

Auswirkung einer moderaten Intervallbelastung auf die Herzfrequenzvariabilität bei Grundschulkindern

Effects of Moderate Interval Training on Heart Rate Variability among Primary School Children

Zusammenfassung

- › **Problemstellung:** Die Herzratenvariabilität (HRV) wird zunehmend bei der Bestimmung dynamischer Eigenschaften kardiovaskulärer (cv) Kontrollmechanismen angewendet und ermöglicht eine spezifische Einsicht in die cv autonome Modulierbarkeit bei Gesundheit und Erkrankungen. Ein regelmäßiges Training hat erwiesenermaßen einen positiven Einfluss auf die Hämodynamik und eine Vielzahl von cv Risikofaktoren bei Erwachsenen. Die vorliegende Studie hatte zum Ziel, die Wirksamkeit einer neunmonatigen Bewegungsintervention mit moderater Intervallbelastung auf die HRV bei Grundschulkindern zu beurteilen.
- › **Methode:** 68 Schüler (Alter 8,6 ± 0,5 Jahre, 49% Mädchen, BMI 17,9 ± 2,5 kg/m²) wurden randomisiert in eine Interventions-(IG) (n=34) und Kontrollgruppe (KG) (n=34) eingeteilt. Beide Gruppen erhielten ihren regulären Sportunterricht (3x45 Min./Woche). Über einen neunmonatigen Interventionszeitraum absolvierte nur die IG eine zusätzliche Bewegungsintervention (2x45 Min./Woche). Die HRV-Parameter wurden vor und nach dem Interventionszeitraum bestimmt.
- › **Ergebnisse:** Im Vergleich zur KG zeigten sich bei der IG positive Effekte auf Parameter der HRV. Nach der Intervention stieg die High Frequency-Power (HF-Power) in der IG um 7,5% an (p<0,001) und die Low Frequency-Power (LF-Power) fiel um 3,6% ab (p<0,026). Die IG und KG veränderten sich über den neunmonatigen Interventionszeitraum unterschiedlich in der HF-Power (p<0,001) und LF-Power (p<0,003).
- › **Diskussion:** Eine moderate Intervallbelastung führte durch die Verstärkung des vagalen Einflusses bereits bei Grundschulkindern zu einem günstigen Effekt auf die autonome Regulation des Herzens. Es ist folglich ratsam, die Bewegungszeit bei Kindern so früh wie möglich zu erhöhen, um kardiale autonome Effekte günstig zu beeinflussen und möglicherweise kardiovaskulärer Morbidität vorzubeugen.

SCHLÜSSELWÖRTER:

Herzratenvariabilität, Autonome Modulation, Bewegungsintervention, Grundschulkindern

Einleitung

Herz-Kreislaufkrankungen sind weltweit die führende Ursache für Morbidität und Mortalität (34). Der Grundstein derartiger Erkrankungen wird häufig bereits im Kindes- und Jugendalter gelegt (27). Auch in Deutschland fokussiert sich die Medizin, die Wissenschaft und die Öffentlichkeit verstärkt auf den Gesundheitsstatus von Kindern und Jugendlichen (13). Dabei fällt auf, dass der Le-

Summary

- › **Objective:** Assessment of heart rate variability (HRV) is increasingly used to evaluate dynamic features of cardiovascular (cv) control mechanisms and offers a unique insight into autonomic cv modulation in health and diseases. Regular exercise is known to positively influence hemodynamics and various cv risk factors. The present study aimed to evaluate the efficacy of a nine-month moderate interval-training program on HRV in elementary school children.
- › **Methods:** 68 students (aged 8.6±0.5 years, 49% girls, BMI 17.9±2.5kg/m²), were randomized into intervention (IG) (n=34) and control (KG) (n=34) groups. Both IG and KG had regular physical education classes (PE) (3x45min/week). During a nine-month intervention period IG received an additional exercise intervention program (2x45min/week). Time and frequency domain measures of HRV were obtained before and after the intervention program.
- › **Results:** In contrast to KG, IG showed positive modifications of HRV parameters. After the intervention, High Frequency-Power (HF-Power) increased by 7.5% (p<0.001) and Low Frequency-Power (LF-Power) decreased by 3.6% (p<0.026) in IG. After the nine-month intervention, the IG and KG showed differences in HF-Power (p<0.001) and LF-Power (p<0.003) alterations.
- › **Conclusion:** In elementary school children, an additional regular moderate intensity interval training had favorable effects on measures of cardiac autonomic control due to increasing cardiac vagal activity. Therefore, exercise time in children should be increased as early as possible to positively influence cardiac autonomic function and potentially reduce cardiovascular morbidity in later life.

KEY WORDS:

Heart Rate Variability, Autonomic Modulation, Exercise Intervention, Elementary School Children

bensstil von Kindern und Jugendlichen zunehmend mehr durch Bewegungsmangel und Fehlernährung gekennzeichnet ist, was bereits frühzeitig zu Übergewicht und einem ungünstigen kardiovaskulären Risikoprofil führen kann (35). Eine regelmäßige sportliche Aktivität hingegen kann bereits im Kindesalter kardiovaskuläre Risikofaktoren wie den Blutdruck günstig beeinflussen (12). >

1. CHARITÉ-UNIVERSITÄTSMEDIZIN BERLIN, Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie, Berlin
2. MARTIN-LUTHER-UNIVERSITÄT HALLE-WITTENBERG, Institut für Sportwissenschaft, Halle-Wittenberg
3. MEDICAL SCHOOL BERLIN, Berlin
4. HEINRICH-HEINE-UNIVERSITÄT DÜSSELDORF, Institut für Klinische Diabetologie, Deutsches Diabetes-Zentrum, Leibniz-Zentrum für Diabetesforschung, Düsseldorf
5. DEUTSCHES ZENTRUM FÜR DIABETESFORSCHUNG (DZD), München-Neuherberg
6. HEINRICH-HEINE-UNIVERSITÄT DÜSSELDORF, Klinik für Endokrinologie und Diabetologie, Medizinische Fakultät, Düsseldorf



Article incorporates the Creative Commons Attribution – Non Commercial License. <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>



QR-Code scannen und Artikel online lesen.

