

Manfred Hartard, Martin Richter, Rudolf Lorenz, Dieter Jeschke

Hämodynamik und sympathoadrenerges System unter einem Ausdauertraining unterschiedlicher Intensitäten, jedoch gleichem trainingsbedingtem Kalorienmehrverbrauch

RESPONSES OF HEMODYNAMICS AND CATECHOLAMINES TO ENDURANCE TRAINING WITH DIFFERENT INTENSITIES BUT EQUAL VOLUMES

Zusammenfassung

Fragestellung: Welche Auswirkungen zeigt ein 2-monatiges Training mit unterschiedlichen Intensitäten, jedoch gleichem trainingsbedingtem Kalorienmehrverbrauch/Woche, auf Haemodynamik, sympathoadrenerges System, Leistungsfähigkeit und Metabolismus an untrainierten Männern mittleren Alters.

Methode: Untersuchung an 31 gesunden, untrainierten Männern im Alter von 39 bis 55 Jahren. Vor und nach einer Trainingsintervention über 8 Wochen wurde eine ausbelastende Fahrradergometrie durchgeführt. Gemessen wurden insbesondere haemodynamische Parameter, Laktat Spiegel sowie Serumwerte für Adrenalin und Noradrenalin in Ruhe, bei 50, 100 und 150 Watt. Während der Interventionszeit absolvierten die Probanden randomisiert in 2 Gruppen 3x/Wo ein Herzfrequenz-kontrolliertes Fahrradergometertraining. 15 Männer trainierten im Bereich ihrer individuellen aeroben (IAS), 16 im Bereich ihrer individuellen anaeroben Schwelle (IANS).

Ergebnisse: In beiden Gruppen konnte eine Zunahme der max. Watt-Leistung und eine deutliche Abnahme von Herzfrequenz- und Laktatwerten auf entsprechenden Belastungsstufen beobachtet werden. Uneinheitlich war die Entwicklung der Blutdruckregulation, der Katecholaminspiegel und des Stoffwechsels. Insbesondere zeigten 7 Probanden der IANS-Gruppe einen Anstieg des systolischen Blutdrucks und zum Teil auch der freien Katecholamine. Nur das Ausdauertraining im Bereich ihrer individuellen aeroben Schwelle war in der Lage, eine deutliche und für alle Probanden gleiche Optimierung der hämodynamischen Adaptation herbeizuführen.

Schlussfolgerung: Bei untrainierten Männern mittleren Alters ist eine Ökonomisierung der Hämodynamik zuverlässig durch ein Ausdauertraining mit einer Intensität im Bereich der IAS zu erreichen. Auch lassen sich kardiovaskuläre Risikofaktoren durch ein Training im aeroben Schwellenbereich effektiver als im Bereich höherer Intensitäten reduzieren.

Summary

Question: During physical activity, the sympathoadrenergic system plays a critical role in regulation of muscular metabolism and haemodynamics. Heart rate, blood pressure, lactate and levels of free catecholamines in plasma allow inferences about autonomic dysregulation resulting from inappropriate work loads in training. We decided to investigate the effects of endurance training of the same oxygen uptake, but at different intensities in a group of untrained, middle-aged men on these parameters.

Methods: The investigation encompassed 31 physically healthy, untrained males, ranging in age from 39 to 55 years (Table 1). Before and at the conclusion of the observation period, the

subjects underwent bicycle ergometry to the limit of their individual working capacity, starting at 25 W; the workload was increased in 25-W steps, with each step lasting 3 minutes. Basic hemodynamic parameters and levels of blood lactate and of adrenalin and noradrenalin in plasma were assessed at rest and at workloads of 50, 100 and 150 W. The subjects were assigned at random to 2 exercise groups. Fifteen of the men exercised at heart rates in the range of their individually determined aerobic thresholds (IAT group), and 16 subjects at their individually determined anaerobic thresholds (IANT group). All subjects performed controlled exercise on a bicycle ergometer over a period of 8 weeks, with 3 exercise units per week and an individually adjusted increment of 50 l of oxygen per exercise unit. During each exercise unit, the heart rate was monitored continuously, and in every third unit, lactate levels were assessed after 10 and 20 minutes and at the end of the session. The subjects were not aware of the groups to which they were assigned (simple-blind design). Statistical analysis of changes was carried out by the Wilcoxon test for dependent variables.

Results: At the end of the training period, the maximum ergometric work capacity had increased significantly in both groups and mean heart rate and lactate levels decreased to those seen at submaximal workloads. Interestingly, blood pressure levels rose to the submaximal range by the end of training in 7 subjects, all of whom were in the IANT group. All of the subjects in the IAT group experienced a distinct drop in blood pressure.

Discussion: These results show that in middle aged untrained men a low dosed endurance training is capable of ameliorating cardiovascular risk factors. However, exercise workloads that overburden the individual's working capacity may lead to undesired adaptive responses.

Einleitung

Aus internmedizinischer Sicht besitzt aerobes Ausdauertraining nach den zahlreichen Studien der letzten Jahrzehnte die höchste primär wie sekundär präventive Wertigkeit (1,14). Systematische, lang dauernde dynamische Beanspruchungen möglichst großer Muskelgruppen aktivieren vorrangig den aeroben Energiestoffwechsel. Daraus resultieren Optimierungen von vegetativen und endothelialen Funktionen, von Kohlenhydrat- und Fettstoffwechsel, von Sauerstofftransportfähigkeit und Rheologie des Blutes sowie eine verbesserte Kapillarisation von Skelett- und Herzmuskulatur. Epidemiologische Studien haben nicht nur einen kardioprotektiven Effekt an Hand niedrigerer Morbidität bzw. Mortalität von Herz-Kreislauf-erkrankungen belegt (7,8,9,30), sondern auch einen protektiven Effekt gegenüber der Mortalität von Krebserkrankungen nachweisen können (9,23).

Bei erstmaliger Aufnahme eines intensiven Trainings im mittleren Lebensalter wurde allerdings auch beobachtet, dass das Risiko kardiovaskulärer Komplikationen erheblich ansteigen kann (26,27,37). Um präventiv wirksam, aber nicht riskant zu sein, sollte ein Training daher Kriterien erfüllen, die eine sichere Quantifizierung der Trainingsbelastung erlauben (1,2).

Allgemeine Richtlinien für die Dosierung eines Ausdauertrainings wurden bereits Anfang der 60-er Jahre beschrieben und in der Folge mehrfach, insbesondere auch durch die American Heart Association (AHA) und das American College of Sports Medicine (ACSM) aktualisiert (1,12). Anfang der 90-er Jahre haben AHA und ACSM für Umfang und Häufigkeit eines Ausdauertrainings eine Dosierung von 3 x 20 bis 5 x 30 Minuten pro Woche angeraten (2,11). Dies entspricht einer Differenz von 300%. Für die Intensität wurde eine Belastung von 60-90% der maximalen Herzfrequenz oder 50-

85% der maximalen Sauerstoffaufnahme empfohlen. Vorschläge für eine individuelle Gestaltung der Trainingsdosierung wurden nicht gemacht. Die AHA rät allgemein bei aeroben Beanspruchungen kürzerer Dauer zu einer höheren Intensität (11).

Zur erfolgreichen Prävention kardiovaskulärer Erkrankungen empfehlen PAFFENBARGER (30) und BLAIR (8) einen Mehrverbrauch von mindestens 2000 kcal/Woche. Ab einem Mehrverbrauch von mindestens 1000 kcal/Woche werden bereits Beeinflussungen des Fettstoffwechsels erwartet (6). Diese nur den Kalorienmehrverbrauch berücksichtigenden pauschalen Angaben lassen außer Acht, dass die Dosierung der muskulären Beanspruchung über die Art der Adaptation entscheidet. Randomisierte Untersuchungen zur präventiven Wirksamkeit eines empfohlenen Kalorienmehrverbrauchs im Hinblick auf das Verhältnis von Trainingsintensität, Dauer und Häufigkeit fehlen bislang weitgehend.

Uns stellte sich daher die Frage, wie sich ein Ausdauertraining mit unterschiedlicher Intensität, jedoch gleichem wöchentlichen trainingsbedingten Kalorienmehrverbrauch, auf Haemodynamik, sympathoadrenerges System, Metabolismus und Leistungsfähigkeit auswirkt. Geplant wurde eine randomisierte Studie mit 2-monatiger Trainingsintervention an untrainierten Männern mittleren Alters.

Probanden und Methoden

PROBANDEN

Männer im Alter vom 40. bis 55. Lebensjahr wurden eingeladen, sich an der Untersuchung zu beteiligen. Sie wurden unter Mitwirkung der Medien und durch Einbindung von Krankenkassen rekrutiert und einem telefonischen Screening zugeführt.

