

Sonderdruck aus

***Nieren-
und Hochdruck-
krankheiten***

Zeitschrift für klinische Nephrologie
und ihre Randgebiete



Dustri-Verlag Dr. Karl Feistle
München-Deisenhofen

Ein Screeningtest zur Erfassung einer Belastungshypertonie

M. LEDOCHOWSKI¹, G. KEMMLER², R. PFISTER³, H. HÖRTNAGL³ und E. RAAS³

¹Universitätsklinik für Innere Medizin, Innsbruck

²Institut für Biostatistik, Universität Innsbruck

³Institut für Sport-Kreislaufmedizin, Innsbruck

Ein Screeningtest zur Erfassung einer Belastungshypertonie. Um eine Methode zu finden, mittels derer eine Belastungshypertonie möglichst rasch und zuverlässig erfaßt werden kann, wurden 36 Probanden sowohl stufenweise als auch in einem Steady-state-Verfahren ergometriert. Die Einteilung in Hyper- bzw. Normotoniker erfolgte nach dem maximalen systolischen Blutdruckverhalten bei ergometrischer Ausbelastung. Anschließend wurden mittels Diskriminanzanalyse diejenigen Größen ermittelt, die beim Steady-state-Ergometrieverfahren am meisten zur Diagnosestellung »Hypertonie« bzw. »Normotonie« beitrugen. Mit der von uns ermittelten Funktion konnten alle Belastungshypertoniker mit dem wesentlich weniger zeitaufwendigen Steady-state-Ergometrieverfahren richtig zugeordnet werden. Einer der 23 normotonen Probanden wurde fälschlicherweise als »Belastungshypertoniker« eingestuft. Dies entspricht einer Sensitivität von nahezu 100% und einer Spezifität von ca. 95%. Insgesamt sind wir der Ansicht, daß dieses Testverfahren eine gute Screeningmethode zur Erfassung einer Belastungshypertonie darstellt.

Schlüsselwörter: Hypertonie – Belastungshypertonie – Ergometrie – Diskriminanzanalyse – Screeningtest.

A screening test to detect exaggerated blood pressure response due to exercise. The aim of the study was to find a quick and easy way to perform a screening test for patients with suspected hypertension. We therefore examined 36 subjects who underwent step by step and steady-state exercise testing. Patients were classified as hypertensives or normotensives according to their systolic blood pressure response at maximal workload. After a two-hour rest they were re-examined by a steady-state exercise testing method as described by Kaltenbach [4, 5]. The variables obtained in the steady-state exercise testing method were analysed by discriminant function analysis for optimal differentiation of hypertensives and normotensives. With the derived discriminant function, all patients who were classified as hypertensives were correctly diagnosed as hypertensives, while only one out of the 23 normotensive subjects was incorrectly diagnosed as being hypertensive. This corresponds to a sensitivity of almost 100% and as specificity of about 95%. In conclusion we believe that the steady-state exercise testing method along with our derived discriminant function may replace the time consuming step by step exercise testing method in screening for hypertensives.

Key words: Blood pressure measurement – exercise testing – hypertension – discriminant function analysis.

Einleitung

Die Belastungshypertonie stellt einen wesentlichen kardiovaskulären Risikofaktor dar [2, 11]. Sie ist nach den Richtlinien der Österreichisch-Kardiologischen Gesellschaft mit einer stufenweisen Ergometrie bis zur Ausbelastung zu diagnostizieren. Da diese Form der Ergometrie einen großen Arbeits- und Zeitaufwand mit sich bringt, ist sie zur Routinediagnostik des Belastungshochdrucks nicht geeignet. Wir haben deshalb die Ergebnisse der stufenweisen Ergometrie, entsprechend den Empfehlungen der Österreichisch-Kardiologischen Gesellschaft [1], mit den Ergebnissen der wesentlich zeitsparenderen und einfacher durchzuführenden Ergometrie nach Kaltenbach [7, 8] verglichen.

Patienten und Methoden

Wir untersuchten 36 Probanden im Alter von 17 bis 47 Jahren im Rahmen einer sportärztlichen Untersuchung. Alle wurden zunächst nach der von Kaltenbach beschriebenen Methode [7, 8] ergometriert. Dazu wurden sie durch 6 Minuten mit einer der Körperoberfläche, dem Geschlecht und dem Alter entsprechenden Wattanzahl (Tab. 1) im Steady-state-Verfahren belastet. Nach mindestens 2 Stunden Wartezeit wurde die Ergometrie mit stufenweiser Belastung (alle 2 Minuten Steigerung um 25 Watt bis zur Ausbelastung), entsprechend den Empfehlungen der Österreichisch-Kardiologischen Gesellschaft [1], durchgeführt. Blutdruck und Puls wurden bei beiden Ergometrieverfahren in Ruhe sowie alle 2 Minuten unter Belastung gemessen.

