

Ketelhut RG<sup>1,2</sup>, Akman Ö<sup>1</sup>, Ketelhut S<sup>3</sup>

# Blutdruck und Herzfrequenz in Ruhe und bei Belastung bei Kindern im Einschulungsalter

## *Blood Pressure and Heart Rate at Rest and During Exercise in 6-Year-Old Children*

<sup>1</sup>Universitätsklinikum Charité und Abteilung Sportmedizin, Institut für Sportwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin

<sup>2</sup>Medical Center Berlin (MCB)

<sup>3</sup>Institut für Sportwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin

### ZUSAMMENFASSUNG

Einleitung: Selbst Kinder haben häufiger erhöhte Blutdrücke. Eine Messung des Blutdrucks (BD) unter Ruhebedingungen ist jedoch nur schlecht reproduzierbar und erschwert dadurch die Einschätzbarkeit. Daher sollte bei Kindern der BD und die Herzfrequenz (HF) sowohl in Ruhe als auch bei Belastung ermittelt werden. Methodik: Bei 180 Kindern (6,4±0,5 Jahre, Body-Mass-Index (BMI) 15,8±1,8) wurde der BD und die HF in Ruhe und während Ergometrie gemessen. Ergebnisse: Der BD in Ruhe betrug 100±10,3/68,4±8,1 mmHg. Bei einem oberen Grenzwertes von 115/75 mmHg wären 34 Kinder (16,8%) als hyperten einzustufen. Während der Ergometrie ergab sich ein BD von 125±13,4/74±8,4 mmHg. Die HF betrug dabei 155,4±22,3 Schläge/Minute und korrelierte ( $p < 0,001$ ) mit dem BD bei Belastung. Unter Berücksichtigung eines Grenzwertes von 140/85 mmHg (Mittelwert + Standardabweichung) wären 31 Kinder (17,2%) als belastungspositiv einzustufen. Die Kinder mit erhöhtem Ruhe-BD zeigten bei vergleichbarer HF in Ruhe eine signifikant ( $p < 0,001$ ) höhere HF (165±22/Minute) während der Belastung im Vergleich zu den Kindern mit normalem BD (151±21/Minute). Hieraus resultiert ein um 32% ( $p < 0,001$ ) erhöhtes Produkt aus systolischem BD x HF als Maß für den myokardialen Sauerstoffverbrauch. Schlussfolgerung: Schon bei Kindern im Einschulungsalter sind zunehmend häufiger erhöhte Blutdrücke in Ruhe und bei Belastung nachweisbar. Dabei zeigt sich bereits in diesem jungen Alter ein Zusammenhang zwischen der BD-Höhe und dem HF-Anstieg bei körperlicher Belastung, woraus ein erhöhter myokardialer Sauerstoffverbrauch während Belastung resultiert.

**Schlüsselwörter:** Belastungsblutdruck, Kinder, Ergometrie, Hypertonie.

### EINLEITUNG

Einschneidende gesellschaftliche Veränderungen haben dazu geführt, dass zunehmend mehr Kinder und Jugendliche unter Bewegungsmangel leiden, was sich wiederum negativ auf ihre Leistungsfähigkeit sowie ihren Gesundheitszustand auswirkt (12). Schüler und Jugendliche zeigen zunehmend häufiger Risikofaktoren der koronaren Herzerkrankung wie Übergewicht und Fettstoffwechselstörungen (15), wobei diese bereits in der Kindheit als Prädiktoren von Endorganveränderungen, wie z.B. der Intima-Media-Dicke der Arteria Carotis im späteren Erwachsenenalter und somit als früher kardiovaskulärer Risikoprädiktor identifiziert wurden (18, 16). Diese Problematik nimmt mit wachsendem Alter der Kinder zu (21).