Während dieses ersten Kontaktes wurden die Männer über Alter, Erkrankungen, Medikamente, Ernährung und körperliche Aktivität befragt und über die Studie informiert. Nach dem Telefonscreening konnte mit 54 der über 100 Bewerber ein Termin für eine Voruntersuchung vereinbart werden. Diese gaben nach mündlicher und schriftlicher Information schriftlich ihr Einverständnis. Das Studienprotokoll war zuvor von der lokalen Ethikkommission (Medizinische Fakultät der Technischen Universität München, Deutschland) überprüft und genehmigt worden. Für die Mehrzahl der telefonischen Absagen waren gesundheitliche Kriterien ausschlaggebend.

Auf Grund des internmedizinischen und orthopädischen Screenings wurden Patienten mit aktuellen oder chronischen Erkrankungen (KHK, AVK, Hypertonie in Ruhe und Diabetes mellitus) ausgeschlossen. Auch Personen mit einem hohen Nikotinabusus (>20 Zigaretten/Tag), einem übermäßigen Alkoholkonsum (>20 g/Tag) und solche, die schon ein regelmäßiges Training absolvierten, wurden nicht in die Studie aufgenommen.

Nach dem klinischen Screening wurde mit 38 Männern ein Termin für eine erste Ergometrie vereinbart. Diese erfolgte für alle Probanden in der Woche vor Beginn des Trainings immer in der Zeit von 8:30 bis 15:00 Uhr. Wegen einer Belastungshypertonie mussten nochmals 3 Probanden von der Studie ausgeschlossen werden. Schließlich konnten 35 gesunde Probanden, randomisiert, zwei Trainingsgruppen zugeführt werden.

METHODEN

Während der Eingangsuntersuchungen wurden ebenso wie nach zwei Monaten Training anamnestische Daten, klinische und laborchemische Parameter erfasst und eine spiroergometrische Diagnostik durchgeführt. Alle Erstuntersuchungen fanden während der Monate März oder September, die Enduntersuchungen jeweils in der ersten Woche nach Abschluss der Intervention statt.

Fahrradspiroergometrie zur Bestimmung von Parametern der Haemodynamik, der Leistungsfähigkeit und des sympathoadrenergen Systems

Zur Beurteilung der individuellen maximalen dynamischen Leistungsfähigkeit wurde eine ausbelastende Spiroergometrie durchgeführt. Die Messungen erfolgten mit einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer (ergo-metrics 800 der Firma ergo-line). Die spirometrischen Daten wurden mittels EOS-Sprint (Firma JAEGER) erfasst. Ausgehend von 25 Watt wurde die Belastung alle 3 Minuten um 25 Watt bis zur Erschöpfung gesteigert. Dabei wurden in Ruhe, während der letzten 10 Sekunden jeder Belastungsstufe und unmittelbar nach Belastungsabbruch Sauerstoffaufnahme, Herzfrequenz aus dem EKG und Laktat Spiegel (ESAT 6661, Firma Eppendorf) aus dem Blut des hyperämisierten Ohrläppchen bestimmt. Der Blutdruck wurde nach Riva-Rocci während der jeweils letzten Halbminute einer Belastungsstufe gemessen. Zur Analyse der freien Katecholamine (Adrenalin- und Noradrenalin) wurde 30 Minuten nach Setzen eines Venenkatheters Blut aus der vena cubiti in Ruhe und bei 50, 100 und 150 Watt entnommen. Ein durch objektive oder subjektive kardiale Symptome limitierter Abbruch führte zum Ausschluss.

Für alle Probanden wurden Laktat-Leistungskurven zur Bestimmung der individuellen aeroben Schwelle (Laktatäquivalent) nach BERG (5), der individuellen anaeroben Schwelle (Winkel bei der Tangentensteigung) nach KEUL und SIMON (22) und der anaeroben Schwelle (4-mmol-Schwelle) nach MADER (25) computergestützt erstellt.

Humorale Parameter

Die Blutabnahmen erfolgten in nüchternem Zustand und immer zwischen 7:30 – 10:30 Uhr. Die Teilnehmer sollten für den Tag vor der Blutabnahme eine normale Lebensführung (keine Diät, keine fettreiche Kost, kein Alkohol u.ä.) beschreiben.

Aus den Blutproben wurden gemessen mittels

- Coulter T840 der Firma Coulter das rote und weiße Blutbild;
- RA 2000 der Firma Bayer Diagnostic die Serumwerte von Harnsäure, Ges.-Cholesterin, HDL, LDL, Triglyzeride, Gamma-GT, Kreatinin, Harnstoff und der Serumglukosespiegel;
- EFOX 5053 der Firma Eppendorf das Gesamt-Calcium, -Natrium und -Kalium im Serum;
- HPLC-Gerätesystem der Firma Waters (USA) aus dem Plasma die freien Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin;
- ESAT der Firma Eppendorf enzymatisch-amprometrisch das Blutlaktat.

Fahrradergometer-Training

Alle Probanden absolvierten ein 8-wöchiges kontrolliertes Training auf einem drehzahlunabhängigen Fahrradergometer (Fa. Ergoline) mit einem individuell angepassten Mehrverbrauch von etwa 750 kcal/Woche, entsprechend 150 Liter Sauerstoff, verteilt auf 3 Trainingseinheiten. Randomisiert eingeteilt trainierten 17 Männer bei einer Herzfrequenz, die ihrer individuellen aeroben Schwelle - IAS-Gruppe, 18 Probanden bei einer Herzfrequenz, die ihrer individuellen anaeroben Schwelle – IANS-Gruppe – entsprach. Der entscheidende Unterschied zwischen den Gruppen bestand somit in der Intensität des Trainings. Nach Abschluss einer für alle Probanden gleichen 5-minütigen Aufwärmphase auf dem Fahrradergometer wurde die Trainingsdauer pro Einheit jedem Probanden individuell vorgegeben.

Zwischen zwei Trainingseinheiten lag mindestens ein Ruhetag. Um ausschließlich die Wirkung des Ergometertrainings zu erfassen, wurden die Probanden darauf hingewiesen, während der Studie kein weiteres Training durchzuführen.

Die Führung der Trainingsintervention wurde einfach blind gehalten.

In jeder Trainingseinheit wurden kontinuierlich Herzfrequenzen, in jeder dritten Laktat Spiegel nach 10 sowie 20 Minuten und am Ende der Belastung gemessen.

Statistik

Für die statistische Auswertung der Leistungsparameter vor und nach der Intervention innerhalb einer Gruppe wurde der Student` t-Test für gepaarte Stichproben genutzt. Zur Signifikanzprüfung der Plasmakatecholamine vor/nach kam der Wilcoxon-Test für Paardifferenzen zur Anwendung. Als statistisches Verfahren zum Gruppenvergleich wurde der U-Test nach Mann-Whitney verwendet. Signifikante Unterschiede wurden bei einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $p < 0,05$ angenommen.

Ergebnisse

Aus der Gesamtgruppe von zu Beginn 35 Männern schieden während der Intervention aus jeder Gruppe 2 Männer wegen persönlicher Gründe aus. Zwei dieser Probanden, beide Mitglieder der IANS-Gruppe, gaben an, dass sie das Training als zu anstrengend empfunden hätten. Die Daten von 31 Probanden konnten ausgewertet werden.

ANTHROPOMETRIE

Die Auswertung der anthropometrischen Daten (**Tabelle 1**, S. 41) ergab zum Zeitpunkt der Eingangsuntersuchung keine signifikanten Gruppenunterschiede. Tendenziell waren die Probanden der IANS-Gruppe etwas kleiner und schwerer und mit einem etwas höheren Gesamtkörperfettgehalt versehen.

Nach der Intervention konnte in der IAS-Gruppe eine signifikante Abnahme des Körpergewichts ($p < 0.01$), des Body-Mass-Index ($p < 0.01$) und des Gesamtkörperfettgehaltes ($p < 0.05$) beobachtet werden. In der IANS-Gruppe war nur eine tendenzielle Reduktion feststellbar. Gruppenunterschiede waren auch nach der Intervention nicht nachweisbar.

Tabelle 1: Lebensalter, Körpergröße und -gewicht, Body-Mass-Index (BMI) und Gesamt-körperfettgehalt als Mittelwerte (M) mit Standardabweichungen (SA) vor (0) und nach der Intervention (2) der im Bereich der individuellen aeroben Schwelle (IAS) und der individuellen anaeroben Schwelle (IANS) trainierenden Gruppen

Anthropometrie		Alter Jahre	Größe cm	Gewicht kg		BMI kg/m ²		Körperfett- gehalt kg/m ²	
				0	2	0	2	0	2
IAS	M	48.3	178.1	85.8	84.5*	27.1	26.7*	20.9	19.3§
	n=15 SA	4.0	5.4	11.0	10.8	3.7	3.7	4.6	4.9
IANS	M	48.6	175.8	87.6	87.1	28.4	28.0	21.3	20.8
	n=16 SA	3.7	5.4	9.7	10.3	3.4	3.5	3.2	3.8

gepaart : * p< 0.01; §: p< 0.05;
ungepaart: keine Signifikanzen

TRAININGSVERLAUF

Wie beschrieben, absolvierten die beiden Gruppen ein achtwöchiges kontrolliertes Fahrradergometertraining mit einem individuell angepassten Mehrverbrauch von 750 kcal/Woche verteilt auf jeweils drei Einheiten.