KORRESPONDENZADRESSE:

Sebastian Ketelhut
Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie
Charité-Universitätsmedizin Berlin
Campus Charité Mitte
Luisenstraße 57, 10117 Berlin
✉: sebastian.ketelhut@yahoo.de

Tabelle 1

Anthropometrische Daten der Interventions- und Kontrollgruppe. *= $p < 0,05$.

ITEMS	GESAMT (N=68)		IG (N=34)		KG (N=34)	
	PRÄ M±SD	POST M±SD	PRÄ M±SD	POST M±SD	PRÄ M±SD	POST M±SD
Alter (Monate)	103,9±6,4	111,9±6,4	103,9±7,1	111,9±7,1	103,8±5,7	111,8±5,7
Körpergröße (cm)	135,7±5,9	139,7±6,4	135,5±5,7	139,7±6,1	135,8±6,0	139,7±6,6
Körpergewicht (kg)	33,0±5,3	35,1±5,4	34,4±5,9	37,0±6,1	31,5±4,7*	33,2±4,6
BMI (kg/m ²)	17,9±2,4	18,0±2,5	18,6±2,6	18,9±2,9	17,1±2,2*	17,0±2,0
WtHR	0,47±0,04	0,46±0,04	0,48±0,04	0,47±0,04	0,45±0,03*	0,44±0,03
Herzfrequenz (min ⁻¹)	86,4±8,2	85,4±7,9	86,7	86,3±6,9	86,1±7,4	84,5±9,0

Eine wiederholte Ausdauerbelastung stärkt zudem den Vagotonus (34). Dieser steht in einem inversen Zusammenhang zum Blutdruckverhalten (34), dem stärksten individuellen Risikofaktor für Herz-Kreislauf bedingte Mortalität (22). Die Relevanz einer sportlichen Aktivität im Hinblick auf die Modulierbarkeit der autonomen Regulation und insbesondere des Vagotonus stellt sich insofern nicht erst bei Erwachsenen.

Schon vor einigen Jahrzehnten konnte gezeigt werden, dass die Messung der Herzfrequenzvariabilität (HRV), als ein sensitives und nicht invasives Verfahren, die Einschätzung der kardialen autonomen Kontrolle ermöglicht (24). Im Rahmen einer HRV-Messung wird die Variation der Länge aufeinanderfolgender RR-Intervalle registriert, die durch sympathische und parasympathische Einflüsse des autonomen Nervensystems auf die Sinusknotenaktivität bedingt sind und durch HRV-Parameter quantifiziert werden können (33). Minder ausgeprägte vagale Parameter indizieren einen reduzierten vagalen inhibitorischen Einfluss, der zu einer autonomen Dysbalance bei reduzierter HRV führen kann und mit verschiedenen kardiovaskulären Risiken und Erkrankungen korreliert (34).

Ein regelmäßiges körperliches Training kann den Vagotonus triggern, ihn verstärken und einer autonomen Dysbalance entgegenwirken, wodurch das individuelle kardiovaskuläre Risiko positiv beeinflusst wird (34). Das kardioprotektive Potenzial körperlichen Trainings liegt dabei in der Beeinflussbarkeit der autonomen Regulation und Verbesserung der sympathovagalen Balance im Sinne einer Nettoerhöhung der efferenten Vagusaktivität (12).

Bei Erwachsenen konnte die prädiktive Bedeutung der HRV für das kardiovaskuläre Risiko belegt (34) und ein Zusammenhang zwischen regelmäßiger körperlicher Aktivität und der Zunahme der autonomen efferenten kardialen Aktivität gezeigt werden (12). Ferner stellten Sloan et al. (1999) bei jungen Erwachsenen fest, dass die High-Frequency-Power (HF-Power), ein HRV-Index des Parasympathikus, schon nach 12-wöchigem aeroben Ausdauertraining anstieg (32). Bei Untersuchungen an jüngeren Erwachsenen war nach einer hochintensiven Intervallbelastung (HIIT) die Zeit bis zum Erreichen der Ruhewerte der HRV bei vergleichbarer Gesamtbelastung deutlich länger als bei einem moderaten Ausdauertraining (3).

In der aktuellen prospektiven Studie sollte der Frage nachgegangen werden, wie sich der Einfluss einer Bewegungsintervention auf die Herzfrequenzvariabilität im Kindesalter auswirkt. Da weder ein regelmäßiges Ausdauertraining noch HIIT bei Grundschulkindern motivationsfördernd sind, sollte der Effekt einer moderaten Intervallbelastung auf Parameter der autonomen Regulation untersucht werden.

Methodik

Die Stichprobenrekrutierung erfolgte im Rahmen der Initiative „SMS. Sei schlau. Mach mit. Sei fit.“ des Deutschen Diabetes-Zentrums (DDZ) Düsseldorf mit Unterstützung des Vereins

für Frühprävention e.V., indem von den teilnehmenden Düsseldorfer Grundschulen zwei randomisiert ausgewählt wurden. Die Einteilung der Schüler der dritten Jahrgangsstufe in eine Interventions- (IG) und eine Kontrollgruppe (KG) erfolgte Cluster-randomisiert, da eine randomisierte Zuweisung einzelner Schüler in eine Interventions- und Kontrollgruppe im schulischen Setting schwierig ist. Es lag deshalb nahe, bei der Einteilung der Stichprobe auf bestehende Schulklassen als Randomisierungsebene zurückzugreifen (2).

