

Journal für Kardiologie

Austrian Journal of Cardiology

Österreichische Zeitschrift für Herz-Kreislauserkrankungen

**Zusammenhang zwischen maximaler
Sauerstoffaufnahme und arterieller
Gefäßsteifigkeit in Ruhe und
während eines Cold Pressure Tests**

**// Relationship between Maximal
Oxygen Consumption and Arterial
Stiffness at Rest and during Cold
Pressor Stress □□ Testing**

Milatz F, Ketelhut S, Heise W

Ketelhut RG

Journal für Kardiologie - Austrian

Journal of Cardiology 2016; 23

(1-2), 14-19

Homepage:

www.kup.at/kardiologie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche



Offizielles
Partnerjournal der ÖKG



Member of the ESC-Editor's Club



Offizielles Organ des
Österreichischen Herzfonds



ACVC
Association for
Acute CardioVascular Care

In Kooperation
mit der ACVC

Indexed in ESCI
part of Web of Science

Indexed in EMBASE

Krause & Pachernegg GmbH • Verlag für Medizin und Wirtschaft • A-3003 Gablitz

P.b.b. 02Z031105M,

Verlagsort: 3003 Gablitz, Linzerstraße 177A/21

Preis: EUR 10,-

Veranstungskalender

Hybrid-Veranstaltungen der Herausgeber des **Journals für Kardiologie**

Finden Sie alle laufend aktualisierten Termine
auf einem Blick unter

www.kup.at/images/ads/kongress.pdf

Zusammenhang zwischen maximaler Sauerstoffaufnahme und arterieller Gefäßsteifigkeit in Ruhe und während eines Cold Pressor Tests

F. Milatz^{1,2}, S. Ketelhut³, W. Heise¹, R. G. Ketelhut^{1,4}

Kurzfassung: *Einleitung:* Ausdauertraining besitzt bekanntermaßen günstige Effekte auf die arterielle Gefäßsteifigkeit (AS). Evidenzen aus der kardiovaskulären Forschung sprechen jedoch dafür, dass das kardiovaskuläre Risiko insbesondere durch die Gefäßcompliance während körperlicher und psychischer Belastungen charakterisiert ist. Ziel der vorliegenden Studie war zu untersuchen, ob für die AS, quantifiziert durch die aortale Pulswellengeschwindigkeit (aPWV) und den Augmentationsindex (AIx), insbesondere unter stresstestbezogenen Bedingungen ein Zusammenhang zur maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) besteht.

Methoden: 32 Freizeitsportler absolvierten zur Erfassung der VO_{2max} eine Spiroergometrie. aPWV und AIx wurden vor sowie während eines 2-minütigen Cold Pressor Tests (CPT) nicht-invasiv mittels Mobil-O-Graph® registriert. Neben der Durchführung von partiellen Korrelationen, erfolgte ein nach Alter, BMI und Körpergröße adjustierter Gruppenvergleich (Terzile der VO_{2max}) zur Prüfung auf Unterschiede in aPWV und AIx.

Ergebnisse: Für das Gesamtkollektiv zeigte sich nach Adjustierung für Alter, BMI und Körpergröße unter Ruhebedingungen eine negative Korrelation zwischen VO_{2max} und AIx ($r = -0,49$, $p = 0,006$), nicht jedoch zwischen VO_{2max} und aPWV ($r = -0,29$, $p = 0,10$). Stresstestbezogen zeigte sowohl AIx ($r = -0,51$, $p = 0,005$) als auch aPWV ($r = -0,55$, $p = 0,001$) eine inverse Assoziation zur VO_{2max} . Beim Gruppenvergleich ließen sich für Probanden des oberen VO_{2max} -Terzils un-

ter Ruhebedingungen für AIx (1,1 % vs. 10,2 %, $p = 0,012$) sowie stresstestbezogen für AIx (3,3 % vs. 13,9 %, $p = 0,015$) und aPWV (6,0 m/s vs. 6,9 m/s, $p = 0,006$) signifikant niedrigere Gefäßparameter registrieren als für Probanden des unteren VO_{2max} -Terzils.

Diskussion: Die Studie liefert Hinweise dafür, dass insbesondere die stresstestbezogene AS in inverser Beziehung zur VO_{2max} steht. Eine höhere VO_{2max} ist auch unabhängig von bekannten Einflussfaktoren (Alter, BMI, Körpergröße) mit einer günstigeren Gefäßreaktion während eines standardisierten Stresstests assoziiert.

Schlüsselwörter: Arterielle Gefäßsteifigkeit, maximale Sauerstoffaufnahme, Pulswellengeschwindigkeit, Augmentationsindex, Cold Pressor Test

Abstract. Relationship between Maximal Oxygen Consumption and Arterial Stiffness at Rest and during Cold Pressor Stress Testing. *Introduction:* The favorable influence of endurance exercise on arterial stiffness (AS) is widely known. It is also well accepted that stress contributes the development of arterial stiffness and predict the risk of cardiovascular events. The aim of this study was to investigate the relationship between maximal oxygen consumption (VO_{2max}) and arterial stiffness (AS),

quantified by aortic pulse wave velocity (aPWV) and augmentation index (AIx), at rest, but in particular during stress testing.

Methods: 32 recreationally active men completed a cardiopulmonary exercise testing. aPWV and AIx were measured non-invasively at rest and during a 2 minute cold pressor test (CPT) using Mobil-O-Graph®. After applying partial correlation analysis, the cohort was divided into tertiles of VO_{2max} . Thereafter, ANCOVAs adjusted for age, body mass index and height were performed.

