

EKG-Parameter und Herzfrequenz bei Belastung

IX. R-Vektor-Magnitude und Herzfrequenz bei Belastung

ECG-Parameters and heart rate during and after exercise tests in healthy subjects

IX. R-Vector-Magnitude and heart rate during and after exercise tests

Fikenzer S¹, Nißing A, Tegtbur U², Thomas M³, Busse M¹

Institut für Sportmedizin/Sportmedizinische Ambulanz und Rehabilitationszentrum der Universität Leipzig¹
(Direktor: Prof. Dr. med. M. W. Busse)

Sportmedizinisches Zentrum der Med. Hochschule Hannover²(Direktor: PD Dr. med. U. Tegtbur)

Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig³(Direktor: Prof. Dr. med. G. von Salis-Soglio)

Zusammenfassung

Fikenzer S, Nißing A, Tegtbur U, Thomas M, Busse M.
R-VM und Herzfrequenz bei Belastung. *Klinische Sportmedizin/ Clinical Sports Medicine – Germany (KCS) 2005, 6 (3): 51-56.*

Einleitung: Die vorliegende Arbeit überprüft die Veränderungen des R-VM (Kammererregungspotential) während und nach Belastung. Dabei wird überprüft, inwieweit R-VM eine abhängige Variable von Belastung und Herzfrequenz ist. Dies wurde während und nach stufenförmig ansteigender Belastung untersucht. Zur Untersuchung der unmittelbaren Reproduzierbarkeit wurde nach einer Pause ein weiterer Belastungstest durchgeführt. **Material und Methode:** 40 Personen (28 Männer, 12 Frauen, Alter $33,28 \pm 15,62$ Jahre) ohne gesundheitliche Einschränkungen wurden in einem doppelten stufenförmig ansteigenden Halbliegeergometer test belastet. Zur Auswertung der R-VM dienten die Frank-Ableitungen X, Y und Z. Untersucht wurden die Variablen zu bei 0% - 100% der Maximalleistung in 10%-Stufen und in den Pausen nach der 1., 3. und 5. Minute.

Ergebnisse:

- Es besteht eine lineare Beziehung zwischen R-VM und Belastung.
- Eine weitere Verkürzung der R-VM nach Belastung bei gleichzeitiger Verringerung der Herzfrequenz schließt die R-VM als direkte abhängige Variable der Herzfrequenz aus.
- In der Testwiederholung erscheint R-VM als abhängige Variable der relativen Belastung.

Schlüsselwörter: R-VM, Herzfrequenz, körperliche Belastung

Einleitung

Es ist bekannt, dass Belastung zu Veränderungen der Systolendauer führt (1, 2, 3, 4, 6, 7). Andere Autoren fanden keine belastungsinduzierte P-VM Änderung (5). R-

Abstract

Fikenzer S, Nißing A, Tegtbur U, Thomas M, Busse M.
R-Vector-Magnitude and heart rate during and after exercise tests. *Klinische Sportmedizin/ Clinical Sports Medicine – Germany (KCS) 2005, 6 (3): 51-56.*

Objective: The present study examines the relationship between T-wave duration and heart rate during and after a maximum treadmill test. To examine the immediate reproducibility of the variables and their relationship, the first exercise test was followed by a second immediately after a short active recovery.

Material and methods: The measured T-wave and heart rate were examined in 40 healthy subjects (28 men, 12 women, age $33,28 \pm 15,62$ years) during two successive treadmill tests. For the ECG-analysis the FRANK leads system (X, Y, Z) was used. The results were analyzed at 0% to 100% of maximum work load using 10% intervals and during recovery after the 1st, 3rd and 5th minute.

Results and Conclusion:

- The relation between R-VM and work load is linear.
- During the first recovery minute both HR and R-VM decrease. This makes a cause and effect relationship between these variables unlikely.
- The R-VM trend is similar in both exercise tests. Therefore R-VM appears to be a dependent variable of relative exercise intensity.

