

Journal für **Hypertonie**

Austrian Journal of Hypertension

Österreichische Zeitschrift für Hochdruckerkrankungen

**Ermöglicht die
Pulswellengeschwindigkeit auch eine
Einschätzung des
Blutdruckverhaltens bei
körperlicher Belastung? //**
**Correlation of pulse wave velocity
at rest and blood pressure
measurement during standardized
workload**

Lizenberg C, Ketelhut RG

Journal für Hypertonie - Austrian

Journal of Hypertension 2018; 22

(1), 13-17

Homepage:

www.kup.at/hypertonie

Online-Datenbank
mit Autoren-
und Stichwortsuche

Offizielles Organ der
Österreichischen Gesellschaft für Hypertensiologie



Österreichische Gesellschaft für
Hypertensiologie
www.hochdruckliga.at

Indexed in EMBASE/Scopus

Datenschutz:

Ihre Daten unterliegen dem Datenschutzgesetz und werden nicht an Dritte weitergegeben. Die Daten werden vom Verlag ausschließlich für den Versand der PDF-Files des Journals für Hypertonie und eventueller weiterer Informationen das Journal betreffend genutzt.

Lieferung:

Die Lieferung umfasst die jeweils aktuelle Ausgabe des Journals für Hypertonie. Sie werden per E-Mail informiert, durch Klick auf den gesendeten Link erhalten Sie die komplette Ausgabe als PDF (Umfang ca. 5–10 MB). Außerhalb dieses Angebots ist keine Lieferung möglich.

Abbestellen:

Das Gratis-Online-Abonnement kann jederzeit per Mausklick wieder abbestellt werden. In jeder Benachrichtigung finden Sie die Information, wie das Abo abbestellt werden kann.

Das e-Journal

Journal für Hypertonie

- ✓ steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) stets internetunabhängig zur Verfügung
- ✓ kann bei geringem Platzaufwand gespeichert werden
- ✓ ist jederzeit abrufbar
- ✓ bietet einen direkten, ortsunabhängigen Zugriff
- ✓ ist funktionsfähig auf Tablets, iPads und den meisten marktüblichen e-Book-Readern
- ✓ ist leicht im Volltext durchsuchbar
- ✓ umfasst neben Texten und Bildern ggf. auch eingebettete Videosequenzen.

Ermöglicht die Pulswellengeschwindigkeit auch eine Einschätzung des Blutdruckverhaltens bei körperlicher Belastung?

C. Lizenberg¹, R. G. Ketelhut^{2, 3}

Kurzfassung: Zur Erfassung des kardiovaskulären Risikoprofils haben sich verschiedene Parameter etabliert. So hat die Bestimmung des Blutdrucks unter standardisierter Belastung eine höhere prognostische Aussagekraft in Bezug auf die kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität als die alleinige Bestimmung des peripheren Ruheblutdrucks. Die Pulswellengeschwindigkeit (PWV) ist ein Maß für die arterielle Gefäßsteifigkeit und zugleich auch ein unabhängiger Prognoseparameter für zukünftige kardiovaskuläre Ereignisse.

Ziel der vorliegenden Untersuchung ist es, den Zusammenhang zwischen peripherem

Blutdruck in Ruhe, bei submaximaler Belastung und der Pulswellengeschwindigkeit in Ruhe zu untersuchen.

Schlüsselwörter: Gefäßsteifigkeit – Pulswellengeschwindigkeit – Belastungsblutdruck

Abstract: Correlation of pulse wave velocity at rest and blood pressure measurement during standardized workload. There are various parameters for determination of cardiovascular risk profile. There is better prognostic value in establishing blood pressure during standardized workload in comparison to measurement

of peripheral blood pressure at rest regarding future cardiovascular morbidity and mortality.

Pulse wave velocity (PWV) as a marker of arterial stiffness has shown to be an independent predictor of cardiovascular and all-cause mortality in hypertensives. This study is to investigate the relationship between pulse wave velocity at rest and blood pressure during standardized workload as well as between pulse wave velocity at rest and peripheral blood pressure at rest. *J Hyperton* 2018; 22 (1): 13–7.

Keywords: Arterial stiffness – Pulse wave velocity – blood pressure during exercise

■ Einleitung

Ein erhöhter Blutdruck unter standardisierter Belastung besitzt eine prognostische Aussagekraft für die zukünftige kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität [1, 2] und zwar unabhängig vom Ruheblutdruck [3, 4]. Patienten mit normalem Blutdruck in Ruhe, jedoch pathologischem Belastungsblutdruck, haben im Alter ein erhöhtes Risiko, eine arterielle Hypertonie sowie kardiovaskuläre und zerebrale Ereignisse zu entwickeln [1, 5–7]. Selbst ein grenzwertiger Blutdruck, der in Koexistenz mit anderen kardiovaskulären Risikofaktoren wie Diabetes mellitus steht, stellt ein, im Vergleich zu optimalen Blutdrücken, erhöhtes kardiovaskuläres Risiko dar [8].