Nach dem Blutdruckverhalten in der stufenweisen Ergometrie wurden die Patienten in Hypertoniker bzw. Normotoniker eingeteilt. Als Hypertoniker wurden all diejenigen Probanden bezeichnet, bei denen der maximale systolische Blutdruck bei Ausbelastung >230 mmHg anstieg. Als Normotoniker wurden all diejenigen Probanden bezeichnet, bei denen der maximale systolische Blutdruckanstieg bei Ausbelastung <230 mmHg lag. All diejenigen, bei denen der systolische Blutdruck unter Ausbelastung genau bei 230 mmHg lag, wurden als nicht klassifizierbar gewertet.

Um zu ermitteln, wie gut sich mit Hilfe der einfacheren, von Kaltenbach beschriebenen Ergometriemethode ein hyper- bzw. normotones RR-Verhalten in der zeitaufwendigeren stufenweisen

Tab. 1 Angaben der Belastungen am Fahrradergometer im Steady-state-Verfahren. Tabelle 1a zeigt die Richtwerte für alters- und geschlechtsbezogene Soll-Leistungen in Watt/1,73 m². Tabelle 1b gibt die Umrechnung der relativen Soll-Leistung in die absolute Soll-Leistung entsprechend der Körperoberfläche des Probanden an (nach [8]).

a)		
Alter	Männer	Frauen
20–29	170 (170–230)	140 (140–170)
30–39	140 (140–200)	110 (110–170)
40–49	110 (110–200)	110 (110–140)
50–59	110 (110–170)	80 (80–110)
60–69	80 (80–140)	80 (80–110)
70–79	50 (50– 80)	50 (50– 80)

b)		
Leistg. _{abs.} (Watt) = $\frac{\text{Leistg.}_{\text{rel.}} (\text{Watt}) \times \text{Körperoberfläche} (\text{m}^2)}{1,73}$		

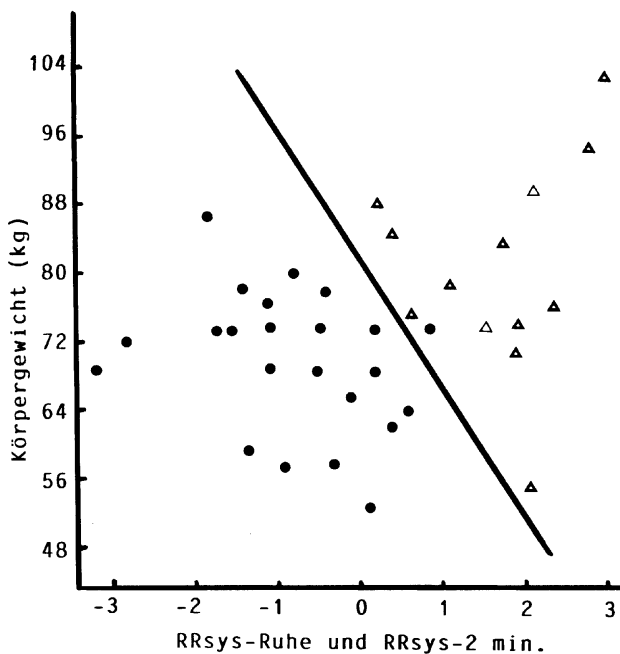


Abb. 1 Darstellung der 36 Probanden und ihre Zuordnung mittels der Diskriminanzfunktion. Auf der Abszisse ist die für die Trennung der Gruppen optimale Kombination der Variablen RRsys-Ruhe und RRsys-2 min aufgetragen, auf der Ordinate die Variable Körpergewicht. Die eingezeichnete Gerade veranschaulicht die aus den 3 Variablen berechnete Diskriminanzfunktion: Die Patienten links der Geraden wurden als Normotoniker, die Patienten rechts der Geraden als Hypertoniker eingestuft (●: Normotoniker, ▲: nicht klassifizierbar, ▲: Hypertoniker bei der Ausbelastung in der stufenweisen Ergometrie. RRsys-Ruhe: Systolischer Blutdruck in Ruhe, RRsys-2 min: Systolischer Blutdruck nach 2 Minuten Ergometriebelastung im Steady-state-Verfahren).