Auch bei Kindern findet man zunehmend häufiger erhöhte Blutdrücke (21). Eine alleinige Messung des Blutdrucks unter Ruhebedingungen ist insbesondere bei Kindern wegen der psychischen Komponente jedoch nur schlecht reproduzierbar und erschwert

### SUMMARY

Introduction: These days, high blood pressure (BP) can be observed more frequently even in children. Therefore, BP and heart rate (HR) were measured at rest and during exercise. Methods: In 180 children (6.4±0.5 years, Body-Mass-Index (BMI) 15.8±1.8). BP and HR were measured at rest and during exercise (2 minutes 25 watts). Results: BP at rest was 100±10.3/68.4±8.1 mmHg. Defining 115/75 mmHg as limit of normal BP, 34 children (16.8%) were hypertensive according to BP at rest. During exercise, BP was 125±13.4/74±8.4 mmHg with a significant correlation between BP and HR during exercise ( $p < 0.001$ ). Analogous to the definition of upper BP limit during exercise in adults, upper limit in children was defined as 140/85 mmHg (average + 1 standard deviation). Taking this into account, 31 children (17.2%) had abnormal BP increases during exercise. HR at rest did not differ between children with normal and elevated BP. In contrast, HR during exercise was significantly higher ( $p < 0.001$ ) in children with elevated BP compared to normotensives (165±22/minute versus 151±21/minute). Consequently, the product of HR x systolic BP, a measure of myocardial oxygen consumption, was 32% higher ( $p < 0.001$ ) in hypertensives than in normotensives. Conclusion: Elevated BP at rest and during exercise is observed in a higher percentage of the population, even in children. Furthermore, elevated BP is associated with an increased HF during exercise, possibly due to an increase in sympatho-adrenergic activity, which increases myocardial oxygen consumption during exercise.

**Key Words:** blood pressure during exercise, children, ergometric testing, hypertension.

dadurch häufig die Einschätzbarkeit des Blutdrucks. Messungen unter standardisierten Bedingungen hingegen liefern besser reproduzierbare Werte. Wie auch bei Erwachsenen und von Fachgesellschaften empfohlen, sollte man zur Verifizierung einer möglichen arteriellen Hypertonie zumindest noch eine weitere Messmethode einsetzen. Hierzu eignet sich insbesondere eine standardisierte ergometrische Untersuchung, die sich bereits im Erwachsenenalter bestens bewährt hat und nicht nur besser reproduzierbare Blutdruckwerte liefert sondern als submaximale Belastung zusätzlich eine Einschätzung des Blutdruckverhaltens während alltäglicher körperlicher Belastung ermöglicht (6). Bereits bei Untersuchungen an Schülern konnten anatomische und funktionelle Veränderungen am Myokard in Abhängigkeit vom Blutdruck gezeigt werden (22, 23). Eine frühzeitige Identifizierung Hochdruckgefährdeter Kinder anhand standardisierter Untersuchungen ermöglicht daher frühzeitigen Organveränderungen durch präventive oder therapeutische Maßnahmen vorzubeugen zu können.

**Tabelle 1:** Alter, Körpergröße, Gewicht und BMI der eingeschlossenen Kinder (N = 180).

	Mittelwert	Standard-abweichung	Minimum	Maximum
Alter (Jahre)	6.36	0.51	5	8
Körpergröße (cm)	124.35	5.514	110	143
Gewicht (kg)	24.58	3.92	16.6	38.1
BMI	15.82	1.72	10.69	24.19

Daher sollte in der vorliegenden Untersuchung bei Kindern im Einschulungsalter der Blutdruck (BD) und die Herzfrequenz (HF) sowohl in Ruhe als auch während ergometrischer Belastung ermittelt werden.

## MATERIAL UND METHODEN

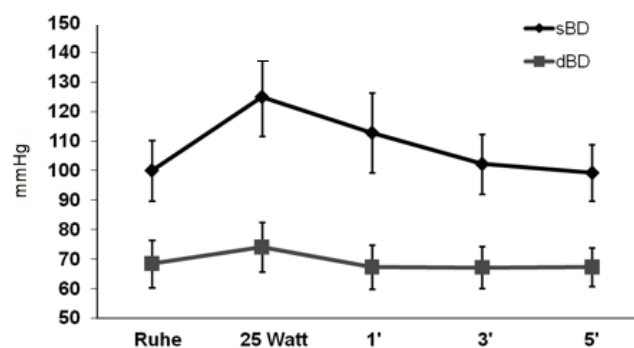
Es wurden 180 Kinder im Alter von  $6,4 \pm 0,5$  Jahren untersucht. Der Body-Mass-Index (BMI) wurde aus der Körpergröße und dem Körpergewicht berechnet. (Tab.1). Der BD wurde in Ruhe auskultatorisch mit einem Quecksilber-Manometer unter Verwendung einer altersentsprechenden Blutdruckmanschettengröße nach der Methode von Riva-Rocci-Korotkoff sitzend zweimal gemessen und gemittelt, die HF wurde über eine Minute ausgezählt.