Die Erziehungsberechtigten wurden über den Untersuchungsablauf aufgeklärt und gaben ihr schriftliches Einverständnis. Insgesamt nahmen 68 Schüler (Alter 8,6 ± 0,5 Jahre, 49% Mädchen, BMI 17,9 ± 2,4 kg/m²) an beiden Untersuchungen der im Prä- und Posttestdesign konzipierten Studie teil (IG:34 Kinder; KG:34 Kinder).

Während die KG ausschließlich am Sportunterricht (3x 45 Min./Woche) teilnahm, erhielt die IG während des neunmonatigen Interventionszeitraums zwei zusätzliche Bewegungseinheiten (à 45 Min./Woche), die fest in den Ganztags-schulbetrieb integriert waren und damit – abgesehen von den Schulferien – regelmäßig stattfanden. Es wurde das evaluierte Bewegungsprogramm „Fitness für Kids – Frühprävention im Grundschulalter“ angewandt und von qualifizierten Übungsleitern durchgeführt (15). Dieses freudbetonte, bewegungsintensive Programm, das einer moderaten Intervallbelastung entspricht, beinhaltet vielfältige Bewegungsaufgaben und diverse Lauf-, Fang- und Ballspielformen, die die motorischen Grundeigenschaften schulen.

Erhebung der Messparameter

Die Messung der RR-Intervalle erfolgte mit dem Herzfrequenz-Messgerät RS800CX (Polar, Finnland) in einem ruhigen Raum bei kontrollierter Raumtemperatur (22 ± 1°C) und wurde von demselben Untersucher unter Berücksichtigung der empfohlenen Standards zur Erfassung und klinischen Anwendung der HRV durchgeführt (28). Es wurde darauf geachtet, dass die Kinder vor der Untersuchung keiner intensiven körperlichen Belastung ausgesetzt waren (Sportunterricht, Hofpause) und eine zweistündige Nahrungskarenz eingehalten wurde. Die Herzfrequenzvariabilität wurde über die Aufzeichnung der RR-Intervalle mit einer Auflösung von einer Millisekunde (Abtastfrequenz von 1000 Hz) gemäß bestehender Empfehlungen zur Messung der HRV (30,33) gemessen. Um zu gewährleisten, dass die Kinder sich ruhig verhalten, wurde ihnen ein kurzer Filmausschnitt gezeigt.

Nach einer zweiminütigen Ruhephase und einem stabilisierten HRV-Signal erfolgte eine für Kinder validierte (4) fünfminütige Ruhemessung in Rückenlage, die laut Silva et al. (2017) die höchste Reproduzierbarkeit, insbesondere auch für vagale Parameter aufweist (30). Die Kinder sollten während der Messungen normal atmen, nicht sprechen und sich nicht bewegen, um den Atemfrequenzeinfluss zu minimieren. Zudem wurden

Körpergröße, Körpergewicht, Taillenumfang, Body-Mass-Index (BMI), Waist-to-Height-Ratio (WHtR) gemessen. Die Eingangs- und Abschlussuntersuchungen erfolgten jeweils zur selben Untersuchungszeit.

Datenauswertung und Statistik

Die gesammelten HRV-Rohdaten wurden mit der Software Kubios HRV, Version 2.1 der Universität Kuopio, Finnland ausgewertet (32). Die Datenverarbeitung erfolgte nach den Einstellungsempfehlungen einschlägiger Literatur (11, 20, 23, 29). Hierbei durften 5-10% des Signals herausgefiltert werden. Bei der Einstellung „Artifact correction“ wurde Level custom mit 0,3 ausgewählt, da ein Abstand von >300 ms von Schlag-zu-Schlag physiologisch als Artefakt definiert werden kann. Es gab keine Aufnahmen mit >5% Artefakten. Außerdem wurde mit der Einstellung „Smoothn priors“ (Lambda 1000) ein Filter verwendet, welcher bestimmte Frequenzen (hier VLF-Bereich), die nicht für eine Kurzzeitmessung relevant sind, entfernt (29).

Für die 5-minütigen HRV-Samples (zwei Messzeitpunkte; 1=prä Rückenlage, 2=post Rückenlage) wurden aus dem Frequenzbereich folgende Indices in die Bewertung einbezogen: Die High Frequency-Power (HF) (0.15-0.4Hz), die Low Frequency-Power (LF) (0.04-0.15Hz) und der LF/HF-Quotient.

Aus dem Zeitbereich wurde die RMSSD (root mean square of successive differences) als stabiler Parasympathikus-Marker in die Bewertung einbezogen.

Die statistische Auswertung erfolgte mit SPSS 18.0 für Windows. Zur Prüfung der Normalverteilung wurde der Kolmogorov-Smirnov-Test verwendet und die Homogenität der Varianzen wurde mit dem Levene-Test festgestellt. Die deskriptive Datendarstellung erfolgte anhand von Mittelwerten (MW) \pm Standardabweichungen (SD). Für den Prä- und Posttestvergleich wurde der t-Test für abhängige Stichproben angewandt. Unterschiede der Parameter beider Gruppen und Zeitpunkte wurden mittels zweifaktorieller ANOVA mit Messwiederholung bestimmt. Das statistische Signifikanzniveau wurde bei $p < 0,05$ festgelegt.

Ergebnisse

Der Gruppenvergleich zeigte in den Eingangsuntersuchungen Unterschiede hinsichtlich Körpergewicht und BMI, während Alter, Körpergröße und Herzfrequenz nahezu identisch waren (Tab. 1).

