

MMMW

FORTSCHRITTE DER MEDIZIN

Originalien III-IV/2016

15. Dezember 2016 | Jg. 158 | Supplement 6

INHALT

- L. ERTL, L. SANFTENBERG, J. SCHELLING
Medizinische Atteste und Untersuchungen
in der allgemeinärztlichen Praxis.
Indikationen, Hindernisse und Relevanz
einer Standardisierung 1
- G.-W. SCHMEISL, Y. KRETZSCHMAR
Kurzwirksame Insuline – Neuentwicklungen
hin zu mehr Flexibilität für den Patienten 5
- E. WIENECKE, C. NOLDEN
Langzeit-HRV-Analyse zeigt Stressreduktion
durch Magnesiumzufuhr 12
- P. NIELSEN, R. KONGI, R. FISCHER
Wirksamkeit eines Eisen-Retardpräparates
bei Eisenmangelanämie 17

CONTENTS

- L. ERTL, L. SANFTENBERG, J. SCHELLING
Medical certificates and examinations in
family doctor's office. Indications, barriers
and relevance of standardization 1
- G.-W. SCHMEISL, Y. KRETZSCHMAR
Fast-acting insulin – new developments
towards more flexibility for the patient 5
- E. WIENECKE, C. NOLDEN
Long-term HRV analysis shows stress
reduction by magnesium intake 12
- P. NIELSEN, R. KONGI, R. FISCHER
Efficacy of an iron retard preparation in
patients with iron deficiency anemia 17

Langzeit-HRV-Analyse zeigt Stressreduktion durch Magnesiumzufuhr

Von E. Wienecke und C. Nolden

Aktuelle Gesundheitsreporte zeigen, dass psychische Krankheiten auf dem Vormarsch sind und gesellschaftspolitische Herausforderungen darstellen. Nach dem Bundesministerium für Arbeit und Soziales sowie der Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin ist die Anzahl der Fehltag in diesem Indikationsbereich in den letzten sieben Jahren um mehr als 97% angestiegen [1]. Der BKK-Gesundheitsreport 2014 beschreibt, dass der relative Anteil psychischer Erkrankungen in den vergangenen 39 Jahren von 2% auf 14,7% gestiegen ist und mit 40,1 Tagen außerdem die längste durchschnittliche Krankheitsdauer aufweist, verglichen mit 13 Tagen bei allen Erkrankungen [2]. Aus dem Bericht der Deutschen Rentenversicherung Bund geht hervor, dass psychische Erkrankungen die häufigste Ursache für krankheitsbedingte Frühberentungen sind [1].

Eine Möglichkeit, Stress und daraus resultierende psychische Erkrankungen frühzeitig zu diagnostizieren, ist die Herzratenvariabilität (HRV), die einen Eindruck über die Balance zwischen Leistungsbereitschaft (Sympathikusaktivierung) und Regeneration (Parasympathi-

Prof. Dr. Elmar Wienecke: Stiftung für Mikronährstoffe, Prävention, Gesundheit, Lebensqualität, Halle/Westfalen; Claudia Nolden: SALUTO Gesellschaft für Sport und Gesundheit mbH, Halle/Westfalen

This article is part of a supplement not sponsored by the industry.

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Psychische Belastungen und Stress stellen eine immer größer werdende gesellschaftspolitische Herausforderung dar. Die Herzratenvariabilität (HRV)-Messung, die ihren Ursprung in der kardialen Funktionsdiagnostik hat, gibt Aufschluss über die neurovegetative Aktivität. Eine geringe HRV ist Ausdruck für ein Ungleichgewicht der sympathischen und parasympathischen Efferenzen und damit ein Hinweis auf eine Stressbelastung.

Methode: Es wurde eine randomisierte, kontrollierte, zweiarmlige Parallelstudie mit 100 Probanden und einem Studienzeitraum von 90 Tagen durchgeführt. Hauptuntersuchungsgegenstand war, inwieweit der Mineralstoff Magnesium, der als natürlicher Kalziumantagonist ebenfalls einen hohen Stellenwert in der Kardiologie hat, in Kombination mit einem Kraftausdauertraining die sympathovagale Balance beeinflussen kann. Als zusätzlicher Parameter wurde der Effekt auf die intrazelluläre Magnesiumkonzentration untersucht.