Danach erfolgte eine standardisierte ergometrische Belastung auf einem Fahrradergometer der Firma Tunturi. Die Kinder wurden dabei mit jeweils 25 Watt (entsprechend  $> 1$  Watt/kg Körpergewicht) über 2 Minuten bei einer Umdrehungszahl von 80 U/min belastet. Der BD und die HF wurden nochmals in Ruhe vor Beginn der Ergometrie, in den letzten 20 Sekunden der zweiten Belastungsminute sowie in der ersten, dritten und fünften Minute in der Erholungsphase gemessen. Die Registrierung der Herzfrequenz erfolgte mit einem Monitor der Fa. Hellige über auf den Rücken der Kinder aufgeklebte Elektroden.

Bei der statischen Auswertung erfolgte die Darstellung der kontinuierlichen Variablen als Mittelwerte  $\pm 1$  Standardabweichung. Zwei verbundene, normalverteilte Stichproben wurden mittels des t-Tests für gepaarte Stichproben verglichen, dagegen wurden 2 verbundene, nicht normalverteilte Stichproben durch den Wilcoxon-Test überprüft. Bei allen durchgeführten Tests erfolgte eine zweiseitige Signifikanzüberprüfung, wobei für alle statistischen Tests ein p-Wert  $\leq 0,05$  als statistisch signifikant angenommen wurde.

## ERGEBNISSE

Der BMI des untersuchten Kollektivs betrug  $15,8 \pm 1,8$ . Der mittlere BD in Ruhe betrug  $100 \pm 10,3 / 68,4 \pm 8,1$  mmHg. Unter Berücksichtigung eines oberen Grenzwertes von  $115 / 75$  mmHg für diese Altersgruppe (19) wären bereits 34 Kinder (16,8%) als hyperten einzustufen. Während der Ergometrie ergab sich ein Mittelwert am Ende der Belastung von  $125 \pm 13,4 / 74 \pm 8,4$  mmHg (Abb.1). Die Herzfrequenz betrug dabei  $155,4 \pm 22,3$  Schläge/Minute und korrelierte signifikant ( $p < 0,0001$ ,  $r = 0,353 / 0,283$ ) mit dem BD bei Belastung. In Analogie

**Abbildung 1:** Systolischer (sBD) und diastolischer (dBD) Blutdruck bei Kindern in Ruhe, während Belastung (25 Watt) sowie in der Erholungsphase (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung).

zur Ermittlung von BD-Grenzwerten während standardisierter submaximaler Ergometrie bei Erwachsenen (8,9) wurde bei den hier untersuchten Kindern gleichfalls ein Grenzwert durch Mittelwert + Standardabweichung berechnet, der dann entsprechend zur Praktikabilität nach oben gerundet wurde. Unter Berücksichtigung eines somit ermittelten oberen Grenzwertes von  $140 / 85$  mmHg wären 31 Kinder (17,2%) als belastungspositiv einzustufen. Bei 21 Kindern war sowohl der BD in Ruhe als auch während der Belastung erhöht. In der fünften Erholungsminute war wieder der Ausgangswert vor Beginn der Belastung erreicht.

Betrachtet man die HF während der Belastung, so zeigt sich bei den Kindern mit erhöhtem Ruhe-BD bei vergleichbarer HF in Ruhe eine signifikant ( $p < 0,001$ ) höhere HF ( $165 \pm 22$ /Minute) während der Belastung im Vergleich zu den Kindern mit normalem BD ( $151 \pm 21$ /Minute). Zugleich wurde ein verlangsamer Abfall der HF in der Erholungsphase beobachtet (Abb.2). Aus dem höheren systolischen BD sowie der höheren HF bei Belastung resultiert zugleich ein um 32% ( $p < 0,001$ ) höheres Produkt aus systolischem BP und HF, was als Maß für den myokardialen Sauerstoffverbrauch gilt (Abb.3).