In der IAS-Gruppe wurde über den gesamten Zeitraum der Intervention eine mittlere Trainings-Herzfrequenz von $124 \pm 20,7$ Schlägen/Minute (entsprechend 69% der Hfmax) und ein durchschnittlicher Laktatspiegel von $1,6 \pm 0,5$ mmol/l eingehalten. Die Trainingsintensität entsprach damit der Vorgabe der individuellen aeroben Schwelle. Sie lag durchschnittlich bei 42% der maximalen Watt-Leistung. Zu Beginn betrug die Dauer einer Trainingseinheit durchschnittlich 40 Minuten. Durch die ständig in Relation zur Herzfrequenz ansteigende Leistung verkürzte sich die Trainingsdauer/Einheit bei konstantem Kalorienmehrverbrauch um durchschnittlich 25% auf 30 Minuten.

In der IANS-Gruppe wurde während des 8-wöchigen Trainings eine mittlere Herzfrequenz von $134,6 \pm 17,1$ Schlägen/Minute (entsprechend 80% der Hfmax) und ein durchschnittlicher Laktatspiegel von $3,26 \pm 0,5$ mmol/l eingehalten. Die Intensität entsprach somit der Vorgabe. Sie betrug durchschnittlich 70% der maximalen Watt-Leistung. Das Training umfasste zu Beginn eine Dauer von etwa 30 Minuten/Einheit. Die Trainingsdauer verkürzte sich entsprechend der ansteigenden Leistungsfähigkeit bei vorgegebenem konstanten Kalorienmehrverbrauch um durchschnittlich 34% auf 20 Minuten.

Während des Interventionszeitraumes stieg die Watt-Leistung im Training in der IAS-Gruppe um durchschnittlich 32% und in der IANS-Gruppe um 50% an.

LEISTUNGSDIAGNOSTIK

Maximale Wattleistung, maximale Sauerstoffaufnahme

Eindeutige Gruppenunterschiede hinsichtlich der absoluten und relativen maximalen Wattleistung oder Sauerstoffaufnahme (**Tabelle 2**) lagen bei der Eingangsuntersuchung nicht vor. Tendenziell allerdings wurde in der IANS-Gruppe eine niedrigere Leistungsfähigkeit ermittelt. Nach der Intervention konnte man in beiden Gruppen eine signifikante Zunahme der absoluten und relativen maximalen Watt-Leistung beobachten. Die absolute Watt-Leistung stieg in der IAS-Gruppe mit 8% etwas geringer an als in der IANS-Gruppe mit 9%. Gruppenunterschiede entstanden nicht. Die maximale Sauerstoffaufnahme erhöhte sich in beiden Gruppen, allerdings nicht signifikant.

Tabelle 2: Maximale absolute und relative Sauerstoffaufnahme (abs.-VO₂max-rel.), maximale absolute und relative Leistung (abs.-Wattmax-rel.) sowie die Wattleistung bei 4 mmol Laktat vor (0) und nach Intervention (2) in der IAS- und der IANS-Gruppe (M: Mittelwert; SA: Standardabweichung)

Leistungs- Parameter	abs. - VO ₂ max - rel. l/min - ml/min/kg				abs. - Wattmax - rel. Watt - Watt/kg				ANS _{4mmol} Watt	
	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
IAS M	2.96	3.08	35.2	36.9	216.3	230.7&	2.57	2.78§	168,5	190,6#
n=15 SA	0.28	0.38	6.3	5.9	21.2	28.8	0.45	0.51	26,1	25,2
IANS M	2.77	2.95	31.8	34.1	203.1	220.8§	2.34	2.56§	155,3	181,4#
n=16 SA	0.45	0.39	4.9	5.8	36.4	30.1	0.48	0.44	36,7	28,7

gepaart: *: p<0.05; §: p< 0.01; &: p< 0.005; #: p< 0.0001;
ungepaart: keine Signifikanzen

Laktat- Leistungs- Diagnostik

Bei der Eingangsuntersuchung bestanden keine Gruppenunterschiede hinsichtlich der mittleren Laktat-Werte (**Tabellen 2 und 3**, S. 42, 43; **Abbildungen 1 und 2**, S. 44) auf standardisierten Belastungsstufen, bei Ausbelastung und auch nicht an der IAS. Die IANS-Gruppe wies jedoch einen höheren Laktatspiegel an der IANS auf.

Nach Intervention wurden in beiden Gruppen auf entsprechenden Wattstufen niedrigere Laktat-Werte und eine Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve beobachtet. Die Leistung an der "4mmol-Schwelle" (WattANS_{4mmol}) war in Relation zur maximalen Watt-Leistung in der IAS-Gruppe um durchschnittlich 10% auf 84% (p< 0.005) und in der IANS-Gruppe um durchschnittlich 15% auf 88% (p< 0.0001) angestiegen. Die Leistungen an der IAS bzw. IANS erhöhten sich in der IAS-Gruppe

jeweils um etwa 10%. Deutlicher wurden die Schwellen-Leistungen in der IANS-Gruppe angehoben und zwar um 28% an der IAS und um 20% an der IANS. Gruppenunterschiede entstanden nicht.

Tabelle 3: Werte für Laktat, Wattleistung und Herzfrequenz an der individuellen aeroben Schwelle (IAS) und der individuellen anaeroben Schwelle (IANS) vor (0) und nach Intervention (2) in der IAS- und der IANS-Gruppe (M: Mittelwert; SA: Standardabweichung)

Schwellen- werte	Laktat _{IAS} mmol/l		Leistung _{IAS} Watt		HF _{IAS} 1/min		Laktat _{IANS} mmol/l		Leistung _{IANS} Watt		HF _{IANS} 1/min	
	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
IAS M	,45	1,16*	89,2	98,5	125,8	17,3*	3,34	2,69&	155,0	170,9*	154,5	150,5
n=15 SA	,45	0,36	22,5	30,0	17,0	17,1	0,59	0,56	27,7	26,0	12,8	11,8
IANS M	,43	1,18*	70,9	91,4*	109,9§	112,6	2,81§	2,58	132,6	159,0&	138,1	141,5
n=16 SA	,45	0,31	28,1	23,8	13,1	14,6	0,55	0,55	38,1	32,5	16,6	15,0

gepaart : * : p < 0.05 & : p < 0,01
ungepaart : § : p < 0.05 \$: p < 0,01

HÄMODYNAMIK (Herzfrequenz, Blutdruck)

Bei der Eingangsuntersuchung bestanden in Ruhe, auf standardisierten Belastungsstufen und bei Ausbelastung keine signifikanten Gruppenunterschiede. Allerdings wurden bei der Erstuntersuchung auf allen Belastungsstufen in der IANS-Gruppe durchschnittlich höhere Blutdruck-Werte und in der IAS-Gruppe durchschnittlich höhere Werte für die Herzfrequenz ermittelt.

Herzfrequenz

Nach der Intervention wurden in beiden Gruppen auf allen submaximalen Belastungsstufen eindeutig (p < 0.05 bis p < 0.001) niedrigere Herzfrequenzwerte beobachtet (**Abbildungen 1 und 2**, S. 44). Die Werte fielen um durchschnittlich 4-10%. An den Schwellen wurden in der IAS-Gruppe durchschnittlich (signifikant an der IAS) niedrigere Frequenzwerte beobachtet, durchschnittlich höhere Werte an allen Schwellen in der IANS-Gruppe. Eine signifikant niedrigere Ruheherzfrequenz wurde in der IAS-Gruppe festgestellt. Die maximalen Herzfrequenzen änderten sich in keiner Gruppe und zwischen den Gruppen entstanden keine Unterschiede.

