem Blickfeld wurden teils zahlenmäßig bestimmt, teils planimetriert.

Wir haben die effektive Gesamtfläche von 100 Capillarquerschnitten in Relation gesetzt zum Querschnitt des betreffenden Coronarostiums (der Durchmesser wurde aus dem Umfang berechnet, welcher mit 0,01 mm Genauigkeit bestimmt wurde).

Nehmen wir an, daß die Anzahl der Capillaren in den Gesichtsfeldern 1000 ergibt und deren herausprojizierte, planimetrisch gemessene Gesamtfläche 200 cm^2 beträgt. Die Vergrößerungsquote ist 40000. Die effektive Gesamtfläche der Capillaren ergibt $200:40000 = 0,005 \text{ cm}^2$. Die Fläche einer Capillare beträgt dann durchschnittlich $0,005:1000 = 0,000005 \text{ cm}^2 = 0,0005 \text{ mm}^2 = 500 \mu^2$.

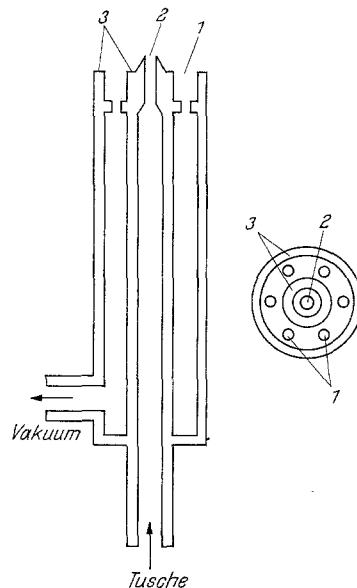


Abb. 1. Der Seifertsche Coronarauffüll-Gegendruckapparat. 1 Saugscheiben. 2 Das konisch auslaufende Innenrohr, durch welches Tusche in das Coronarsystem fließt. (Modifikation der Verff.) 3 Die aus Plexiglas hergestellten Wände des Innen- und Außenrohres

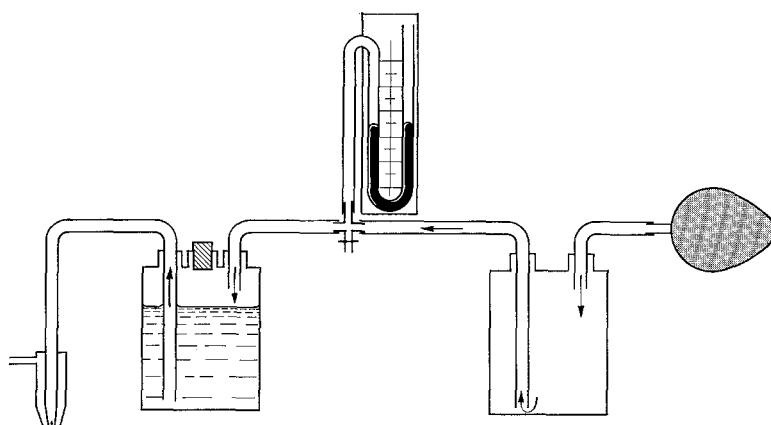


Abb. 2. Toldt'scher Apparat für Gleichdruck. An den Apparat schließt sich ein Manometer an. Im zweiten Zylinder befindet sich die zur Auffüllung verwendete Tusche, und an das Ende der Vorrichtung schließt sich der Seifertsche Coronarauffüll-Gegendruckapparat an