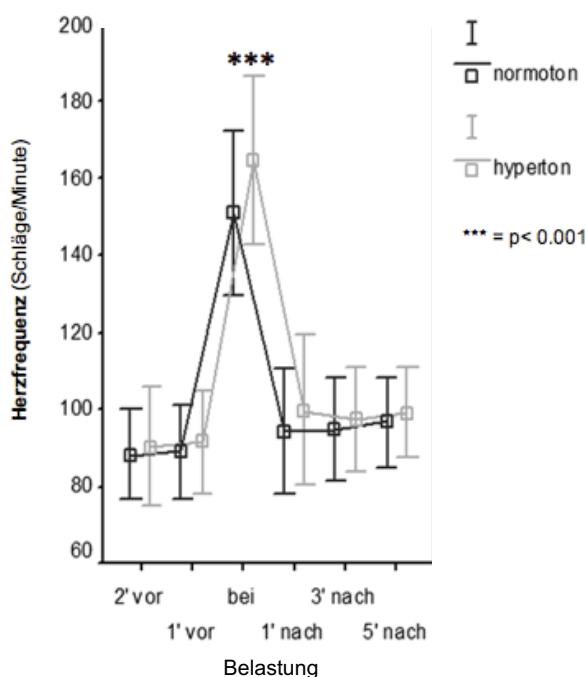
In der 3. Erholungsminute betrug der BD  $101,7 \pm 12 / 67,2 \pm 7,1$  mmHg, womit der Ausgangswert in Ruhe vor Belastung erreicht wurde (Abb.1). Bei 21 Kindern (12%) war sowohl der BD in Ruhe als auch während der Belastung erhöht. Zugleich zeigt sich eine Korrelation zwischen dem BMI und dem systolischen ( $p < 0,001$ ,  $r = 0,251$ ) und diastolischen ( $p < 0,05$ ,  $r = 0,183$ ) Belastungs-BD. 14% der Kinder waren übergewichtig bzw. adipös.

## DISKUSSION

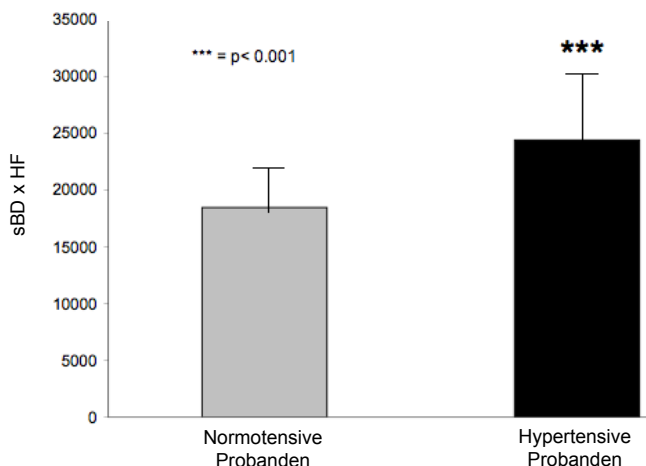
Die Ergebnisse zeigen schon bei Kindern im Einschulungsalter häufiger erhöhte Blutdrücke in Ruhe und auch bei submaximaler Belastung. Der Grenzwert für den BD bei submaximaler Belastung von  $140 / 85$  mmHg wurde dabei in Analogie zur Ermittlung von BD-Grenzwerten während standardisierter submaximaler Ergometrie bei Erwachsenen (8,9) bestimmt. Dieses Verfahren hat sich nicht nur bei Erwachsenen bewährt, sondern auch bei Jugendlichen konnte oberhalb eines so ermittelten Grenzwertes eine deutliche Zunahme von Endorganveränderungen gezeigt werden (13).

Betrachtet man den in Ruhe gemessenen BD mit Ergebnissen aus früheren Studien, so wurden hier bereits im Mittel um  $3,8 / 6,6$

mmHg höhere Blutdrücke im Vergleich zur Brompton-Studie vor 17 Jahren (5) gemessen. Zudem untermauern die Verlaufsbeobachtungen der Brompton-Studie, dass schon im frühen Kindesalter die "Blutdruckgruppenzuteilung" erfolgt. D.h., wer im frühen Kindesalter bereits einen erhöhten BD aufweist, wird auch im späteren Erwachsenenalter mit größerer Wahrscheinlichkeit zum Hypertoniker werden, was auch durch eine neuere Metaanalyse bestätigt wurde (3). Zugleich konnte mit zunehmendem Alter der untersuchten Kinder auch eine stärkere Korrelation zum elterlichen BD nachgewiesen werden. Eine prospektive Studie bei Sechsjährigen zeigte im Verlauf eines 9-jährigen Zeitraums, dass bei 70% der Kinder, deren BD sich im vorausgegangenen Untersuchungszeitraum in der obersten Quartile befand, dieser auch im neunten Jahr der Kontrolle in der obersten Quartile verblieb (24).