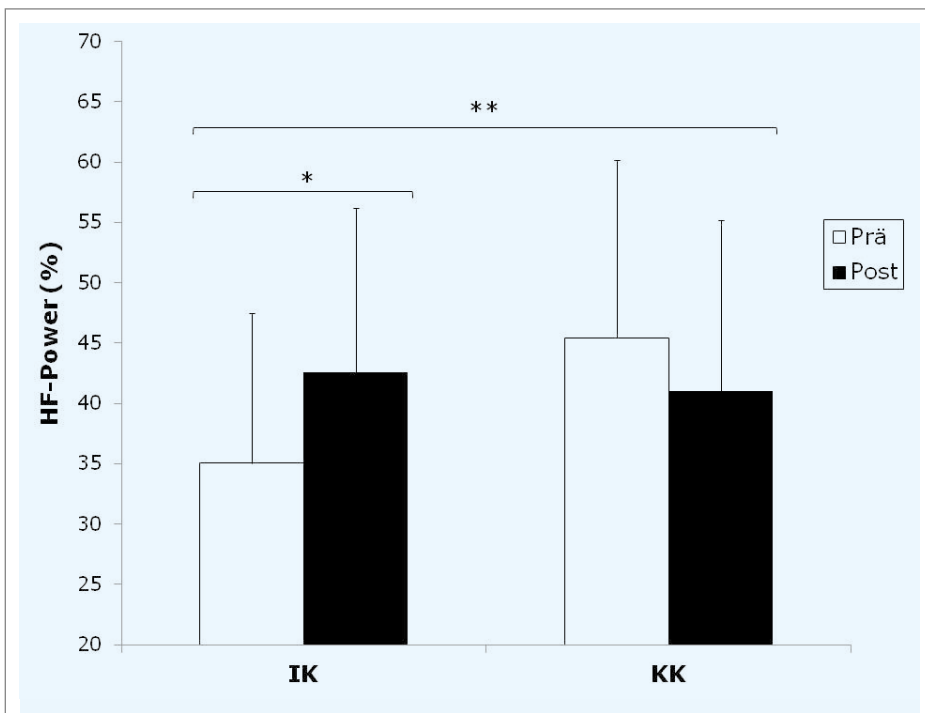


Abbildung 1

High Frequency-Power (Hf) für die Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (KG) vor (Prä) und nach (Post) der Interventionsphase und im Gruppenvergleich. Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben. * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$.

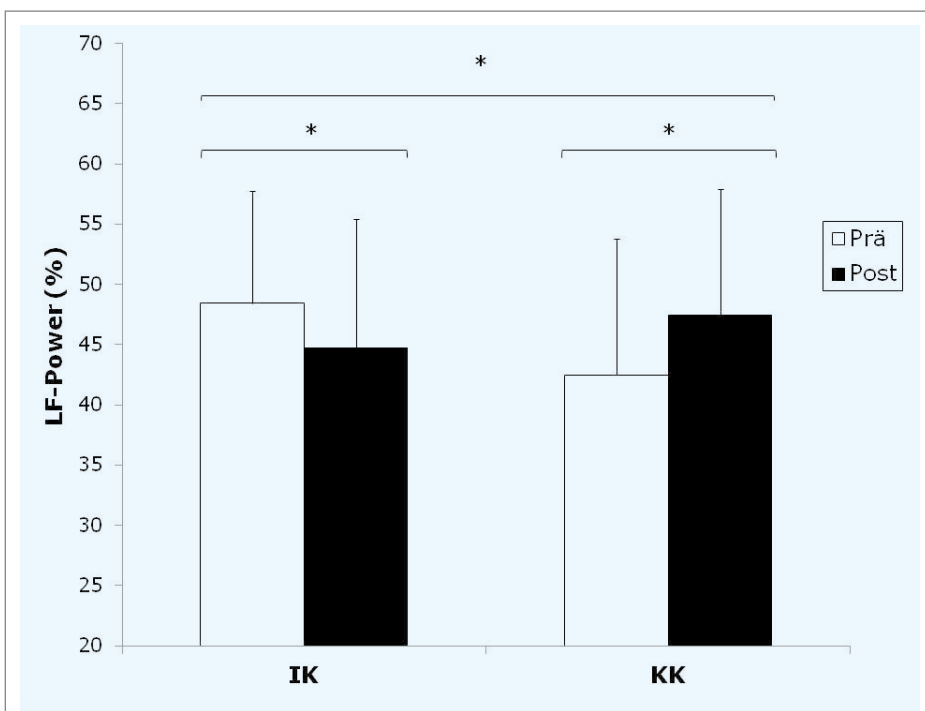


Abbildung 2

Low Frequency-Power (Lf) für Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (KG) vor (Prä) und nach (Post) der Interventionsphase und im Gruppenvergleich. Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben. * $p < 0,05$.

