

## Einfluss von Beta - Blockade auf das Herzminutenvolumen im maximalen Belastungstest

Influence of beta-blocker on cardiac output in a maximum exercise bicycle ramp test

Fikenzer, S<sup>1</sup>., Drechsler, K<sup>4</sup>., Falz, R<sup>1</sup>., Tegtbur, U.<sup>3</sup>, Thomas, M.<sup>2</sup>, Schulze, A<sup>1</sup>., Bressau, K<sup>1</sup>., Hoppe, St.<sup>1</sup>, Busse, M.<sup>1</sup>

Institut für Sportmedizin/Sportmedizinische Ambulanz der Universität Leipzig <sup>1</sup>(Direktor: Prof. Dr. med. M. W. Busse)

Orthopädische Klinik und Poliklinik der Universität Leipzig <sup>2</sup> (Direktor: Prof. Dr. med. G. von Salis-Soglio)

Sportmedizinisches Zentrum der Med. Hochschule Hannover <sup>3</sup> (Leiter: PD Dr. med. U. Tegtbur)

Klinik für Kardiologie, Herzzentrum, Universität Leipzig <sup>4</sup> (Direktor: Prof. Dr. med. G. Schuler)

### Zusammenfassung

**Fikenzer S, Drechsler K, Falz R, Tegtbur U, Thomas M, Schulze A, Bressau K, Hoppe St, Busse M. Einfluss von Beta-Blockade auf das Herzminutenvolumen im maximalen Belastungstest. Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine – Germany KCS2007 8(1) 1-7.**

**Einleitung:** Die vorliegende Arbeit überprüft die Veränderungen des Herzminutenvolumen während und nach Belastung. Dabei wird überprüft, inwieweit eine  $\beta$ -Blockade Einfluss auf die Entwicklung des HZV unter Belastung hat. Dies wurde während und nach stufenförmig ansteigender Belastung untersucht.

**Material und Methode:** 5 Männer (Alter im Durchschnitt 25,4, BMI im Mittel: 23,98kg/m<sup>2</sup>, RR im Mittel: 141,2/80,8) mit Hypertonie und Prähypertonie wurden in einem stufenförmig ansteigenden Halbliegeergometer test belastet. Nach 4 Tagen Ruhe begann eine dreitägigen Kur mit 5 mg/d Bisoprolol am letzten Tag der Einnahme wurde ein Wiederholungstest durchgeführt. Zur Auswertung der HZV diente das Bioimpedanzgerät PhysioFlow. 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:

- $\beta$ -Blockade beeinflusst nicht das HZV unter Belastung
- $\beta$ -Blockade beeinflusst nicht die maximale Leistung
- $\beta$ -Blockade beeinflusst nicht die maximale Sauerstoffaufnahme.

**Schlüsselwörter:** Hypertonie, Herzminutenvolumen, Schlagvolumen, Herzfrequenz, körperliche Belastung,  $\beta$ -Blocker

### Abstract

**Fikenzer S, Drechsler K, Falz R, Tegtbur U, Thomas M, Schulze A, Bressau K, Hoppe St, Busse M. Influence of beta-blocker on cardiac output in a maximum exercise bicycle ramp test. Klinische Sportmedizin/Clinical Sports Medicine – Germany KCS2007 8(1) 1-7.**

**Objective:** One of the most important risk factors for illnesses of the heart-circulation-system is arterial hypertension [8]. In this study, the influence of  $\beta$ -Blocker on exercise and cardiac output (CO) in the special collective of the students was investigated.

**Material and methods:** 5 students (age mean=25,4 yrs, BMI mean= 23,98 kg/m<sup>2</sup>, RRrest mean= 141,2/80,8 mmHg) with hypertension and pre-hypertension and no history of respiratory disease of the University of Leipzig participated in the study. The participants performed 2 maximum exercise tests. The first test was without medical intervention the second test was performed after 3 days of received 5mg/d bisoprolol. For analyzing the CO we used the system "PhysioFlow" which is based on an impedance technology.

The results were analyzed from 0% to 100% of maximum work load using 10% intervals and during recovery after the 1<sup>st</sup>, 3<sup>rd</sup> and 5<sup>th</sup> minute.

#### Results:

- beta blocker does not influence cardiac output
- beta blocker does not influence maximum workload
- beta blocker does not influence maximum oxygen uptake

**Keywords:** arterial hypertension, students, exercise test, cardiac output, bisoprolol, beta blocker

### Einleitung

Immer häufiger erreichen junge Menschen in der zweiten Lebensdekade Blutdruckwerte der Hypertonie Stadium I,  $\geq 140/90$  mmHg, die eine medikamentöse Behandlung zur Senkung des Blutdrucks in Betracht ziehen (The 7th report of the Joint National Committee 2003 aus Falz 2007). Hypertonie ist eine „dauernde Erhöhung des Blutdrucks im arteriellen System“ und „ist direkt oder indirekt für eine Reihe von Organschäden und Gefäßschäden zuständig“ (Reuter 2007, S.835).

