

EKG-Parameter und Herzfrequenz bei Belastung

IV.PQ-Strecke und Herzfrequenz bei Belastung

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

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

Busse M, Nißing A, Tegtbur U, Miltzow S, Thomas M, Fikenzer S. PQ-Strecke und Herzfrequenz bei Belastung. *Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine – Germany (KCS) 2004, 5(3):55-58.*

Einleitung: Für die klinische Beurteilung der Normalwerte der Erregungsausbreitungs- und -überleitungszeit, von den Vorhöfen zu den Kammern, wird auf bekannte Formeln zurückgegriffen. Dabei wird die gesamte PQ-Zeit betrachtet. Belastungsbegleitende Veränderungen des Teilintervalls (PQ-Strecke) sind in der Literatur wenig beachtet. Die vorliegende Studie überprüft ob die PQ-Strecke eine abhängige Variable der Herzfrequenz ist. Diese Beziehung wurde während und nach stufenförmig ansteigender Belastung untersucht. Zur Untersuchung der unmittelbaren Reproduzierbarkeit wurde nach der Pause ein weiterer Belastungstest durchgeführt.

Material und Methode: 40 Personen (28 Männer, 12 Frauen, Alter 33,28 ± 15,62 Jahre) ohne gesundheitliche Einschränkungen wurden in einem doppelten stufenförmig ansteigenden Halbliegeergometertest belastet. Zur Auswertung der PQ-Strecke 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:

- Eine lineare Beziehung von Herzfrequenz und PQ-Strecke besteht bei leichter Belastung nicht, jedoch bei mittlerer bis maximaler Belastung.
- Eine unveränderte Dauer der PQ-Strecke bei gleichzeitigem Abfall der Herzfrequenz in der 1. Nachbelastungsminute macht die PQ-Strecke als direkte abhängige Variable der Herzfrequenz für diese Bedingungen fraglich.

Fazit: Von mittlerer bis maximaler Belastung besteht eine lineare Beziehung zwischen Herzfrequenz und PQ-Strecke. Eine fehlende Korrelation bei leichter Belastung sowie in der 1. Nachbelastungsminute lassen eine Ursache-Wirkungsbeziehung trotzdem fraglich erscheinen.

Schlüsselwörter: PQ-Strecke, Herzfrequenz, körperliche Belastung

Abstract

Busse M, Nißing A, Tegtbur U, Miltzow S, Thomas M, Fikenzer S. PR-segment and heart rate during and after exercise tests. *Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine – Germany (KCS) 2004, 5(3):55-58.*

Objective: An inverse relationship between shortening of PR-duration and heart rate increase (PR-HR) is well known. The PR-segment (segment between offset of the P-wave and the onset of QRS-complex) is seen as a depending variable of the heart rate. The shortening of the PR-segment shortening during exercise in relation to heart rate is rarely investigated. The present study examines the relationship between PR-segment 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 PR-segment and heart rate were examined in 40 healthy subjects (28 men, 12 women, age 33,28 ± 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:

- There is no linear relationship between PR-segment changes and heart rate during light intense exercise, but during moderate and maximum exercise.
- In the 1st minute after maximum exercise the PR-segment remains constant while the heart rate decreases.

Conclusion: A cause-effect relationship between heart rate and PR-segment may not exist during light exercise and the early recovery period.

Keywords: PR-segment, heart rate, exercise test

Einleitung

Trotz einiger Veröffentlichungen über PQ-Zeit existieren nur wenige Ergebnisse zur PQ-Strecke in Abhängigkeit von der relativen körperlichen Belastung [2,3,5].

In der vorliegenden Studie wird der Zusammenhang zwischen PQ-Strecke und Herzfrequenz zu verschiedenen

Zeitpunkten vor, während und nach Belastung überprüft. Weiterhin wird durch wiederholte, unmittelbar aufeinanderfolgende Belastungen die unmittelbare Reproduzierbarkeit der Ergebnisse 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 PQ-Strecke 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

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 die PQ-Strecke beginnend mit dem frühesten Ende der P-Welle einer Ableitung sowie dem letzten Beginn des QRS-Komplexes einer anderen Ableitung bestimmt [4].