Die mittlere HF-Power (%) betrug bei der IG vor Interventionsbeginn $35,0 \pm 2,1\%$ und stieg danach auf $42,6 \pm 2,4\%$ an ($p < 0,001$). In den KG war eine Abnahme der HF-Power von $45,4 \pm 2,4\%$ auf $41,0 \pm 2,4\%$ nach Interventionsablauf festzustellen ($p = 0,032$). >

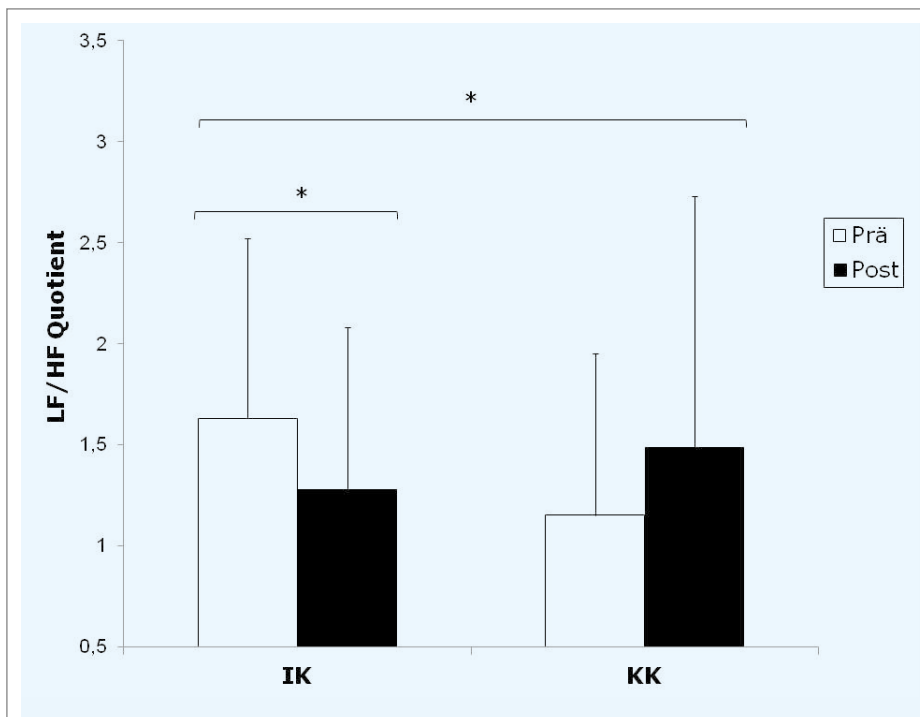


Abbildung 3

Verhältnis von Low Frequency-Power zu High Frequency-Power (Lf/Hf) für Interventionsgruppe (IG) und Kontrollgruppe (KG) vor (Prä) und nach (Post) der Interventionsphase und im Gruppenvergleich. Werte sind als Mittelwerte \pm Standardabweichungen angegeben. * $p < 0,05$.

Ähnlich verhielt es sich bei der RMSSD. Nach Interventionsabschluss kam es in der IG zu einer Zunahme des RMSSD von $50,5 \pm 6,0$ ms auf $59,8 \pm 5,4$ ms ($p=0,045$) und in der KG zu keiner Veränderung ($57,2 \pm 4,4$ ms vs. $55,8 \pm 4,7$ ms; $p=0,800$).

Bei der LF-Power ergab sich ein inverses Bild. Hier kam es in der IG zu einer Abnahme von $48,4 \pm 1,6\%$ auf $44,7 \pm 1,8\%$ ($p=0,025$), in der KG hingegen zu einem Anstieg der LF-Power von $42,4 \pm 1,9\%$ auf $47,5 \pm 1,7\%$ ($p=0,008$).

Auch die Veränderung des LF/HF-Quotienten war in beiden Gruppen unterschiedlich ($p=0,020$). So zeigte die IG eine Abnahme des Mittelwerts von $1,6 \pm 0,2\%$ auf $1,3 \pm 0,1\%$ ($p=0,033$) und die KG eine Zunahme des LF/HF-Quotienten von $1,2 \pm 0,1\%$ auf $1,5 \pm 0,2\%$ ($p=0,169$) (Abb. 3).

Insgesamt ließen sich signifikante Interventionseffekte hinsichtlich der HF-Power ($p < 0,001$), LF-Power ($p=0,003$) und des LF/HF-Quotient ($p=0,020$) zugunsten der IG feststellen. Der RMSSD zeigte lediglich einen Trend ($p=0,080$) in Richtung einer Zunahme des RMSSD in der IG gegenüber der KG.

Diskussion

Die Studie zeigte, dass eine Steigerung der Bewegungszeit (90min/Woche) in Form einer moderaten Intervallbelastung die vagale Herzfrequenzmodulation und somit die neurale Kontrolle des Herzens bei Kindern günstig beeinflusste. Der Gruppenvergleich bewies, dass das zusätzliche Programm die kardiovagale autonome Funktion der IG förderte und eine Abnahme der LF-Power begünstigte. Die vagale Herzfrequenzmodulation wurde dabei insbesondere durch einen Anstieg des Frequency-Domain-Parameters HF-Power in der IG dargestellt. Erwiesenermaßen besteht ein signifikanter Zusammenhang zwischen der HF-Power und dem RMSSD (33), der eine selektive Beurteilung der efferenten Vagus-Aktivität und des parasympathischen Einflusses auf das Myokard ermöglicht. Dieser Zusammenhang wurde auch in der aktuellen Studie bestätigt,

ebenso wie die Reduzierung des LF/HF-Quotienten als Indikator der sympathovagalen Balance (24, 33). Im Gegensatz dazu wurden in der Kontrollgruppe ein Abfall der HF-Power und eine Zunahme der LF-Power und des LF/HF-Quotienten festgestellt.

Mit steigendem Alter kommt es bekanntlich zu Veränderungen peripherer und zentraler Kontrollmechanismen wie der Herzfrequenzreduktion, dem Blutdruckanstieg und der Zunahme der Pulswellengeschwindigkeit. Diese Tendenz zeigte sich in einer Studie bei 7-9-Jährigen bereits im Verlauf eines Jahres (17). Auch die HRV verändert sich mit dem Alter (31). Während es im adulten Alterungsprozess zu einer Abnahme der kardiovagalen autonomen Kontrolle sowie der HRV kommt, reift die autonome Kontrolle des Herzens von früher Kindheit bis zum Erwachsenenalter (19). Lenard et al. (2004) begründen dieses kindliche Phänomen mit einer Effizienzsteigerung der autonomen neuronalen Verflechtungen und der kindlichen Baroreflexzunahme und belegen dies u.a. mit ansteigenden parasympathi-

schen HRV-Indices ab dem 15. bis 18. Lebensjahr, die in diesem Alter ihre Höchstwerte erreichen, bevor sie bei 19-bis 22-Jährigen wieder abnehmen.