Ziel einer medikamentösen Hypertonietherapie ist daher die Blutdrucksenkung. Dabei fällt bei jungen Leuten die Wahl zumeist auf eine Monotherapie mit Betablocker: The „first-line beta-blockade (...) is at least as efficacious as first-line ACE-inhibition in reducing the morbidity/mortality of moderate/severe heart failure“ (Cruickshank 2007, S.11). Für eine Hypertonietherapie mit Betablockern spielt dabei vor allem deren negativ inotrope Wirkung eine wesentliche Rolle, da „der Blutdruck allein durch die Herzkontraktion erzeugt“ (Bartels & Bartels 2004, S.167) wird. Es stellt sich

die Frage, inwiefern Betablocker die Leistungsfähigkeit von diesen jungen, zumeist sportlich aktiven Menschen

beeinflussen. Literaturangaben diesbezüglich sind untereinander recht widersprüchlich.

## Methodik

### Untersuchungsgruppe:

Die Untersuchungsgruppe bestand aus 5 jungen Erwachsenen Männern mit Prähypertonie bzw. Hypertonie Stadium I (vgl. 7. Report of the Joint National Committee, 2003). Die Personen waren dabei im Alter von 23 – 30 (MW= 25,4 ± 2,8). Das Durchschnittsgewicht betrug dabei 82,4 ± 13,3 kg. Die Durchschnittgröße wurde mit 185 ± 10,5 cm gemessen. Alle Personen waren sportlich aktiv (> 4h/Woche) und hatten außer des erhöhten Ruhe-Blutdrucks keine sonstigen akuten oder chronischen Erkrankungen. Das Untersuchungskollektiv kann als spezifisch sportgeübt bezeichnet werden, da alle Teilnehmer bereits mehrfach auf einem Fahrradergometer zu diagnostischen Zwecken Untersuchungen absolviert hatten. Eine detaillierte Auskunft über das Untersuchungskollektiv, Ein- und Ausschlusskriterien geben Tabelle 1 und 2.

Durchschnittlich lagen folgende Untersuchungsbedingungen vor, die durch eine Klimaanlage annähernd konstant gehalten wurden:

- Temperatur: 20,4 °C (± 0,75)
- Luftdruck: 982,2 hPa (±0,7)
- Luftfeuchtigkeit: 63,05 % (± 3,75).

Die Personen waren zum Zeitpunkt der Untersuchungen frei von entzündlichen Erkrankungen. Bei keinem der Patienten bestand zum Zeitpunkt der Untersuchung eine medizinische Kontraindikation. Dabei wurden die in der Praxis üblichen Kriterien gegenüber Belastungsuntersuchungen zugrunde gelegt (Löllgen (1995)).

### Untersuchungsablauf :

Alle Teilnehmer wurden über den Inhalt und Ablauf der freiwilligen Studie vollständig informiert. Die Studie wurde durch die Ethik-Kommission der Universität Leipzig genehmigt.

Alle Teilnehmer mussten sich vor Studieneintritt einer klinischen Anamnese mit Erhebung von anthropometrischen Daten, Routinelabor, transthorakaler Echokardiographie, Ruhe EKG und Bio-Impedanz unterziehen.

Nach Einschluss der Teilnehmer in die Studie erfolgte die terminliche Festlegung der Belastungsuntersuchungen.

Der Terminplan war so angelegt, dass zwischen den Tests einerseits ausreichend Erholungszeit für die Patienten bestand und andererseits keine Effekte des Trainings auf die Ergebnisse Einfluss nehmen konnten. Das bedeutete der Posttest erfolgte nach 7 Tage.

Die Personen unterzogen sich am ersten Untersuchungstag der oben beschriebenen Voruntersuchung. Nach Einschluss in die Untersuchungsgruppe erfolgte am zweiten Tag der erste Stufentest. 2 Tage vor dem Wiederholungstest begann die Intervention mit dem kardio-selektiven  $\beta_1$ -Rezeptorenblocker Bisoprololhemifumarat. Dabei mussten die Patienten täglich 1 Tablette 5mg Bisoprolol zwei Stunden vor ihrer jeweiligen Testzeit einnehmen.