Blutdruck

Der Blutdruck in Ruhe veränderte sich in keiner Gruppe markant. In der IAS-Gruppe konnten bei 13 der 15 Mitglieder bei 25 bis 125 Watt nach Intervention um 6-10% niedrigere systolische Blutdruck-Werte (p < 0.01) gemessen

Abbildung 1: Kurven der IAS-Gruppe für das Laktat- (mmol/l) und Frequenzverhalten (1/min) in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT-Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte (fett) und Standardabweichungen vor (IAS-0-Frequenz/IAS-0-Laktat) und nach der 8-wöchigen (IAS-8-Frequenz/IAS-8-Laktat) Trainings-Intervention. gepaart : §: p<0.05; *: p< 0.01; &: p< 0.005; #: p< 0.001;

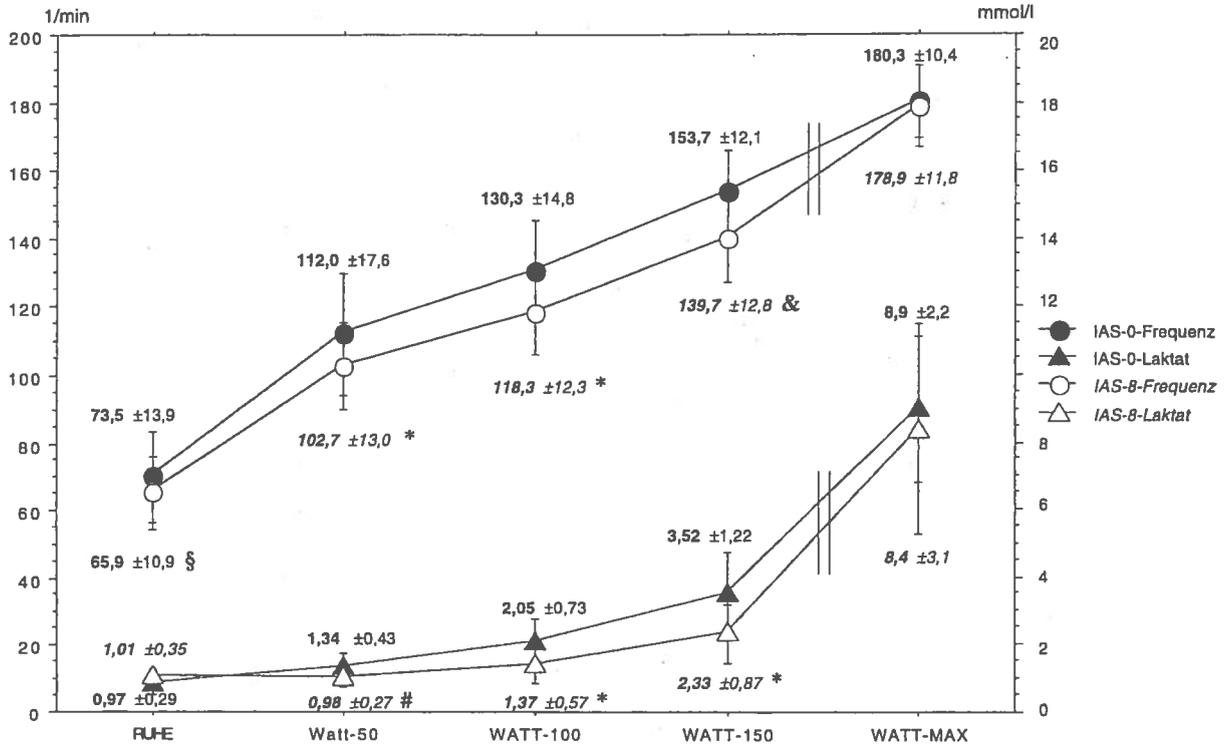
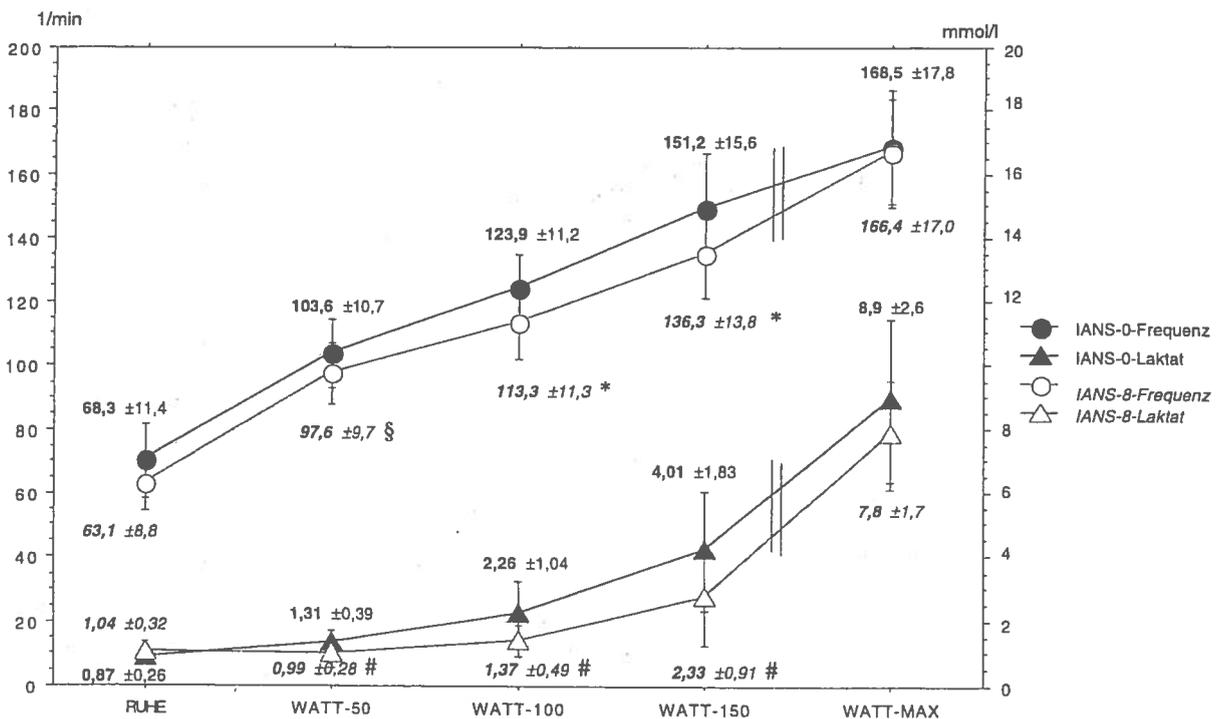


Abbildung 2: Kurven der IANS-Gruppe für das Laktat- (mmol/l) und Frequenzverhalten (1/min) in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT- Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte (fett) und Standardabweichungen vor (IANS-0-Frequenz/IANS-0-Laktat) und nach der 8-wöchigen (IANS-8-Frequenz/IANS-8-Laktat) Trainings-Intervention. gepaart : §: p<0.05; *: p< 0.01; #: p< 0.001;



werden. Die diastolischen Mittelwerte ließen nur eine tendenzielle Abnahme von etwa 1-5% erkennen (**Abbildungen 3 und 4**, S. 46).

Im Gegensatz dazu änderten sich in der IANS-Gruppe die systolischen und diastolischen Werte nicht eindeutig. Untersuchte man die Einzelverläufe (Daten beim Verfasser), so stiegen bei 7 von 16 Probanden die systolischen Blutdruck-Werte auf den Belastungsstufen 50 bis 125 Watt um 6-10% an. Auch waren bei diesen Probanden um 2-11% höhere diastolische Blutdruckwerte auf den einzelnen Belastungsstufen zu messen. Die Herzfrequenzen von zwei dieser auffälligen Probanden fielen im Gegensatz zu allen anderen nicht ab, sondern stiegen an. Der Blutdruck der 9 übrigen Probanden dieser Gruppe verhielt sich wie in der IAS-Gruppe und fiel im Vergleich zur Eingangsuntersuchung auf entsprechenden Belastungsstufen ab.

Zwischen der IAS- und IANS-Gruppe entstanden trotz der abweichenden Verläufe keine signifikanten Unterschiede.

KATECHOLAMINE (Adrenalin, Noradrenalin)

Bei der Eingangsuntersuchung bestanden keine Gruppenunterschiede für die Werte von Adrenalin oder Noradrenalin in Ruhe oder auf den einzelnen Belastungsstufen.

Allerdings wurden vor der Intervention auf allen Belastungsstufen durchschnittlich höhere Werte für Noradrenalin in der IANS-Gruppe, und durchschnittlich höhere Werte für Adrenalin in der IAS-Gruppe ermittelt.

Adrenalin

Nach der Intervention waren in der IAS-Gruppe niedrigere Werte auf allen Belastungsstufen zu beobachten, signifikant nur bei 150 Watt ($p < 0.05$).

In der IANS-Gruppe war der mittlere Ruhewert um 128 % angestiegen. Auf allen Belastungsstufen wurden nach der Intervention durchschnittlich höhere Adrenalin-Werte beobachtet (**Abbildungen 5 und 6**, S. 47, 48). Gruppenunterschiede be- und entstanden nicht.

Noradrenalin

In der IAS-Gruppe konnten wir nach Intervention auf dem 100 und 150 Watt-Niveau signifikant ($p < 0.05$) niedrigere Werte messen.

Ein tendenzieller Abfall der mittleren Werte war auch in der IANS-Gruppe zu beobachten, jedoch nicht in signifikantem Ausmaß. Zwischen den Gruppen be- und entstanden keine Unterschiede (**Abbildungen 5 und 6**, S. 47, 48).

STOFFWECHSELPARAMETER

Für die mittleren Serumwerte Cholesterin, LDL, HDL, Triglyzeride, Kreatinin und Harnsäure be- und entstanden zu keinem Zeitpunkt wesentliche Gruppenunterschiede (**Tabelle 4**, S. 47).

In der IAS-Gruppe wurden nach der zweimonatigen Intervention etwas niedrigere Mittelwerte für Cholesterin, Triglyzeride, LDL, LDL/HDL gemessen. Deutlich abgefallen war der mittlere Serumwert der Harnsäure ($p < 0.05$).