Results: In the total cohort VO_{2max} showed negative correlations with AIx ($r = -0,49$, $p = 0,006$) at rest and with AIx ($r = -0,51$, $p = 0,005$) as well as aPWV ($r = -0,55$, $p = 0,001$) stress test-related. Subjects in the highest tertile of VO_{2max} showed significantly lower stiffness parameters than subjects in the lowest tertile. This was true for AIx (1.1 % vs 10.2 %, $p = 0,012$) at rest and for AIx (3.3 % vs 13.9 %, $p = 0,015$) as well as aPWV (6.0 m/s vs. 6.9 m/s, $p = 0,006$) during CPT, respectively.

Discussion: The study provides evidence for an inverse relationship between VO_{2max} and stress test-related AS. Furthermore higher VO_{2max} values seem to be associated with more favorable effects on arterial compliance during stress testing irrespective of known factors influencing AS. **J Kardiol 2016; 23 (1–2): 14–9.**

Key words: arterial stiffness, maximal oxygen consumption, pulse wave velocity, augmentation index, cold pressor test

■ Einleitung

Kardiovaskuläre Erkrankungen zählen zu den führenden Ursachen von Morbidität und Mortalität in den westlichen Ländern und stehen in enger Beziehung zu funktionellen und strukturellen Veränderungen der arteriellen Gefäßwand [1, 2]. Diese wird als Teil der Pathophysiologie von kardiovaskulären Ereignissen durch den natürlichen Alterungsprozess, genetische Dispositionen sowie kardiovaskuläre Erkrankungen (Myokardinfarkt, KHK, Schlaganfall) beeinflusst [3]. Eine erhöhte arterielle Gefäßsteifigkeit („arterial stiffness“, AS) beeinflusst ihrerseits die Herz-Kreislauffunktion negativ. So begünstigt sie eine isolierte systolische Hypertonie (ISH) sowie

eine linksventrikuläre Hypertrophie und steigert das Risiko eines Schlaganfalls [4].

Als direkter Marker der AS hat sich die aortale Pulswellengeschwindigkeit (aPWV) etabliert, deren Erhöhung um 1 m/s mit einer Steigerung der kardiovaskulären Ereignisrate und Sterblichkeit um ca. 15 % verbunden ist [5]. Studienergebnissen zufolge erwies sich die PWV-basierte Risikoschätzung gegenüber einer Risikoabschätzung anhand „bekannter“ Risikofaktoren sogar als überlegen [6]. Neben der aPWV besitzt der Augmentationsindex (AIx) als indirekter Parameter der AS ebenfalls prognostische Relevanz. Dieser beschreibt das Ausmaß der Pulswellenreflexion und korreliert gut mit mehreren kardiovaskulären Risikoscores [7].

Bezüglich der klassischen kausalen Risikofaktoren (arterielle Hypertonie, Hypercholesterinämie, Rauchen, Diabetes) besitzt die Beeinflussung durch nicht-medikamentöse, lebensstilbasierte Maßnahmen eine hohe ökonomische Relevanz. Hierbei konnten Studien den positiven Nutzen eines akut oder regelmäßig durchgeführten Ausdauertrainings belegen, das mit einer günstigen Beeinflussung der aPWV sowie des AIx

Eingelangt am 3. Juni 2015; angenommen nach Revision am 22. Juli 2015; Pre-Publishing Online am 19. Oktober 2015

Aus der ¹Charité – Universitätsmedizin Berlin, der ²Fakultät für Humanwissenschaften der Medical School Hamburg, dem ³Department Sportwissenschaft der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg und dem ⁴Medical Center Berlin (MCB), Deutschland

Korrespondenzadresse: Florian Milatz, Charité – Universitätsmedizin Berlin, D-10117 Berlin, Charitéplatz 1; E-Mail: milatzff@gmail.com

und damit einer verbesserten arteriellen Compliance assoziiert ist [8, 9]. Ob dabei ein direkter Zusammenhang zur Ausdauerleistungsfähigkeit besteht, ist ungleich weniger dokumentiert. Weiterhin liefern bisherige Untersuchungen zur Wirkung von Ausdauertraining ausschließlich Hinweise für die unter Ruhebedingungen gemessene AS. Evidenzen aus der kardiovaskulären Forschung sprechen jedoch dafür, dass das kardiovaskuläre Risiko insbesondere durch die Gefäßcompliance während körperlicher und psychischer Belastungen charakterisiert ist [10, 11]. Somit scheinen sowohl Gesunde als auch Risikogruppen keinesfalls ausschließlich durch erhöhte Gefäßparameter in Ruhe gefährdet. Diese Annahme wird zudem durch Studienergebnisse aus der Blutdruckforschung gestützt, die dem Belastungsdruck eine engere Beziehung zum Endorganschaden zuschreiben als dem Ruhedruck [12].

Im Rahmen standardisierter Stresstests gilt der Cold Pressor Test (CPT) als etabliertes Verfahren, das eine globale sympathische Aktivierung mit arterieller Vasokonstriktion bedingt und somit temporär zu einem Anstieg der AS führt [13].

In der vorliegenden Studie sollte nicht nur untersucht werden, ob ein direkter Zusammenhang zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme ($\text{VO}_{2\text{max}}$), als Kriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit und der in Ruhe gemessenen zentralen AS besteht, sondern insbesondere, ob sich dies für die stresstestbezogene AS zeigt.