Am dritten Tag der Intervention erfolgte dann erneut ein Stufentest. Die Fahrradergometrischen Belastungsuntersuchungen wurden in der Zeit von 10.00 Uhr bis 15.00 Uhr durchgeführt. Dabei wurde berücksichtigt, dass die Untersuchungen jedes einzelnen Patienten zum exakt gleichen Tageszeitpunkt stattfand, um tageszeitliche Leistungsschwankungen zu verhindern. Zur Untersuchung wurde die Halbliegeergometrie in einem für Belastungs-EKG vorgesehenem Labor verwendet. Der Vorteil der Halbliegeergometrie gegenüber der Sitzergometrie besteht in der deutlich ruhigeren Oberkörperposition und damit einer deutlich geringeren Anfälligkeit gegenüber Artefakten. Außerdem gewährleistet diese Positionierung eine besser Toleranz, des zu Untersuchenden, gegenüber peripheren Venenzugängen, da der Armeinsatz zum Abstützen nicht benötigt wird.

Der Anstellwinkel des Halbliegeergometers betrug 35°. Sattelhöhe und Druckpunkt der Pedale konnten dabei den Körperproportionen angepasst werden.

Die Füße wurden mit Klettverschlusspedalen fest am Ergometer fixiert, so dass sich die zu Untersuchenden ausschließlich auf das Fahren konzentrieren mussten. Die Trittfrequenz wurde mit 75 – 85 U/min festgelegt. Eine dauerhafte Unterschreitung wurde als Belastungsabbruch gewertet.

Tab. 1: Ein- und Ausschlusskriterien zur Teilnahme an der Studie

<b>Einschlusskriterien</b>	<b>Ausschlusskriterien</b>
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Gesund</li> <li>▪ Prähypertonie, Hypertonie Stadium I</li> <li>▪ keine bekannte Herz-Kreislauferkrankung</li> <li>▪ keine orthopädischen Erkrankungen</li> <li>▪ Alter zwischen 20 und 35 Jahren</li> <li>▪ Transthorakale Echokardiographie (ohne patholog. Befund)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ KHK</li> <li>▪ Herzinsuffizienz</li> <li>▪ Erregungsleitungsstörung</li> <li>▪ jegliche Herzrhythmusstörungen</li> <li>▪ Ruhe Bradykardie (unter 50 b/min)</li> <li>▪ Asthma bronchiale</li> <li>▪ Hypotonie (unter 110 mmHg systolisch)</li> <li>▪ Angina Pectoris</li> <li>▪ orthopädisch und traumatologisch patholog. Befund</li> <li>▪ akute virale/ bakterielle Infekte</li> <li>▪ jünger als 20 Jahre</li> <li>▪ älter als 35 Jahre</li> </ul>

Tab. 2: Soziodemographische Daten

Probandenzahl		N=5
<b>Gruppe</b>	Alter	Mittelwert = 25,4 ± 2,8 Jahre
	Größe	Mittelwert = 184,8 cm ± 10,5 cm
	Gewicht	Mittelwert = 82,4 kg ± 13,3 kg.
	Blutdruck	Mittelwert = 141 (± 9) / 81 (± 8)
	Geschlecht	männlich

Alle Teilnehmer wurden in halbliegender Position untersucht. Die Steigerung der Belastung um 10 Watt/min, beginnend mit 30 Watt bis zur subjektiven Erschöpfung bzw. bis objektive Kriterien zum Testabbruch erreicht wurden (Abb. 1). Die Herzfrequenz (Hf), HZV, Laktat (Lac), Atemminutenvolumen ( $V_E$ ), Sauerstoffaufnahme ( $VO_2$ ) und die Katecholamine Adrenalin (A) und Noradrenalin (NA) wurden, beginnend mit dem Ruhewert vor Belastung, am Ende jeder dritten Belastungsminute sowie zum Zeitpunkt der Ausbelastung ausgewertet (Test, Abb. 1). Im Anschluss fuhren die Probanden 5 Minuten bei 25 % der maximal erreichten Leistung. Die Datenerhebung erfolgte in der Pause am Ende der 1., 3. und 5. Minute (Pause, Abb.1).

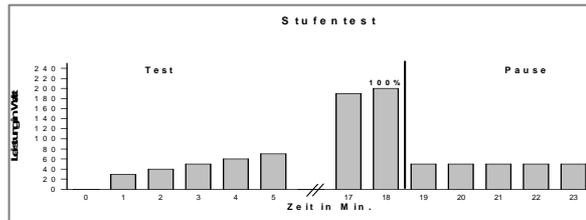
#### **HZV-Messung mit Physio-Flow:**

Die Firma Manatec Biomedical entwickelte in den 90er Jahren das Gerät Physio Flow. Für die Messung des Herzzeitvolumens werden nur noch sechs Gelelektroden gebraucht, zwei zur Messung der Herzfrequenz und vier zur Aufzeichnung des Impedanzsignals. Es wird lediglich unter Ruhebedingungen eine Kalibrationsphase von 30 Herzzyklen Sekunden nach vorheriger Eingabe von externen Patientenparametern wie Blutdruck, Körpergröße und Körpergewicht durchgeführt. Dies ermöglicht exakte Messungen von Herzzeitvolumenwerten.