Ergebnisse

In Abb. 2 sind die gemessene PQ-Strecke sowie die Herzfrequenz (HF) im Verhältnis zur relativen Belastung dargestellt. Bei 90% der untersuchten Probanden war hierbei eine Besonderheit der Beziehung zwischen relativer Leistung und PQ-Strecke erkennbar. Während bei leichter Belastung im Mittel nahezu keine Veränderung der PQ-Strecke auftrat, kam es ab 30 % ($\pm 16\%$) der Maximalleistung zu einer deutlichen Verkürzung der PQ-Strecke. Diese Belastung entsprach ca. 61% der maximalen Herzfrequenz.

Besonders auffällig war weiterhin die unmittelbare Nachbelastungsphase (Abbruch und Pause). In der 1. Nachbelastungsminute veränderte sich die PQ-Strecke

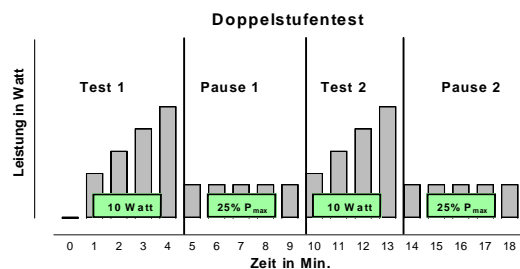


Abbildung 1: Untersuchungsdesign Doppelstufentest

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

nicht, während im gleichen Zeitraum die Hf signifikant ($p < 0,001$) um 27 Schläge/min abfiel (Abb. 3). Die unmittelbare Reproduzierbarkeit des Verhältnisses von Belastung zur PQ-Strecke ist in Abb. 4 verdeutlicht. In Test 2 liegt die Hf bei Belastungsbeginn und leichter Belastung bis 50% Wmax erkennbar um 13 S/min höher als in Test 1. Die PQ-Strecke unterscheidet sich in Test 1 und Test 2 praktisch nicht. (Abb. 4). Abb. 5 zeigt zugleich, dass das Verhältnis von PQ-Strecke und Hf unmittelbar reproduzierbar ist. In Abb. 6 a, b ist die gemessene PQ-Strecke in Abhängigkeit von der Hf unter Belastung dargestellt.

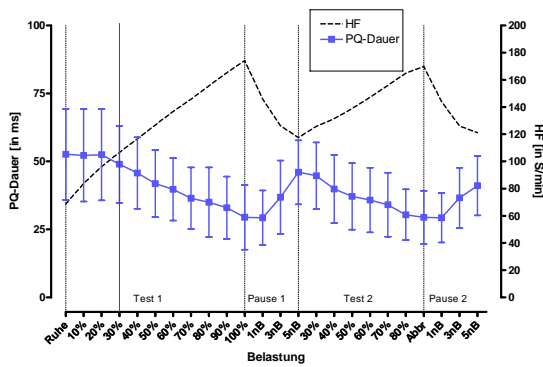


Abbildung 2: PQ-Strecke (blau) (MW, SD) und Herzfrequenz (schwarz) während und nach Belastung. Die rote Vertikallinie bezeichnet eine deutliche Verkürzung der P-Dauer ab 30% Pmax.

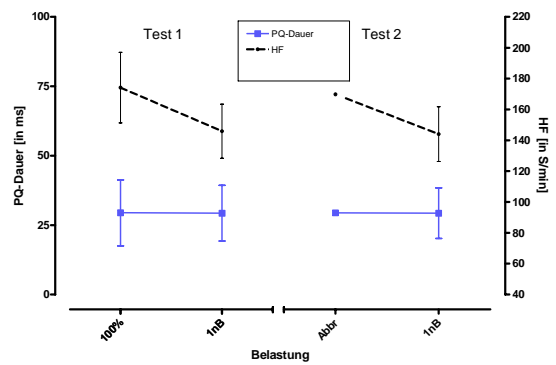


Abbildung 3: PQ-Strecke (blau) (MW, SD) und Herzfrequenz (schwarz) im Übergang von Maximaler Belastung und Erholung.