Ergebnisse: In der Gruppe, die täglich 400 mg Magnesium supplementierte, verbesserten sich die HRV-Parameter deutlich: Der pNN50 – ein Indikator für die Höhe der Parasympathikusaktivi-

tät – stieg an. Die LF-HF-Ratio sowie der Stressindex – niedrige Werte bedeuten jeweils eine gute Balance des vegetativen Nervensystems – sanken. Die Probanden der Kontrollgruppe zeigten keine positiven Veränderungen der HRV-Parameter. Die Vagusaktivität und damit die Anpassungs- und Regenerationsfähigkeit des Körpers nahmen nachweisbar durch die Magnesiumsubstitution zu. Eine Wirkung auf die intrazelluläre Magnesiumkonzentration konnte in der Studie nicht gezeigt werden.

Schlussfolgerungen: Die Ergebnisse dieser Studie weisen darauf hin, dass Menschen mit psychischen und körperlichen Stressbelastungen von einer täglichen Magnesiumzufuhr profitieren können. Diese führt nicht nur zu einer verbesserten physiologischen Regulation der sympathischen und parasympathischen Efferenzen, sondern kann einem Magnesiummangel und damit weiteren Folgeerscheinungen und -erkrankungen wie beispielsweise Unruhezuständen, Reizbarkeit, Konzentrationsschwäche, Schlafstörungen oder Depressionen vorbeugen.

Schlüsselwörter: Herzratenvariabilität (HRV) – Stressbelastung – vegetatives Nervensystem – Magnesiumzufuhr

Eingereicht am 29.6.2016 – Revision akzeptiert am 26.8.2016

kusaktivierung) gibt [3]. Sie ist eine nicht invasive Messgröße der neurovegetativen Aktivität sowie der autonomen Funktion des Herzens und beschreibt dessen Fähigkeit, den zeitlichen Abstand von Herzschlag zu Herzschlag belastungsabhängig zu verändern [4]. Ihren Ursprung hat die HRV-Messung in der kardialen Funktionsdiagnostik, bei der sie wichtige Informationen über Störungen des vegetativen Nervensystems und den daraus resultierenden Auswirkungen auf den Krankheitsverlauf liefert [5]. Auf Grund ihrer Aussagefähigkeit über den Status des vegetativen Nervensystems werden die Parameter der HRV-Analyse zunehmend als Indikatoren für die psychische Beanspruchung herangezogen [6].

Magnesium und vegetatives Nervensystem

Vor dem Hintergrund, dass Stressbelastungen durch adrenerge Effekte eine erhöhte Ausscheidung von lebenswichtigen Mineralstoffen wie Magnesium fördern [7, 8] und Magnesium als physiologischer Kalziumantagonist eine wichtige Rolle im Zusammenhang mit kardiovaskulären Beschwerden und Erkrankungen spielt [9], gilt es in der nachfolgend vorgestellten Studie, den positiven Einfluss einer Magnesiumsupplementation auf das vegetative Nervensystem zu verifizieren. Da körperlicher Aktivität positive Effekte auf Stressregulationssysteme zugeschrieben werden [10] und neueste sportwissenschaftliche Erkenntnisse zeigen, dass Krafttraining ähnliche Auswirkungen auf

das myofasziale System hat wie ein Ausdauertraining, gilt es in der vorliegenden Untersuchung außerdem, den Einfluss eines moderaten Kraftausdauertrainings auf die HRV zu analysieren.