Abbildung 3: Kurven der IAS-Gruppe für das systolische und diastolische Blutdruckverhalten (mmHg) in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT- Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte (**fett**) und Standardabweichungen vor (IAS-0-RRsys/IAS-0-RRdia) und nach der 8-wöchigen (IAS-8-RRsys/IAS-8-RRdia) Trainings-Intervention. gepaart : §: p<0.05; *: p< 0.01;

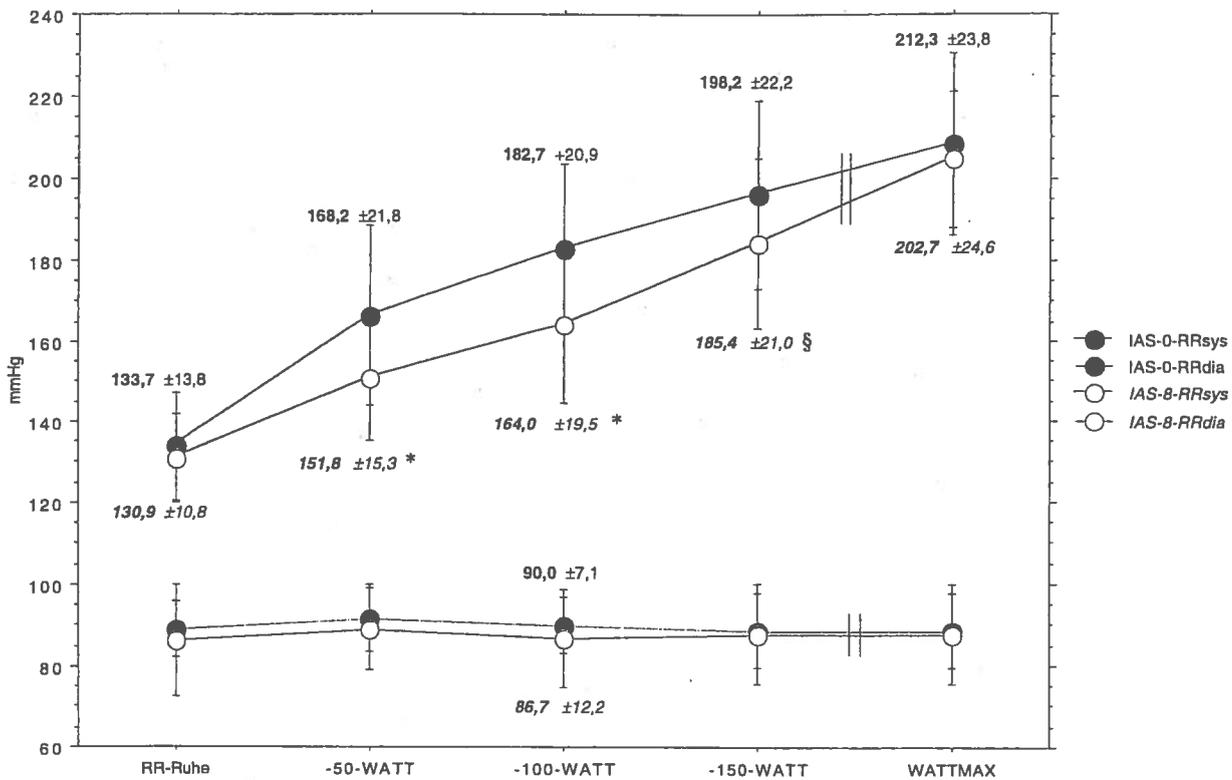
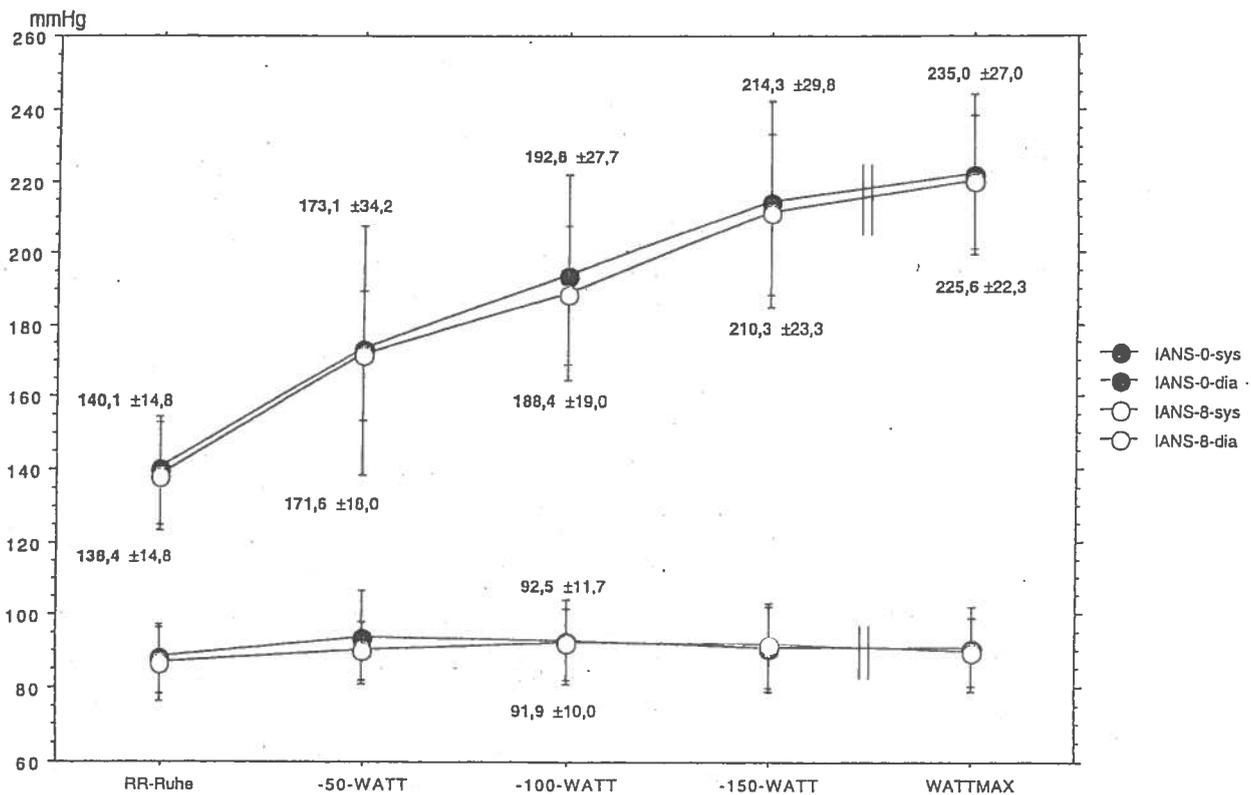


Abbildung 4: Kurven der IANS-Gruppe für das systolische und diastolische Blutdruckverhalten (mmHg) in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT- Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte (**fett**) und Standardabweichungen vor (IANS-0-RRsys/IANS-0-RRdia) und nach der 8-wöchigen (IANS-8-RRsys/ IANS-8-RRdia) Trainings-Intervention; **keine Signifikanzen**



In der IANS-Gruppe ergab sich ein leichter Anstieg der Mittelwerte für Cholesterin, Triglyzeride, LDL, HDL, LDL/HDL und Harnsäure. Ein signifikant höherer Mittelwert ($p < 0.01$) wurde für den Harnstoff gemessen.

Tabelle 4: Gesamt-Cholesterin, LDL, HDL, LDL/HDL, Triglyzeride, Harnstoff und Harnsäure vor (0) und nach (2) Intervention in der IAS- und der IANS-Gruppe (M: Mittelwert; SA: Standardabweichung)

Stoffwechsel		Cholesterin mg/dl		LDL mg/dl		HDL mg/dl		LDL/HDL		Triglyzeride g/dl		Harnstoff mg/dl		Harnsäure mg/dl	
		0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2	0	2
		IAS	M	223.9	212.9	148.	138.	40.5	40.9	3.77	3.47	173.8	164.6	28.8	31.6
	S	39.7	45.2	33.1	26.3	6.6	5.6	0.83	1.08	106.6	111.9	4.4	8.8	1.52	1.30
IANS	M	233.2	246.1	153.	170.	45.3	46.4	3.5	3.85	169.9	177.6	30.5	38.9*	5.65	6.0
	S	38.7	44.2	37.4	35.1	9.9	10.1	0.82	1.1	149.6	143.4	4.3	8.7	1.73	1.53

gepaart : §: $p < 0.05$; * $p < 0.01$;
 ungepaart: keine Signifikanzen

Abbildung 5: Noradrenalin- und Adrenalin-Verhalten (pg/ml) in der IAS-Gruppe in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT- Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte und Standardabweichungen vor (IAS-0-Noradrenalin/IAS-0-Adrenalin) und nach der 8-wöchigen (IAS-8-Noradrenalin/IAS-8-Adrenalin) Trainings-Intervention; gepaart : §: $p < 0.05$;

