

Acta Medica Austriaca

Separatabdruck aus 1. Jahrgang, 1974, Heft 3 (Seite 106—110)

Alle Rechte vorbehalten. Es ist insbesondere nicht gestattet, ohne Genehmigung des Verlages diesen Sonderdruck oder Teile davon nachzudrucken oder auf sonstige Weise zu vervielfältigen. Verlag Brüder Hollinek, Wien

Herausgeber: Arbeitsgemeinschaft der Österr. Gesellschaft für Innere Medizin und der assoziierten Fachgesellschaften. Eigentümer und Verleger: Brüder Hollinek. Alle: Landstraßer Hauptstraße 163, A-1030 Wien. Redaktion und für den Inhalt verantwortlich im Sinne des Pressegesetzes: Prof. Dr. K. Fellingner, Alser Straße 4, A-1095 Wien. Druck: Brüder Hollinek, Stadtbüro Landstraßer Hauptstraße 163, A-1030 Wien, Druckerei Industriezentrum NÖ-Süd, A-2351 Wiener Neudorf.

Statische Belastung — eine Bereicherung für die erweiterte kardiologische Diagnostik?

Von W. Reiterer

Eingelangt: 4. Februar 1974

Annahme der revidierten Fassung: 27. Juni 1974

Schlüsselwörter: Belastungstest — Fahrradergometrie — Handgrip-Versuch — Mikroherzkatheterismus.

Key-words: Bicycle-exercise-testing — isometric hand-grip exercise — microheartcatheterisation.

Zusammenfassung

Bei 36 Patienten (Patienten mit koronarer Herzkrankheit, Mitralstenose, Mitralinsuffizienz und kombiniertem Mitral-Aortenvitium verschiedener Schweregrade) und 6 Normalpersonen wurden Veränderungen des enddiastolischen Pulmonalarteriendruckes (PAEDP) als Index für den linksventrikulären enddiastolischen Druck bzw. links-atrialen Druck unter dynamischer (Fahrradergometrie im Sitzen) und statischer (Handgrip-Versuch) Belastung untersucht.

Ein Anstieg des PAEDP unter statischer Belastung läßt beim Fehlen eines Mitralklappenfehlers Rückschlüsse auf eine eingeschränkte Myokardfunktion — verminderte Kontraktilitätsreserve — zu.

Bei Patienten mit Mitralklappenstenose und -insuffizienz können Veränderungen des PAEDP, je nach Ausgangswert, zur Quantifizierung des Herzklappenfehlers beitragen.

Summary

In a group of 36 patients with coronary heart disease, mitral valve disease, bivalvular disease and six normal persons the pulmonary artery enddiastolic pressure (PAEDP) has been chosen as the main parameter in evaluating static (handgrip) and dynamic (bicycle-exercise test) exercise-stress-testing.