■ Methode

Studienpopulation

32 männliche Freizeitsportler (35 ± 8 Jahre, BMI $24,4 \pm 2,4$ kg/m²) wurden in die Studie eingeschlossen. Durch ausgiebige Eingangsuntersuchungen konnten bei den Probanden chronische oder akute Erkrankungen ausgeschlossen werden. Keiner nahm herzkreislaufwirksame Medikamente ein oder wurde zuvor antihypertensiv therapiert. Zudem galt regelmäßiger Nikotinkonsum als zentrales Ausschlusskriterium. Vor den Untersuchungen fand eine ausführliche mündliche sowie schriftliche Aufklärung statt, bei der alle Details zum Untersuchungsverlauf geklärt wurden. Alle Probanden waren der deutschen Sprache mächtig und gaben eine schriftliche Einverständniserklärung. Diese hielt die Teilnehmer an, ab 24 Stunden vor den Untersuchungen körperlich anstrengende Arbeiten zu vermeiden und ab 12 Stunden vor den Untersuchungen auf koffein-/alkoholhaltige Nahrungsmittel zu verzichten.

Studienprotokoll

Die Untersuchungen wurden bei kontrollierter Raumtemperatur ($24 \pm 1^\circ\text{C}$) in einer ruhigen Umgebung durchgeführt. Dies geschah unter Berücksichtigung ergometrischer Standards [14] und in Anlehnung an internationale Empfehlungen zur Erfassung anthropometrischer Daten [15]. Diese wurden demnach jeweils von dem gleichen Untersucher erhoben. Dazu zählten Körpergröße und -gewicht, woraus der Body-mass-Index (BMI, kg/m²) errechnet wurde.

Zur Objektivierung der individuellen aeroben Leistungsfähigkeit und Erfassung der relativen $\text{VO}_{2\text{max}}$ (ml/min/kg) absolvierte jeder Teilnehmer eine spiroergometrische Untersuchung (MetaLyzer 3B-R2 Cortex) auf einem Fahrradergo-

meter (Custo Med EC3000). Diese wurde als Rampentest durchgeführt (Start bei 50 W; kontinuierlicher Anstieg um durchschnittlich 50 W/3 min). Belastungsbegleitend wurde die Herzfrequenz über ein 12-Kanal-EKG registriert (Custo Cardio 200, Custo Med, München, Deutschland). Der Test galt als beendet, wenn drei der folgenden fünf Kriterien erfüllt waren: (1) eine Bewertung der wahrgenommenen Anstrengung von ≥ 17 auf der Borg-Skala (Skala 6–20), (2) ein respiratorischer Quotient von $> 1,1$, (3) kein Anstieg der Herzfrequenz trotz steigender Last, (4) ein „Plateau“ der Sauerstoffaufnahme, (5) volitionale Erschöpfung, definiert als Unfähigkeit eine Trittfrequenz von $\geq 50/\text{min}$ zu halten.

Apparaturen und Verfahren

Unter Verwendung einer dem Oberarmumfang angepassten Blutdruckmanschette wurden die aPWV und der AIX oszillometrisch mittels Mobil-O-Graph® (24 h PWA Monitor, I.E.M.) registriert. Als nicht-invasive Methode ist sie klinisch validiert und gewährt eine gute Ergebnisreproduzierbarkeit [16]. Nach einer Ruhezeit von zehn Minuten erfolgten zwei Messungen im Abstand von drei Minuten in sitzender Position. Der Mittelwert ging in die statistische Auswertung ein. Eine anschließende dritte Messung erfolgte am Ende eines 2-minütigen CPT. Während des Stresstests waren die Teilnehmer angehalten, die Hand des manschettentfreien Arms in 6°C kaltes Wasser zu tauchen.

Statistik

Die statistische Berechnung des Datenmaterials wurde mit der Statistik-Software SPSS für Windows, Version 20.0, durchgeführt. In der Auswertung sind die Variablen als Mittelwerte ± 1 Standardabweichung (95%-CI) dargestellt. Da die aPWV bekanntermaßen insbesondere durch das Alter beeinflusst wird [17] und der AIX neben dem Alter zusätzlich durch den BMI und die Körpergröße [18, 19], wurden für die Zusammenhangsanalysen zwischen der $\text{VO}_{2\text{max}}$ und den Gefäßparametern (aPWV, AIX) partielle Korrelationen berechnet.

Die Gesamtstichprobe wurde in Terzile der $\text{VO}_{2\text{max}}$ eingeteilt und mittels einfaktorieller Varianzanalyse (ANOVA) auf Unterschiede in Anthropometrie, aPWV und AIX geprüft. Bei signifikanten Unterschieden folgte der *Post-hoc*-Test nach Scheffé. In zusätzlichen Kovarianzanalysen (ANCOVAs) sollten relevante Unterschiede zwischen den Terzilen auch unabhängig vom Alter (aPWV) bzw. Alter, BMI und Körpergröße (AIX) geprüft werden (Bonferroni-Korrektur). Für den Nachweis einzelner Variablen auf signifikante Zusammenhänge bzw. Unterschiede wurde ein Signifikanzniveau von $\alpha = 5\%$ ($p \leq 0,05$) angenommen.

■ Ergebnisse

In Tabelle 1 sind die anthropometrischen Messdaten, die maximale Sauerstoffaufnahme sowie die Ruhe- und stresstestbezogenen Gefäßparameter des untersuchten Kollektivs dargestellt. Unterschiede zwischen den $\text{VO}_{2\text{max}}$ -Terzilen bezüglich anthropometrischer Parameter ließen sich für den BMI ($p < 0,05$) ermitteln. Für die aus 32 Probanden bestehende Untersuchungsgruppe zeigte sich für die BMI-, körpergrößen- und altersadjustierte Korrelationsanalyse eine inverse Beziehung zwischen der $\text{VO}_{2\text{max}}$ und dem AIX. Diese Assoziation

Tabelle 1: Anthropometrische Daten, maximale Sauerstoffaufnahme und Gefäßparameter im Gesamtkollektiv sowie in den VO_{2max} -Terzilen