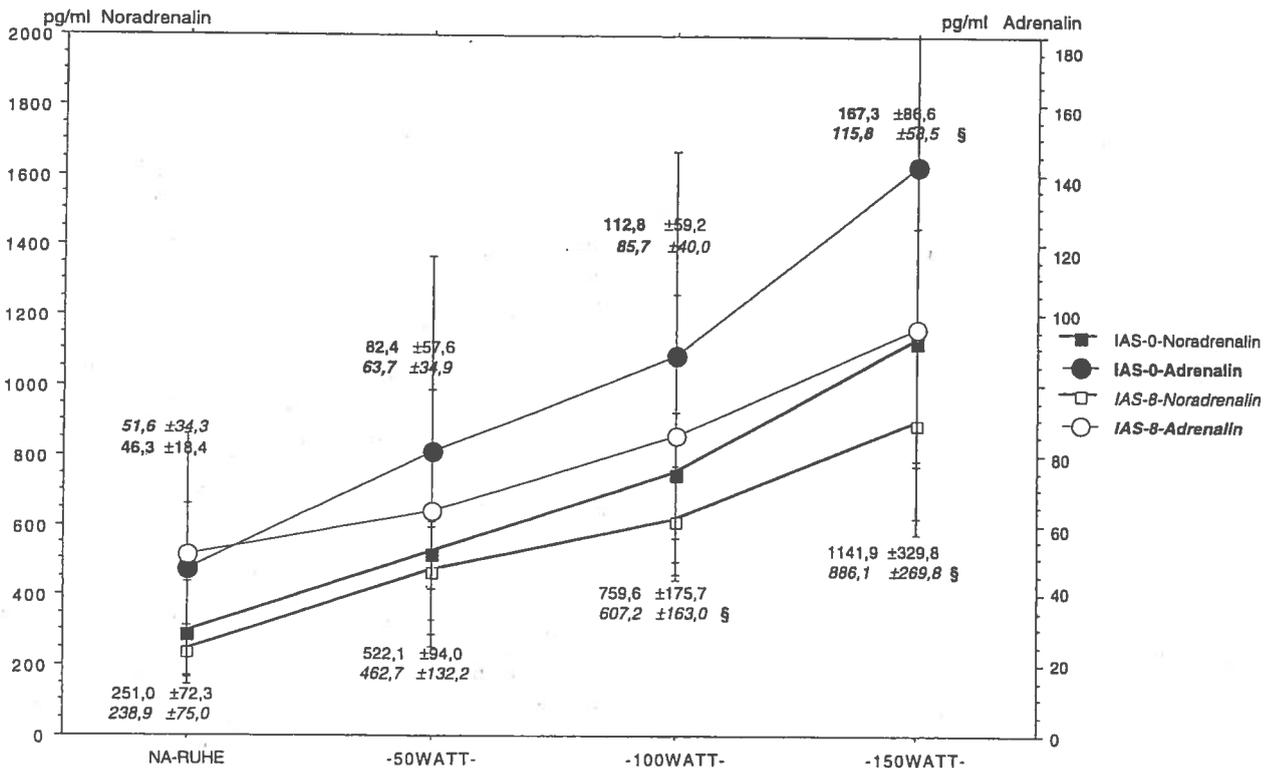
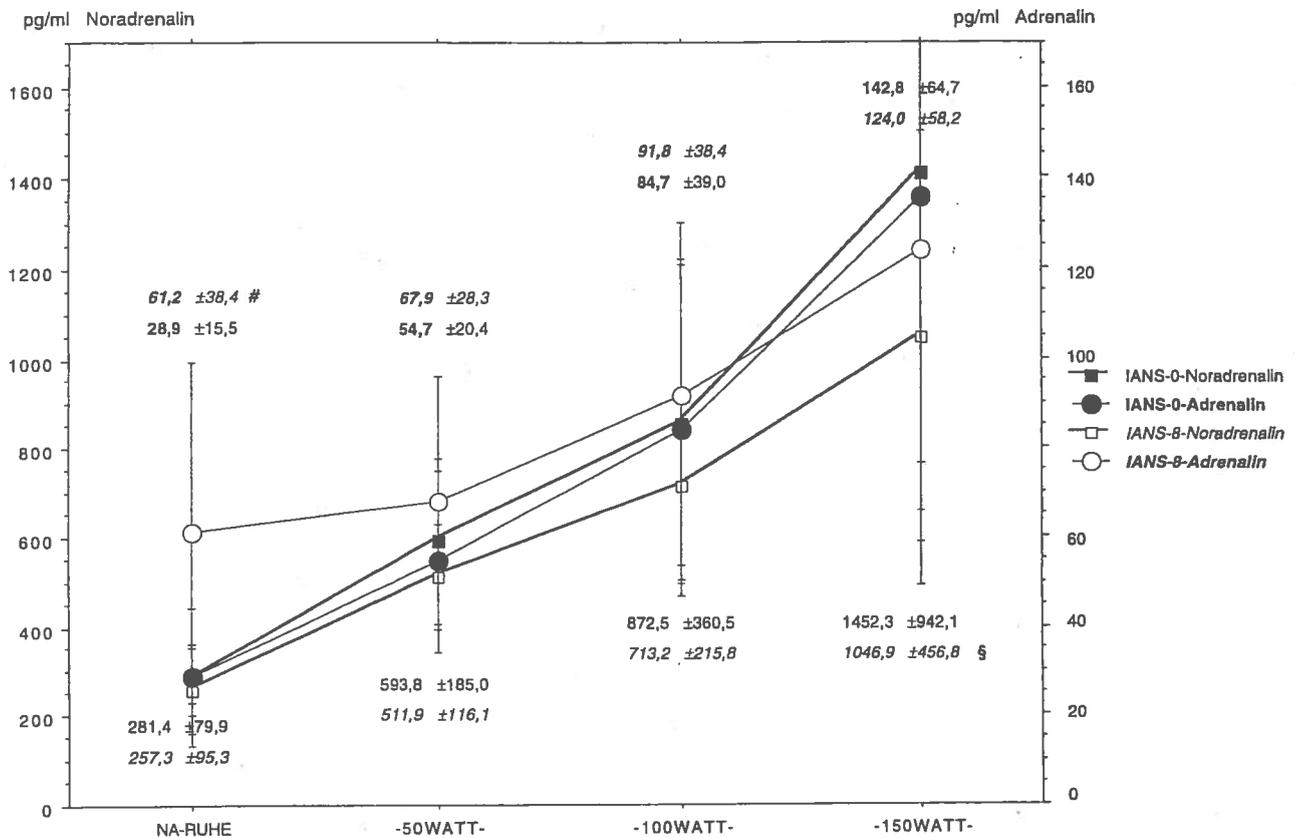


Abbildung 6: Noradrenalin- und Adrenalin-Verhalten (pg/ml) in der IANS-Gruppe in Ruhe, unter 50, 100, 150 und maximaler WATT- Belastung (WATT-MAX) mit Angaben für Mittelwerte und Standardabweichungen vor (IANS-0-Noradrenalin/IANS-0-Adrenalin) und nach der 8-wöchigen (IANS-8-Noradrenalin/IANS-8-Adrenalin) Trainings-Intervention; gepaart : §: $p < 0.05$; #: $p < 0.01$;



Diskussion

Die Effizienz präventiver Maßnahmen kann an der Minderung von Risikofaktoren und der Inzidenz von Erkrankungen abgeschätzt werden. Die vorbeugende Wirkung vermehrter körperlicher Aktivität gegen arteriosklerotische Risikofaktoren und Erkrankungen wurde in epidemiologischen Untersuchungen eindeutig belegt (5,8,30). Auf Grund dieser Erhebungen trägt ein wöchentlicher Kalorienmehrverbrauch von 1000-2000kcal überdeutlich zu einer Abnahme von Risikofaktoren und zu einer Reduktion von Morbidität und Mortalität bei (7,30,35). Eine sich daraus ergebende Folgerung, dass jede Form körperlicher Beanspruchung bei entsprechendem Energieumsatz einen derartigen präventiven Effekt hat, wäre allerdings zu einfach gedacht. Nicht jede Art einer systematischen körperlichen Mehrbeanspruchung führt zu qualitativ und quantitativ gleichen körperlichen Adaptationen. Die Prävention von Herz-Kreislauf-Erkrankungen gelingt nur durch ein regelmäßiges Training der aeroben Ausdauer. Dabei kann die Aufnahme eines dauerhaft zu intensiven und damit inadäquat dosierten Ausdauertrainings im mittleren Lebensalter auch zu einem Risikoanstieg kardiovaskulärer Komplikationen führen (26,27,34,36,37). Unter diesen Aspekten erscheinen Empfehlungen zu einem pauschalen wöchentlichen Kalorienmehrverbrauch bedenklich, da der Mehrverbrauch sowohl durch eine Anhebung der Trainingsdauer als auch durch eine Intensitätssteigerung erzielt werden kann. Um

präventiv oder therapeutisch wirksam, aber nicht riskant zu sein, sollten Empfehlungen zu einem Ausdauertraining individuelle Dosierungsvorgaben hinsichtlich Intensität, Dauer und Häufigkeit beinhalten (1,2), die sowohl die kardiovaskuläre Belastbarkeit als auch die muskuläre Leistungsfähigkeit berücksichtigen. Steht die Trainingsbelastung in jeweils optimaler Relation zur aktuellen Leistungsfähigkeit, wird klar, dass im Rahmen eines Gesamtkonzeptes (z.B. Vorbereitung auf einen Wettkampf) Training im Breiten- ebenso wie im Leistungssport und zwar in jedem Lebensalter intensive Trainingseinheiten beinhalten kann, ohne dass Schäden auftreten müssen.