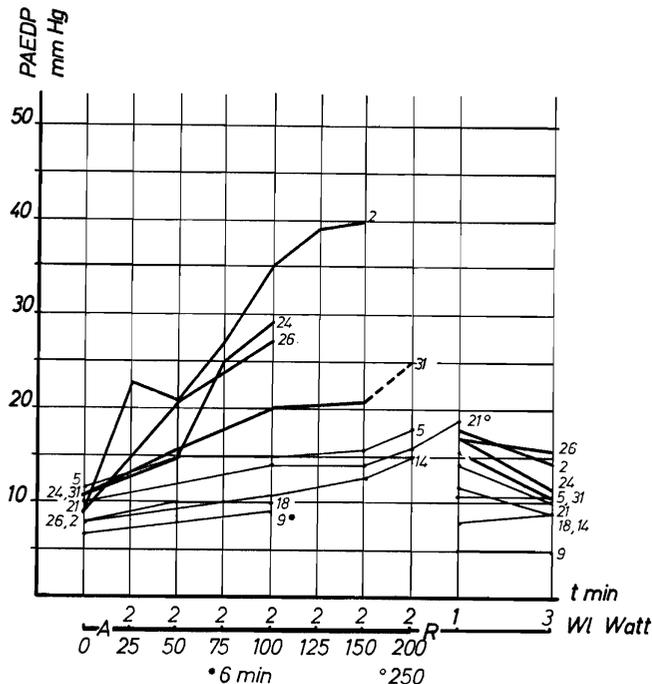
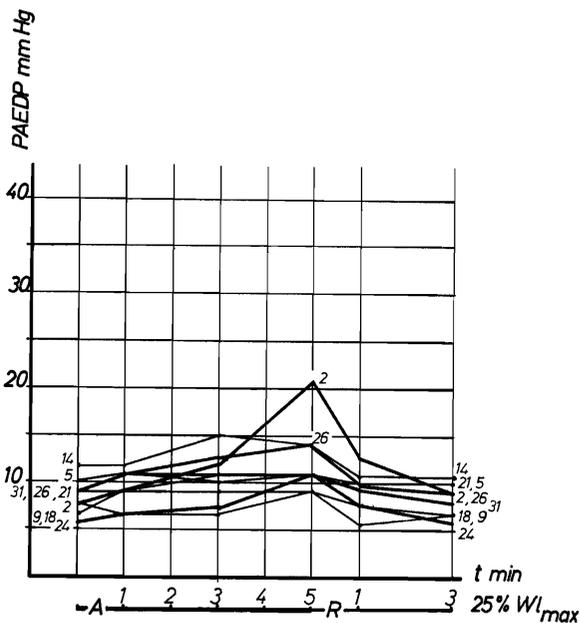
An increase of PAEDP proves to be a fine indicator of impaired myocardial function (contractility) in patients without mitral valve disease when under static exercise. In patients with mitral stenosis and insufficiency registration of PAEDP-changes in static stress testing represents a simple mode for quantitation of valvular disease.

Die kräftige Kontraktion von kleinen Muskelgruppen kann zu einer akuten, nach Belastungsende rasch reversiblen Druckbelastung des linken Ventrikels führen. Meßgrößen der zentralen Hämodynamik und der Myokardfunktion reagieren bei Normalpersonen unterschiedlich im Vergleich zu Probanden mit eingeschränkter Myokardfunktion: Die erhöhte Nachbelastung demaskiert den Frank-Starling-Mechanismus durch Anstieg des linksventrikulären enddiastolischen Druckes (LVEDP) bei geringem oder fehlendem Anstieg des Index für die Schlagarbeit des linken Ventrikels (SWI); bei ungenügender Zunahme des Herzminutenvolumens (\dot{Q}) erhöht sich der periphere Widerstand (PVR), damit ein ausreichender Perfusionsdruck für die kontrahierte Muskulatur bereitgestellt wird.

In einer Versuchsanordnung, die nur geringen apparativen Aufwand voraussetzt, untersuchten wir erstmals die Reaktionen unter dynamischer und statischer Belastung am gleichen Patienten.

Material und Methodik

36 Probanden im Alter zwischen 26 und 61 Jahren wurden untersucht. Von einer kardiologischen Spezialambulanz waren sie unter Diagnosen wie Mitralstenose Grad I bis III, kombi-



NP: 5, 9, 14, 18, 21 LBBB: 2, 26 CHD: 24, 31

Abb. 1. Veränderungen des PAEDP bei Normalpersonen (NP), Patienten mit Linksschenkelblock (LBBB) und koronarer Herzkrankheit (CHD) unter dynamischer und statischer Belastung.

niertes Mitralvitium, Mitralinsuffizienz, kombiniertes Mitral-Aortenvitium, kompletter Linksschenkelblock und Status post Myokardinfarkt zugewiesen worden.

6 Normalpersonen dienten als Referenzgruppe.

Meßgrößen: EKG, Druckmessung im kleinen Kreislauf mittels Einschwemmkatheterismus nach *Grandjean*, Druckmessung im großen Kreislauf teils blutig, teils unblutig nach *Riva Rocci*.