Keywords: R-VM, VCG, heart rate, exercise test

VM ist als Summationsvektor der Herzkammererregung durch Störeinflüsse wie z.B. akute Myokardinfarkte, Infarkt-narben und Myokardhypertrophie beeinflussbar. Syste-

matische Untersuchungen dieser Größe mit definierter Belastung bei Gesunden und Kranken sind uns nur vereinzelt bekannt (2, 4; 6). Von grundsätzlichem Interesse ist weiterhin die Beziehung zwischen Herzfrequenz und R-

VM sowie relativer Belastung und R-VM. Dieser Punkt wird in der vorliegenden Studie mit zwei unmittelbar aufeinander folgenden Stufentests untersucht.

Methodik

Untersuchungsgruppe:

40 gesunde Probanden (Tab.1) wurden im Rahmen einer routinemäßigen Leistungsdiagnostik auf einem Halbliegendergometer (Ergoline® er900EL) untersucht.

Untersuchungsablauf:

Die Probanden wurden in halbliegender Position untersucht. Die Steigerung der Belastung erfolgte um 10 Watt/min, beginnend mit 30 Watt bis zur subjektiven Erschöpfung bzw. bis objektive Kriterien zum Testabbruch erreicht wurden (Abb. 1). Das EKG (Vektorcardiographie der Firma Hewlett Packard MIDA™ Typ M2045A) zur Bestimmung von Herzfrequenz (Hf) und R-VM wurde, beginnend mit dem Ruhewert vor Belastung, am Ende jeder dritten Belastungsminute sowie zum Zeitpunkt der

Ausbelastung ausgewertet (Test 1, Abb. 1). Im Anschluss führen die Probanden 5 Minuten bei 25 % der maximal erreichten Leistung. Die EKG-Registrierung erfolgte in der Pause am Ende der 1., 3. und 5. Minute (Pause 1, Abb.1). Im Anschluss an Pause 1 wurde die Belastung erneut um 10 Watt/min bis zur subjektiven Erschöpfung gesteigert (Test 2, Abb. 1), gefolgt von Pause 2 (Abb. 1). Ein Teil der Auswertung wird auf die relative Belastung (% Maximalleistung) bezogen (Abb. 2). Um für alle Probanden gleiche Prozentsätze angeben zu können, wurden die Datensätze interpoliert. Der statistische Vergleich erfolgte auf der Basis der relativen Leistung.

Probandenzahl	N=40
Alter	Mittelwert = 33,28 ± 15,62 Jahre
Größe	Mittelwert = 173,8 cm ± 10,93cm
Gewicht	Mittelwert = 76,05 kg ± 17,71 kg.
Geschlecht	12 weiblich und 28 männlich

Tabelle 1: Soziodemographische Daten

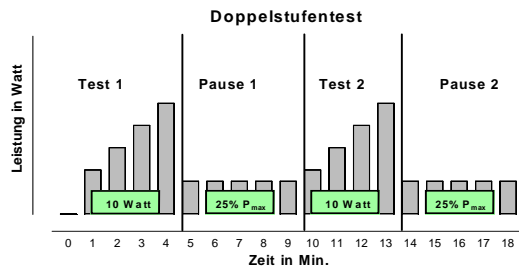


Abbildung 1: Untersuchungsdesign Doppelstufentest

Das Nativ-EKG wurde als Vektorkardiogramm nach FRANK angelegt. Zur Erfassung der Daten dienten die Ableitungen X, Y und Z. Aufgrund des dreidimensionalen Charakters des Frank-EKGs wurde der R-VM beginnend mit dem frühesten Beginn der T-Welle einer Ableitung sowie dem letzten Ende der T-Welle einer anderen Ableitung bestimmt [6].

Die Ergebnisse werden als Mittelwerte (MW) und Standardabweichungen (Stabw) angegeben. Die Signifikanz von Unterschieden wird mittels einer Varianzanalyse für Messwiederholungen berechnet. Signifikanzangaben: p<0.05: *, p<0.01: **, p<0.005: ***, p<0.001:****

Ergebnisse

In Abb. 2 ist die gemessene R-VM sowie die Herzfrequenz (HF) im Verhältnis zur relativen Belastung dargestellt.