	Gesamt (n = 32)	Unteres Terzil (n = 11)	Mittleres Terzil (n = 11)	Oberes Terzil (n = 10)
Alter, Jahre	34,7 ± 8,2 (31,76–37,67)	38,0 ± 9,3 (31,74–44,26)	33,8 ± 7,2 (29,00–38,63)	32,1 ± 7,5 (26,71–37,49)
Körpergröße, cm	181,4 ± 7,7 (1,79–1,84)	177,6 ± 9,0 (1,72–1,84)	181,3 ± 5,5 (1,78–1,85)	185,6 ± 6,5 (1,81–1,90)
Körpergewicht, kg	80,5 ± 10,5 (76,67–84,24)	83,7 ± 15,2 (73,57–93,96)	78,6 ± 7,1 (73,83–83,41)	78,8 ± 6,9 (73,91–83,77)
BMI, kg/m ²	24,4 ± 2,4 (23,54–25,32)	26,3 ± 2,4 (24,70–27,97)	23,9 ± 2,1*† (22,55–25,31)	22,9 ± 1,5**† (21,81–23,99)
VO_{2max} , ml·kg ⁻¹ ·min ⁻¹	47,1 ± 9,3 (43,72–50,40)	37,5 ± 5,8 (33,65–41,44)	47,7 ± 1,4**† (46,77–48,68)	56,8 ± 6,3**¥† (52,32–61,28)
aPWVRuhe, m/s	6,0 ± 0,7 (5,78–6,31)	6,4 ± 0,7 (5,92–6,88)	6,1 ± 0,8 (5,54–6,59)	5,6 ± 0,5*† (5,26–5,98)
aPWVStress, m/s	6,4 ± 0,8 (6,16–6,71)	6,9 ± 0,9 (6,34–7,50)	6,3 ± 0,7 (5,84–6,79)	6,0 ± 0,4*† (5,78–6,28)
AlxRuhe, %	6,5 ± 8,4 (3,47–9,49)	10,2 ± 7,3 (5,30–15,15)	7,7 ± 8,1 (2,25–13,12)	1,1 ± 7,5*† (-4,32–6,42)
AlxStress, %	9,3 ± 9,8 (5,77–12,86)	13,9 ± 8,9 (7,92–19,89)	10,2 ± 9,3 (3,93–16,44)	3,3 ± 9,0*† (-3,15–9,75)

Mittelwerte ± Standardabweichung (95%-CI); BMI: Body-mass-Index; VO_{2max} : maximale Sauerstoffaufnahme; aPWVRuhe: aortale Pulswellengeschwindigkeit unter Ruhebedingungen; aPWVStress: aortale Pulswellengeschwindigkeit während Stresstest; AlxRuhe: Augmentationsindex unter Ruhebedingungen; AlxStress: Augmentationsindex während Stresstest. * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$: signifikante Unterschiede zwischen Terzilen (ANOVA, *Post-hoc*-Test nach Scheffé); †: Unterschied zwischen unterem/mittlerem Terzil; ¥: Unterschied zwischen mittlerem/oberem Terzil; ‡: Unterschied zwischen unterem/oberem Terzil

wurde nicht nur unter Ruhebedingungen ($r = -0,49$, $p = 0,006$) ermittelt, sondern zeigte sich, wie in Abbildung 1 dargestellt, auch stresstestbezogen ($r = -0,51$, $p = 0,005$).

Bezüglich der altersadjustierten Korrelationsanalyse zwischen der VO_{2max} und der aPWV wurde unter stresstestbezogenen Bedingungen ebenso eine negative Beziehung registriert ($r = -0,55$, $p = 0,001$), nicht jedoch unter Ruhebedingungen ($r = -0,29$, $p = 0,10$).

Für die in Abhängigkeit von der VO_{2max} gebildeten Terzile zeigten sich beim varianzanalytischen Vergleich für die ge-

messenen Gefäßparameter sowohl unter Ruhebedingungen (aPWV, $F [2,29] = 3,43$, $p = 0,046$; Alx, $F [2,29] = 3,97$, $p = 0,030$) als auch während des Stresstests (aPWV, $F [2,29] = 4,62$, $p = 0,018$; Alx, $F [2,29] = 3,65$, $p = 0,039$) signifikante Unterschiede.

Die *Post-hoc*-Tests verdeutlichten, dass diese Unterschiede unter Ruhebedingungen (aPWV, $p = 0,046$; Alx, $p = 0,035$) sowie stresstestbezogen (aPWV, $p = 0,022$; Alx, $p = 0,041$) ausschließlich zwischen dem oberen und unteren Terzil zutraten. Dabei wies das obere Terzil (Probanden mit höchsten VO_{2max} -Werten) signifikant niedrigere aPWV- und Alx-Wer-