Die Pulswellengeschwindigkeit (PWV) als direkter Marker der Gefäßsteifigkeit ist ebenfalls ein unabhängiger Prognoseparameter kardiovaskulärer Ereignisse und gewann in den letzten Jahren zunehmend an Interesse [9–11]. Bei der Pulswellengeschwindigkeit handelt es sich um die Ausbreitungsgeschwindigkeit der vom linken Ventrikel erzeugten Druckwelle. Die Messung der PWV gilt als Goldstandard zur Messung der Gefäßsteifigkeit. Eine carotid-femorale PWV (cf-PWV) > 10 m/s gilt als pathologisch, da ab diesem Wert die Rate von Endorganschäden und tödlichen kardiovaskulären Ereignissen steigen [12]. Da aber die PWV mit dem Alter ansteigt, gibt es auch hier altersspezifische Normwerte [13–15].

Mehrere Studien belegen den diagnostischen Mehrwert der zusätzlichen Bestimmung der PWV als die alleinige Betrachtung herkömmlicher Risikofaktoren (FRAMINGHAM-Risk-Score) [16–19].

Vor allem die Kombination herkömmlicher Risikofaktoren und der PWV ermöglicht eine hohe prädiktive Aussage [20]. Wie auch ein erhöhter Belastungsblutdruck, so ist auch eine erhöhte PWV ein früher prognostischer Hinweis auf eine arterielle Hypertonie [21].

Die Messung der Pulswellengeschwindigkeit wurde im Jahre 2007 von der Europäischen Gesellschaft für Hypertonie (ESH) und auch der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie (ESC) mit in die Behandlungsleitlinien für Hypertonie aufgenommen [22].

Ziel der vorliegenden Studie ist es, den Zusammenhang zwischen diesen beiden unabhängigen Prognosefaktoren, den Blutdruck während submaximaler Belastung und der Pulswellengeschwindigkeit in Ruhe, zu analysieren und darzustellen.

■ Methoden

Die vorliegende Studie umfasst 250 Probanden, davon 181 Männer und 69 Frauen (Alter 57,2 ± 13,1 Jahre, BMI 27,4 ± 4,6 kg/m², 177 antihypertensiv medikamentös behandelt), die routinemäßig zur ambulanten kardiologischen Untersuchung in einer Fachambulanz erschienen (Tab. 1).

Die PWV wurden in Ruhe und nicht-invasiv mittels Mobil-O-Graph® (PWA Monitor, I.E.M. GmbH, Germany) ermittelt. Der periphere Ruheblutdruck wurde vor der Belastung auskultatorisch bestimmt. Anschließend wurden die Patienten auf einem Fahrradergometer (Modell Schwarzer EL900B) in halb- liegender Position (45 ° Neigung) belastet (50–100 W, Steigerung 10 W/Minute) und der Blutdruck (BD) vor, am Ende jeder Belastungsstufe und bis zur 5. Minute nach der Belastung von 100 Watt (BD100W) auskultatorisch ermittelt. Während der Belastung wurde kontinuierlich ein EKG abgeleitet und die Sauerstoffsättigung sowie die Herzfrequenz gemessen. In den letzten 20 Sekunden der jeweiligen Belastungsstufe wurde der Blutdruck auskultatorisch auf dem rechten Oberarm nach

Eingelangt am 11.03.2018, angenommen nach Überarbeitung am 28.03.2018
Aus ¹Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg, ²Medical Center Berlin und
³Universitätsklinikum Charité, Humboldt-Universität zu Berlin, Deutschland

Korrespondenzadresse: Prof. Dr. Dr. Reinhard G. Ketelhut,
Medical Center Berlin, D-10591 Berlin, Perleberger Straße 5,
E-mail: R.Ketelhut@t-online.de, info@medical-center-berlin.net

Tabelle 1: Alter, PWV, BMI, Belastungs- und Ruheblutdrücke sowie Blutdrücke nach Belastung der Probanden (n = 250)

	N	Min.	Max.	MW	SD
Alter (Jahre)	250	14	88	57,20	13,12
PWV (m/s)	250	4,20	14,50	8,59	1,77
BMI (kg/m ²)	250	18,14	45,29	27,37	4,60
BDsyst100W (mmHg)	234	126	254	181,71	21,08
BDdiast100W (mmHg)	233	68	120	92,97	11,00
BDsyst (mmHg)	249	102	182	132,07	14,29
BDdiast (mmHg)	249	56	118	87,39	10,17
BDsyst.post_3. Min. (mmHg)	248	110,00	212,00	144,33	17,88
BDdiast.post_3. Min. (mmHg)	247	50,00	118,00	82,87	11,54

Min = Minimum, Max = Maximum, MW = Mittelwert, SD = Standardabweichung

der Methode von Riva-Rocci und Korotkoff mittels Quecksilbermanometer mit einer Messgenauigkeit von 2 mmHg und manuell aufpumpbarer BD-Manschette ermittelt. Auf die passende Größe der BD-Manschette wurde geachtet.