Bis zur 1. Nachbelastungsminute verringert sich die R-VM signifikant im Mittel um 20 µV, während im gleichen Zeitraum die Hf gleichfalls signifikant (p<0,001) um 27 Schläge/min abfällt (Abb. 3)

Die unmittelbare Reproduzierbarkeit des Verhältnisses von Belastung zum R-VM ist in Abb. 4 verdeutlicht. Die R-VM ist bei leichter bis mittlerer Belastung in Test 2 zunächst

signifikant kürzer als in Test 1 (Abb. 4). In Test 2 ist die Hf bei Belastungsbeginn und leichter Belastung bis 50% Wmax erkennbar um 13 S/min höher als in Test 1.

Abb. 5 zeigt zugleich, dass das Verhältnis von R-VM und Hf unmittelbar reproduzierbar ist. Es existiert statistisch kein Hinweis auf Unterschiede.

In Abb. 6 a, b ist die gemessene R-VM in Abhängigkeit von der Hf unter Belastung dargestellt.

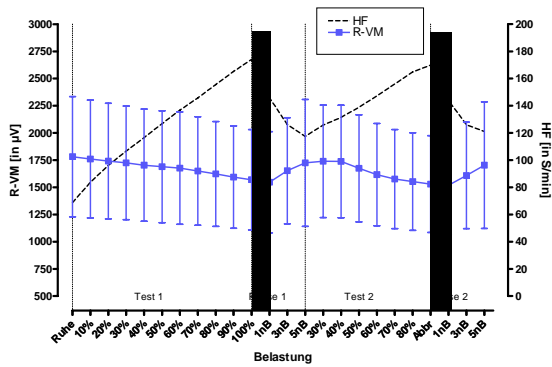


Abbildung 2: R-VM (ms, blau, MW ± SD) und Herzfrequenz (s/min, schwarz) während und nach Belastung.

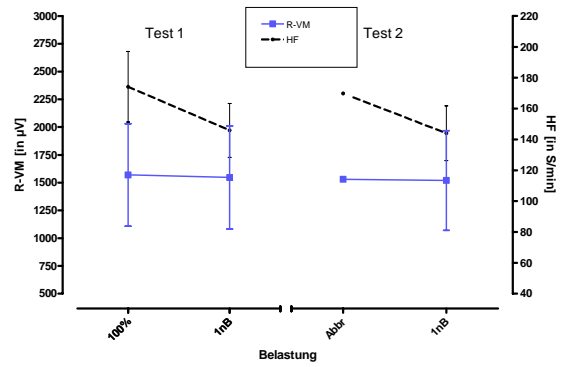


Abbildung 3: R-VM (ms, blau, MW ± SD) und Herzfrequenz (s/min, schwarz) im Übergang von Maximaler Belastung und Erholung.

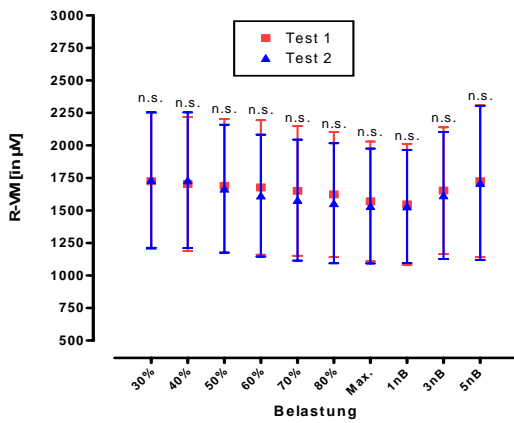


Abbildung 4: Veränderungen der gemessenen R-VM von Test 1 (rot) und von Test 2 (blau) während und nach Belastung

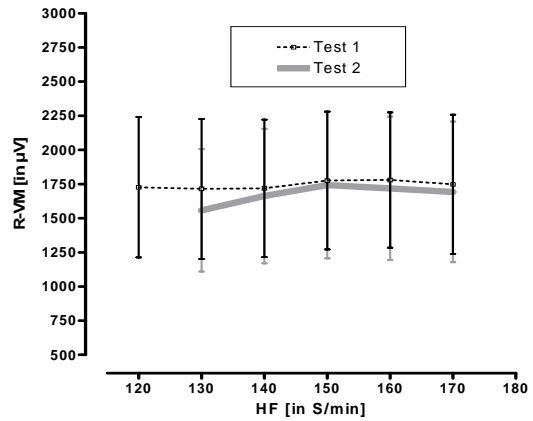


Abbildung 5: Die R-VM (ms, schwarz, MW ± SD) aus Test 1 und die R-VM (ms, grau, MW ± SD) aus Test 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