Ergometriemethode vorhersagen läßt, wurde eine lineare Diskriminanzanalyse durchgeführt. In einem ersten Schritt wurden diejenigen Variablen ermittelt, die bei der Ergometrie nach Kaltenbach zusammengenommen die größte prognostische Aussagekraft besitzen.

Anschließend wurde eine lineare Funktion »D« dieser drei ermittelten Größen berechnet, die für das untersuchte Patientenkollektiv die beste Trennung in Belastungshypertoniker und Normotoniker gestattete. Die ermittelte Funktion lautet:

$$D = 0,063 \cdot \text{RR1} + 0,0316 \cdot \text{RR2} + 0,0486 \cdot G - 17,97$$

Wobei »RR1« den systolischen Ruheblutdruck (in mmHg), »RR2« den systolischen Blutdruck nach 2 Minuten Belastung (in mmHg) in der Ergometrie nach Kaltenbach und »G« das Körpergewicht (in kg) darstellt. Ein Patient wurde nach dieser Formel als wahrscheinlicher Belastungshypertoniker eingestuft, falls $D > 0$ war, und als wahrscheinlicher Normotoniker, falls $D < 0$ war. Die Berechnungen wurden mit dem statistischen Computerprogramm SPSS-PC durchgeführt [10].

Resultate

Von den 36 Probanden wurden 2 wegen fehlender Zuordenbarkeit nach den oben angegebenen Kriterien ausgeschieden. Bei der Diskriminanzanalyse zeigten die Variablen »Gewicht des Patienten (G)«, »systolischer Ruheblutdruck (RRsys-Ruhe, RR1)« und »systolischer Blutdruck nach 2 Minuten Belastung (RRsys-2 min, RR2)« in der Ergometrie nach Kaltenbach die größte Trennschärfe zwischen hypertensiver und normotensiver Patientengruppe (Abb. 1). Nach Kombination dieser 3 Variablen konnten von den 34 Probanden alle bis auf einen in die Gruppe der wahren Belastungshypertoniker bzw. wahren Normotoniker richtig zugeordnet werden. Die 2 mittels stufenweiser Ergometrie nicht klassifizierbaren Probanden wurden mittels der von uns erstellten Diskriminanzfunktion als Belastungshypertoniker eingestuft. Der einzige falsch zugeordnete Fall war mittels unserer Diskriminanzfunktion als hypertont, also falsch-positiv, eingestuft worden. Dies entspricht einer Sensitivität von nahezu 100% und einer Spezifität von 95,7%. Insgesamt würde das einer richtigen Klassifikation von 96,06% aller untersuchten Probanden entsprechen.

Diskussion

Es ist ein altbekanntes Phänomen, daß Ruheblutdruckmessungen großen Schwankungen unterliegen und von vielen Faktoren, wie z. B. der Anwesenheit des Arztes [9] oder der Häufigkeit der Ordinationsvisiten [3], abhängig sind. Es wurde auch gezeigt, daß

Ruheblutdruckmessungen einen schlechteren Indikator für die Entwicklung einer kardiovaskulären Erkrankung darstellen als Blutdruckmessungen unter ergometrischer Belastung [2]. Ruheblutdruckmessungen korrelieren mit dem Blutdrucktagesprofil schlechter als der Belastungsblutdruck [12]. Es wäre demnach wünschenswert, zur Diagnose einer Hypertonie nicht nur Ruheblutdruckmessungen heranzuziehen, sondern auch das Blutdruckverhalten unter Belastung zu bestimmen. Dies gilt vor allem für Patienten mit sogenannter Grenzwerthypertonie. Die Erfahrung zeigt auch, daß es einige Patienten gibt, die unter Belastung ein deutlich hypertones Blutdruckverhalten zeigen, obwohl ihr Ruheblutdruck bei wiederholten Messungen im Normbereich lag [2]. Zur frühzeitigen Erfassung der Belastungshypertonie wurde deshalb von manchen Autoren empfohlen, bei jedem Patienten mit Verdacht auf Hypertonie eine Ergometrie durchzuführen [4, 5, 6]. Die verschiedenen Ergometriemethoden sind jedoch sehr zeit- und arbeitsaufwendig, so daß sie in der Routinediagnostik zur Erfassung von Hypertonikern nicht zum Einsatz kommen. Es wäre daher ein abgekürztes Testverfahren, welches schnell und einfach durchzuführen ist und Belastungshypertoniker mit hoher Sensitivität erfaßt, wünschenswert.