## **Ergebnisse**

In Tabelle 3 sind die Ergebnisse der Stufentests mit und ohne  $\beta$ -Blockade zusammengefasst. Es ist zu entnehmen, dass die  $\beta$ -Blockade keinen Einfluss auf die Maximalleistung hatte. Ohne Einfluss blieben alle hämodynamischen Größen sowie die spirometrischen Parameter. Im Trend beeinflusst waren die Herzfrequenz und der diastolische Blutdruck in Ruhe und 5 Minuten nach Belastung. Signifikant niedriger war die Herzfrequenz bei

Abb.1: Testablauf



Charloux et al. (2000) beweisen in ihrer Studie zur Impedanzkardiographie, dass diese eine reliable noninvasive Methode darstellt. Verglichen wurden dabei die mit Physio Flow erhaltenen Messungen mit einer zeitgleichen Datenerhebung durch die Fick-Methode. Auch Cholley & Payen (2005), Kööbi et al. (1997) u.a. führten Vergleichsstudien zur Fick-Methode durch, während z.B. Cotter et al. (2004), Scherhag et al. (2005), Van de Water et al. (2003) und Woltjer et al. (1996a) Vergleiche zur Thermodilutionsmethode anstellten. In allen Studien konnte die Messgenauigkeit des Bioimpedanzverfahrens nachgewiesen und bestätigt werden.

#### **Auswertung:**

Ein Teil der Auswertung wird auf die relative Belastung (% Maximalleistung) bezogen. Um für alle Probanden gleiche Prozentsätze angeben zu können, wurden die Datensätze interpoliert. Der statistische Vergleich erfolgte auf der Basis der relativen Leistung.

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:\*\*\*\*

maximaler Belastung und im systolischen Blutdruck in Ruhe und 5 Minuten nach Belastung. In Abbildung 2 sind die Daten von Hf, SV, Watt und HZV bei Maximaler Belastung mit und ohne  $\beta$ -Blockade dargestellt. Abbildung 3 zeigt den Verlauf der Herzfrequenz im Stufentest. Zu erkennen ist, dass die Herzfrequenz in Ruhe zumindest im Trend und bei maximaler Belastung signifikant im Mittel um 25 Schläge/Min erniedrigt ist.

Tab. 3: Zusammenfassung des Gesamtergebnisses

	Ruhe			Max			5' nach Belastung		
	ohne $\beta$ -Blocker	mit $\beta$ -Blocker	p	ohne $\beta$ -Blocker	mit $\beta$ -Blocker	p	ohne $\beta$ -Blocker	mit $\beta$ -Blocker	p
Pmax Watt	0	0	ns	284,0 ( $\pm$ 55,5)	284,0 ( $\pm$ 55,5)	ns	69,0 ( $\pm$ 13,4)	69,0 ( $\pm$ 13,4)	ns
Hf S/min	75,4 ( $\pm$ 12,1)	58,8 ( $\pm$ 10,5)	p=0,056	183,4 ( $\pm$ 12,1)	158,0 ( $\pm$ 11,7)	*	131,1 ( $\pm$ 14,3)	106,4 ( $\pm$ 13,1)	p=0,056
RRsys mmHg	141,2 ( $\pm$ 9,5)	117,6 ( $\pm$ 6,3)	**	225,4 ( $\pm$ 21,6)	202,4 ( $\pm$ 19,1)	ns	164,4 ( $\pm$ 19,7)	137,8 ( $\pm$ 9,7)	*
RRdia mmHg	80,8 ( $\pm$ 8,2)	70,2 ( $\pm$ 9,8)	p=0,095	80,0 ( $\pm$ 16,1)	73,8 ( $\pm$ 14,9)	ns	69,01 ( $\pm$ 7,7)	60,2 ( $\pm$ 13,0)	p=0,095
HZV l/min	8,9 ( $\pm$ 2,5)	7,6 ( $\pm$ 2,0)	ns	31,3 ( $\pm$ 6,3)	29,0 ( $\pm$ 6,1)	ns	20,6 ( $\pm$ 6,0)	18,1 ( $\pm$ 4,3)	ns
SV ml	118,0 ( $\pm$ 25,4)	129,6 ( $\pm$ 20,0)	ns	171,1 ( $\pm$ 35,6)	183,0 ( $\pm$ 33,2)	ns	158,1 ( $\pm$ 46,3)	170,1 ( $\pm$ 33,9)	ns
EF %	57,2 ( $\pm$ 6,1)	58,8 ( $\pm$ 3,8)	ns	84,3 ( $\pm$ 4,1)	82,2 ( $\pm$ 2,9)	ns	72,9 ( $\pm$ 10,5)	72,7 ( $\pm$ 7,2)	ns
VE l/min	13,8 ( $\pm$ 2,8)	14,7 ( $\pm$ 5,6)	ns	125,4 ( $\pm$ 21,8)	133,4 ( $\pm$ 31,3)	ns	52,3 ( $\pm$ 6,6)	53,3 ( $\pm$ 7,4)	ns
VO2 ml/min	273 ( $\pm$ 31,5)	260 ( $\pm$ 15,1)	ns	3320 ( $\pm$ 527,9)	3114 ( $\pm$ 545,0)	ns	1536 ( $\pm$ 281,0)	1453 ( $\pm$ 354,2)	ns