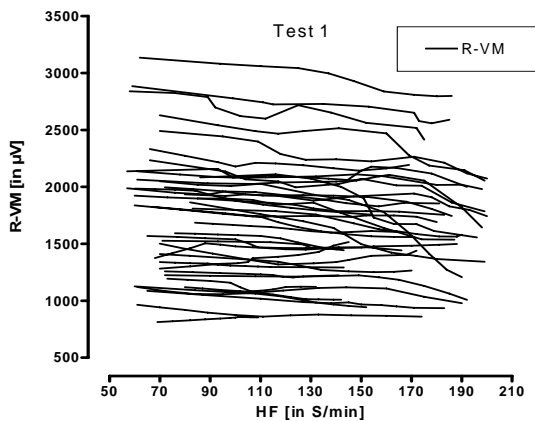


Abbildung 6a: R-VM (ms, schwarz) während Test 1 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

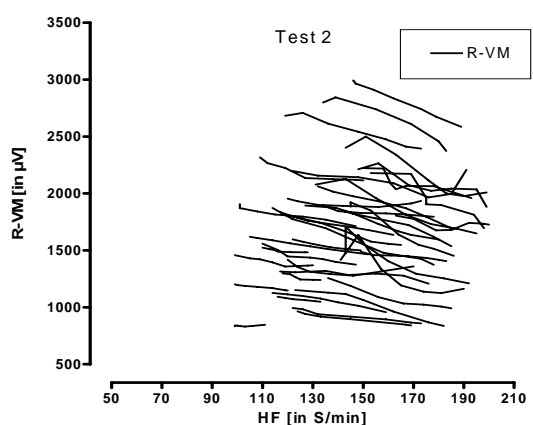


Abbildung 6b: R-VM (ms, schwarz) während Test 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

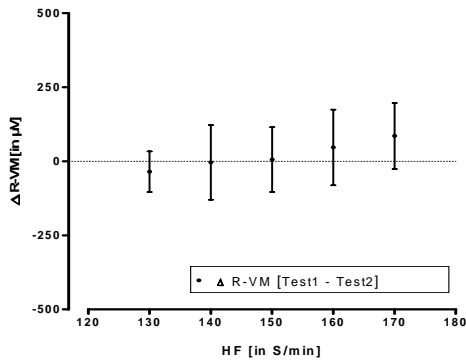


Abbildung 7: Differenz Δ R-VM (ms) (R-VM Test 1 – R-VM Test 2) in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

Es ist erkennbar (Abb. 7), dass bei mittleren bis hohen Frequenzen von ca. 130/min bis 170/min die R-VM aus Test 1 nur unwesentlich von den Werten der R-VM aus Test 2 abweicht.

In Abb. 8a, b ist die Beziehung zwischen HF und R-VM für die Nachbelastungsphasen dargestellt.

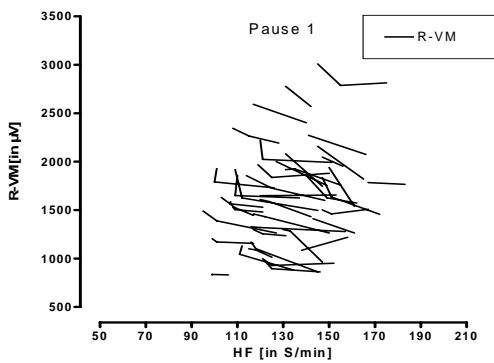


Abbildung 8a: R-VM (ms, schwarz) während Pause 1 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