Mittels der von uns erstellten Diskriminanzfunktion kann eine Belastungshypertonie mit nahezu derselben Sensitivität festgestellt werden, wie dies mit der stufenweisen Ergometrie bis zur Ausbelastung der Fall ist. Die stufenweise Ergometrie dauert in der Regel 20–30 Minuten und benötigt zwei Arbeitskräfte. Mittels des oben beschriebenen Verfahrens und unserer Diskriminanzfunktion kann dieselbe Aussage schon nach 2 Minuten gemacht werden. Die einzigen dazu benötigten Parameter sind Körpergewicht (in kg), systolischer Ruhe-Blutdruck (in mmHg) und systolischer Blutdruck nach 2 Minuten Belastung im Steady-state-Verfahren, ausgewertet mit der oben beschriebenen Formel. Der Patient ist nach 2 Minuten Belastung nach dem Kaltenbach-Schema so minimal belastet, daß diese Form der Ergometrie in der Regel alleine von einer medizinisch-technischen Hilfskraft ausgeführt werden kann.

Aus den falsch zugeordneten Fällen kann man sehen, daß mittels der Diskriminanzfunktion eine Belastungshypertonie eher »überdiagnostiziert«, d. h. falsch-positiv bewertet wird. Dies war jedoch nur bei ca. 5% der Probanden der Fall. Die Spezifität des beschriebenen Testverfahrens ist aber immer noch so hoch, daß bei den Patienten, die mittels der Diskriminanzfunktion als Normotoniker eingestuft werden, unserer Erfahrung nach eine Hochdruckabklärung zur

Erfassung einer sekundären Hypertonie nicht notwendig ist. Die Kontrolle von hochdruckverdächtigen Patienten in 3- bis 6monatigen Abständen scheint uns in solchen Fällen als ausreichend.

Insgesamt sind wir der Ansicht, daß die hohe Sensitivität der Diskriminanzfunktion und die leichte Durchführbarkeit dieses Testverfahrens es zu einer Art Screeningtest zur Erfassung einer Belastungshypertonie macht.

LITERATUR

- [1] Böhm H., R. Bürklen, F. Dienstl, R. Ehrenböck, G. Gaul, W. Herlinger, E. Kiss, F. Kubicek, P. Kuhn, F. Kummer, M. Niederberger, W. Schlick: Empfehlungen für eine standardisierte Ergometrie. *Österr. Ärztezts.* 33, 333–345 (1978).
- [2] Dlin R. A., N. Hanne, D. S. Silverberg, O. Bar-or: Follow-up of normotensive men with exaggerated blood pressure response to exercise. *Am. Heart J.* 106, 396–420 (1969).
- [3] Dunne J. F.: Variation of blood pressure in untreated hypertensive outpatients. *Lancet* 1, 391–392 (1969).
- [4] Franz I. W.: Untersuchungen über das Blutdruckverhalten während und nach Ergometrie bei Grenzwerthypertonikern im Vergleich zu Normalpersonen und Patienten mit stabiler Hypertonie. *Z. Kardiolog.* 68, 107–115 (1979).
- [5] Franz I. W., F. W. L. Lohmann: Reproduzierbarkeit des Blutdruckverhaltens während und nach Ergometrie bei Hochdruckkranken. *Dtsch. med. Wschr.* 107, 1379–1383 (1982).
- [6] Franz I. W.: Ergometrie bei Hochdruckkranken. Springer, Berlin 1982.
- [7] Kaltenbach M., G. Kober: Relation der körperlichen Leistungsfähigkeit zu Körpergewicht und -oberfläche. *Verh. Dtsch. Ges. Inn. Med.* 70, 183 (1964).
- [8] Kaltenbach M.: Die Dosierung der Ergometriebelastung unter Berücksichtigung der Körperoberfläche. *Medizinische Information* 5, 14–24 (1984).
- [9] Mancina G., G. Grassi, G. Pomisossi, L. Gregorini, G. Bertlinieri, G. Parati, A. Ferrari, A. Zanchetti: Effects of blood pressure measurement by the doctor on patient's blood pressure and heart rate. *Lancet* 1, 695–697 (1983).
- [10] Norusis M. J.: SPSS/PC Plus for the IBM PC/XT/AT: SPSS Inc. Chicago 1986.
- [11] Wilson N. V., B. M. Meyer: Early Prediction of Hypertension Using Exercise Blood Pressure. *Preventive Medicine* 10, 62–68 (1981).
- [12] Millar-Craig M. W., V. Balasubramanian, S. Mann, E. B. Rafferty: Use of graded exercise testing assessing hypertensive patients. *Clin. Cardiol.* 3, 236–240 (1980).

Dr. med. M. Ledochowski
Anichstraße 35
A-6020 Innsbruck