In Abbildung 4 ist der Verlauf des Herzminutenvolumens im Stufentest abgebildet. Mit zunehmender Belastung steigt das HZV sowohl im Test mit als auch ohne  $\beta$ -Blockade an und fällt unmittelbar nach Belastungsabbruch wieder ab. Die grafisch erkennbare Erniedrigung im Test mit  $\beta$ -Blockade lässt sich auf Grund der geringen Probandenzahl und der relativ großen Standardabweichung nicht statistisch nachweisen.

So kann aktuell kein Einfluss der  $\beta$ -Blockade auf das HZV ermittelt werden. Das gleiche Ergebnis war für das Schlagvolumen ermittelt worden (Abb.5). Mit zunehmender Belastung steigt das Schlagvolumen an und fällt unmittelbar nach Belastung wieder ab. Die grafisch erkennbar höheren SV-Werte im Test mit  $\beta$ -Blockade ließen sich ebenfalls nicht statistisch sichern, so dass auf Grund der Ergebnisse von keinem Einfluss der  $\beta$ -Blockade auf das SV ausgegangen werden muss.

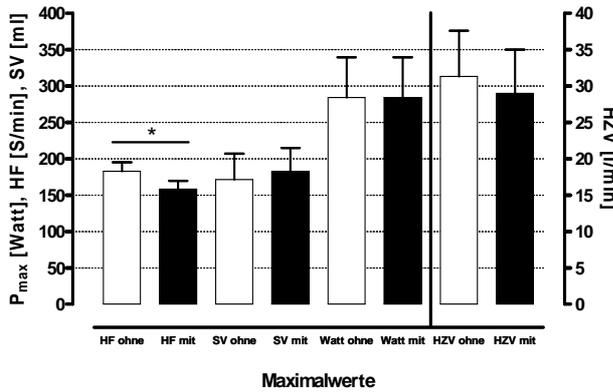


Abb.2: Maximalwerte im Stufentest (MW $\pm$ SD)

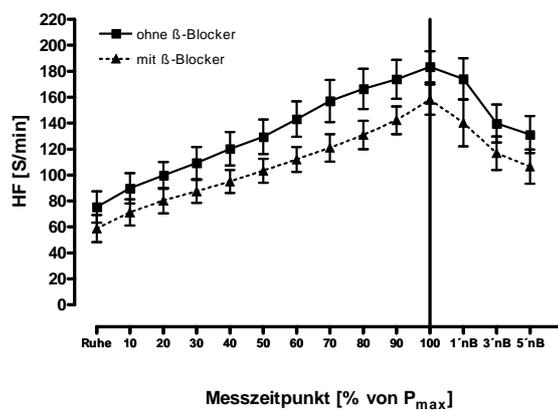


Abb.3: Herzfrequenz im Stufentest (MW $\pm$ SD)

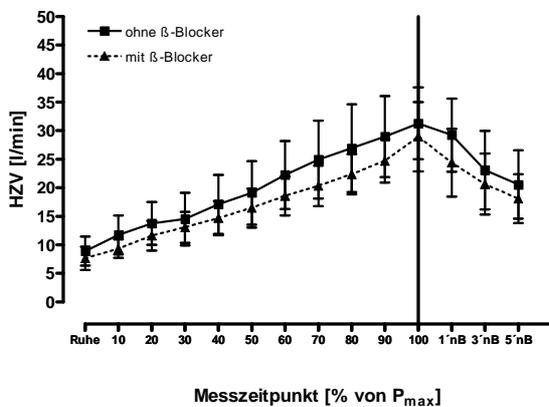


Abb.4: Herzminutenvolumen im Stufentest (MW $\pm$ SD)

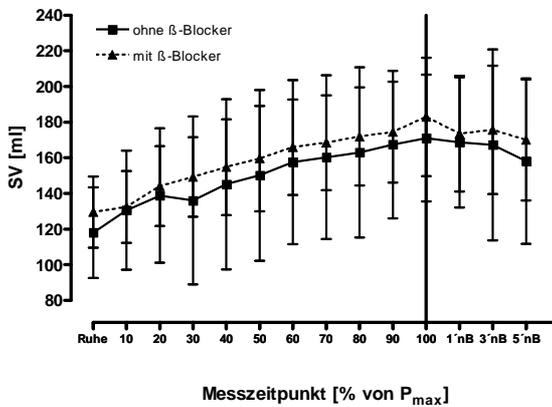


Abb.5: Schlagvolumen im Stufentest (MW $\pm$ SD)