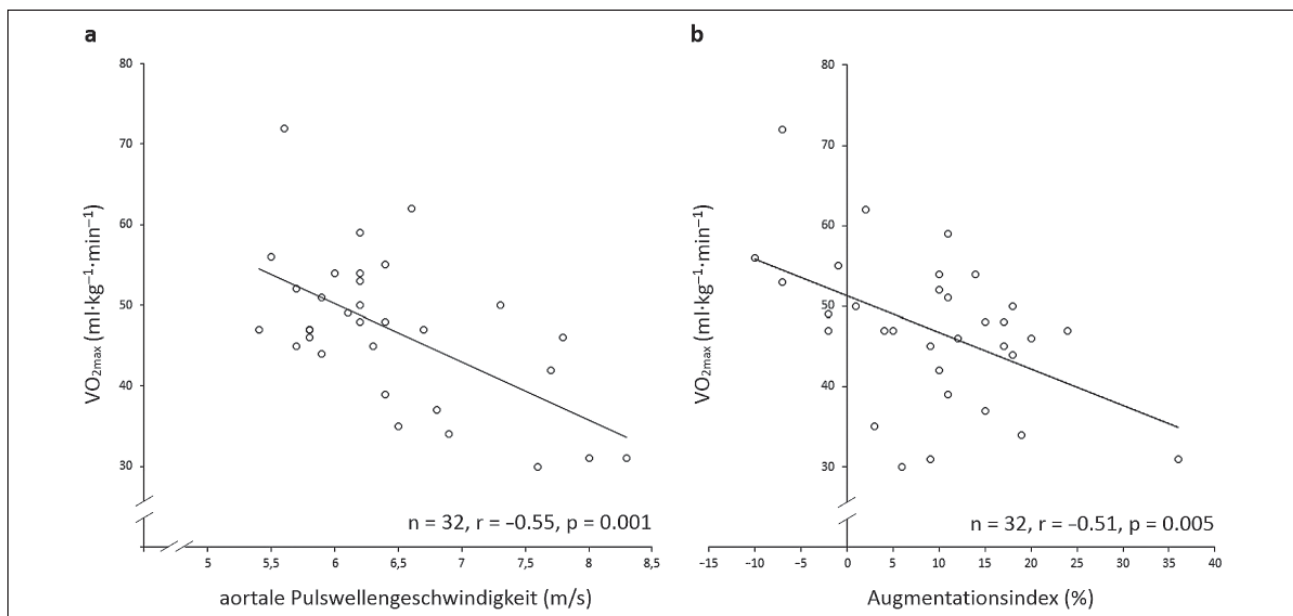


Abbildung 1: Zusammenhang zwischen (a) maximaler Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und aortaler Pulswellengeschwindigkeit (altersadjustiert) und (b) maximaler Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und Augmentationsindex (alters-, BMI- und körpergrößenadjustiert), jeweils während eines Cold Pressor Tests.

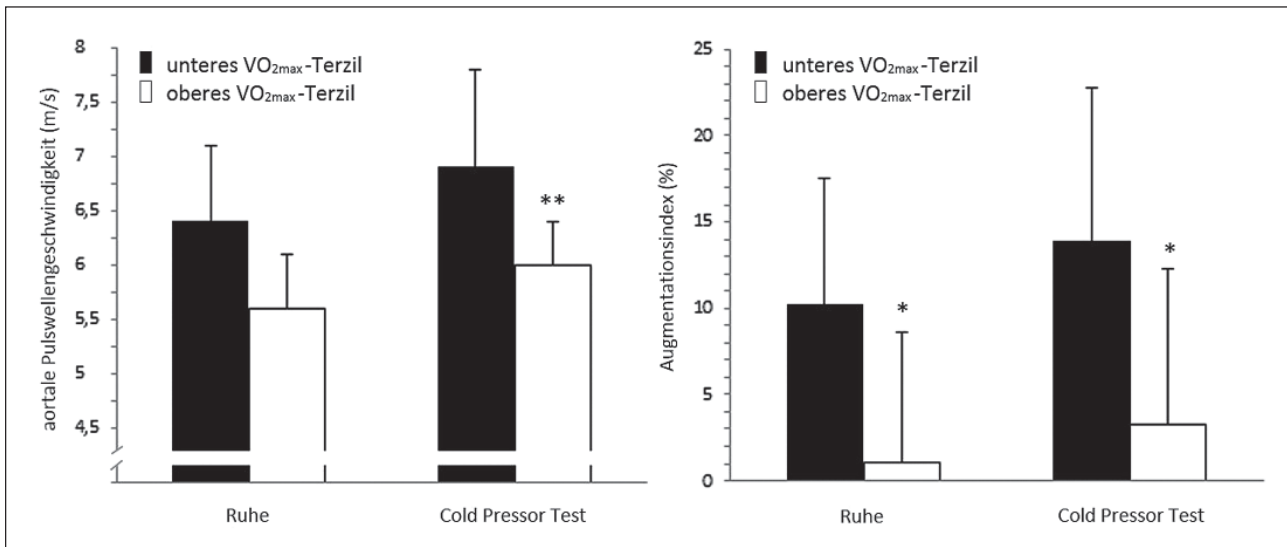


Abbildung 2: Aortale Pulswellengeschwindigkeit und Augmentationsindex in Ruhe und während des Cold Pressor Tests. Dargestellt sind Mittelwerte ± Standardabweichung adjustiert für Alter (aPWV) bzw. Alter, BMI, Körpergröße (AIx) (ANCOVA); unteres VO_{2max}-Terzil (n = 11), Probanden mit niedrigsten VO_{2max}-Werten; oberes VO_{2max}-Terzil (n = 10), Probanden mit höchsten VO_{2max}-Werten; * p < 0,05, ** p < 0,01 für signifikante Gruppenunterschiede.

te auf (Tab. 1). Wie in Abbildung 2 dargestellt, hatten diese signifikanten Gruppenunterschiede auch nach Adjustierung für Alter (aPWV) bzw. Alter, BMI und Körpergröße (AIx) für die stresstestbezogenen Gefäßparameter (aPWV, 6,0 m/s vs. 6,9 m/s, 95%-CI: 0,20–1,57, p = 0,006; AIx, 3,3 % vs. 13,9 %, 95%-CI: 1,56–19,66, p = 0,015) Bestand, während sich dies unter Ruhebedingungen nur für den AIx (1,1 % vs. 10,2 %, 95%-CI: 1,56–16,79, p = 0,012) zeigte.