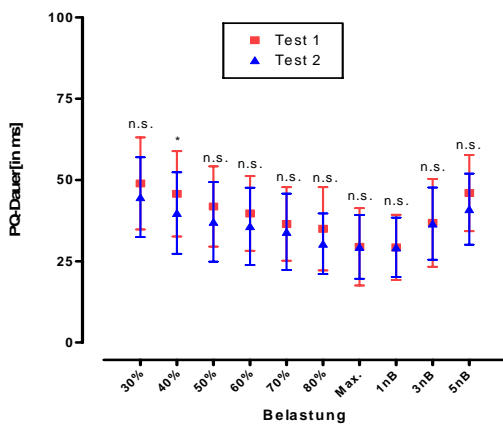


Abbildung 4: Veränderungen der gemessenen PQ-Strecke von Test 1 (rot) und von Test 2 (blau) während und nach Belastung

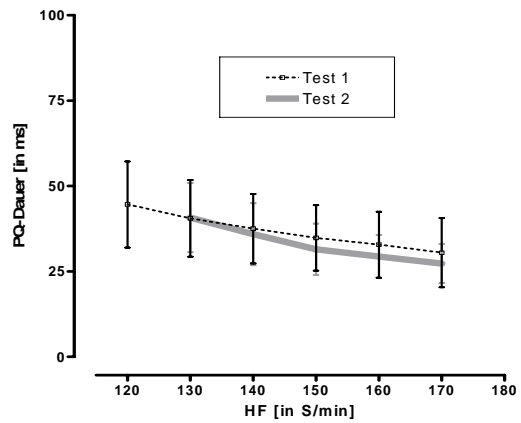


Abbildung 5: Die PQ-Strecke (schwarz, MW + SD) aus Test 1 und die PQ-Strecke (grau, MW + SD) aus Test 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

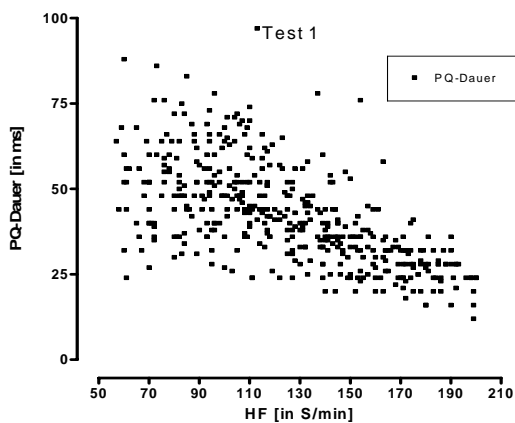


Abbildung 6a: PQ-Strecke (schwarz) während Test 1 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

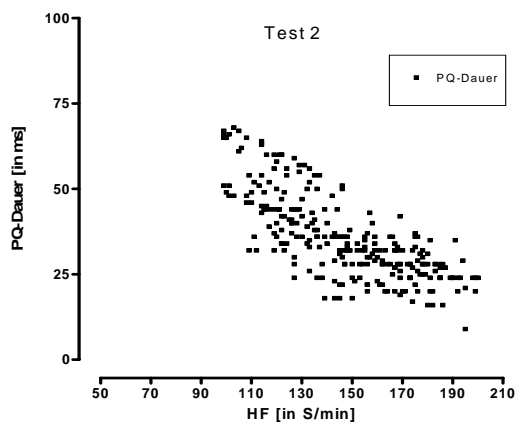


Abbildung 6b: PQ-Strecke (schwarz) während Test 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

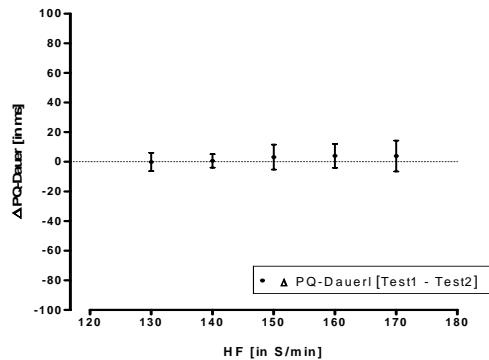


Abbildung 7: Differenz Δ PQ-Strecke (P-Dauer Test 1 – P-Dauer Test 2) in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

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

In Abb. 8a, b ist die Beziehung zwischen Hf und PQ-Strecke für die Nachbelastungsphasen dargestellt.