Die dynamische Belastung erfolgte auf dem Fahrradergometer im Sitzen: Die Belastungsstufen, beginnend mit 25 Watt, wurden jeweils um 25 Watt nach 2 Minuten gesteigert (rektangulär-triangularer Test). Das Ende des Tests war erreicht durch eine erschöpfende Belastung des Probanden (Ermüdungsgrad 16 bis 18 nach *G. Borg*). Ein abnormes Verhalten der genannten Meßgrößen führte zum vorzeitigen Abbruch (12). Zur statischen Belastung wählten wir für die Probanden eine liegende Position. Etwa 25% des maximalen Druckes bei Kompression einer mit geringer Luftmenge gefüllten Blutdruckmanschette sollte durch 4 bis 5 Minuten ausgehalten werden. An der Tonometerskala konnte der Proband den einzuhal tenden Druck ablesen.

Auf eine statistische Analyse der Daten wurde wegen der inhomogenen Gruppen verzichtet; der Unterschied in der Veränderung der Meßgrößen ist den graphischen Darstellungen zu entnehmen.

Ergebnisse

Bei Normalpersonen steigt der enddiastolische Pulmonalarteriendruck (PAEDP) von Ruhewerten zwischen 7 und 12 mm Hg unter erschöpfender dynamischer Belastung bis auf 17 (20) mm Hg an (siehe Abb. 1).

Die tolerierte Wattstufe liegt bei erschöpfender Belastung im Bereich der Sollwerte für einen triangulären Test (12).

Unter isometrischer Belastung (Handgrip-Versuch) lag der Druckanstieg des PAEDP unter 3 mm Hg. Ein Valsalva-Manöver trachteten wir tunlichst zu verhindern.

Bei Patienten mit koronarer Herzkrankheit und bei Probanden mit postmyokarditischem Linksschenkelblock steigt unter höheren Belastungsstufen auf dem Fahrradergometer der PAEDP beträchtlich an (bis zu 40 mm Hg); die Leistungsfähigkeit ist im Akutversuch, je nach Schweregrad der Erkrankung, unterschiedlich begrenzt (Abb. 1). Der Handgrip-Versuch ermöglicht eine weitere Unterteilung der Patientengruppe je nach Anstieg des PAEDP (bis 5 mm Hg, 8 bis 10 mm Hg und mehr).

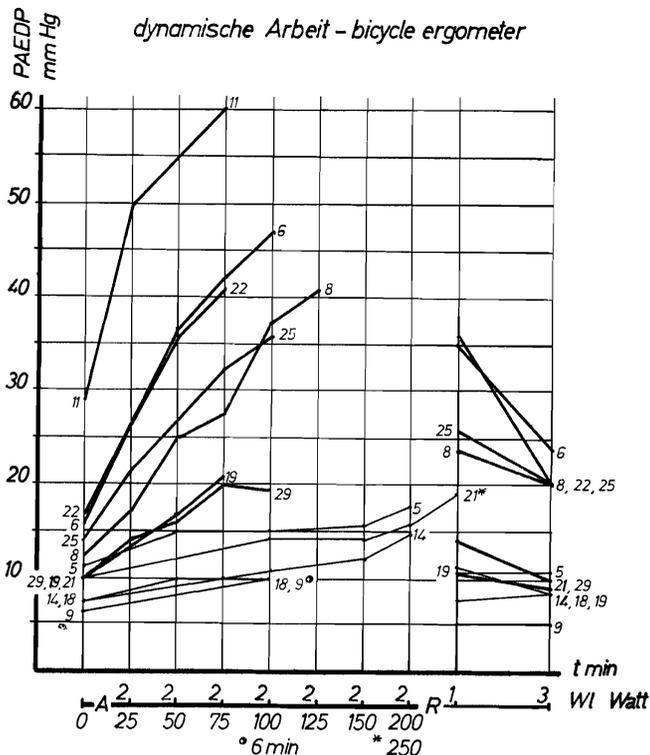
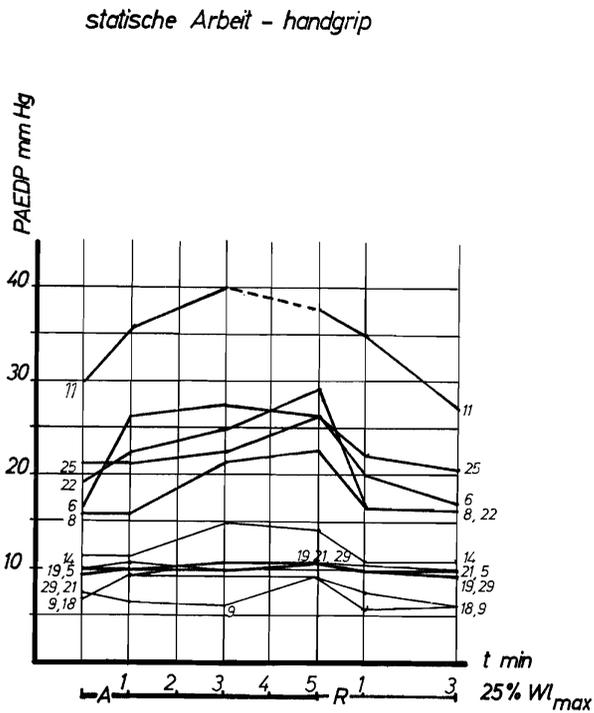
Patienten mit reiner Mitralklappenstenose zeigen je nach klinischem Schweregrad unter standardisierter dynamischer Belastung einen rascheren Anstieg des Druckes