METHODE

Um einerseits die Wirkung einer Magnesiumsupplementation in Kombination mit einem moderaten Kraftausdauertraining auf das vegetative Nervensystem und andererseits Nebeneffekte auf die intrazelluläre Magnesiumkonzentration hin zu untersuchen, wurden 100 Probanden mittels Blockrandomisierung 1:1 der Versuchs- und der Kontrollgruppe zugeordnet. Für die Studienteilnahme wurden Probanden im Alter von 40 bis 65 Jahren (± 3 Jahre) mit einem geringen Sport- und Bewegungsverhalten ausgewählt. Ausgeschlossen aus der Studie waren Personen mit psychischen Erkrankungen, regelmäßiger Magnesiumzufuhr, Herzinsuffizienz, AV-Block höheren Grades, mittelgradigem bis schwerem Diabetes oder mit bestimmter Medikation (Kalziumantagonisten, Betablocker, ACE-Hemmer, Antidepressiva und Diuretika). Da sechs Probanden die Studie vorzeitig abgebrochen haben, bestand die Magnesiumgruppe aus insgesamt 49 Probanden (32 männlich und 17 weiblich) mit einem Durchschnittsalter von $51,1 \pm 6,5$ Jahren und die Kontrollgruppe aus 45 Probanden (20 männlich und 16 weiblich) mit einem Durchschnittsalter von $50,4 \pm 6,6$ Jahren.

Die Interventionsprobanden nahmen über einen Zeitraum von zwölf Wochen einmal täglich ein Magnesiumpräparat* aus der Apotheke ein. Die Kontrollgruppe erhielt keine Supplementierung. Alle Probanden absolvierten einmal wöchentlich ein kontrolliertes Kraftausdauertraining.

Parameter

Die Untersuchungsparameter wurden zu Beginn (T1) und zum Ende der Intervention (T2) bestimmt. Für die Interpretation des vegetativen Nervensystems wurden HRV-Parameter der 24-Stunden-EKG-Messung verschiedener Auswerteverfahren gewählt:

- Der **pNN50 [%]** ist ein ermittelter Wert der zeitbezogenen Messung und stellt den prozentualen Anteil aller RR-Intervalle dar, die sich mehr als 50 ms voneinander unterscheiden. Ein hoher Wert bedeutet hohe spontane Änderungen der Herzfrequenz und ist damit ein stabiler Indikator für die Parasympathikusaktivität.
- Der **Stressindex** ist eine mathematische Größe nach Baevsky [11]. Er reagiert sensitiv auf Verschiebungen des vegetativen Gleichgewichts. Ein niedriger Wert spiegelt eine niedrige Stressbelastung wider.
- Die **LF-HF-Ratio** ist ein frequenzbezogener Parameter und setzt sich aus dem

*Biolectra® Magnesium 400 mg ultra direkt Zitronengeschmack; Hermes Arzneimittel GmbH, Großhesselohe

Tab. 1: Deskriptive Werte der HRV-Parameter getrennt für die Interventions- und Kontrollgruppe einschließlich statistischer Kennzahlen der Unterschiedsprüfungen zwischen den Gruppen zum Zeitpunkt der Follow-up-Untersuchung T2

Dimension	Messzeitpunkt	Magnesiumgruppe	Kontrollgruppe	Unterschiedsprüfung		
		M \pm SD	M \pm SD	t	df	p
pNN50 [%]	T1	6,0 \pm 5,8	5,0 \pm 4,4	2,293	89	0,024
	T2	8,0 \pm 9,9	4,3 \pm 3,5			
Stressindex [E]	T1	221,7 \pm 109,7	215,0 \pm 90,3	-0,861	89	0,392
	T2	219,8 \pm 108,3	240,0 \pm 115,4			
LF-HF-Ratio	T1	5,6 \pm 3,4	6,0 \pm 4,0	-1,907	89	0,060
	T2	4,9 \pm 2,6	6,0 \pm 3,0			

Quotienten der „low frequency power“ und der „high frequency power“ (beide [ms²]) zusammen. Da der „high frequency power“ vor allem die parasympathischen Efferenzen zugeschrieben werden, deutet ein niedriger Wert auf eine Balance zwischen Sympathikus und Parasympathikus hin. Ist die LF-HF-Ratio hoch, überwiegt der Sympathikus. Die Bestimmung der intrazellulären Magnesiumkonzentration in den Erythrozyten erfolgte anhand der Atomabsorptionsspektrometrie (AAS-Flammentechnik). Mittels Hämolyse werden die erythrozytär gebundenen Mikronährstoffe freigesetzt und gehen in das Serum über. Die solchermaßen neu zusammengesetzte Probenmatrix wird anschließend der Diagnostik zugeführt.