Die Erhebung der Messparameter erfolgte standardisiert entsprechend den Empfehlungen der WHO/International Society of Hypertension [23, 24] sowie des Internationalen Seminars für Ergometrie [25] und wurde von demselben Untersucher durchgeführt. Die Probanden wurden unter anderem dazu angehalten, Stunden vor der Untersuchung insbesondere keinen Alkohol, größere Mahlzeiten oder Koffein einzunehmen.

Alle Messungen wurden morgens bzw. am frühen Mittag durchgeführt. Somit kann der Aspekt der tageszeitlich abhängigen Blutdruckschwankungen weitestgehend vernachlässigt werden.

Als Abbruchkriterien galten v. a. Dyspnoe, Angina pectoris, neu aufgetretene VES, Arrhythmie-Zeichen, sinkende Sauerstoffsättigung, muskuläre Erschöpfung und ischämietypische

EKG-Veränderungen, zerebrale Symptome und Blässe/Zyanoase als Zeichen verminderter peripherer Perfusion. Patienten, die Abbruchkriterien erfüllten, wurden nicht in die Analyse einbezogen.

Statistik

Die statistische Analyse erfolgte mit dem SPSS-Programm der Version 24. Das als statistisch signifikant gezählte Signifikanzniveau für zweiseitige Tests lag bei $p < 0,05$. Die Korrelationsanalyse folgte der Methode nach Pearson. Da die PVW stark vom Alter abhängt und der BD100W von Alter, Geschlecht und BMI beeinflusst werden kann, erfolgte die Zusammenhangsmessung über die partielle Korrelationsanalyse zur Bereinigung dieser Einflussfaktoren.

Die deskriptiven Ergebnisse wurden als Mittelwerte $\pm$ Standardabweichung dargestellt. Für die Prüfung auf Unterschiede wurde der t-Test für unabhängige Stichproben angewandt. Darüber hinaus wurde eine multiple Regressionsanalyse, sowie eine hierarchische Regressionsanalyse durchgeführt und die vorherzusagende Zielvariable als systolischer Belastungsblutdruck bei 100W definiert.

Ergebnisse

Die mittlere PWV in Ruhe betrug $8,6 \pm 1,8$ m/s und korrelierte signifikant ($p < 0,01$) mit dem peripheren systolischen Ruhe-BD von $132,1 \pm 14,3$ mmHg ($r = 0,25$, $n = 249$). Zwischen dem diastolischen BD in Ruhe und der PWV gab es keine signifikanten Zusammenhänge.

Die Korrelation zwischen der mittleren PWV in Ruhe und dem systolischen BD100W (BDsyst100W) von $181,7 \pm 21,1$ mmHg war statistisch signifikant ($p < 0,01$, $r = 0,41$, $n = 234$) (Abb. 1). Zwischen dem diastolischen BD während der Ergometrie (BDdiast100W) und der PWV gab es keinen signifikanten Zusammenhang.

Die submaximale ergometrische Belastung von 100 W haben 16 Probanden nicht erreicht und vorher abgebrochen. Grund hierfür war vorwiegend muskuläre Erschöpfung.

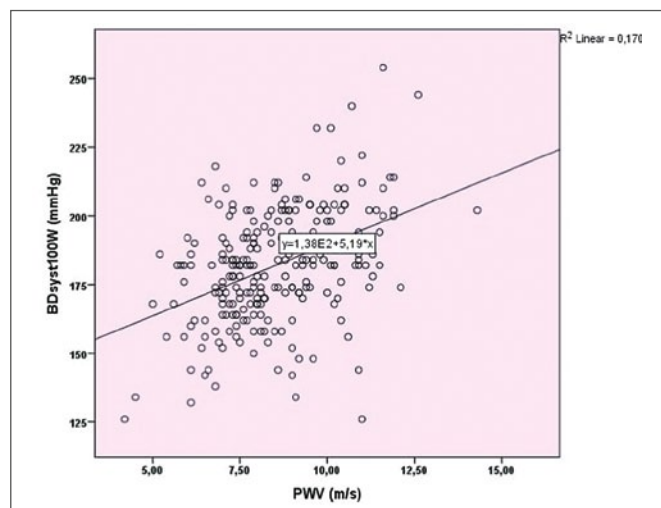
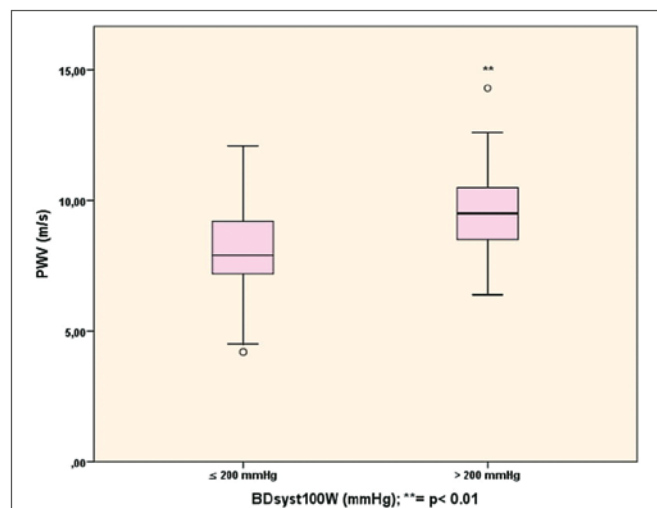
**Abbildung 1:** Zusammenhang zwischen BDsyst100W und PWV in Ruhe (n = 234)**Abbildung 2:** PWV bei Probanden mit normalem vs. pathologischem Belastungsblutdruck (MW $\pm$ SD)