In der aktuellen Studie konnte deutlich früher, nämlich bereits bei 7-9-jährigen der IG ein Anstieg vagaler HRV-Indices (HF-Power, RMSSD) nachgewiesen werden. Ebenso zeigte der interindividuelle Vergleich der IG mit der KG eine Kompensation der Reduktion der HRV.

Welche neuronalen Mechanismen sich bei der kindlichen autonomen Reifung letztendlich vollziehen, ist bisher nicht hinreichend belegt. Körperliche Aktivität könnte hierbei eine Einflussgröße sein. Erwiesenermaßen hat körperliche Aktivität einen Einfluss auf die Baroreflexfunktion und beugt einer altersbedingten Baroreflexabnahme vor (14,21). Weitere Studien belegen zudem, dass körperliches Training neben der arteriellen Compliance Einfluss auf die zentrale autonome Aktivität hat (9, 14).

Bereits eine akute extreme Ausdauerbelastung bewirkt eine langanhaltende Veränderung der autonomen kardialen Regulation mit einer erhöhten sympathischen und einer reduzierten parasympathischen Aktivität und damit auch einer Reduktion der HRV, die z. B. nach einem 30 km-Lauf noch drei Tage danach nachweisbar ist (1). Die Erholungszeit der HRV ist allerdings bei Jüngeren nach einer intensiven Belastung deutlich kürzer als bei Älteren (10).

Eine regelmäßige körperliche Aktivität hat einen anhaltenden günstigen Einfluss auf die autonome kardiale Regulation, was sich durch eine Zunahme der HRV im Vergleich zu untrainierten Erwachsenen darstellt (5) und bereits nach einem moderaten dreimonatigen Ausdauertraining nachweisbar ist (12). Hier ist eine deutliche Parallele der HRV zum Blutdruck- und Herzfrequenzverhalten zu sehen, wo ebenfalls durch eine akute Belastung ein Anstieg induziert wird, wo hingegen bei regelmäßiger Belastungswiederholung ein günstiger Effekt mit anhaltendem Herzfrequenzabfall und einem auf Dauer niedrigerem Blutdruck zu verzeichnen ist (16).

Ein wesentlicher Faktor für die positive Beeinflussung der HRV-Parameter scheint die Belastungsintensität darzustellen. So zeigte ein Vergleich zwischen einem kurzen hochintensiven Intervalltraining (HIIT) und einem moderaten Ausdauertraining schon nach einem zweiwöchigen Training mit insgesamt nur sechs Trainingseinheiten, dass das HIIT hinsichtlich des Anstiegs der Variabilität der RR-Intervalle und der kardialen vagalen Aktivität deutlich effektiver war (18). In der aktuellen Studie reichte bereits eine moderate Intervallbelastung mit einer geringeren Intensität als das HIIT aus, um die geschilderten Effekte zu erzielen.

Die Bedeutsamkeit dieser Ergebnisse wird dadurch untermauert, dass es vermehrt Hinweise gibt, dass eine reduzierte HRV der Entstehung verschiedener Risikofaktoren vorausgeht und eine Reduzierung allgemeiner Risikofaktoren mit einer Erhöhung der HRV einhergeht (34). So spielt das autonome Nervensystem auch eine bedeutende Rolle in der Blutdruckregulation, wobei insbesondere in der Frühphase einer Hypertonie eine überwiegende sympathische Aktivität durch Spektralanalysen der HRV beschrieben wird (8). Die Framingham- und ARIC-Studie (34) konnten einen inversen Zusammenhang zwischen dem Vagotonus und dem Blutdruckverhalten nachweisen. Ferner stellten sie anhand des RMSSD-Wertes fest, dass Probanden im niedrigsten RMSSD-Quartil im Vergleich zu Probanden im höchsten Quartil eine Hazard Ratio von 1,36 für eine Hypertonie-Entwicklung im neunjährigen Beobachtungszeitraum aufwiesen.

Bei Bewertung der präsentierten Ergebnisse müssen Limitationen berücksichtigt werden. So wurde die körperliche Freizeitaktivität der Kinder nicht erfasst. Ein außerschulisches regelmäßiges Sportengagement könnte durchaus als möglicher Einflussfaktor auf die HRV angesehen werden (26). Allerdings ist der zeitliche Spielraum für außerschulische Aktivitäten bei Schulen im Ganztagsbetrieb relativ eingeschränkt.

Als weitere Limitation sind die für die IG und KG unterschiedlichen Ausgangswerte der HRV- und Gewichtsparameter zu nennen, die eventuell ein Ergebnis der Cluster-Randomisierung sind und die Vergleichbarkeit der Gruppen erschwert. Es wäre zu überlegen, eine Randomisierung - unabhängig von Clustern - vorzunehmen, was allerdings im Setting Schule logistisch schwer möglich ist.

Hinsichtlich der Gewichtsunterschiede bleibt hierbei insbesondere anzumerken, dass Übergewicht mit einer reduzierten HF-Power in Verbindung gebracht (6,7) wird sowie für den BMI ein inverses Verhalten zu HRV-Indizes wie die HF-Power beschrieben ist (25).