Statistik

Die Datenverarbeitung und -auswertung erfolgte mit der Statistiksoftware SPSS Version 19. Als Berechnungs- und Bewertungsgrundlage dienen t-Tests für abhängige Stichproben, bei denen Signifikanzen auf dem 0,05-Niveau angegeben werden.

ERGEBNISSE

Vegetatives Nervensystem

Anhand der prozentualen Veränderungen ist zu erkennen, dass sich die HRV-Parameter in der Interventions- und Kontrollgruppe unterschiedlich entwickelt haben (Abb. 1).

- Der **pNN50** sollte bei Menschen, die jünger als 50 Jahre sind, größer als 10% sein. Obwohl das Durchschnittsalter der Probanden bei knapp über 50 Jahren liegt, beträgt der Eingangswert lediglich 6,0% bzw. 5,0% (Tab. 1) – ein Ausdruck für eine herabgesetzte parasympathische Aktivität. Durch die Magnesiumsupplementierung ist der Wert in der Supplementierungsgruppe deutlich angestiegen und lag am Ende der Studie lediglich 2% unter dem Referenzbereich. In der Kontrollgruppe ist der Wert um 0,7% abgesunken. Nach statistischer

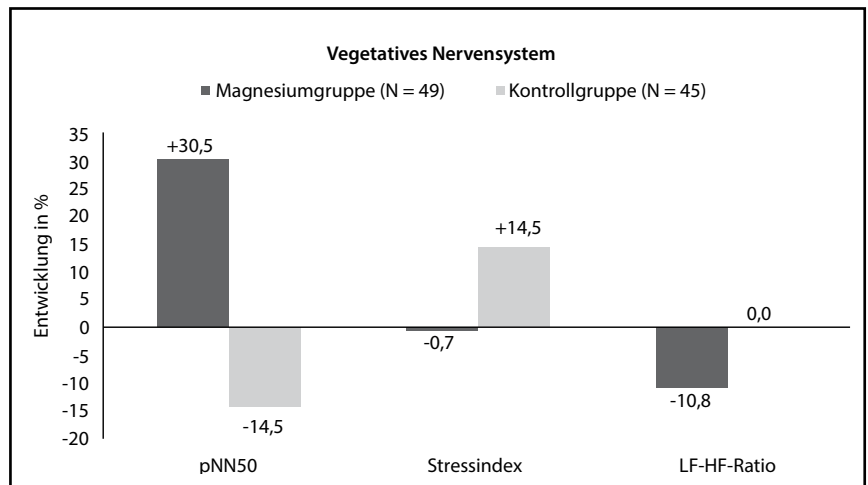


Abb. 1: Prozentuale Entwicklung der HRV-Parameter (24 Stunden) von T1 zu T2.

Überprüfung ist der Unterschied zu T2 signifikant ($p = 0,024$).

- Der gewöhnliche **Stressindex** liegt zwischen 50 und 150 E. Bei emotionalem Stress und akuter körperlicher Belastung steigt der Index auf 600–700 E, im Vorinfarktstadium sogar auf 900–1100 E an [1]. Die Werte beider Untersuchungsgruppen lagen mit durchschnittlich 215–240 E oberhalb der Normwerte, jedoch deutlich unter den Werten bei akuter Belastung. Obwohl der Stressindex in der Supplementierungsgruppe um 1,9 E sank und der der Kontrollgruppe um 25,0 E anstieg, zeigt die statistische Überprüfung keine Relevanz ($p = 0,392$).
- Eine **LF-HF-Ratio** von 0,5 wird mit einer guten Balance des vegetativen Nervensystems assoziiert. Bei einer Ratio > 1 überwiegt der sympathische Anteil. Die Probanden dieser Studie zeigten Werte deutlich > 4 , was mit einem Überwiegen der sympathischen Aktivität bzw. einem erhöhten Stressniveau einhergeht. Durch die Magnesiumsupplementierung konnte eine Reduktion der LF-HF-Ratio erreicht werden. Die der Kontrollgruppe blieb dagegen unverändert. Mit $p = 0,060$ weist der Unterschied zu T2 aber lediglich eine marginale Signifikanz auf.