Tabelle 2: Korrelationen zwischen PWV in Ruhe, BDsyst100W, BDsyst unter Bereinigung Einflussfaktoren Alter, BMI und Geschlecht

Kontrollvariablen			BDsyst (mmHg)	BDsyst100W (mmHg)	PWV (m/s)
Alter (Jahre) & BMI (kg/m ²)	BDsyst	Korrelation	1,000	0,664**	0,683**
& Geschlecht (1 = w / 2 = m)	BDsyst100W	Korrelation	0,664**	1,000	0,662**
	PWV	Korrelation	0,683**	0,662**	1,000

**Die Korrelation ist auf dem 0,01-Niveau signifikant.

In der 3. Erholungsminute nach Belastung betrug der systolische BD (BDsystpost) 144,3 ± 17,9 mmHg und korrelierte signifikant mit der mittleren PWV in Ruhe ($p < 0,01$, $r = 0,28$, $n = 248$).

Dabei ergab sich auch eine statistisch signifikante Korrelation zwischen diastolischem Blutdruck nach Ergometrie (BDdiastpost) in der 3. Erholungsminute von 82,9 ± 11,5 mmHg und der mittleren PWV in Ruhe ($p < 0,05$, $r = -0,14$, $n = 247$).

Werden die Probanden entsprechend ihrem Belastungs-BD in zwei Gruppen eingeteilt, so zeigt sich bei denjenigen mit einem systolischen BD100W > 200 mmHg ($n = 50$) eine mittlere PWV von 9,6 ± 1,7 m/s. Hingegen hatten Probanden mit einem systolischen BD100W ≤ 200 mmHg ($n = 184$) eine deutlich niedrigere mittlere PWV von 8,2 ± 1,6 m/s. Dieses Ergebnis zeigt eine 17,1 % höhere PWV ($p < 0,01$) bei Probanden mit einem pathologischen systolischen Belastungsblutdruck (> 200 mmHg) [5] (Abb. 2).

Um die Korrelationsanalyse von weiteren Einflüssen zu bereinigen, wurde eine partielle Korrelationsanalyse mit den Einflussfaktoren Alter, BMI und Geschlecht durchgeführt. Da auch die antihypertensive medikamentöse Therapie Einfluss auf den Blutdruck und auf die Hämodynamik nimmt, wurden zur weiteren statistischen Bereinigung nur Probanden ohne Medikation in die Analyse eingeschlossen. Ausgeschlossen wurden Probanden mit antihypertensiver Medikation, Probanden mit Statinen und Schilddrüsenmedikamenten. Hierbei ergab sich ein partieller Korrelationskoeffizient von $r = 0,68$ ($p < 0,01$, $n = 53$, Tab. 2) zwischen PWV in Ruhe und systolischem BD in Ruhe. Eine ebenfalls signifikante Korrelation von $r = 0,66$ gab es zwischen PWV in Ruhe und BDsyst100W ($p < 0,01$, $n = 53$, Tab. 2).

Eine hierarchische lineare Regressionsanalyse ergab, dass unter Berücksichtigung des BDsyst 55,0 % der Gesamtstreuung an BDsyst100W vorhergesagt werden konnten. Durch zusätzliche Bestimmung der PWV konnten 60,7 % des BDsyst100W

Tabelle 3: Hierarchische Regressionsanalyse bei Probanden ohne Medikation ($n = 53$)

Modell	1	2
R	0,765 ^a	0,803 ^b
R-Quadrat	0,585	0,645
Korr. R-Quadrat	0,550	0,607
Standardfehler des Schätzers	14,717	13,749
Änderung in R-Quadrat	0,585	0,060
Änderung in F	16,892	7,995
df1	4	1
sf2	48	47
Sign. Änderung in F	0,000	0,007

^a Einflussvariablen: Geschlecht (1 = weiblich, 2 = männlich), Alter (Jahre), BMI (kg/m²), BDsyst (mmHg)

^b Einflussvariablen: Geschlecht (1 = weiblich, 2 = männlich), Alter (Jahre), BMI (kg/m²), BDsyst (mmHg), PWV (m/s)

Abhängige Variable: BDsyst100W (mmHg)

vorhergesagt werden. Die Hinzunahme des Prädiktors PWV erwies sich als statistisch signifikant ($p < 0,01$, Tab. 3).