Da nach Kromeyer-Hauschild (2001) beide Gruppen als normalgewichtig einzustufen waren und in den Verlaufsuntersuchungen eine stärkere Zunahme des BMI und des Körpergewichts in der Interventionsgruppe festzustellen war, wurde auf eine statistische Analyse, die für den BMI kontrolliert ist, verzichtet.

Fazit

Zusammenfassend lässt sich schlussfolgern, dass die geschilderte Interventionsmaßnahme, die zu einer positiven Beeinflussung der kardialen autonomen Modulation bei Grundschulern geführt hat, als frühzeitiger Beitrag zu einer kardiovaskulären Gesundheit interpretiert werden kann. Dies unterstreicht die Dringlichkeit, vermehrte Bewegungsangebote in Kindergärten und Schulen zu implementieren und dabei scheint gerade der Ansatz intensiver Belastungsformen bereits im Kindesalter erfolgsversprechend. ■

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

Literatur

- (1) AAGAARD P, SAHLEN A, BERGFELDT L, BRAUNSCHEWIG F. Heart rate and its variability in response to running - Associations with troponin. *Med Sci Sport Exerc.* 2014; 8: 1624-1630.
- (2) BORTZ J, DÖRING N. Forschungsmethoden und Evaluation für Human- und Sozialwissenschaften. Berlin, Heidelberg, New York: Springer; 2006.
- (3) CABRAL-SANTOS C, GACON TR, CAMPOS EZ, GEROSA-NETO J, RODRIGUES B, VANDERLEI LCM, LIRA FS. Impact of High-intensity Intermittent and Moderate-intensity Continuous Exercise on Autonomic Modulation in Young Men. *Int J Sports Med.* 2016; 37: 431-435.
- (4) GAMELIN FX, BAQUET G, BERTHOIN S, BOSQUET L. Validity of the polar S810 to measure R-R intervals in children. *Int J Sports Med.* 2008; 29: 134-138. PubMed doi:10.1055/s-2007-964995(27)
- (5) GOLDSMITH RL, BIGGER JT JR, STEINMAN RC, FLEISS JL. Comparison of 24-hour parasympathetic activity in endurance-trained and untrained young men. *J Am Coll Cardiol.* 1992; 20: 552-558. doi:10.1016/0735-1097(92)90007-A
- (6) GUTIN B, BARBEAU P, LITAKER MS, FERGUSON M, OWENS S. Heart rate variability in obese children. relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. *Obes Res.* 2000; 8: 12-19. doi:10.1038/oby.2000.3
- (7) GUTIN B, OWENS S, SLAVENS G, RIGGS S, TREIBER F. Effect of physical training on heart-period variability in obese children. *J Pediatr.* 1997; 130: 938-943. doi:10.1016/S0022-3476(97)70280-4
- (8) GUZZETTI S, PICCALUGA E, CASATI R, CERUTTI S, LOMBARDI F, PAGANI M, MALLIANI A. Sympathetic predominance in essential hypertension: a study employing spectral analysis of heart rate variability. *J Hypertens.* 1988; 6: 711-717. doi:10.1097/00004872-198809000-00004
- (9) HAUSDORFF JM, ZEMANY L, PENG C, GOLDBERGER AL. Maturation of gait dynamics: stride-to-stride variability and its temporal organization in children. *J Appl Physiol.* 1999; 86: 1040-1047.
- (10) HAUTALA A, TUPPO MP, MAKIKALLIO TH, LAUKKANEN R, NISSILA S, HUIKURI HV. Changes in cardiac autonomic regulation after prolonged maximal exercise. *Clin Physiol.* 2001; 21: 238-245. doi:10.1046/j.1365-2281.2001.00309.x
- (11) HOOS O. Spektralanalyse der Herzfrequenzvariabilität im Sport - Methoden und Anwendungen, Möglichkeiten und Grenzen. In Hottenrott K (Hrsg.), Herzfrequenzvariabilität: Methoden und Anwendungen in Sport und Medizin. Internationales Symposium am 5. November 2005 in Halle (Saale). Hamburg: Czwalina; 2006: 28-65.