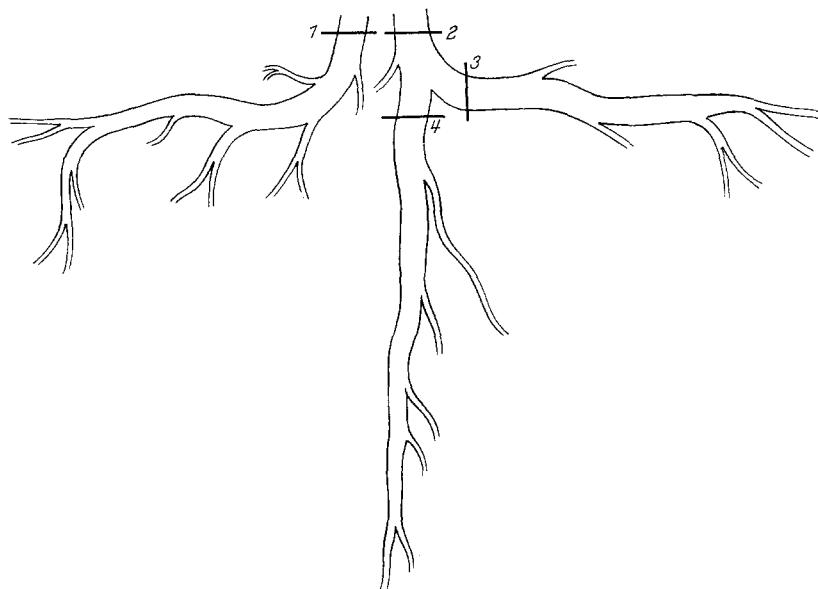


Abb. 3. Schema der Kranzgefäße (nach PONSOLD). Die mit 1—4 bezifferten Teile zeigen die in den Kranzgefäßen berücksichtigten Gebiete an

Bei der Bestimmung der Kranzgefäßmündungszweige sind die in Abb. 3 markierten Teile berücksichtigt worden.

Die Verhältniszahlen zeigen die Relation zwischen einer Mündung der betreffenden Coronararterie und der Gesamtquerschnittsfläche von

100 Capillaren. Die Herzmuskelpräparate wurden aus dem Versorgungsgebiet der betreffenden Kranzgefäße entnommen.

Die berücksichtigten Verhältniszahlen:

I. Linker Vorhof.

1. Querschnitt des Ostium commune sinistrum zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.
2. Querschnitt des Ramus circumflexus sinister zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.

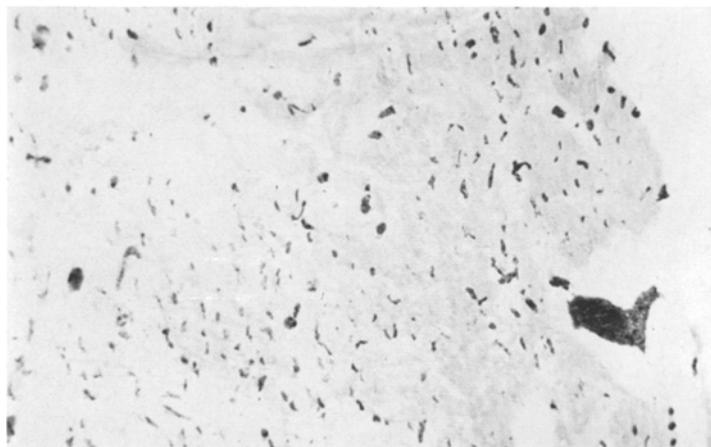


Abb. 4. Mit Tusche gefüllte Kranzarterien der normalen Herzmuskulatur.
(Vergrößerung 1:600)

II. Rechter Vorhof.

Querschnitt der rechten Kranzgefäßmündung zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.

III. Linke Kammer.

1. Querschnitt des Ostium commune sinistrum zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.
2. Querschnitt des Ramus descendens sinister zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.

IV. Rechte Kammer.

Querschnitt der rechten Kranzgefäßmündung zur Gesamtquerschnittsfläche von 100 Capillaren.

Wir haben die Bestimmungen an fünf gesunden und zehn hypertrophischen Herzen durchgeführt. Das Gewicht letzterer schwankte zwischen 460 und 850 g. Bevor wir auf die einzelnen Ergebnisse eingehen, wollen wir die HE-Präparate demonstrieren (Abb. 4 und 5). Es ist ersichtlich, daß bei hypertrophischen Herzen die Capillarquerschnitte vergrößert sind, doch ist die Zahl der Capillaren je Flächeneinheit verringert. Bei normalen Herzen beträgt die Zahl der Capillaren je Quadratmillimeter Fläche im Durchschnitt 3281, bei hypertrophischen Herzen hingegen nur 2102.

Die von uns ermittelten Verhältniszahlen sind in Tabelle 1 zusammengestellt. In den pathologischen Fällen (Nr. 6—15) sind die Zahlenwerte wesentlich geringer als bei gesunden.

Wenn die Verhältniszahl 1 für das gesunde Herz genommen wird, ist sie an pathologischen Herzen jeweils unter 1 (Tabelle 2). Das Ausmaß der Verringerung erreicht Werte bis 0,7—0,8. Wie aus der Tabelle ersichtlich ist, liegen die Werte im allgemeinen unter 1. Der kleinste Wert der Verhältniszahl beträgt für den linken Vorhof 0,44, für die linke Kammer 0,22, für die rechte Kammer 0,29, für den rechten Vorhof 0,4.