im kleinen Kreislauf, insbesondere des PAEDP als Index für den linken Vorhofsdruck (LAP), bei zunehmend verminderter Leistungsfähigkeit (Abb. 2; klinischer Schweregrad I— Patient 19 und 29; II—III Patient 6, 8, 22 und 25; III— Patient 11).

Unter statischer Belastung im Liegen finden sich höhere Ruhewerte, ein zusätzlicher Unterschied im Ausgangswert erklärt sich durch den Schweregrad des Herzfehlers.

Diskussion

Der enddiastolische Pulmonalarteriendruck (PAEDP) als Index für den enddiastolischen Druck des linken Ventrikels bzw. für den linken Vorhofsdruck bei Mitralklappenfehlern ist als brauchbar anerkannt. Die Bezeichnung Index beinhaltet alle Einschränkungen für die Beurteilung von Druckveränderungen unter statischer und dynamischer Belastung: Faktoren, wie Veränderungen der Compliance des linken Ventrikels, des linken Vorhofes und der Lungenvenen, Veränderungen



NP: 5, 9, 14, 18, 21 MS: 6, 8, 11, 19, 22, 25, 29

Abb. 2. Veränderungen des PAEDP bei Normalpersonen und Patienten mit Mitralklappenstenose (MS) verschiedenen Schweregrade unter dynamischer und statischer Belastung.

Zu Belastungsende war der PAEDP bei Stadium I—kaum, bei II bis III und III, III— jedoch um 8 bis 15 mm Hg angestiegen. Aus dem Ergebnis dieses Belastungsversuches ist eine wirksame Stenosierung der Mitralklappe zu vermuten. Es findet sich eine Parallele zum Verhalten der Druckwerte unter dynamischer Belastung.

Bei Patienten mit reiner Mitralklappeninsuffizienz liegen die Ruhewerte für den PAEDP je nach klinischem Schweregrad in unterschiedlicher Höhe. Sofort nach Einsetzen der statischen Belastung steigt der PAEDP um Werte zwischen 10 und 15 mm Hg an. Ähnliche Reaktionen wurden bei Probanden mit kombiniertem Mitralklappen- und kombiniertem Mitralklappen-Aortenklappenfehler beobachtet.

des Gefäßwiderstandes im kleinen Kreislauf bei Anstieg des Herzminutenvolumens bei Patienten mit verengtem Lungengefäßquerschnitt, pulmonalem Hochdruck, Lungenstauung und Stenosierung und Schlußunfähigkeit der Mitralklappe, sind zu beachten. Unter höheren Belastungsstufen wird die Auswertung der Druckkurven erschwert durch Artefakte, wie Schleuderzacken infolge der Tachykardie und Bewegung des Probanden und durch Überlagerung mit respiratorischen Druckschwankungen (2, 5, 9, 13).