Auf Grund der mit zunehmendem Alter herabgesetzten HRV, die sich beispiels-

weise in den hohen Standardabweichungen darstellt, wurde eine Subgruppenanalyse durchgeführt. Diese hatte das Ziel, die Auswirkungen der Magnesiumsubstitution auf jüngere Probanden zu verifizieren. Untersucht wurde der Unterschied zwischen der Magnesiumgruppe und der Kontrollgruppe bei Probanden über und unter 50 Jahren. Im Fokus standen die Tageswerte der HRV-Parameter, um zu analysieren, wie gut die Regulationsfähigkeit des vegetativen Nervensystems bei den Beanspruchungen im Alltag ist. Die statistischen Überprüfungen zeigten in der Gruppe über 50 Jahren in keinem der drei untersuchten Bereiche eine Signifikanz (pNN50: $t(43) = 0,539$, $p = 0,592$; Stressindex: $t(43) = 0,262$, $p = 0,795$ und LF-HF-Ratio: $t(43) = -0,561$, $p = 0,578$). Die Subgruppe unter 50 Jahren wies sowohl beim pNN50 ($t(44) = 2,100$, $p = 0,042$) als auch bei der LF-HF-Ratio ($t(44) = -2,462$, $p = 0,018$) einen hohen signifikanten Unterschied auf. Lediglich der Stressindex zeigte mit $p = 0,206$ ($t(44) = -1,285$) keine Relevanz.

Intrazelluläre Magnesiumkonzentration

Der Normalwert des Magnesiumspiegels in den Zellen beträgt 38,8–64,4 mg/l Ery. Bei einer zu geringen Konzentration kommt es zu einem intrazellulären Magnesiummangel. Dabei sinkt der Magne-

siumspiegel auf unter 38 mg/l Ery ab. Ein latenter Magnesiummangel liegt ab einem Wert von 44 mg/l Ery vor. Beide Untersuchungsgruppen lagen mit 48,5 mg/l Ery (Interventionsgruppe) und 49,6 mg/l Ery (Kontrollgruppe) im unteren Normalbereich. Von T1 zu T2 hat die intrazelluläre Magnesiumkonzentration in beiden Probandengruppen signifikant abgenommen, wobei die Reduktion in der Kontrollgruppe mit 2,9 mg/l Ery größer war als in der Magnesiumgruppe, dessen Wert lediglich um 1,5 mg/l Ery sank. Dieser Unterschied ist aber zwischen den Untersuchungsgruppen zu T2 statistisch nicht relevant ($p = 0,771$).

DISKUSSION

Auffällig ist, dass alle Probanden zu Beginn eine herabgesetzte HRV und damit ein erhöhtes Stressniveau aufzeigten, obwohl sie zu Beginn der Studie keine relevanten psychischen Belastungen angaben. Der Stressindex sowie die LF-HF-Ratio beider Untersuchungsgruppen liegen oberhalb der zurzeit in der Literatur angegebenen Normwerte für Normalpersonen. Da es keine vergleichbaren Studien und wenig validierte Referenzwerte für die 24-Stunden-Messung gibt, ist es schwierig, diesbezüglich eine fundierte Interpretation vorzunehmen.

Anhand der Entwicklung der HRV-Parameter ist von einem positiven Einfluss der Magnesiumsupplementierung auszugehen. Da beide Gruppen ein moderates Kraftausdauertraining durchgeführt haben, können dessen Einflussnahme ausgeschlossen und die Effekte allein auf die Magnesiumzufuhr zurückgeführt werden. Diese Tatsache stimmt mit der Vermutung von Eller-Berndl [12] und Hottenrott [13] überein, dass lediglich ein moderates aerobes Ausdauertraining positive Auswirkungen auf die HRV hat. Die Ergebnisse der Subgruppenanalyse lassen darauf schließen, dass gerade jüngere Personen im Hinblick auf eine verbesserte Regulations- und Regenerationsfähigkeit von der Magnesiumsupplementierung profitieren können.