Die Überschreitung einer muskulären Schwellen-Intensität ist Voraussetzung für die Wirksamkeit eines Trainings (13,19). Bei ausreichender Intensität entscheidet das Verhältnis von Dauer und Häufigkeit, d.h. die Abfolge von Belastung und Erholung über den Erfolg. Diese Größen stehen in dynamischer Wechselwirkung zueinander und sind abhängig von Trainingszustand und Lebensalter (34,37).

Da bisher kaum Untersuchungen zur präventiven Wirksamkeit eines empfohlenen Kalorien-Mehrverbrauchs im Hinblick auf das Verhältnis von Intensität und Umfang eines Trainings erfolgten, gingen wir dieser Fragestellung nach. Im Vordergrund des Interesses stand die Anpassung der Hämodynamik, für die wir eine sichere Aussage schon nach 8 Wochen erwarten konnten. Zudem wurden Parameter von Leistungsfähigkeit und Stoffwechsel erfasst.

Das Training führte in beiden Gruppen zu einem vergleichbar deutlichen Anstieg der maximalen Watt-Leistung (8-9%). Das Ergebnis steht in Übereinstimmung mit früheren Untersuchungen (9,15,18). Nach Intervention wurden in beiden Gruppen auf entsprechenden Wattstufen niedrigere Laktat-Werte und eine Rechtsverschiebung der Laktatleistungskurve beobachtet. Diese Veränderungen sind im Sinne einer Verbesserung des aeroben muskulären Energieumsatzes (Reduktion der Laktatproduktion) und einer verbesserten Laktatelimination zu werten. Die Schwellenleistungen erhöhten sich in der IAS-Gruppe durchschnittlich um etwa 10% verbunden mit einer signifikanten Abnahme der Herzfrequenz an IAS und IANS. In der IANS-Gruppe stiegen die Schwellenleistungen deutlicher, nämlich um 15-28%, an, wobei aber durchschnittlich höhere Herzfrequenzwerte vorlagen.

Zu hämodynamischen Anpassungsvorgängen eines Ausdauertrainings zählt die Reduktion der Herzfrequenz in Ruhe und unter Belastung. In beiden Gruppen sank die Herzfrequenz unter Belastung um etwa 5-10%, entsprechend einer Ökonomisierung der Herzarbeit unter Belastung. In der IAS-Gruppe war zudem eine Abnahme der Herzfrequenz in Ruhe sowie an IAS und IANS zu belegen, nicht jedoch in der IANS-Gruppe. Die nach dem zweimonatigen Training durchschnittlich höheren Frequenzwerte im Bereich aller Schwellen in der IANS-Gruppe können zumindest nicht im Sinne einer optimalen Adaptation der Trainingsbelastung bewertet werden (16). Es kann allerdings vermutet werden, dass das intensivere Ausdauertraining in der IANS-Gruppe zu einer beschleunigten Anhebung der Schwellenleistungen beigetragen hat. Die Anhebung der Schwellenleistungen wird im Leistungssport durch eine partielle Reduktion des extensiv aeroben Anteils und eine entsprechende Anhebung der intensiven Einheiten erzielt (13).

Die Ökonomisierung der Herzkreislaufregulation unter Belastung ist auf einen Rückgang des sympathoadrenergen Antriebs zurückzuführen (17), die niedrigeren Herzfrequenz in Ruhe auf einen verstärkten Parasympathikotonus (21). Die auf

submaximalen Belastungsstufen um durchschnittlich bis zu 25% niedrigere Plasmaswerte für Noradrenalin und Adrenalin scheinen diesen Zusammenhang eindeutig, allerdings nur für die IAS-Gruppe, zu bestätigen.

Die Entwicklung von Blutdruck, Katecholaminspiegeln und Stoffwechselfparametern verlief in den beiden Gruppen nicht so konform wie die weitgehend einheitliche Ökonomisierung der Herzfrequenzregulation. So fielen die mittleren systolischen Blutdruckwerte zwar in beiden Gruppen auf submaximalen Belastungsstufen ab, signifikant jedoch nur in der IAS-Gruppe. Bei Analyse der individuellen Verläufe war zu erkennen, dass das Training bei annähernd der Hälfte der Probanden der IANS-Gruppe (7 von 16) zu einem Anstieg des Blutdrucks im submaximalen Belastungsbe- reich geführt hatte. Die Veränderungen der Blutdruckwerte waren allerdings nicht mit einer entsprechenden Modifikation der Katecholaminspiegel gekoppelt. Die Untersu- chung der Einzelverläufe in der IANS-Gruppe zeigte, dass vermehrt die Probanden mit einem Anstieg von Blutdruck und/oder Katecholaminspiegeln reagierten, deren Ausgangswerte unter dem IANS-Gruppenmittel lagen. Die Probanden, deren Blutdruck- und/oder Katecholaminwerte zu Beginn deutlich über diesem Gruppenmittel lagen, reagierten zumeist mit einem Abfall der Parameter. Für mindesten fünf dieser Männer konnte vor Studienbeginn eine hypertone Belastungsreaktion belegt werden. Die in der Literatur beschriebene blutdrucksenkende Wirkung eines Ausdauertrainings (19) scheint sich in der IANS-Gruppe offenbar nur bei den Probanden mit erhöhten Ausgangswerten zu bestätigen. In der IAS-Gruppe wurde bei allen Probanden ein Abfall der Blutdruckwerte, zumeist auch der Katecholaminspiegel beobachtet. Demnach hatte das Ausdauertraining an der IANS bei den Untrainierten teilweise einen unerwünschten Effekt. Die steigenden Werte für Blutdruck und/oder Katecholamine bei 7 von 16 Probanden der IANS-Gruppe lassen eine beginnende vegetative Fehlsteuerung durch zu hohe Trainingsintensitäten vermuten (21).

Niedrigere Katecholaminspiegel in Ruhe und eine reduzierte Ansprechbarkeit und Dichte der Beta-Rezeptoren auf den zirkulierenden Thrombozyten wurden bei extensiv trainierenden Läufern und Schwimmern beobachtet (18,30). Zeitgleich war die Sensitivität der Alpha-2-Rezeptoren der Thrombozyten dieser Sportler erhöht (21). Unter der Intensivierung des Trainings dieser Athleten wurden eine Zunahme von Dichte und Sensitivität der Beta-Rezeptoren und ein Anstieg der Blutdruck- und Herzfrequenzwerte beobachtet (21). Dies könnte im Sinne einer hyperadrenergen Regulation gedeutet werden, wie sie für vermehrt anaerobe Belastungen bekannt ist (24). Eine vergleichbare Entwicklung kann für die IANS-Gruppe nicht ausgeschlossen werden. OHMAN (29) und MOREIRA (28) konnten zeigen, dass ein extensiv aerobes Ausdauertraining eine Reduktion erhöhter Blutdruckwerte ermöglicht. Der positive Einfluss des Ausdauertrainings war ab Intensitäten von mehr als 70% nicht immer sicher zu belegen (31). In Übersichtsarbeiten (3,15,32) wurde der Einfluss der Intensität eines Trainings auf das Blutdruckverhalten eingehend analysiert. Die Recherchen führten zu der Schlussfolgerung, dass ein Ausdauertraining niedrigerer Intensität (40-60% der VO_{2max}) eher in der Lage ist, den Blutdruck zu senken, als ein Training mit höherer Intensität (60-80% VO_{2max}). Unsere Ergebnisse bestätigen das Resultat dieser Erhebungen.

Der tendenzielle Anstieg des Gesamtcholesterins, des LDL/HDL-Quotienten und der Triglyceride in der IANS-Gruppe weisen auf eine Aktivierung des Fettstoffwechsels hin. Eine tendenzielle Verbesserung des Fettstoffwechsels konnte in der IAS-Gruppe

beobachtet werden. Für eindeutige Aussagen zu Veränderungen von Stoffwechselaktivitäten war der Kalorienmehrverbrauch während des Interventionszeitraumes allerdings zu kurz (1).