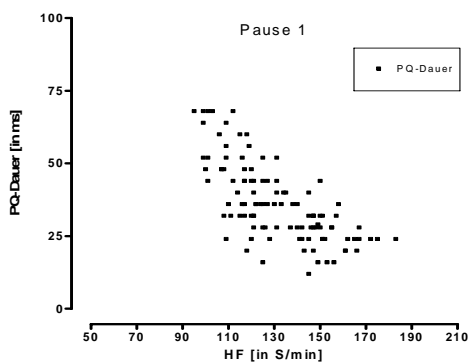


Abbildung 8a: PQ-Strecke (schwarz) während Pause 1 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

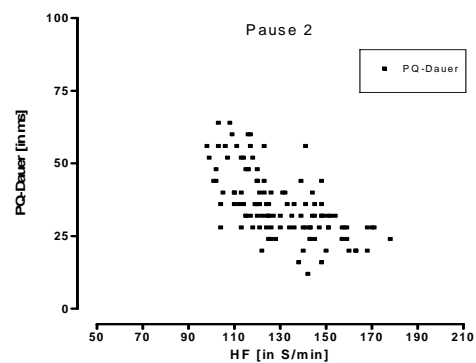


Abbildung 8b: PQ-Strecke (schwarz) während Pause 2 in Abhängigkeit zur Herzfrequenz.

Diskussion

Die Ergebnisse zeigen für 2 Bedingungen unter Belastung eine offensichtlich fehlende direkte Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen PQ-Strecke und Herzfrequenz:

1. Bei leichter Belastung bis ca. 30 % von W_{max} verkürzt sich die PQ-Strecke praktisch nicht bei zugleich zunehmender Herzfrequenz. Erst bei zunehmend intensiver Belastung bis hin zur Maximalleistung kommt es zu einer deutlichen Verkürzung der PQ-Strecke.
2. In der ersten Nachbelastungsminute kommt es zu einem Abfall der Herzfrequenz um 27/min, während sich die PQ-Strecke im Mittel nicht verändert.

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. Zugleich verändert sich jedoch die PQ-Strecke nicht, während andere EKG-Parameter [1,2,3] in der ersten Nachbelastungsminute sich weiter verkürzen (QT-Intervall, PQ-Zeit, P-Dauer). Eine Schlussfolgerung hieraus wäre, daß zwar zumindest das Präpotential des Sinusknotens durch die Katecholaminkonzentration beeinflusst wird, während die Erregungsvorgänge am AV-Knoten prioritiv anders reguliert werden.

Literatur

- 1.) Busse M, Nißing A, Tegtbur U, Miltzow S, Thomas M, Fikenzler S (2004) QT-Zeit und Herzfrequenz bei Belastung. KCS 5: 39-44
- 2.) Busse M, Nißing A, Tegtbur U, Miltzow S, Thomas M, Fikenzler S (2004) PQ-Zeit und Herzfrequenz bei Belastung. KCS 5: 45-49
- 3.) Busse M, Nißing A, Tegtbur U, Miltzow S, Thomas M, Fikenzler S (2004) P-Dauer und Herzfrequenz bei Belastung. KCS 5: 50-54
- 4.) Heinecker und Gonska: EKG in Klinik und Praxis, Stuttgart: Thieme Verlag, 1992.
- 5.) McPherson D, Horacek M, Sutherland D, Armstrong S, Spencer A, Montague T (1985) Exercise Electrocardiographic Mapping in normal subjects. J Electrocardiology 18(4): 351-360

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. med. M.W. Busse
 Universität Leipzig Institut für Sportmedizin
 Marschner Str. 29 04109 Leipzig