Diskussion

Körperliche Inaktivität und geringe Fitness gelten als bedeutende Risikofaktoren für kardiovaskuläre Ereignisse [20] und wirken sich u. a. ungünstig auf das arterielle Gefäßsystem in Form einer Erhöhung der Intima-Media-Dicke (IMT) mit zunehmender AS aus [21]. Da die AS ein stärkerer Prädiktor für kardiovaskuläre Ereignisse als der Blutdruck selbst ist [22], gewannen Gefäßsteifigkeitsmessungen in den vergangenen Jahren massiv an Bedeutung und werden ausdrücklich von der „European Society of Hypertension (ESH)“ und „European Society of Cardiology (ESC)“ zur Risikostratifizierung empfohlen [23].

Ziel der vorliegenden Studie war zu untersuchen, ob die Ausdauerleistungsfähigkeit, quantifiziert durch die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}), im direkten Zusammenhang zur zentralen AS steht und sich dies insbesondere für die während eines standardisierten Stresstests registrierten Gefäßparameter zeigt. Die präsentierten Ergebnisse legen dabei nahe, dass die aPWV sowie der AIx, als wesentliche Marker der Gefäßsteifigkeit unter stresstestbezogenen Bedingungen und unabhängig von bekannten Einflussvariablen (Alter, BMI, Körpergröße), signifikant mit der Ausdauerleistungsfähigkeit assoziiert sind. Gestützt werden diese Ergebnisse durch den kovarianz-analytischen Gruppenvergleich. Hierbei besitzen Probanden des oberen VO_{2max}-Terzils gegenüber Probanden mit den niedrigsten VO_{2max}-Werten (unteres Terzil) signifikant niedrigere stresstestbezogene Gefäßparameter. Die inverse Beziehung zur VO_{2max} zeigte sich für den AIx zudem auch unter Ruhebedingungen.

Studienergebnissen zufolge ist eine fortgeschrittene AS, gemessen anhand einer erhöhten aPWV, mit einer hohen Mortalität verbunden. Ein ähnlich unabhängiger prädiktiver Wert kommt breit angelegten Bevölkerungsstudien zufolge dem AIx zu, wobei dies nicht nur bei Patienten mit hohem kardiovaskulärem Risiko zu beobachten ist, sondern vor allem bei Menschen mit „normal“-niedrigem Risiko. Sehr gut belegt ist weiterhin, dass die altersbedingte Progression der AS durch langfristig durchgeführtes Ausdauertraining gebremst und das Risiko für kardiovaskuläre Ereignisse signifikant reduziert werden kann [24]. Ungleich weniger dokumentiert ist hingegen ein direkter Zusammenhang zwischen der Ausdauerleistungsfähigkeit und zentralen Gefäßsteifigkeitsparametern. Keine uns bekannte Studie liefert überdies Aussagen zur Beziehung zwischen der VO_{2max} und stresstestbezogenen Markern der AS, obwohl Stressbelastungen zumeist Alltagsbestandteil sind und Studienergebnisse dem Belastungsdruck einen besseren prädiktiven Wert für das kardiovaskuläre Risiko und den Myokardinfarkt zuschreiben als dem ausschließlich in Ruhe gemessenen Blutdruck [25]. Unserem Wissen nach ist dies somit die erste Studie zum Zusammenhang zwischen der VO_{2max} und der zentralen AS während eines standardisierten Stresstests, womit die präsentierten Ergebnisse über die Erkenntnisse bisheriger Untersuchungen hinausgehen.

Für die aPWV zeigte sich unter Ruhebedingungen eine negative Assoziation zur VO_{2max} und bestätigt somit die bereits von anderen Untersuchungsgruppen beobachteten Resultate [26]. Nach Ausschluss der bekannten Einflussvariable „Alter“ hatte diese inverse Beziehung nicht mehr Bestand, was die bekannte Altersabhängigkeit der Pulswellengeschwindigkeit unterstreicht [27]. Bezüglich des unter Ruhebedingungen registrierten AIx ist der in unserer Studie ermittelte Zusammenhang zur VO_{2max} mit Ergebnissen anderer Arbeitsgruppen vergleichbar [19, 28].

Unter stresstestbezogenen Bedingungen zeigte sich sowohl für die aPWV als auch für den AIx eine negative Korrelation zur VO_{2max}. Diese hatte im Unterschied zu den Ruhemessun-

gen nicht nur für den AIx unabhängig von den bekannten Einflussgrößen Bestand, sondern auch für die aPWV. Der durchgeführte Gruppenvergleich bekräftigt die Ergebnisse einer inversen Assoziation zwischen der VO_{2max} und stresstestbezogenen Markern der AS, wobei sich signifikante Gruppenunterschiede bezüglich der Steifigkeitsparameter ebenfalls unabhängig von bekannten Einflussgrößen beobachten ließen. Es ist zu vermuten, dass größere Leistungsunterschiede bei heterogener Stichprobenauswahl zu noch stärkeren statistischen Kennzahlen geführt hätten.

Die inverse Beziehung zwischen der VO_{2max} und den stresstestbezogenen aPWV- und AIx-Werten liefert Hinweise dafür, dass bei Personen mit einer besseren Ausdauerleistungsfähigkeit die Gefäßreaktion während Stress günstiger beeinflusst wird als bei Personen mit geringerer Fitness. Zudem deuten unsere Ergebnisse darauf hin, dass männliche, gesunde Probanden auch unabhängig von Alter, BMI und Körpergröße, welche als Prädiktoren von aPWV und AIx bekannt sind, von einer höheren maximalen Sauerstoffaufnahmeleistung profitieren könnten.