Eine multiple lineare Regressionsanalyse ergab, dass der systolische Belastungsblutdruck durch die Variablen Geschlecht, systolischer peripherer Ruheblutdruck und PWV statistisch signifikant beeinflusst wird (Tab. 4). Die Variable BMI erwies sich als statistisch nicht signifikant.

Das Alter wurde in die Analyse wegen der starken Kollinearität mit anderen Variablen, insbesondere mit der PWV, nicht eingeschlossen [15].

Diskussion

Die vorliegende Studie vergleicht das korrelative Verhalten zweier verschiedener Methoden zur Einschätzung des kardiovaskulären Risikos. Dabei zeigte sich ein korrelativer Zusammenhang zwischen der Pulswellengeschwindigkeit in Ruhe und dem Belastungsblutdruck, sowie auch zwischen der Pulswellengeschwindigkeit in Ruhe und dem peripheren Ru-

Tabelle 4: Anova-Regressionsanalyse

Modell	Nicht stand. Koeffizienten		Stand. Koeffizienten			Kollinearitätsstatistik	
	Regr. S koeff. B.	Std. Fehler	Beta	T	Sign.	Toleranz	VIF
BDsyst (mmHg)	,710	,157	,518	4,526	,000	,596	1,678
PWV (m/s)	5,512	1,538	,381	3,584	,001	,690	1,449
Geschlecht (1 = weibl., 2 = männl.)	-12,367	4,726	-,245	-2,617	,012	,892	1,121
BMI (kg/m ²)	,278	,555	,050	,501	,619	,780	1,283

Abhängige Variable: BDsyst100W (mmHg)

heblutdruck. Auch der Blutdruck in der Erholungsphase nach der Ergometrie, ein ebenfalls stärkerer Hinweis auf eine spätere Hypertonieentwicklung [26], korrelierte in der vorliegenden Untersuchung signifikant mit der peripheren Pulswellengeschwindigkeit.

Beide Methoden, die Messung des Belastungsblutdrucks und der Pulswellengeschwindigkeit, sind dabei unabhängige kardiovaskuläre Prädiktoren [1, 2, 10, 27].

Die Messung des Blutdrucks unter submaximaler Belastung besitzt eine bessere prognostische Aussagekraft im Vergleich zur Messung des alleinigen peripheren Ruheblutdrucks in Hinblick auf kardiovaskuläre Morbidität und Mortalität [2, 28].

So gibt es Patienten mit normalem peripheren Ruhedruck, die unter submaximaler Belastung exzessiv erhöhte Belastungsblutdrücke zeigen. Diese Patienten haben im Alter ein deutlich höheres Risiko, eine arterielle Hypertonie sowie deren Folgeerkrankungen zu entwickeln [1, 5–7]. Die Arbeitsgruppe um Kshirsagar et al. fand heraus, dass selbst ein grenzwertiger Blutdruck im Vergleich zu optimalen Blutdrücken ein erhöhtes kardiovaskuläres Risiko bei Patienten mit Nebenerkrankungen wie Diabetes mellitus darstellt [8]. Im Praxisalltag ist es jedoch üblich, den peripheren Ruheblutdruck zu messen, wobei der periphere Ruheblutdruck keine Rückschlüsse auf den zu erwartenden Blutdruckanstieg bei submaximalen alltäglichen Belastungssituationen zulässt [5]. Der Blutdruck unter submaximaler ergometrischer Belastung zeigt zudem eine höhere Reproduzierbarkeit im Vergleich zur Messung des peripheren Ruheblutdrucks sowie auch zur 24-h-Blutdruckmessung [29, 30].

Die vorliegenden Ergebnisse zeigen einen statistisch signifikant stärkeren Zusammenhang zwischen der PWV in Ruhe und dem systolischen BD unter submaximaler Belastung im Vergleich zur peripheren Ruheblutdruckmessung. Betrachtet man allerdings die Zusammenhänge unter Berücksichtigung der Einflussfaktoren Alter, Geschlecht und BMI, so zeigt sich bei den nicht medikamentös behandelten Probanden kein signifikanter Unterschied in den Korrelationen. Die hierarchische Regressionsanalyse bewertet jedoch die Hinzunahme des Prädiktors PWV als statistisch signifikant. Dies bestätigt die Ergebnisse bestehender Studien, die zeigen, dass die zusätzliche Messung der PWV einen statistischen Mehrwert in der kardiovaskulären Risikoeinschätzung darstellt [20]. So wurde die Messung der Pulswellengeschwindigkeit im Jahr 2007 von der ESH (European Society of Hypertension) und ESC (European Society of Cardiology) mit in die Richtlinien für die Behandlung der arteriellen Hypertonie übernommen [31].

Die Pulswellengeschwindigkeit als Prognoseparameter zeichnet sich dadurch aus, dass sie bereits sehr früh auf kardiovaskuläre Veränderungen hindeutet, noch bevor ein Blutdruckanstieg zu registrieren ist [32, 33]. So zeigten die Ergebnisse von Ciolac et. al. und Kucerova et. al., dass normotone Kinder von hypertensiven Eltern bereits erhöhte Pulswellengeschwindigkeiten aufweisen und somit kardiovaskulär vorbelastet sind [32–34].