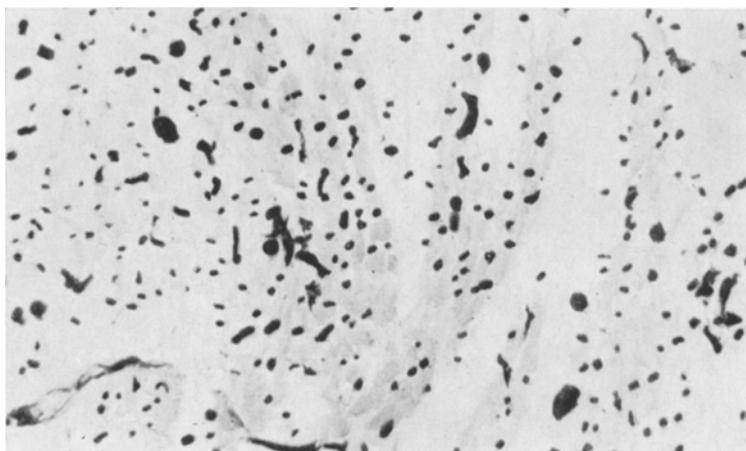


Abb. 5. Mit Tusche gefüllte Kranzarterien der hypertrophischen Herzmuskulatur.
(Vergrößerung 1:600)

Tabelle 1. Die Verhältniszahlen bei gesunden (Nr. 1—5) und hypertrophischen (Nr. 6—15) Herzen

Nr.	Rechter Vorhof	Rechte Kammer	Linker Vorhof		Linke Kammer	
			Ostium commune sin.	R. circumflexus	Ostium commune sin.	R. descendens
1	106,6	100,4	140,0	74,4	147,06	80,0
2	102,2	94,1	145,3	69,9	148,8	59,3
3	112,1	101,2	124,5	59,9	157,7	70,4
4	92,30	106,1	135,0	64,5	165,6	73,3
5	93,3	110,0	158,0	59,0	182,0	69,1
6	—	30,5	—	—	63,0	15,5
7	97,3	94,1	130,4	47,1	69,9	30,4
8	—	58,8	—	—	75,1	47,2
9	70,7	68,4	75,1	50,1	76,0	52,2
10	35,4	52,1	97,7	44,4	91,8	41,6
11	85,7	88,6	71,0	57,0	101,4	51,6
12	63,4	54,5	117,0	52,8	102,5	43,6
13	75,4	63,4	97,4	57,5	104,2	61,5
14	104,4	61,1	62,4	35,4	105,6	73,5
15	79,0	81,4	129,6	49,3	121,8	67,8

Tabelle 2. *Die Verhältniszahlen bei hypertrophischen Herzen in Relation zu gesunden*

Nr.	Rechter Vorhof	Rechte Kammer	Linker Vorhof		Linke Kammer	
			Ostium commune sin.	R. circum- flexus	Ostium commune sin.	R. descend- dens
1	—	0,29	—	—	0,39	0,22
2	0,96	0,92	0,90	0,72	0,44	0,43
3	—	0,57	—	—	0,46	0,67
4	0,69	0,66	0,53	0,73	0,47	0,74
5	0,34	0,51	0,69	0,67	0,57	0,59
6	0,84	0,86	0,50	0,87	0,63	0,73
7	0,62	0,53	0,84	0,80	0,64	0,62
8	0,74	0,62	0,69	0,87	0,65	0,87
9	1,03	0,60	0,44	0,54	0,66	1,04
10	0,78	0,79	0,92	0,75	0,76	0,96

Bei partieller Herzmuskelhypertrophie weisen die hypertrophischen Gebiete die niedrigeren Verhältniszahlenwerte auf.