In Abb.6 ist der Verlauf der Ejektionsfraktion im Stufentest dargestellt. Mit steigender Belastung nimmt die EF von 57% auf 84% im Test ohne  $\beta$ -Blockade und im Test mit  $\beta$ -Blockade von 59% auf 82% zu. Es war kein Unterschied zwischen Testbedingungen statistisch nachweisbar. Nach Abbruch der Belastung verblieb die EF auf dem Abbruchniveau und erst ab der 3 Minute nach Belastung

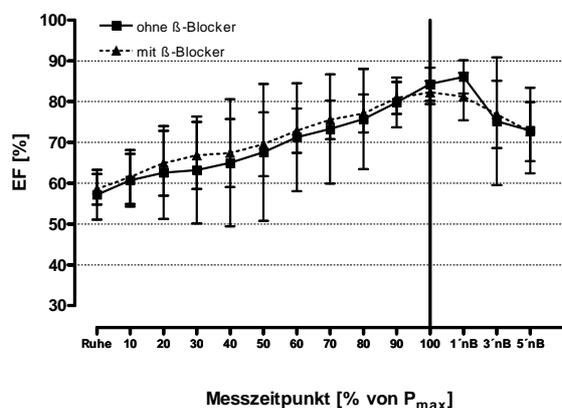


Abb.6: Ejektionsfraktion im Stufentest (MW±SD)

kam es zu einer Verringerung der EF. In Abb.7 ist der Blutdruck (systolisch und diastolisch) im Stufentest dargestellt. Die initial niedrigeren systolischen Werte im Test mit  $\beta$ -Blockade blieben im Verlauf unverändert. Die Entwicklung der Blutdruckwerte war in beiden Testserien gleich.

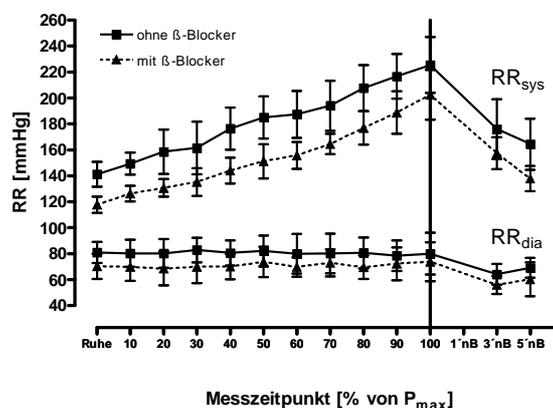


Abb.7: Blutdruck im Stufentest (MW±SD)

## Diskussion

Die Maximalbelastung führt zu einer signifikanten Erhöhung der Parameter HZV mit seinen Komponenten HF, SV und EF sowie des RR<sub>sys</sub> und der Atemparameter VE und VO<sub>2</sub>. Diese Ergebnisse bestätigen die Resultate anderer Wissenschaftler wie Jilka et al. (1983) und Wilmore et al. (1985). Bei Belastung wird das sympathische Nervensystem angesprochen, der Sympathikotonus steigt, während die Vagusaktivität reduziert wird. Durch die vermehrte Ausschüttung von NA und A nimmt die Kontraktilität des Herzens zu, infolge dessen die HF und der RR<sub>sys</sub> steigt. Durch die Bewegung des Organismus, vor allem der Extremitäten, erhöht die Muskelpumpe den venösen Rückstrom, wodurch das EDV ansteigt. Die Erhöhung der Kontraktilität und des EDV führen zur Steigerung des SV (Frank-Starling-Mechanismus) und der EF. Da auch die HF steigt, vergrößert sich das HZV. Der Betablocker Bisoprolol führt beim Ausbelastungstest zu einer signifikanten Reduzierung der HF und RR<sub>sys</sub>. Alle anderen Parameter, HZV, SV, EF, VO<sub>2</sub>, RR<sub>dia</sub> und VE weisen durch Bisoprolol keine signifikanten Veränderungen auf. Die Untersuchung auf eine Wechselwirkung bzw. eine mögliche Interaktion von Maximalbelastung und Betablocker ist nur bei der HF signifikant, d.h. die Ausprägung des Verlaufs der HF unter Belastung wird sowohl von der Belastung als auch von Bisoprolol beeinflusst bzw. die Maximalbelastung führt zu einer Verstärkung der Wirkung von Bisoprolol. Die Senkungen von HF und RR<sub>sys</sub> wurden erwartet, da dies primäre Aufgabe von Betablockern ist, und bestätigen andere Studienergebnisse wie beispielsweise die von Franz et al. (1982), Jilka et al. (1983) und Nutall et al. (2003). An den signifikant reduzierten Werten von HF und RR<sub>sys</sub> ist ersichtlich, dass auch mit der geringen Dosis von

5 mg/d eine effektive Blockade der Betarezeptoren erzielt wird. In allen betrachteten Studien wurde keine Veränderung des RR<sub>dia</sub> unter Betarezeptorenblockade beobachtet, was auch die vorliegenden Ergebnisse bestätigen.