**Abbildung 2:** Herzfrequenz in Ruhe und bei Belastung (25 Watt) bei Kindern mit normotonom und hypertonom Blutdruck (Mittelwert  $\pm$  Standardabweichung).



**Abbildung 3:** sBD x HF bei Belastung (25 Watt) bei Kindern mit normotonom und hypertonom Blutdruck.

In der vorliegenden Studie war nicht nur ein großer Anteil der untersuchten Kinder übergewichtig, sondern es fand sich auch ein Zusammenhang zwischen dem BMI und dem BD in Ruhe als auch insbesondere dem Belastungs-BD. Hier kommt also ein weiterer Risikofaktor hinzu, der zudem meist ebenfalls progredient und im späteren Leben schwerer reversibel ist.

Der größte Teil der Kinder mit einem erhöhten BD in Ruhe hatte zugleich einen überhöhten BD-Anstieg bei körperlicher Belastung, was als Hinweis auf eine eingeschränkte Vasodilatationsfähigkeit gewertet werden muss. Ein Einfluss psychischer Komponenten auf den BD und die HF während der Belastung, wie es ja in Ruhe bekannt ist, scheint ausgeschlossen. Die submaximale Belastung betrug ca. 1 Watt/kg Körpergewicht, entsprach damit durchaus alltäglichen Belastungen, wobei auch bei Kindern gezeigt werden konnte, dass bei dieser Belastungsstufe die gemessenen Parameter durch psychische Einflüsse nicht verändert werden (17).

Leider wurden in der vorliegenden Studie keine echokardiographischen Untersuchungen durchgeführt. Jedoch ist bei Erwachsenen bekannt, dass erhöhte BD-Anstiege bei submaximaler Belastung im Gegensatz zum Ruheblutdruck eine gute Korrelation zur linksventrikulären Muskelmasse (LVM) zeigen (21). Selbst bei normalem Blutdrucktagesprofil (ABDM), jedoch erhöhtem Belastungsblutdruck, fand sich im Vergleich zu denen, die bei beiden Methoden eine normale Blutdruckreaktion zeigten, ein erhöhter LVM-Index (7). Auch bei Kindern mit Hypertonie fand sich bei denen mit einer echokardiographisch nachgewiesenen linksventrikulären Hypertrophie (LVH) kein Zusammenhang mit dem Ruhe-BD bzw. 24-Stunden-BD (2). Bei eigenen Untersuchungen an älteren Kindern konnte hingegen mit Zunahme des während submaximaler Belastung gemessenen Drucks zugleich auch eine Zunahme der LVM bestätigt werden (13). In den Leitlinien der Europäischen Gesellschaft für Hypertonie (ESH) und der Gesellschaft für Kardiologie wird die standardisierte Überprüfung des Blutdrucks während Ergometrie als ergänzende diagnostische Methode empfohlen (11).

Die höhere HF bei Belastung bei den Kindern mit erhöhtem BD sowie ein verlangsamer Abfall in der Erholungsphase lassen den Schluss auf eine erhöhte sympatho-adrenerge Stimulation zu. Hieraus resultiert ein erhöhtes Produkt aus HF x systolischer BD während Belastung, was eine indirekte Einschätzung des myokardialen  $O_2$ -Verbrauchs ermöglicht (1, 14). Daraus resultiert zugleich ein erhöhter  $O_2$ -Verbrauch auch während alltäglicher Aktivitäten bei den hypertensiven Kindern. Das entspricht den Befunden bei Erwachsenen, die zeigen, dass bereits Grenzwerthypertoniker ein zwischen 20% und 30% höheres Produkt bei submaximaler Belastung im Vergleich zu Normotonikern aufwiesen (9, 8).