Insbesondere auch für ältere Probanden, wie in der vorliegenden Untersuchung, ist die PWV ein Prädiktor zukünftiger kardiovaskulärer Morbidität und Mortalität [10, 35]. Das Fortschreiten der Gefäßsteifigkeit, die in engem Zusammenhang mit dem Alter steht, kann durch körperliche Aktivität positiv beeinflusst und verlangsamt werden [36–38].

Die großen Vorteile der Messung der PWV gegenüber der Bestimmung des Belastungsblutdrucks liegen in der leichteren Handhabung, schnellen Messung und guten Reproduzierbarkeit der Ergebnisse [39, 40]. Mehrere unterschiedliche Verfahren zur Messung der Pulswellengeschwindigkeit wurden auf Validität und Reproduzierbarkeit untersucht, so wie auch die in der vorliegenden Untersuchung eingesetzte oszillometrische Messung der Pulswellengeschwindigkeit mit dem Mobil-O-Graphen [41–44].

Anhand der Messung der Pulswellengeschwindigkeit können Patienten in verschiedene Risikogruppen eingeteilt und ihr individuelles kardiovaskuläres Risiko eindeutiger und vor allem frühzeitig eingeschätzt werden. Zudem lassen sich nicht-medikamentöse Therapieverfahren (z. B. regelmäßige körperliche Aktivität), als auch medikamentöse Therapien kontrollieren. Es gibt zahlreiche sportwissenschaftliche Studien, die die positive Auswirkung körperlicher Aktivität auf die Entwicklung der Pulswellengeschwindigkeit darstellen. Sowohl akute sportliche Belastung als auch langfristige sportliche Belastung zeigen den positiven Effekt sinkender Pulswellengeschwindigkeiten [36–38].

Verschiedene medikamentöse Therapieverfahren haben unterschiedlichen Einfluss auf die Entwicklung der Pulswellengeschwindigkeit. So wurden in der ASCOT-Studie und der CAFE-Studie eindrucksvoll gezeigt, dass Betablocker / Diuretika im Vergleich zu Kalziumantagonisten / ACE-Hemmern den Augmentationsindex (AIX) und aortalen systolischen Blutdruck deutlich weniger senkten, obwohl der periphere Blutdruck in beiden Gruppen vergleichbar gesenkt wurde [45, 46].

■ Zusammenfassung

Die vorliegende Studie zeigt die Bedeutung der Bestimmung der Pulswellengeschwindigkeit in der alltäglichen Praxis. Zwar kann die Messung der Pulswellengeschwindigkeit die BD-Messung, insbesondere die Messung des belastungsbedingten BD-Anstiegs, nicht ersetzen. Sie ermöglicht jedoch insbesondere bei nicht Ergometrie-fähigen Patienten eine Einschätzung der bei alltäglicher körperlicher Belastung zu erwartenden BD-Anstiege.

Die leichte Handhabung, gute Reproduzierbarkeit und ergänzende prognostische Aussagekraft sind deutliche Vorteile in der kardiovaskulären Risikoeinschätzung, sowohl bei Normotonikern als auch bei Hypertonikern.

■ Interessenkonflikt

Es besteht kein Interessenkonflikt.

Relevanz für die Praxis

Die Messung der Pulswellengeschwindigkeit gilt heutzutage als valide, einfach durchzuführende und gut reproduzierbare Messmethode zur Einschätzung des kardiovaskulären Risikoprofils von Hypertonikern

Die Hinzunahme des Prädiktors Pulswellengeschwindigkeit erweist sich als statistisch signifikant und ergänzt herkömmliche Risikoparameter (u.a. Belastungsblutdruck)

Sowohl medikamentöse als auch nicht-medikamentöse Therapieerfolge (z.B. sportliche Betätigung) können in der Praxis mithilfe der Pulswellengeschwindigkeit kontrolliert werden

Christina Lizenberg



2011 Studium der Humanmedizin an der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg.

2016 Young Investigator Award zum Thema Pulswellengeschwindigkeit und Belastungsblutdruck.

Wissenschaftliche Schwerpunkte: arterielle Hypertonie, Belastungsblutdruck, Gefäßsteifigkeit, kardiovaskuläre Prävention

Literatur:

- Kjeldsen SE, Mundal R, Sandvik L, Eriksen G, Thaulow E, Erikssen J. Supine and exercise systolic blood pressure predict cardiovascular death in middle-aged men. *J Hypertens* 2001; 19: 1343–8.
- Filipovsky J, Ducimetiere P, Safar ME. Prognostic significance of exercise blood pressure and heart rate in middle-aged men. *Hypertens* 1992; 20: 333–9.
- Le V, Mitiku T, Sungar G, Myers J, Froelicher V. The blood pressure response to dynamic exercise testing: a systematic review. *Progr Cardiovasc Dis* 2008; 51: 135–60.
- Holmqvist L, Mortensen L, Kanckos C, Ljungman C, Mehlig K, Manhem K. Exercise blood pressure and the risk of future hypertension. *J Hum Hypertens* 2012; 26: 691–5.
- Franz IW, Lohmann FW. Reproduzierbarkeit des Blutdruckverhaltens während und nach Ergometrie bei Hochdruckkranken. *Dtsch med Wochenschr* (1946) 1982; 107: 1379–83.
- Ketelhut RG. Blutdruckmessung während Ergometrie. Manche Hypertonie deckt sich erst unter Belastung. *MMW Fortschr Med* 2006; 148: 42–4.
- Devereux RB, Pickering TG. Relationship between ambulatory and exercise blood pressure and cardiac structure. *Am Heart J* 1988; 116: 1124–33.
- Kshirsagar AV, Carpenter M, Bang H, Wyatt SB, Colindres RE. Blood pressure usually considered normal is associated with an elevated risk of cardiovascular disease. *Am J Med* 2006; 119: 133–41.
- Laurent S, Katsahian S, Fassot C, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of fatal stroke in essential hypertension. *Stroke* 2003; 34: 1203–6.
- 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.
- Ben-Shlomo Y, Spears M, Boustred C, et al. Aortic pulse wave velocity improves cardiovascular event prediction: an individual participant meta-analysis of prospective observational data from 17,635 subjects. *J Am Coll Cardiol* 2014; 63: 636–46.
- van Bortel LM, Laurent S, Boutouyrie P, et al. Expert consensus document on the measurement of aortic stiffness in daily practice using carotid-femoral pulse wave velocity. *J Hypertens* 2012; 30: 445–8.
- Diaz A, Galli C, Tringler M, Ramirez A, Cabrera Fischer EI. Reference values of pulse wave velocity in healthy people from an urban and rural argentinean population. *Int J Hypertens* 2014; 2014: 653239.
- Diaz A, Galli C, Tringler M, Ramirez A, Cabrera Fischer EI. Corrigendum to "reference values of pulse wave velocity in healthy people from an urban and rural Argentinean population". *Int J Hypertens* 2015; 2015: 983928.
- Matace-Raso F, Hofman A, Verwoert GC, Wittemana JC et al. Determinants of pulse wave velocity in healthy people and in the presence of cardiovascular risk factors: "establishing normal and reference values". *Eur Heart J* 2010; 31: 2338–50.
- Sehestedt T, Jeppesen J, Hansen TW, et al. Risk prediction is improved by adding markers of subclinical organ damage to SCORE. *Eur Heart J* 2010; 31: 883–91.
- Sehestedt T, Jeppesen J, Hansen TW, et al. Thresholds for pulse wave velocity, urine albumin creatinine ratio and left ventricular mass index using SCORE, Framingham and ESH/ESC risk charts. *J Hypertens* 2012; 30: 1928–36.
- Boutouyrie P, Tropeano AI, Asmar R, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of primary coronary events in hypertensive patients: a longitudinal study. *Hypertens* 2002; 39: 10–5.
- Matace-Raso FUS, van der Cammen, Tische J M, Hofman A, et al. Arterial stiffness and risk of coronary heart disease and stroke: the Rotterdam Study. *Circ* 2006; 113: 657–63.
- Mitchell GF, Hwang S, Vasan RS, et al. Arterial stiffness and cardiovascular events: the Framingham Heart Study. *Circulation* 2010; 121: 505–11.
- Koivisto T, Lyytikäinen L, Aatola H, et al. Pulse Wave Velocity Predicts the Progression of Blood Pressure and Development of Hypertension in Young Adults. *Hypertens (Dallas, Tex. 1979)* 2018; 71: 451–6.
- Mancia G, Grassi G, Kjeldsen SE, editors. Manual of hypertension of the European Society of Hypertension. Informa-Healthcare, London, 2008.
- van Bortel LM, Duprez D, Starmans-Kool MJ, et al. Clinical applications of arterial stiffness, Task Force III: recommendations for user procedures. *Am J Hypertens* 2002; 15: 445–52.
- Chalmers J, MacMahon S, Mancia G, et al. 1999 World Health Organization-International Society of Hypertension Guidelines for the management of hypertension. Guidelines sub-committee of the World Health Organization. *Clin Exp Hypertens (New York, N.Y. 1993)* 1999; 21: 1009–60.
- Mellerowicz H, Hansen G. Agreement of the research committee of the ICSPE for the international standardization. In: Mellerowicz H, Hansen G, editors. International seminar of ergometry. Ergon, Wuerzburg, 1986; 314–21.
- Franz IW. Ergometry in hypertensive patients. Springer, Berlin Heidelberg New York Tokio, 1986.