Eine mögliche Erklärung für die Abnahme des Magnesiumspiegels kann in dem durch die sportliche Betätigung der Studienteilnehmer gesteigerten Magnesiumverbrauch der Muskeln liegen. Es ist anzunehmen, dass eine Erhöhung des Energiestoffwechsels durch das absolvierte Kraftausdauertraining bei untrainierten Personen dementsprechend eine Steigerung des Magnesiumumsatzes bedingt. Wissenschaftliche Studien berichten ebenfalls über eine durch körperliche Aktivität reduzierte Magnesiumkonzentration [14]. Die Autoren nahmen an, dass bei körperlicher Belastung ein Magnesiumshift von intrazellulär (Erythrozyten) zunächst nach extrazellulär (Plasma) und von dort in andere Gewebe – wie in die Muskulatur – stattfindet. Auf Grund der schon länger zurückliegenden Untersuchung und des nicht vergleichbaren Studiendesigns sowie der Tatsache, dass zu dieser Thematik auch hier keine aktuellen Studien vorliegen, kann lediglich vermutet werden, dass 400 mg Magnesium in der vorliegenden Untersuchung nicht ausreichend waren, um den erhöhten Magnesiumbedarf zu kompensieren.

Fazit

Durch die Substitution von 400 mg Magnesium ist eine Verbesserung der Vagusaktivität und damit ein Effekt auf die Anpassungs- und Regulationsmechanismen des vegetativen Nervensystems zu verzeichnen. Angesichts der in dieser Studie gewonnenen Ergebnisse kann vermutet werden, dass sowohl Personen mit, aber auch ohne subjektiv wahrgenommene psychische und körperliche Stressbelastungen einen gesundheitlichen Nutzen einer Magnesiumzufuhr haben.

Vor dem Hintergrund der zunehmenden psychischen Erkrankungen und den dadurch bedingten wirtschaftlichen Einbußen könnten langfristig Konsequenzen für die Diagnostik und für Therapiemaßnahmen abgeleitet werden. Die nicht invasive Methode zur Erfassung der vagalen Funktion müsste dafür als Standardmessverfahren in die Gesund-

heitsbereiche integriert werden. Bislang gehört die HRV-Messung in dieser Form nicht zu den Routineverfahren der Allgemeinmedizin. Wir halten allerdings weitere Untersuchungen zur HRV an unterschiedlichen Probandenkollektiven für wichtig, um Norm- und Referenzwerte zu validieren und so klarere Aussagen zu diversen Fragestellungen treffen zu können.

Long-term HRV analysis shows stress reduction by magnesium intake

Background: Mental pressure and stress represent an ever-increasing socio-political challenge. The heart rate variability (HRV) measurement, which has its origin in the cardiac function diagnosis, gives information on the neurovegetative activity. A low HRV shows an imbalance of the sympathetic and parasympathetic efferents and thus is an indicator of stress.

Method: A randomized, controlled, two-armed parallel study with 100 participants and a period of 90 days was performed. Main object of investigation was to what extent the mineral magnesium, which is also a high-quality natural calcium antagonist in cardiology, can influence the sympathovagal balance, when given in combination with a strength-endurance training. The effect on intracellular magnesium concentration was investigated as an additional parameter.

Results: In the group with daily supplementation of 400 mg of magnesium, HRV parameters clearly increased: pNN50 – an indicator of parasympathetic activity – increased. LF-HF ratio as well as stress index – low values for each represent a good balance of the vegetative nervous system – decreased. In the control group no positive changes in HRV parameters could be shown. Vagus activity, and thus the adaptive and regenerative capacity of the body, veritabily increased by magnesium supplementation. No effect on the intracellular magnesium concentration could be shown in the study.

Conclusions: The results of this study point out that persons with mental and physical stress can benefit from a daily intake of magnesium. This might lead to an improved physiological regulation of the sympathetic and parasympathetic efferents and, furthermore, prevent magnesium deficiency and diseases such as, for example, restlessness, irritability, lack of concentration, sleep disorder or depression.

Key words: heart rate variability (HRV) – stress – vegetative nervous system – magnesium supplementation

Interessenkonflikt

Elmar Wienecke und Claudia Nolden erklären, dass keine finanziellen Interessen und Beziehungen, wie Patente, Honorare oder Unterstützung durch Firmen, in Bezug auf diese Studie und die Erstellung dieses Manuskript bestehen.