Nach Anderson et al. (1985) resultiert die Steigerung des SV aus der längeren Diastole zur Ventrikelfüllung durch die erniedrigte HF, durch ein erhöhtes EDV sowie aus einer größeren Myokardkontraktion über das Frank-Starling-Phänomen. Bruce et al. (1979) und Cohn (1985) stellten signifikante Reduzierungen bei RR<sub>sys</sub>, HZV und HF fest. Die Erhöhung des SV wird als Kompensationsmechanismus dazu angesehen und ergibt sich möglicherweise aus der gleichen kontraktilen Fähigkeit des Myokards (gleiche EF). Da sich V<sub>E</sub> und VO<sub>2</sub> unter kardioselektiver Betablockade nicht anders verhält als ohne (Cogliati et al. 2004, Franz et al. 1982, Sheehan et al. 1983) und dies wurde sogar von Sklar et al. (1982) bei Untersuchungen mit nonselektiven und kardioselektiven Betablockern festgestellt. Stoschitzky et al. (2004) untersuchten als einzige die Veränderung der Plasmakonzentrationen von NA und A unter Betarezeptorenblockade mit Bisoprolol (5 mg) und stellten fest, dass diese bei beiden Transmittern während der Belastung ansteigt. Zusätzlich fanden sie heraus, dass Bisoprolol bei Belastung von den Rezeptoren freigesetzt und ins Plasma abgegeben wurden. Damit würde die Wirkung des Betablockers nachlassen müssen und die Wirkung der Katecholamine auf das Herz verstärkt. Dies könnte die gleichlaufende Hämodynamik am Herz unter Belastung erklären. Leider fehlen ergänzende Studien die diesen Zusammenhang bestätigen.

### Zusammenfassend

Es konnte gezeigt werden, dass kardioselektive  $\beta$ -Blocker keinen Einfluss auf die Hämodynamik des Herzens unter

maximaler Belastung nehmen und im Zusammenhang mit gleichen  $VO_{2max}$ ,  $V_E$  und Watt keine kardiale Leistungseinschränkung darstellen.