Zusammenfassung

Es wurde die Verhältniszahl zwischen dem Querschnitt der einzelnen Coronarostien und dem Gesamtquerschnitt von 100 Capillaren an fünf gesunden und zehn hypertrophischen Herzen untersucht. Es wurde festgestellt, daß bei hypertrophischen Herzen die Zahl der Capillaren je Flächeneinheit verringert ist, die Gesamtdurchschnittsfläche von 100 Capillaren jedoch eine Vergrößerung aufweist. Zugleich ist die Verhältniszahl zwischen der Weite der Coronarostien und dem Gesamtquerschnitt von 100 Capillaren verringert. Wenn die letztere Verhältniszahl an gesunden Herzen als 1 angenommen wird, beträgt der entsprechende Wert am hypertrophischen Herzen jeweils weniger als 1. Die Verringerung erreicht Werte von 0,7—0,8. Diese Verringerung wird als ein für den Herztod prädisponierender Faktor angesehen.

In einem hohen Prozentsatz der Fälle war eine Verringerung der Verhältniszahl in beiden Herzhälften festzustellen. Im Falle einer partiellen Herzmuskelhypertrophie (z.B. Cor pulmonale) war die veränderte Capillarisierung nur in dem betroffenen Bereich zu finden.

Die diskutierten Erlebnisse weisen auf die Möglichkeit hin, daß für plötzliche Herztodesfälle, bei denen eine Herzhypertrophie ohne sonstigen pathologischen Befund festgestellt wird, die Ostiumbarriere eine wichtige pathogenetische Rolle spielen kann.

Die von uns angewandte modifizierte Technik des Seifertschen Coronarauffüll-Gegendruckapparates hat sich gut bewährt, sie kann zur postmortalen Darstellung des Kranzgefäßsystems empfohlen werden.

Es wird weiterhin versucht, die Methodik für routinemäßige Anwendung auszubauen.

Literatur

- DLIN, B. M.: Emotional factors in coronary occlusion. *Canad. Psychiat. Ass. J.* **5**, 49—52 (1960). Ref. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **51**, 654 (1961).
- ENTZ, B.: A hirtelen szivhalálról. *Orvosképzés* **31**, 499—507 (1941).
- GROSSE-BROCKHOFF, F.: *Einführung in die pathologische Physiologie*. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1950.
- LINSBACH, A. J.: Über das Längenwachstum der Herzmuskelfasern und ihrer Kerne in Beziehung zur Herzdilatation. *Virchows Arch. path. Anat.* **328**, 165—181 (1956).
- MARRUBINI, G., u. G. BAROLDI: Untersuchungen über den Coronarkreislauf bei plötzlichem Herztod. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **49**, 224 (1954).
- MANTERO, O., G. BAROLDA, and G. SCOMAZZONI: The coronary arterial circulation in the hypertrophised heart. *Ber. allg. spez. Path.* **38**, 343 (1958) (Ref.).
- NAGY, D.: Adatok a koronáriák anatómiájához. *Orv. Hetil. H.* **6** (1949).
- PROVEZA, A. V., SIDNEY SCHERLIS: Coronary circulation in dog's heart; demonstration of muscle: sphincters in capillaries. *Circulation* **7**, 318—324 (1959).
- ROBERTS, J. T., and J. T. WEARN: Quantitative change in capillary-muscle relationship in human hearts during normal growth and hypertrophy. *Amer. Heart J.* **21**, 617 (1941).
- S. T. WEARN, and I. J. BADAL: The capillary-mucle ratio in normal and hypertrophise human hearts. *Proc. Soc. exp. Biol. (N.Y.)* **38**, 322 (1938).
- RODRIGEZ, F. L., and S. H. ROBBINS: Capacity of human coronary arteries. A postmortem study. *Circulation* **19**, 570—578 (1959).
- SEIFERT, S.: Zur Frage der postmortalen Injectionsdarstellung der Coronarien. *Dtsch. Gesundh.-Wes.* **48**, 2250—2254 (1961).
- SELLYE, H., u. E. BAJUSZ: Experimentelle Beiträge zur Frage der relativen Beteiligung von Stress und Anoxämie bei der Pathogenese gewisser Herznekrosen. *Beitr. path. Anat.* **119**, 333—342 (1958). Ref. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **50**, 79 (1960).
- STRAETEN, P. VAN DER: La coronarographie post mortem de l'homme agé. *Acta cardiol. (Brux.)* **10**, 15—43 (1955). Ref. *Dtsch. Z. ges. gerichtl. Med.* **45**, 268 (1956).
- TAKÁCSI, L.: A hirtelen szivhalál időszerű kérdései. Kandidátusi értekezés. Budapest 1963.

Dr. med. L. NAGY, Debreceni Orvostudományi Egyetem
Igazságügyi Orvostani Intézet, Debrecen, Magyarország