LITERATUR

1. Psychische Gesundheit in der Arbeitswelt (psyGA). Daten und Fakten – Zahlen rund um das Thema psy-

chische Gesundheit. Abrufbar unter: <http://psyga.info/psychische-gesundheit/daten-und-fakten/> (zuletzt aufgerufen am 31.08.2016).

2. Knieps F, Pfaff H (Hrsg). Gesundheit in Regionen. BKK Gesundheitsreport 2014. Abrufbar unter: http://www.bkk-dachverband.de/fileadmin/publikationen/gesundheitsreport_2014/BKK_Gesundheitsreport.pdf (zuletzt aufgerufen am 31.08.2016).
3. Böckelmann I, Sammito S. Messung psychischer Belastungen mit der Herzratenvariabilität – ein Ausblick. Abrufbar unter: http://www.bsafb.de/fileadmin/downloads/baet2013/Vortrag_Boeckelmann_23022013_Osnabruock_fuer_die_web.pdf (zuletzt aufgerufen am 31.08.2016).
4. Löllgen H. Herzfrequenzvariabilität. Dtsch Ärztebl 1999; 96(31–32): A2029–A2032.
5. Werdan K, Schmidt H, Heinroth K, et al. HRV als Risikomarker für Herz-Kreislauf-Erkrankungen: gesicherte und neue Erkenntnisse. In: Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD (Hrsg). Herzfrequenzvariabilität: Risiko-diagnostik, Stressanalyse, Belastungssteuerung: internationales Symposium am 1. November 2008 in Halle (Saale). Czwalina Verlag, Hamburg 2009, S. 11–22.
6. Franke-Gricksch N, Heimann JF. Der Puls des Lebens. Die Signale des Herzens verstehen. PACs Verlag GmbH, Staufen 2015.
7. Galland L. Magnesium, stress and neuropsychiatric disorders. Magnes Trace Elem 1991–1992; 10(2–4): 287–301.
8. Mocchi F, Canalis P, Tomasi PA, Casu F, Pettinato S. The effect of noise on serum and urinary magnesium and catecholamines in humans. Occup Med (Lond) 2001; 51(1): 56–61.
9. Long S, Romani AMP. Role of cellular magnesium in human diseases. Austin J Nutri Food Sci 2014; 2(10): 1051.
10. Schulz KH, Meyer A, Langguth N. Körperliche Aktivität und psychische Gesundheit. Bundesgesundheitsblatt 2012; 55: 55–65.
11. Baeovsky RM. Die Methodik der Analyse der Herzfrequenzanalyse. Copris Handelsgesellschaft mbH, Berlin 1999.
12. Eller-Berndl D. Herzratenvariabilität. Verlagshaus der Ärzte, Wien 2010.
13. Hottenrott K, Hoos O, Esperer HD. Herzfrequenzvariabilität und Sport. Herz 2006; 31: 544–552.
14. Golf SW, Happel O, Graef V, Seim KE. Plasma aldosterone, cortisol and electrolyte concentrations in physical exercise after magnesium supplementation. J Clin Chem Clin Biochem 1984; 22(11): 717–721.
15. Cernak I, Savic V, Kotur J, et al. Alterations in magnesium and oxidative Status during chronic emotional stress. Magnes Res 2000; 13(1): 29–36.

16. Curic A, Männer H, Meißner S, Morawetz F. Untersuchung zur Herzratenvariabilität unter Stress- und Spannungsbedingungen. Universität Regensburg: Unveröffentlichter Bericht, 2008.

17. Eller-Berndl D. Herzratenvariabilität in der Sportmedizin. Die Vagusstimulation als eine therapeutische Option mit erhöhtem Herz-Kreislauf-Risiko. Sportärztezeitung 2016; 02: 80–85.

Für die Verfasser:

Prof. Dr. Elmar Wienecke
Stiftung für Mikronährstoffe – Prävention,
Gesundheit, Lebensqualität gem. GmbH
Gausekampweg 2
33790 Halle/Westfalen
stiftungmikronaehrstoffe@t-online.de