- (12) **HOTTENROTT K, HOOS O, ESPERER HD.** Herzfrequenzvariabilität und Sport. *Herz.* 2006; 31: 544-552. doi:10.1007/s00059-006-2855-1
- (13) **HULSHOF KFAM, BRUSSAARD JH, KRUIZINGA AG, TELMAN J, LOWIK MRH.** Socio-economic status, dietary intake and 10y trends: the Dutch National Food Consumption Survey. *Eur J Clin Nutr.* 2003; 57: 128-137. doi:10.1038/sj.ejcn.1601503
- (14) **HUNT BE, FARQUHAR WB, TAYLOR JA.** Does reduced vascular stiffening fully explain preserved cardio-vagal baroreflex function in older, physically active men? *Circulation.* 2001; 103: 2424-2427. doi:10.1161/01.CIR.103.20.2424
- (15) **KETELHUT K, MOHASSEB I, SCHEFFLER C, GERICKE C, KETELHUT RG.** Verbesserung der Motorik und des kardiovaskulären Risikos durch Sport. *Dtsch Arztebl.* 2005; 16: 1128-1136.
- (16) **KETELHUT RG, FRANZ IW, SCHOLZE J.** Efficacy and position of endurance training as a non-drug therapy in the treatment of arterial hypertension. *J Hum Hypertens.* 1997; 11: 651-655. doi:10.1038/sj.jhh.1000507
- (17) **KETELHUT S, HEISE W, KETELHUT K, KETELHUT RG.** Tägliche Sportstunde verbessert hämodynamische Faktoren bei Schulkindern. *J Hyperton.* 2016; 20: 5-10.
- (18) **KIVINIEMI AM, TULPPU MP, ESKELINEN JJ, SAVOLAINEN AM, KAPANEN J, HEINONEN IH, HUIKURI HV, HANNUKAINEN JC, KALLIOKOSKI KK.** Cardiac autonomic function and high-intensity interval training in middle-age men. *Med Sci Sports Exerc.* 2014; 46: 1960-1967. doi:10.1249/MSS.0000000000000307
- (19) **LENARD Z, STUDINGER P, MERSICH B, KOCSIS L, KOLLAI M.** Maturation of cardiovagal autonomic function from childhood to young adult age. *Circulation.* 2004; 110: 2307-2312. doi:10.1161/01.CIR.0000145157.07881.A3
- (20) **MICHELS N, CLAYS E, DE BUYZERE M, HUYBRECHTS I, MARILD S, VANAELST B, SIOEN I.** Determinants and reference values of short-term heart rate variability in children. *Eur J Appl Physiol.* 2013; 113: 1477-1488. doi:10.1007/s00421-012-2572-9
- (21) **MONAHAN KD, TANAKA H, DINENNO FA, SEALS DR.** Central arterial compliance is associated with age- and habitual exercise-related differences in cardio-vagal baroreflex sensitivity. *Circulation.* 2001; 104: 1627-1632. doi:10.1161/hc3901.096670
- (22) **MOZAFFARIAN D, STEIN PK, PRINEAS RJ, SISCOVICK DS.** Dietary Fish and ω -3 Fatty Acid Consumption and Heart Rate Variability in US Adults. *Circulation.* 2008; 117: 1130-1137. doi:10.1161/CIRCULATIONAHA.107.732826
- (23) **NISKANEN JP, TARVAINEN MP, RANTA-AHO PO, KARJALAINEN PA.** Software for advanced HRV analysis. *Comput Meth Programs Biomed.* 2004; 76: 73-81.
- (24) **PAGANI M, LOMBARDI F, GUZZETTI S, RIMOLDI O, FURLAN R, PIZZINELLI P, SANDRONE G, MALFATTO G, DELL'ORTO S, PICCALUGA E.** Power spectral analysis of heart rate and arterial pressure variabilities as a marker of sympathovagal interactions in man and conscious dog. *Circ Res.* 1986; 59: 178-193. doi:10.1161/01.RES.59.2.178
- (25) **PETRETTA M, BONADUCE D, DE FILIPPO E, MUREDDU GF, SCALFI L, MARCIANO F, BIANCHI V, SALEMME L, DE SIMONE G, CONTALDO F.** Assessment of cardiac autonomic control by heart period variability in patients with early-onset familial obesity. *Eur J Clin Invest.* 1995; 25: 826-832. doi:10.1111/j.1365-2362.1995.tb01691.x
- (26) **RADTKE T, KHATTAB K, BRUGGER N, ESER P, SANER H, WILHELM M.** High-volume sports club participation and autonomic nervous system activity in children. *Eur J Clin Invest.* 2013; 43: 821-828. doi:10.1111/eci.12112
- (27) **WHITAKER RC, WRIGHT JA, PEPE MS, SEIDEL KD, DIETZ WH.** Predicting obesity in young adulthood from childhood and parental obesity. *N Engl J Med.* 1997; 337: 869-873. doi:10.1056/NEJM199709253371301
- (28) **SAMMITO S, THIELMANN B, SEIBT R, KLUSMANN A, WEIPPERT M, BÖCKELMANN I.** Guideline for the application of heart rate and heart rate variability in occupational medicine and occupational science. *ASU International Edition.* 2015. doi:10.17147/ASUI.2015-06-09-03
- (29) **SEPPÄLÄ S, LAITINEN T, TARVAINEN MP, TOMPURI T, VEIJALAINEN A, SAVONEN K, LAKKA T.** Normal values for heart rate variability parameters in children 6-8 years of age: the PANIC Study. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014; 34: 290-296. doi:10.1111/cpf.12096
- (30) **SILVA CC, BERTOLLO M, REICHERT FF, BOULLOSA DA, NAKAMURA FY.** Reliability of Heart Rate Variability in Children: Influence of Sex and Body Position During Data Collection. *Pediatr Exerc Sci.* 2017; 29: 228-236. doi:10.1123/pes.2016-0085.
- (31) **SILVETTI MS, DRAGO F, RAGONESE P.** Heart rate variability in healthy children and adolescents in partially related to age and gender. *Int J Cardiol.* 2001; 81: 169-174. doi:10.1016/S0167-5273(01)00537-X
- (32) **SLOAN RP, SHAPIRO PA, DEMEERSMAN RE, BAGIELLA E, BRONDOLO EN, MCKINLEY PS, MYERS MM.** The Effect of Aerobic Training and Cardiac Autonomic Regulation in Young Adults. *Am J Public Health.* 2009; 99: 921-928. doi:10.2105/AJPH.2007.133165
- (33) **TASK FORCE OF THE EUROPEAN SOCIETY OF CARDIOLOGY AND THE NORTH AMERICAN SOCIETY OF PACING AND ELECTROPHYSIOLOGY.** Heart rate variability: Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Circulation.* 1996; 93: 1043-1065. doi:10.1161/01.CIR.93.5.1043
- (34) **THAYER JF, YAMAMOTO SS, BROSSCHOT JF.** The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol.* 2010; 141: 122-131. doi:10.1016/j.ijcard.2009.09.543
- (35) **VEIJALAINEN A, TOMPURI T, HAAPALA EA, VIITASALO A, LINTU N, VÄISTÖ J, LAITINEN T, LINDI V, LAKKA TA.** Associations of cardiorespiratory fitness, physical activity, and adiposity with arterial stiffness in children. *Scand J Med Sci Sports.* 2016; 26: 943-950. doi:10.1111/sms.12523