Die dynamische Belastung ermöglicht die Beurteilung der Pumpfunktion des Herzens an Hand der Meßgrößen PAEDP und tolerierter Belastungsstufe: Zunehmend höhere Druckwerte unter niedrigeren Wattstufen kennzeichnen den Schweregrad der eingeschränkten Myokardfunktion. Unter statischer Belastung steigen bei Normal-

personen arterieller Blutdruck, Herzfrequenz, Schlagarbeit des linken Ventrikels und maximale Verkürzungsgeschwindigkeit des kontraktiven Elementes beträchtlich an (siehe Tab. 1), der periphere Widerstand und der enddiastolische linksventrikuläre Druck bleiben unverändert.

Bei eingeschränkter Myokardfunktion wird durch die akute Druckbelastung der Frank-Starling-Mechanismus

dynamischen Veränderungen sind bei Abbruch des Tests sofort reversibel. Die Versuchsanordnung kann somit für den Probanden als gefahrlos angesehen werden.

Als Ergänzung zur dynamischen Belastung und für Patienten, die wegen einer Erkrankung des Bewegungsapparates einer dynamischen Belastung (Fahrrad- und Laufbandergometrie) nicht zugänglich sind, bietet sich für die „erweiterte“ kardiologische Diagnostik die statische Belastung als echte Alternative an.

Tab. 1. Veränderungen von Meßgrößen der zentralen Hämodynamik unter dynamischer und statischer Belastung (3, 4, 6, 7, 8, 10).

		Belastungsformen	
dynamische			statische
fh	60 bis 195	75 bis 95	b/min
BP _{syst}	110, 120 bis 150, 190	110, 120 bis 138, 159	mm Hg
BP _{dia}	70 bis 80	70, 80 bis 90, 100	mm Hg
PAEDP	7 bis 17 (20)	7 bis 11	mm Hg
LVEDP	13 bis 12	7, 10 bis 11, 12	mm Hg
\dot{Q}	= 5 bis 25	5, 6 bis 6, 8	l/min
PVR	—70%	17,6 bis 17,8	dyn . sec . cm ⁻⁵ . 10 ⁻²
dp/dt max	1440 bis 7200	1500 bis 2400	mm Hg/sec
V max	1,5 bis 5,2	1,8 bis 2,2	ml/sec
SWI	(LVSP — LVEDP) . SI . 1,36 . 10 ⁻²	81 bis 104	gm/m ²
DP	10 bis 20 bis 30	8, 10 bis 14, 16	fh . BP _{syst} . 10 ⁻³
TP	2246 bis 3432	2246 bis 4052	fh . BP _{syst} . LVET

fh = Herzfrequenz, BP_{syst}, dia = systolischer und diastolischer Blutdruck, PAEDP = enddiastolischer Pulmonalarteriendruck, LVEDP = enddiastolischer linksventrikulärer Druck, \dot{Q} = Herzminutenvolumen, PVR = peripherer Widerstand, SWI = Schlagarbeit des linken Ventrikels, DP = Doppelprodukt, TP = Dreifachprodukt.

demaskiert unter dem Anstieg des LVEDP — wenn einer Zunahme des enddiastolischen Volumens eine analoge Druckänderung folgt —; diese abnorme Reaktion kann vermutet werden durch beobachtete Veränderungen der Meßgröße PAEDP, die ohne großen Aufwand zu erhalten ist und einen brauchbaren Index für den LVEDP bzw. LAP darstellt.

Während des Handgrip-Versuches steigt das Herzminutenvolumen im Mittel um 1 bis 2 l an. Bei Stenose der Mitralklappe kann der Durchfluß nur durch vermehrte Druckarbeit aufrechterhalten werden. Die Höhe des PAEDP als Ausgangswert und der Druckanstieg unter statischer Belastung lassen eine Einteilung des Schweregrades des Herzfehlers zu.