Insgesamt belegt die Studie, dass sowohl Ausdauertraining im aeroben wie im anaeroben Schwellenbereich zu den erwarteten Adaptionen der dynamischen Leistungsfähigkeit führt. Uneinheitlich war die Entwicklung der Blutdruckregulation, der Katecholaminspiegel und des Stoffwechsels. Nur das Ausdauertraining bei einer Intensität von etwa 45% der maximalen Wattleistung war in der Lage, eine deutliche und für alle Probanden eine vergleichbare Ökonomisierung der Hämodynamik herbeizuführen. Ebenso lieferte die Dynamik von Blutfettwerten und Harnsäure Anhaltspunkte dafür, dass eine Reduktion weiterer Risikofaktoren effektiver und sicherer durch ein Training im Bereich der IAS als im Niveau von IANS verläuft. Aus medizinischer Sicht kann daher untrainierten Männern mittleren Alters ein Training als sicher und wirksam empfohlen werden, das den Kriterien der IAS-Gruppe entspricht.

Literatur:

1. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness, and flexibility in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1998 Jun;30(6):975-91
2. American College of Sports Medicine Position Stand. The recommended quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory and muscular fitness in healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 1990 Apr;22(2):265-74
3. ARROLL B., BEAGLEHOLE R.: Does physical activity lower blood pressure: a critical review of the clinical trials: *J Clin Epidemiol* 45/5 (1992), 439-447
4. ATKINSON H.: Walking away from heart disease. *Health News* 1999 Oct 1;5(12):7
5. BERG A., STIPPIG J., KEUL J., HUBER G.: Bewegungstherapie und ambulante Coronargruppen. I. Zur Beurteilung der Leistungsfähigkeit und Belastbarkeit von Patienten mit coronarer Herzkrankheit. *Dtsch Z Sportmed* 31 (1980) 7, 199-205
6. BERG A., HALLE M., BAUMSTARK M., KEUL J.: Bedeutung der Lipoproteine bei der Pathogenese der KHK (Die Rolle der körperlichen Aktivität). *Deutsches Ärzteblatt* 91/12 (1994), C547-552
7. BLAIR S.N., KAMPERT J.B., KOHL H.W. 3rd, BARLOW C.E., MACERA C.A., PAFFENBARGER R.S. Jr, GIBBONS L.W.: Influences of cardiorespiratory fitness and other precursors on cardiovascular disease and all-cause mortality in men and women. *JAMA* 1996 Jul 17;276(3):205-10
8. BLAIR S.N., KOHL H.W. 3rd, BARLOW C.E., PAFFENBARGER R.S. Jr, GIBBONS L.W., MACERA C.A.: Changes in physical fitness and all-cause mortality. A prospective study of healthy and unhealthy men. *JAMA*. 1995 Apr 12;273(14):1093-8
9. BLAIR S.N., KOHL H.W., GORDON N.F., PAFFENBARGER R.S. Jr: How much physical activity is good for health? *Annu Rev Public Health* 1992;13:99-126
10. EHRENDORFER St., HABER P.: Effekte eines Ergometertrainings mit einer Intensität von 30% versus 50% der maximalen Leistungsfähigkeit unter stationären Bedingungen. *Wien Klin Wschr* 1995; 107/6:195-201
11. FLETCHER G.F., FROELICHER V.F., HARTLEY L.H., HASKELL W.L., POLLOCK M.L.: Exercise standards. A statement for health professionals from the American Heart Association. *Circulation* 1990 Dec;82(6):2286-322

12. FLETCHER G.F.: How to implement physical activity in primary and secondary prevention. A statement for healthcare-professionals from the Task Force on Risk-reduction, American Heart Association. *Circulation* 1997 Jul 1;96(1):355-7
13. HABER P.: Medizinische Trainingslehre. *Wien Med Wschr* 1993; 143/1:26-35
14. HABER P., HONIGER B., KLICPERA M., NIEDERBERGER M.: Effects in elderly people 67-76 years of age of three-month endurance training on a bicycle ergometer. *Eur Heart J* 1984 Nov;5 Suppl E:37-9
15. HAGBERG J.M., BROWN M.D.: Does exercise training play a role in the treatment of essential hypertension? *J Cardiovasc Risk*. 1995 Aug;2(4):296-302. Review
16. HOLLMANN W.: The impact of physical activity in preventive and rehabilitative Cardiology: *Sb Lek* 1994;95(2):75-88
17. JO Y., ARITA M., BABA A., NAKAMURA H., UEDA E., HANO T., UENO Y., KUCHII M., NISHIO I., MASUYAMA Y.: Blood pressure and sympathetic activity following responses to aerobic exercise in patients with essential hypertension. *Clin Exp Hypertens [A]* 1989;11 Suppl 1:411-7
18. JOST J., WEISS M., WEICKER H.: Sympathoadrenergic regulation and the adrenoceptor system. *J Appl Physiol* 1990 Mar;68(3):897-904
19. KARVONEN J., VOURIMAA T.: Heart rate and exercise intensity during sports activities. *Sport Medicine* 1988, 303ff
20. KARVONEN M.J.: Physical activity for a healthy life. *Res Q Exerc Sport* 1996 Jun;67(2):213-5
21. KEUL J., LEHMANN M., DICKHUTH H.H.: Hypertension, the heart and physical activity. *Z Kardiol* 1989;78 Suppl 7:199-209
22. KEUL J., SIMON G., BERG A., DICKHUTH H.-H., GOERTLER I., KÜBEL R.: Bestimmung der individuellen anaeroben Schwelle zur Leistungsbewertung und Trainingsgestaltung. *Dtsch Z Sport-med* 30 (1979), Nr. 7, 212-218
23. LATIKKA P., PUKKALA E., VIHKO V.: Relationship between the risk of breast cancer and physical activity. An epidemiological perspective.. *Sports Med* 1998 Sep;26(3):133-43
24. LEHMANN M., FOSTER C., KEUL J.: Overtraining in endurance athletes: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1993 Jul;25(7):854-62. Review
25. MADER A., LIESEN H., HECK H., PHILIPPI H., SCHÜRCH P.M., HOLLMANN W.: Zur Beurteilung der sportartspezifischen Ausdauerleistungsfähigkeit im Labor. *Sportarzt und Sportmed* 27 (1976), Nr. 4, 80-88, Nr. 5, 109-112
26. MITTLEMAN M.A., MACLURE M., TOFLER G.H., SHERWOOD J.B., GOLDBERG R.J., MULLER J.E.: Triggering of acute myocardial infarction by heavy physical exertion. Protection against triggering by regular exertion. Determinants of Myocardial Infarction Onset Study Investigators. *N Engl J Med* 1993 Dec 2;329(23):1677-83
27. MITTLEMAN M.A., SISCOVICK D.S.: Physical exertion as a trigger of myocardial infarction and sudden cardiac death. *Cardiol Clin* 1996 May;14(2):263-70
28. MOREIRA W.D., FUCHS F.D., RIBEIRO J.P., APPEL L.J.: The effects of two aerobic training intensities on ambulatory blood pressure in hypertensive patients: results of a randomized trial. *J Clin Epidemiol* 1999 Jul;52(7):637-42
29. OHMAN E.M., BUTLER J., KELLY J., HORGAN J., O'MALLEY K.: Beta-adrenoceptor adaptation to endurance training. *J Cardiovasc Pharmacol* 1987 Dec;10(6):728-31
30. PAFFENBARGER R.S. Jr, BLAIR S.N., LEE I.M., HYDE R.T.: Measurement of physical activity to assess health effects in free-living populations. *Med Sci Sports Exerc* 1993 Jan;25(1):60-70
31. ROGERS M.W., PROBST M.M., GRUBER J.J., BERGER R., BOONE J.B. Jr: Differential effects of exercise training intensity on blood pressure and cardiovascular responses to stress in borderline hypertensive humans. *J Hypertens*. 1996 Nov;14(11):1369-75

32. SEALS D.R., SILVERMAN H.G., REILING M.J., DAVY K.P.: Effect of regular aerobic exercise on elevated blood pressure in postmenopausal women. *Am J Cardiol.* 1997 Jul 1;80(1):49-55
33. SIMON G., BERG A., DICKHUTH H.H., SIMON-ALT A., KEUL J.: Bestimmung der anaeroben Schwelle in Abhängigkeit vom Alter und der Leistungsfähigkeit. *Dtsch Z Sportmed* 1 (1981), Nr. 7, 12- 18
34. SISCOVICK D.S., WEISS N.S., FLETCHER R.H., SCHOENBACH V.J., WAGNER E.H.: Habitual vigorous exercise and primary cardiac arrest: effect of other risk factors on the relationship. *J Chronic Dis* 1984;37(8):625-31
35. SLATTERY M.L., JACOBS D.R. Jr, NICHAMAN M.Z.: Leisure time physical activity and coronary heart disease death. The US Railroad Study. *Circulation* 1989 Feb;79(2):304-11
36. WANG J.S., JEN C.J., KUNG H.C., LIN L.J., HSIUE T.R., CHEN H.I.: Different effects of strenuous exercise and moderate exercise on platelet function in men. *Circulation* 1994 Dec;90(6):2877-85
37. WILLICH S.N., LEWIS M., LOWEL H., ARNTZ H.R., SCHUBERT F., SCHRODER R.: Physical exertion as a trigger of acute myocardial infarction. Triggers and Mechanisms of Myocardial Infarction Study Group. *N Engl J Med* 1993 Dec 2;329(23):1684-90