Umso mehr Bedeutung erlangt dies bei Berücksichtigung aktueller Untersuchungsergebnisse, wonach die Gefäßfunktion während eines Cold-Pressor-Tests womöglich zusätzliche prognostische Informationen für die Entwicklung kardiovaskulärer Erkrankungen liefert [29]. Zudem sprechen Hinweise aus der Blutdruckforschung dafür, dass das Risiko kardialer Ereignisse keinesfalls primär mit höheren arteriellen Ruhedrücken assoziiert ist, sondern vielmehr mit größeren Blutdruckanstiegen in Belastungssituationen [30, 31]. Ob der stressbedingte Anstieg von aPWV bzw. AIx ebenfalls als Indikator für die Gefäßsteifigkeit verwertbar ist, bleibt zu prüfen.

Als Limitation der präsentierten Studie kann die kleine Stichprobengröße angeführt werden. Weiterhin lässt die Querschnittsuntersuchung nur einen Messzeitpunkt zu und damit keine kausalen Aussagen. Längsschnittstudien, die die Beziehung zwischen der Ausdauerleistungsfähigkeit und der AS untersuchen und dabei andere Altersgruppen sowie weitere Stressarten miteinbeziehen, könnten demnach im Fokus zukünftiger Arbeiten stehen. Hierbei sollte zudem der Einbezug von Risikogruppen Berücksichtigung finden.

Als Schlussfolgerung kann für die präsentierte Studie zusammengefasst werden, dass die VO_{2max} in inverser Beziehung zu wesentlichen Markern der arteriellen Gefäßcompliance steht. Diese Assoziation trifft unabhängig von bekannten Einflussgrößen nicht nur unter Ruhebedingungen für den AIx zu, sondern zeigt sich überdies für die aPWV und den AIx während eines standardisierten Stresstests. Ein besserer Fitnesszustand ist gegenüber einer geringeren Ausdauerleistungsfähigkeit mit einer günstigeren stresstestbezogenen Gefäßreaktion assoziiert. Interventionen zur Verbesserung der aeroben Kapazität gewinnen demnach nochmals an Bedeutung und könnten dazu beitragen, die altersbedingte zunehmende Versteifung des arteriellen Systems zu verzögern und somit das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse im Altersgang zu reduzieren. Interventionsstudien zum Zusammenhang von Trainierbarkeit, Gefäßsteifigkeit und kardiovaskulärem Risiko müssen zukünftig zeigen, ob sich das Risiko kardiovaskulärer Ereignisse in alltäglichen Stresssituationen nachweislich reduzieren lässt.

Fragen zum Text

- Konnte in der beschriebenen Studienpopulation ein Zusammenhang zwischen der maximalen Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und stresstestbezogenen Markern der arteriellen Gefäßsteifigkeit beobachtet werden?
a) ja b) nein
- Als direkter Marker der AS hat sich die aortale Pulswellengeschwindigkeit (aPWV) etabliert, die Studienergebnissen zufolge auch unabhängig von klassischen Risikofaktoren einen starken prädiktiven Wert besitzt.
a) richtig b) falsch
- Konnten zwischen den in der präsentierten Studie gebildeten VO_{2max} -Terzilen unabhängig von bekannten Einflussvariablen (Alter, BMI, Körpergröße) signifikante Unterschiede bezüglich der stresstestbezogenen Gefäßparameter registriert werden?
a) ja b) nein

Lösung

Interessenkonflikt

Der korrespondierende Autor gibt an, dass in Bezug auf die im Artikel dargestellten Inhalte kein Interessenkonflikt besteht.

Literatur:

- Asmar R, Benetos A, London G, et al. Aortic distensibility in normotensive, untreated and treated hypertensive patients. *Blood Pressure* 1995; 4: 48–54.
- Schmermund A, Erbel R. New concepts of primary prevention require rethinking. *Med Klin* 2001; 96: 261–9.
- Kool MJ, Hoeks AP, Struijker Boudier HA, et al. Short- and long-term effects of smoking on arterial wall properties in habitual smokers. *J Am Coll Cardiol* 1993; 22: 1881–6.
- McVeigh GE. Pulse waveform analysis and arterial wall properties. *Hypertension* 2003; 41: 1010–1.
- Vlachopoulos C, Aznaouridis K, Stefanadis C. Prediction of cardiovascular events and all-cause mortality with arterial stiffness: a systematic review and meta-analysis. *J Am Coll Cardiol* 2010; 55: 1318–27.
- Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertension* 2002; 39: 10–5.
- Nürnberg J, Keflioglu-Scheiber A, Opazo Saez AM, et al. Augmentation index is associated with cardiovascular risk. *J Hypertens* 2002; 20: 2407–14.
- Hayashi K, Sugawara J, Komine H, et al. Effects of aerobic exercise training on the stiffness of central and peripheral arteries in middle-aged sedentary men. *Jpn J Physiol* 2005; 55: 235–9.
- Sung J, Yang JH, Cho SJ, et al. The effects of short-duration exercise on arterial stiffness in patients with stable coronary artery disease. *J Korean Med Sci* 2009; 24: 795–9.
- Vlachopoulos C, Kosmopoulos F, Alexopoulos N, et al. Acute mental stress has a prolonged unfavorable effect on arterial stiffness and wave reflections. *Psychosom Med* 2006; 68: 231–7.
- Nomura K, Nakao M, Karita K, et al. Association between work-related psychological stress and arterial stiffness measured by brachial-ankle pulse-wave velocity in young Japanese males from an information service company. *Scand J Work Environ Health* 2005; 31: 352–9.
- Ketelhut RG, Franz IW. Belastungsblutdruck und linksventrikuläre Hypertrophie. In: Franz IW (Hrsg). *Belastungsblutdruck bei Hochdruckkranken*. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Paris-Tokio-Hong Kong-Barcelona-Budapest, 1992; 151–8.
- Lafleche AB, Pannier BM, Laloux B, et al. Arterial response during cold pressor test in borderline hypertension. *Am J Physiol* 1998; 275: H409–H415.
- Agreement of the research committee of the ICSPE for the international standardization. In: Mellerowicz H, Hansen G (Hrsg). *International seminar of ergometry*. Ergon-Verlag, Berlin, 1986; 314–21.
- Lau DC, Douketis JD, Morrison KM, et al. 2006 Canadian clinical practice guidelines on the management and prevention of obesity in adults and children. *CMAJ* 2007; 176: S1–S13.
- Franssen PM, Imholz BP. Evaluation of the Mobil-O-Graph new generation ABPM device using the ESH criteria. *Blood Press Monit* 2010; 15: 229–31.
- McEniery CM, Yasmin, Hell IR, et al. Normal vascular aging: Differential effects on wave reflection and aortic pulse wave velocity: The Anglo-Cardiff-Collaborative Trial (ACCT). *J Am Coll Cardiol* 2005; 1: 1753–60.
- Janner JH, Godtfredsen NS, Ladelund S, et al. Aortic augmentation index: reference values in a large unselected population by means of the SphygmoCor device. *Am J Hypertens* 2010; 23: 180–5.
- Binder J, Bailey KR, Seward JB, et al. Aortic augmentation index is inversely associated with cardiorespiratory fitness in men without known coronary heart disease. *Am J Hypertens* 2006; 19: 1019–24.
- Ford ES, Ajani UA, Croft JB, et al. Explaining the decrease in U.S. deaths from coronary disease, 1980–2000. *N Engl J Med* 2007; 356: 2388–98.