Bei Schlußunfähigkeit der Mitralklappe nimmt unter der akut erhöhten Nachbelastung für den linken Ventrikel das Volumen der regurgitierten Blutmenge beträchtlich zu, das effektive Schlagvolumen fällt ab. Je nach Ausgangslage können Veränderungen des PAEDP als Index für den LAP zur einfachen Quantifizierung der Mitralklappeninsuffizienz herangezogen werden.

Unter isometrischer Belastung wurden Komplikationen, wie Rhythmusstörungen, Angina-pectoris-Anfall und Dislokation des Schwemmkatheters, nicht beobachtet. Die gesetzten hämo-

Literatur

- (1) Borg, G., C. G. Edström und G. Markelund: A new method to determine the exponent for perceived force in physical work. Reports from the Institute of Applied Psychology, the University of Stockholm, Nr. 4, 1970.
- (2) Hilton Buggs, G. E. Wettach und Fr. B. Balbuna: Assessment of pulmonary artery end-diastolic pressure as an indirect measurement of pulmonary artery capillary mean pressure — an index to left ventricular function. Heart and Lung 2 (1973), 232.
- (3) Donald, K. W., A. R. Lind, G. W. McNicol, P. W. Humphreys, S. H. Taylor und H. P. Staunton: Cardiovascular responses to sustained (static) contraction. Suppl. I to Circulation Research, Vols 20 and 21 (1967), 1.
- (4) Fisher, M. L., D. O. Nutter, W. Jacobs und R. C. Schlant: Haemodynamic responses to isometric exercise (handgrip) in patients with heart disease. British Heart Journal 35 (1973), 422.
- (5) Harris, P., N. Segel und J. M. Bishop: The relation between pressure and flow in the pulmonary circulation in normal subjects and in patients with chronic bronchitis and mitral stenosis. Cardiovascular Research 2 (1968), 78.
- (6) Helfant, R. H., M. A. de Villa und St. G. Meister: Effect of sustained isometric handgrip exercise on left ventricular performance. Circulation 44 (1971), 982.

- (7) *Kivowitz, Ch., W. W. Parmley, R. Donoso, H. Marcus, W. Ganz und H. J. C. Swan*: Effects of isometric exercise on cardiac performance — the grip test. *Circulation* 44 (1971), 994.
- (8) *Krayenbuehl, H. P., W. Rutishauser, P. Wirz, I. Amende und H. Mahmel*: High-fidelity left ventricular pressure measurements for the assessment of cardiac contractility in man. *Amer. J. Cardiol.* 31 (1973), 415.
- (9) *Lappas, D., W. A. Lell, J. C. Gabel, J. Civetta und E. Lowenstein*: Indirect measurement of left atrial pressure in surgical patients. Pulmonary capillary wedge and pulmonary artery diastolic pressure compared with left atrial pressure. *Anesthesiology* 38 (1973), 394.
- (10) *Lindquist, V. A. Y., R. D. Spangler und S. G. Blount*: A comparison between the effects of dynamic and isometric exercise as evaluated by the systolic time intervals in normal man. *Amer. Heart J.* 85 (1973), 227.
- (11) *Rahimtoola, S. H.*: Left ventricular end-diastolic and filling pressures in assessment of ventricular function. *Chest* 63 (1973), 858.
- (12) *Reiterer, W.*: Methode und Aussagekraft einer standardisierten Ergometrie (im Druck).
- (13) *Weller, W., W. T. Ulmer und W. Walkenhorst*: Meßtechnische Vergleichsuntersuchungen zwischen Courmand-Herzkatheter und Mikroherzkatheter. *Zeitschrift für Kreislaufforschung* 58 (1969), 689.

Anschrift des Verfassers: Dr. W. Reiterer, Kardiologische Universitätsklinik, Garnisongasse 13, A-1097 Wien, Österreich.