- Laurent S, Boutouyrie P, Asmar R, et al. Aortic stiffness is an independent predictor of all-cause and cardiovascular mortality in hypertensive patients. *Hypertens* 2001; 37: 1236–41.
- Mundal R, Kjeldsen SE, Sandvik L, Erikssen G, Thaulow E, Erikssen J. Exercise blood pressure predicts cardiovascular mortality in middle-aged men. *Hypertens (Dallas, Tex. 1979)* 1994; 24: 56–62.
- Ketelhut RG, Franz IW, Scholze J. Regular exercise as an effective approach in antihypertensive therapy. *Med Sci Sports Exerc* 2004; 36: 4–8.
- Ren JF, Hakki AH, Kotler MN, Iskandrian AS. Exercise systolic blood pressure: a powerful determinant of increased left ventricular mass in patients with hypertension. *J Am Coll Cardiol* 1985; 5: 1224–31.
- Mancia G, Backer G de, 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 of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2007; 28: 1462–536.
- Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JMD, Guimarães GV. Haemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities in young normotensive women at high familial risk for hypertension. *J Hum Hypertens* 2010; 24: 814–22.
- KucEROVÁ J, Filipovský J, Staessen JA, et al. Arterial characteristics in normotensive offspring of parents with or without a history of hypertension. *Am J Hypertens* 2006; 19: 264–9.
- Ciolac EG, Bocchi EA, Bortolotto LA, Carvalho VO, Greve JM, Guimarães GV. Effects of high-intensity aerobic interval training vs. moderate exercise on hemodynamic, metabolic and neuro-humoral abnormalities of young normotensive women at high familial risk for hypertension. *Hypert Res J Jpn Societ Hypertens* 2010; 33: 836–43.
- Meaume S, Benetos A, Henry OF, Rudnicki A, Safar ME. Aortic pulse wave velocity predicts cardiovascular mortality in subjects 70 years of age. *Arterioscler, Thromb Vasc Biol* 2001; 21: 2046–50.
- Hayashi K, Sugawara J, Komine H, Maeda S, Yokoi T. 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, Hong SH, Huh EH, Park SW. The effects of short-duration exercise on arterial stiffness in patients with stable coronary artery disease. *J Korean Med* 2009; 24: 795–9.
- Beck DT, Martin JS, Casey DP, Braith RW. Exercise training reduces peripheral arterial stiffness and myocardial oxygen demand in young prehypertensive subjects. *Am J Hypertens* 2013; 26: 1093–102.
- Filipovský J, Svobodová V, Pecan L. Reproducibility of radial pulse wave analysis in healthy subjects. *J Hypertens* 2000; 18: 1033–40.
- Wilkinson IB, Fuchs SA, Jansen IM, et al. Reproducibility of pulse wave velocity and augmentation index measured by pulse wave analysis. *J Hypertens* 1998; 16: 2079–84.
- Hametner B, Parragh S, Mayer C, et al. Assessment of Model Based (Input) Impedance, Pulse Wave Velocity, and Wave Reflection in the Asklepios Cohort. *PLoS one* 2015; 10: e0141656.
- Weber T, Wassertheurer S, Hametner B, Parragh S, Eber B. Noninvasive methods to assess pulse wave velocity: comparison with the invasive gold standard and relationship with organ damage. *J Hypertens* 2015; 33: 1023–31.
- Feistritz H, Klug G, Reinstadler SJ, et al. Oscillometric analysis compared with cardiac magnetic resonance for the assessment of aortic pulse wave velocity in patients with myocardial infarction. *J Hypertens* 2016; 34: 1746–51.
- Franssen PML, Imholz BPM. Evaluation of the Mobil-O-Graph new generation ABPM device using the ESH criteria. Blood pressure monitoring 2010; 15: 229–31.
- Williams B, Lacy PS, Thom SM, et al. Differential impact of blood pressure-lowering drugs on central aortic pressure and clinical outcomes: principal results of the Conduit Artery Function Evaluation (CAFE) study. *Circulation* 2006; 113: 1213–25.
- Dahlöf B, Sever PS, Poulter NR, et al. Prevention of cardiovascular events with an antihypertensive regimen of amlodipine adding perindopril as required versus atenolol adding bendroflumethiazide as required, in the Anglo-Scandinavian Cardiac Outcomes Trial-Blood Pressure Lowering Arm (ASCOT-BPLA): A multicentre randomised controlled trial. *Lancet* 2005; 366: 895–906.

Mitteilungen aus der Redaktion

Abo-Aktion

Wenn Sie Arzt sind, in Ausbildung zu einem ärztlichen Beruf, oder im Gesundheitsbereich tätig, haben Sie die Möglichkeit, die elektronische Ausgabe dieser Zeitschrift kostenlos zu beziehen.

Die Lieferung umfasst 4–6 Ausgaben pro Jahr zzgl. allfälliger Sonderhefte.

Das e-Journal steht als PDF-Datei (ca. 5–10 MB) zur Verfügung und ist auf den meisten der marktüblichen e-Book-Readern, Tablets sowie auf iPad funktionsfähig.

☒ **Bestellung kostenloses e-Journal-Abo**

Besuchen Sie unsere zeitschriftenübergreifende Datenbank

☒ **Bilddatenbank**

☒ **Artikeldatenbank**

☒ **Fallberichte**

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