Regensteiner registrierte bei neu diagnostizierten Typ-2-Diabetikern bei identischen Ruhfrequenzen ebenfalls einen disproportionalen Anstieg der HF während ansteigender Belastung im Vergleich zu Nicht-Diabetikern (20). Die gleichfalls erhöhten Pulmonalkapillarverschlussdrücke (PCPW) gaben dabei einen Hinweis auf eine schon frühzeitig veränderte Hämodynamik bzw. kardiale Dysfunktion während körperlicher Belastung. Da bei ansteigender Belastung sowohl die HF als auch die  $O_2$ -Aufnahme linear ansteigen, kann bei den Kindern mit erhöhter HF bei entsprechender Belastung auch von einer eingeschränkten aeroben Leistungsfähigkeit ausgegangen werden. Eigene Untersuchungen bei älteren Kindern belegen mit zunehmendem BD eine Verschlechterung der linksventrikulären diastolischen Funktion, wobei diese gleichfalls mit einer reduzierten aeroben Leistungsfähigkeit verbunden ist (10).

Die bereits bei submaximaler Belastung eingeschränkte Vasodilatationsfähigkeit lässt eine bereits frühzeitige endotheliale Dysfunktion vermuten, wobei bei diesen Befunden durchaus auch schon mit möglichen strukturellen und funktionellen Endorganveränderungen gerechnet werden muss, wie Untersuchungen von de Simone (4) und auch eigene Daten (13) bei nur wenige Jahre älteren Kindern bereits zeigten. Das ist in Einklang zu bringen mit Daten der "Young Finns Studie" (18) sowie der "Bogalusa Heart Studie" (25), die beide zeigen, dass seit der Kindheit bestehende Risikofaktoren bereits die Entwicklung von Endorganveränderungen und -schäden begünstigen. Eine Metaanalyse belegt zudem, dass ein höherer BD bereits im Kindesalter auch einen im Erwachsenenalter höheren BD begünstigt (3). Betrachtet man nochmals die Ergebnisse der "Young Finns Studie", so sieht man, dass der BD im frühesten Kindesalter für eine spätere manifeste Hypertonie einen größeren prädiktiven Wert hatte im Vergleich zum BD in einem späteren Kindesalter. Hier zeigt sich daher zugleich die Bedeutung rechtzeitiger Diagnostik und präventiver Strategien.

### Zusammenfassung und Schlussfolgerung

Schon bei Kindern im Einschulungsalter sind zunehmend häufiger erhöhte Blutdrücke in Ruhe und auch bei körperlicher Belastung nachweisbar. Wie bei Erwachsenen eignet sich auch bei Kindern eine standardisierte Belastungsuntersuchung unter Berücksichtigung altersentsprechender Normwerte zur Risikostratifizierung gesundheitlich gefährdeter Kinder.

Die Prävention späterer kardiovaskulärer Morbidität durch frühzeitige Diagnostik und Kontrolle kardiovaskulärer Risikofaktoren muss daher bereits im Kindesalter beginnen. Hierzu ist eine Verbesserung des Sport- und Freizeitverhaltens sowie der Ernährung im Kindesalter dringend erforderlich.

#### Interessenkonflikt:

Der korrespondierende Autor erhält Vortragshonorare von den Firmen Berlin Chemie, Daiichi-Sankyo, Sanofi Aventis, Servier und Takeda. Die Daten dieser Arbeit wurden beim Annual Meeting of the American College of Sports Medicine (ACSM) 2010 präsentiert und mit dem International Student's Award ausgezeichnet.

Angaben zu finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen: Keine.