### Literatur

- Bartels, R. & Bartels, H. (2004). *Physiologie. Lehrbuch der Funktionen des menschlichen Körpers* (7. überarbeitete Aufl.). München: Elsevier GmbH.
- Bruce, R. A., Hossack, K. F., Kusumi, F. & Clarke, L. J. (1979). Acute Effects of Oral Propranolol on Hemodynamic Responses to Upright Exercise. *The American Journal of Cardiology*, 132-140.
- Charloux, A., Lonsdorfer-Wolf, E., Richard, R., Lampert, E., Oswald-Mammosser, M., Mettauer, B., Geny, B. & Lonsdorfer, J. (2000). A new impedance cardiograph device for the non-invasive evaluation of cardiac output at rest and during exercise: comparison with the "direct" Fick method. *European Journal of Applied Physiology*, 82, 313-320.
- Cholley, B. & Payen, D. (2005). Noninvasive techniques for measurements of cardiac output. *Current Opinion in Critical Care*, 11, 424-429.
- Cogliati, C., Colombo, S., Ruscone, T. G., Gruosso, D., Porta, A., Montano, N., Malliani, A. & Furlan, R. (2004). Acute  $\beta$ -Blockade Increases Muscle Sympathetic Activity and Modifies Its Frequency Distribution. *Circulation*, 110, 2786-2791.
- Cohn, J. N. (1985). Clinical Implications of the Hemodynamic Effects of Beta Blockade. *The American Journal of Cardiology*, 55, 125D-128D.
- Cotter, G., Moshkovitz, Y., Kaluski, E., Cohen, A. J., Miller, H., Goor, D. & Vered, Z. (2004). Accurate, Noninvasive Continuous Monitoring of Cardiac Output by Whole-Body Electrical Bioimpedance. *Chest*, 125, 1431-1440.
- Cruickshank, J. M. (2007). Review - Are we misunderstanding beta-blockers. *International Journal of Cardiology*, IJCA-09503.
- Falz, R. (2007). Hypertonieprävalenz und Einfluss von anthropometrischen Parametern und der Lebensweise auf den Blutdruck bei Studenten. Veröffentlichte Diplomarbeit, Universität Leipzig.
- Franz, I.-W., Lohmann, F. W. & Koch, G. (1982). Effects of Chronic Antihypertensive Treatment with Acebutolol and Pindolol on Blood Pressures, Plasma Catecholamines, and Oxygen Uptake at Rest and During Submaximal and Maximal Exercise. *Journal of Cardiovascular Pharmacology*, 4, 180-186.
- Jilka, S. M., Joyner, M. J., Nittolo, J. M., Kalis, J. K., Taylor, J. A., Lohman, T. G. & Wilmore, J. H. (1983). Maximal exercise responses to acute and chronic beta-adrenergic blockade in healthy male subjects. *Medicine and science in sports and exercise*, 20, 570-573.
- Manatec Biomedical (Hrsg.) (2006). *Physioflow – Non invasive hemodynamic cardiac output*. Letzter Zugriff am 05. August 2007 unter <http://www.physioflow.com>.
- Nuttall, S. L., Routledge, H. C. & Kendall, M. J. (2003). A comparison of the  $\beta_1$ -selectivity of three  $\beta_1$ -selective  $\beta$ -blockers. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 28, 179-186.
- Pschyrembel, W. (2004). *Pschyrembel. Klinisches Wörterbuch* (260., neu bearbeitete Aufl.). Berlin: Walter de Gruyter GmbH & Co.KG.
- Reuter, D. A. & Goetz, A. E. (2005). Messung des Herzzeitvolumens. *Der Anaesthetist*, 54, 1135-1153.
- Scherhag, A., Kaden, J. J., Kentschke, E., Sueselbeck, T. & Borggreffe, M. (2005). Comparison of Impedance Cardiography and Thermolite-Derived Measurements of Stroke Volume and Cardiac Output at Rest and During Exercise Testing. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 19, 141-147.
- Sheehan, M. W., Brammell, H. L., Sable, D. L., Nies, A. S. & Horwitz, L. D. (1983). Effect of beta-adrenergic blockade on circulating catecholamines and dopamine- $\beta$ -hydroxylase activity during exercise in normal subjects. *American Heart Journal*, 105, 777-782.
- Sklar, J., Johnston, G. D., Overlie, P., Gerber, J. G., Brammell, H. L., Gal, J. & Nies, A. S. (1982). The Effects of a Cardioselective (Metoprolol) and a Nonselective (Propranolol) Beta-adrenergic Blocker on the Response to Dynamic Exercise in Normal Men. *Circulation*, 65, 894-899.
- Stoschitzky, K., Stoschitzky, G., Klein, W., Müller, F., Bühring, K., Lamprecht, G. & Lindner, W. (2004). Different Effects of Exercise on Plasma Concentrations of Nebivolol, Bisoprolol and Carvedilol. *Cardiovascular Drugs and Therapy*, 18, 135-138.

20. Van de Water, J. M., Miller, T. W., Vogel, R. L., Mount, E. B. & Dalton, M. L. (2003). Impedance Cardiography. The Next Vital Sign Technology? *Chest*, 123, 2028-2033.
21. Wilmore, J. H., Freund, B. J., Joyner, M. J., Hetrick, G. A., Hartzell, A. A., Strother, R. T., Ewy, G. A. & Faris, W. E. (1985a). Acute Response to Submaximal and Maximal Exercise Consequent to Beta-Adrenergic Blockade: Implications for the Prescription of Exercise. *The American Journal of Cardiology*, 55, 135D-141D.
22. Wilmore, J. H., Ewy, G. A., Freund, B. J., Hartzell, A. A., Jilka, S. M., Joyner, M. J., Todd, C. A., Kinzer, S. M. & Pepin, E. B. (1985b). Cardiorespiratory Alterations Consequent to Endurance Exercise Training During Chronic Beta-Adrenergic Blockade with Atenolol and Propranolol. *The American Journal of Cardiology*, 55, 142D-148D.
23. Woltjer, H. H., Bogaard, H. J., Scheffer, G. J., van der Spoel, H. I., Huybregts, M. A. J. M. & de Vries, P. M. J. M. (1996a). Standardization of non-invasive impedance cardiography for assessment of stroke volume: comparison with thermodilution. *British Journal of Anaesthesia*, 77, 748-752.
24. Woltjer, H. H., Bogaard, H. J., van der Spoel, H. I. & de Vries, P. M. J. M. (1996b). The influence of weight on stroke volume determination by means of impedance cardiography in cardiac surgery patients. *Intensive Care Medicine*, 22, 766-771.

**Korrespondenzadresse:** Dipl. Sportl. S. Fikenzer  
Universität Leipzig  
Institut für Sportmedizin  
Marschner Str. 29  
04109 Leipzig  
fikenzer@rz.uni-leipzig.de