21. Lakka TA, Laukkanen JA, Rauramaa R, et al. Cardiorespiratory fitness and the progression of carotid atherosclerosis in middle-aged men. *Ann Intern Med* 2001; 134: 12–20.
22. Willum-Hansen T, Staessen JA, Torp-Pedersen C, et al. Prognostic value of aortic pulse wave velocity as index of arterial stiffness in the general population. *Circulation* 2006; 113: 664–70.
23. Mancia G, de Backer G, Dominiczak A et al. 2007 Guidelines for the management of arterial hypertension – The Task Force for the Management of Arterial Hypertension of the European Society of Hypertension (ESH) and the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2007; 28: 1462–536.
24. Beck DT, Martin JS, Casey DP, et al. Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young prehypertensive subjects. *Am J Hypertens* 2013; 26: 1093–102.
25. Mundal R, Kiildsen SE, Sandvik L, et al. Exercise blood pressure predicts mortality from myocardial infarction. *Hypertension* 1996; 27: 324–9.
26. Endes S, Halle M, Schmidt-Trucksäss A. Arterielle Gefäßsteifigkeit und Ausdauerleistungsfähigkeit bei 20- bis 70-Jährigen. *Dtsch Z Sportmed* 2013; 64: 222.
27. Vaitkevicius PV, Fleg JL, Engel JH, et al. Effects of age and aerobic capacity on arterial stiffness in healthy adults. *Circulation* 1993; 88: 1456–62.
28. Hanssen H, Honegger U, Meier D, et al. Leistungsfähigkeit und arterielle Gefäßsteifigkeit bei Ausdauer- und Kraftathleten. *Dtsch Z Sportmed* 2012; 63: 202.
29. Zhao Q, Gu D, Lu F, et al. Blood Pressure Reactivity to the Cold Pressor Test Predicts Hypertension Among Chinese Adults: The GenSalt Study. *Am J Hypertens* 2015; 28: 1347–54.
30. Franz IW, Hrsg. Ergometry in hypertensive patients – implications for diagnosis and treatment. Springer-Verlag, Berlin-Heidelberg-New York-Tokio, 1986.
31. Littler WA, Honour AJ, Pugsley DJ, et al. Continuous recording of direct arterial pressure in unrestricted patients – its role in the diagnosis and management of high blood pressure. *Clin Exp Pharmacol Physiol* 1975; 2: 159–62.

Richtige Antworten: 1a; 2a; 3a

← Zurück

Mitteilungen aus der Redaktion

Besuchen Sie unsere Rubrik

☒ Medizintechnik-Produkte



Neues CRT-D Implantat
Intica 7 HF-T QP von Biotronik



Artis pheno
Siemens Healthcare Diagnostics GmbH



Philips Azurion:
Innovative Bildgebungslösung

Aspirator 3
Labotect GmbH



InControl 1050
Labotect GmbH

e-Journal-Abo

Beziehen Sie die elektronischen Ausgaben dieser Zeitschrift hier.

Die Lieferung umfasst 4–5 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Unsere e-Journale stehen als PDF-Datei zur Verfügung und sind auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ Bestellung e-Journal-Abo

Haftungsausschluss

Die in unseren Webseiten publizierten Informationen richten sich **ausschließlich an geprüfte und autorisierte medizinische Berufsgruppen** und entbinden nicht von der ärztlichen Sorgfaltspflicht sowie von einer ausführlichen Patientenaufklärung über therapeutische Optionen und deren Wirkungen bzw. Nebenwirkungen. Die entsprechenden Angaben werden von den Autoren mit der größten Sorgfalt recherchiert und zusammengestellt. Die angegebenen Dosierungen sind im Einzelfall anhand der Fachinformationen zu überprüfen. Weder die Autoren, noch die tragenden Gesellschaften noch der Verlag übernehmen irgendwelche Haftungsansprüche.

Bitte beachten Sie auch diese Seiten:

[Impressum](#)

[Disclaimers & Copyright](#)

[Datenschutzerklärung](#)