### LITERATUR

- BALLER D, SCHENK H, ZIPFEL J, HELLIGE G: Möglichkeiten und Grenzen von klinischen O<sub>2</sub>-Verbrauchsparametern. Z Kardiol 68 (1979) 656-661.
- BRADY TM, FIVUSH B, PAREKH R: Ability of blood pressure to predict left ventricular hypertrophy in children with primary hypertension. J Pediatr 152 (2008) 73-78.
- CHEN X, WANG Y: Tracking of blood pressure from childhood to adulthood. A systematic review and meta-regression analysis. Circulation 117 (2008) 3171-3180.
- DE SIMONE, MUREDDO GF, GRECO R, SCALFI L, DEL PUENTE AE, FRANZESE A, ET AL: Relations of left ventricular geometry and function to body composition in children with high casual blood pressure. Hypertens 30 (1997) 377-382.
- DE SWIET M, FAVERS P, SHINEBOURNE EA: Blood pressure in first 10 years of life. Bromton study. BMJ 304 (1992) 23-26.
- FRANZ IW, ED: Hypertonie und Herz. Springer Verlag, Berlin, Heidelberg, Budapest, 1991.
- FRANZ IW, MÜLLER JFM: Blood pressure response during ABPM and exercise and cardiac alterations. J Am Coll Cardiol 41 (2003) 247A.
- FRANZ IW: Die prognostische Bedeutung des Blutdrucks während der Ergometrie. Versicherungsmed 48 (1996) 208-211.
- FRANZ IW: Ergometrie bei Hochdruckkranken - Diagnostische und therapeutische Konsequenzen für die Praxis. Springer, Berlin Heidelberg New York, 1982, 92-95.
- GREWAL J, MCCULLY RB, KANE GC, LAM C, PELLIKKA PA: Left ventricular function and exercise capacity. JAMA 301 (2009) 286-294.
- GUIDELINES COMMITTEE. 2005 European Society of Hypertension - European Society of Cardiology Guidelines for the management of arterial hypertension. J Hypertens 21 (2003) 1011-1055.
- KETELHUT K, MOHASSEB I, KETELHUT RG: Einfluss eines regelmäßigen Bewegungsprogramms auf die Blutdruckentwicklung in Ruhe und bei Belastung sowie motorische Parameter im Kindergartenalter. Schweiz Z Sportmed Sporttraum 58 (2010) 69-73.
- KETELHUT R, RODE U, SCHRÖTER J: Early cardiac alterations due to high blood pressure in children. Proceedings of the Asian Pacific Congress of Hypertension, Kuala Lumpur, Malaysia, 2009, 63.
- KITAMURA K, JÖRGENSEN CR, GÖBEL F: Hemodynamic correlates of myocardial oxygen consumption during upright exercise. J Appl Physiol 32 (1972) 516-521.
- KORSTEN-RECK U, KROMEYER-HAUSCHILD K, BAUMSTARK MW, DICKHUTH HH, BERG A: Frequency of secondary dyslipidemia in obese children. Vasc Health Risk Man 5 (2008) 1089-1094.
- LI S: Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood. JAMA 290 (2003) 2271-2276.
- MOCCELLIN R, RUTENFRANZ J: Methodische Untersuchungen zur Bestimmung der körperlichen Leistungsfähigkeit (PWC170) im Kindesalter. Z Kinderheilk 108 (1970) 61-66.
- RAITAKARI OT, JUONALA M, KÄHÖNEN M, TAITTONEN L, LAITINEN T, MÄKI-TORKKO N, JÄRVISALO MJ, UHARI M, JOKINEN E, RÖNNEMAA T, AKERBLUM HK, VIKARI JS: Cardiovascular risk factors in childhood and carotid artery intima-media thickness in adulthood. JAMA 290 (2003) 2277-2283.
- RASCHER W: Blood pressure measurement and standards in children. Nephrol Dial Transplant 12 (1997) 868-870.
- REGENSTEINER JG, BAUER TA, REUSCH JEB, QUAIPE RA, CHEN MY, SMITH SC, MILLER TM, GROVES BM, WOLFEL EE: Cardiac dysfunction during exercise in uncomplicated type 2 diabetes. Med Sci Sports Exerc 41 (2009) 977-984.
- 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 5 (1985) 1224-1231.
- RODE U, KETELHUT RG, SCHRÖTER J, RÖRSCH T: Zusammenhang zwischen Body-Mass-Index, Blutdruck und linksventrikulärer Muskelmasse bei Kindern. DMW Suppl 3 (2003) 164.
- RODE U, SCHRÖTER J, RÖRSCH T, KETELHUT RG: Verschlechterung der diastolischen Funktion bei Kindern in Abhängigkeit vom Blutdruck und Body-Mass-Index. Herz Med 2 (2004) 116.
- SÁNCHEZ-BAYLE M, MUNOZ-FERNÁNDEZ MT, GONZÁLES-REQUEJ A: A longitudinal study of blood pressure in Spanish schoolchildren. Arch Dis Child 81 (1999) 169-171.
- SHENGXU L, CHEN W, SRINIVASAN SR, BOND MG, TANG R, URBINA EM, BERENSON GS: Childhood cardiovascular risk factors and carotid vascular changes in adulthood. JAMA 290 (2003) 2271-2276.

#### Korrespondenzadresse:

Prof. Dr. med. habil. Dr. rer. nat. Reinhard G. Ketelhut  
 Medical Center Berlin  
 Perleberger Str. 51  
 10551 Berlin  
 E-Mail: R.Ketelhut@t-online.de