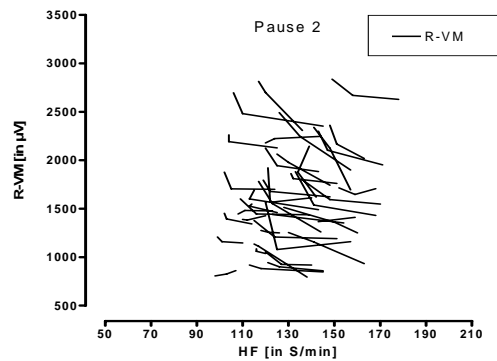


Abbildung 8b: R-VM (ms, schwarz) während Pause 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen, dass es unter Belastung zu einer Verringerung von R-VM kommt. Dies steht im Gegensatz zu Beobachtungen von Simoons (5), jedoch in Übereinstimmung mit anderen Arbeitsgruppen (1, 3, 4). Eine Erklärung für diese Unterschiede ist aus der jeweils beschriebenen Methodik nicht erkennbar. Alle Autoren nutzten 3-D oder 3-D-ähnliche Ableitungssysteme, unklar bleibt allerdings, ob eine 3-D Bestimmung von R-VM durchgeführt wurde.

Watanabe (6) fand eine Absenkung des R-VM von Ruhe zu Maximalbelastung von 13,5% bei gesunden Probanden. Dies entspricht einer Absenkung von ca. 12% in der vorliegenden Studie.

In der vorliegenden Arbeit tritt im Übergang von maximaler Belastung zur Erholung eine Entkoppelung der sonst bestehenden engen inversen Korrelation von Herzfrequenz und R-VM auf. So betrug die R-VM Verringerung bis zur 1. Nachbelastungsminute im Mittel weitere 20 μ V (HF-Abfall dabei 27 Schläge). Dieser Befund war im Prinzip in zwei

aufeinanderfolgenden Belastungstests reproduzierbar. Diese Dissoziation des üblichen Verhältnisses von HF und R-VM nach Belastung ist uns aus der Literatur von nur einer Arbeitsgruppe (7) bekannt, Untersuchungen zur Reproduzierbarkeit wurden jedoch nicht durchgeführt. Eine Erklärung dieser Ergebnisse ist aus den vorliegenden Daten nicht möglich. Es ist bekannt, dass bereits eine Minute nach Belastungsabbruch die Katecholaminkonzentration im Plasma deutlich abfällt. Der Abfall der Herzfrequenz im gleichen Zeitraum würde hier einen Zusammenhang erkennen lassen. Die weitere Verringerung von R-VM im gleichen Zeitraum schließt zumindest dann eine Kausalbeziehung zwischen Herzfrequenz, Sympathikonusus und R-VM aus. Alle Erklärungsversuche wären auf der aktuellen Datenbasis spekulativ. Die vorliegenden Befunde müssen demnach zunächst durch weitere Untersuchungen mit Modifikation einzelner möglicher Kausalfaktoren vertieft werden.

Literatur

1. Deckers JW, Vinke RvH, Vos JR, Simoons ML (1990) Changes in the electrocardiographic response to exercise in healthy women. *Br Heart J.* 64 (6): 376-80
2. Kilpatrick D (1976) Exercise vectorcardiography in diagnosis of ischämie heart disease. *Lancet* 2: 332
3. Paridon SM, Bricker T (1990) Quantitative QRS changes with exercise in children and adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 22 (2): 159-164
4. Pilhall M, Riha M, Jern S (1992) Exercise-induced QRS changes in healthy men and women: a multivariate analysis on their relation to background data and exercise performance. *Eur Heart J* 13: 1316-1324
5. Simoons ML, Hugenholtz PG (1975) Gradual changes of ECG waveforms during and after exercise in normal subjects. *Circulation* 52: 570-577
6. Watanabe K, Bhargava V, Froehlicher VF (1981) The relation between exercise induced R wave amplitude changes and QRS vector loops. *J Electrocardiology* 14 (2): 129-138
7. Wolthius RA, Froehlicher VF, Hopkirk A, Fischer JR, Keiser N (1979) Normal electrocardiographic waveform characteristics during treadmill exercise testing. *Circulation* 60 (5): 1028-1035

Korrespondenzadresse: Dipl.Sportl. S.Fikenzer
Institut für Sportmedizin der Universität Leipzig
Marschnerstrasse 29
D-04109 Leipzig,
E-Mail: sven.fikenzer@uni-leipzig.de