



Martin-Luther-Universität  
Halle-Wittenberg



# 7. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität

Methoden und Anwendungen in Sportwissenschaft,  
Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie

Ärztliche Fortbildungsveranstaltung  
4. März 2017 in Halle (Saale), 9.00 - 17.00 Uhr im Audimax

**Ausrichter:** Institut für Sportwissenschaft,  
Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung (ILUG)  
Tagungshomepage: [www.hrv-sport.de](http://www.hrv-sport.de)

ABSTRACT BAND

## **7. Internationales Symposium Herzfrequenzvariabilität: Methoden und Anwendungen in Sportwissenschaft, Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie**

*4. März 2017 in Halle (Saale)*

Das 7. Int. Symposium zur Herzfrequenzvariabilität und autonomen Funktion gibt einen aktuellen Überblick zur rasant fortschreitenden Entwicklung in Methoden und Anwendungen der HRV in Sportwissenschaft, Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie. Im Rahmen von Impulsvorträgen, Kurzbeiträgen und Posterpräsentationen werden die wechselseitigen Bezüge zwischen physiologischen Grundlagen, methodischen Ansätzen und aktuellen Anwendungen aufgezeigt und praxisnah diskutiert.

Die Stärkung physischer Gesundheitsressourcen, die Verminderung von Risikofaktoren und die Vermeidung von Übertraining erfordern ein auf die individuelle Belastbarkeit abgestimmtes Trainingsprogramm. Aktuelle Studien zeigen, welchen Input hierzu ein HRV-kontrolliertes Training leisten kann. Insbesondere in der Steuerung des Leistungs- und Hochleistungstrainings nimmt die autonome Kontrolle mittels verschiedener Parameter der HRV in immer mehr Sportarten einen festen Platz ein. Sie kann als sensibler Marker der Individualisierung und Feinabstimmung der Trainingsbelastungen und zur Regenerationssteuerung fungieren.

Die HRV eignet sich in dem präventiv ausgerichteten Fach Arbeitsmedizin insbesondere für Fragestellungen im Kontext der HKE-Risikostratifizierung und Risikoprävention als zusätzlicher Indikator zum Gesundheitsstatus sowie im Zusammenhang mit der Einschätzung der Beanspruchung z. B. im Verlauf einer Arbeitsphase, eines Arbeitstages bzw. Beurteilung der Belastung am Arbeitsplatz. Der umfassende Wandel der Arbeitswelt mit zunehmenden kogni-

tiven und psycho-emotionalen Herausforderungen des Arbeitnehmers gegenüber früher im Vordergrund stehenden körperlichen Beanspruchungen verlangt neue Beanspruchungsindikatoren, die über die unmittelbare Stoffwechselvermittlung bzw. Energetik hinausgehen und die neue Belastungen gut erfassen können. Über die HRV, als Parameter der allgemeinen Aktivierung und sympatho-vagalen Balance des Organismus, können nach dem Belastungs-Beanspruchungs-Konzept Rückschlüsse auf die stattgefundenen psychische Belastungen gezogen werden.

Die klinische Anwendung von Parametern der autonomen Funktion hat seit der aktualisierten HRV-Leitlinie der Europäischen Gesellschaft für Kardiologie 2015 nochmals einen Schub erhalten. So werden erstmals die klinischen Aspekte von abgeleiteten nichtlinearen Parametern genau charakterisiert. Epidemiologische Studien konnten zeigen, dass eine niedrige Herzfrequenz mit einer längeren Lebensdauer bei gesunden Probanden assoziiert ist. In der Kardiologie erweist sich eine niedrigere Herzfrequenz als ein unabhängiger Prädiktor des Überlebens von Patienten mit koronarer Herzerkrankung und chronischer Herzinsuffizienz. Wir möchten im Rahmen des Kongresses die klinischen Anwendungen von neuen und etablierten Parametern der HRV sowie die klinische Wertigkeit der basalen Herzfrequenz zur Risikoprädiktion charakterisieren. Weiterhin soll die Relevanz dieser Parameter zur Risikoprädiktion beim akuten Koronarsyndrom, bei der chronischen Herzinsuffizienz und beim Vorhofflimmern sowie als Anwendung in der Sportmedizin diskutiert werden.

*Prof. Dr. Kuno Hottenrott, Halle (Saale)*

*Prof. Dr. med. Irina Böckelmann, Magdeburg*

*Prof. Dr. med. Hendrik Schmidt, Magdeburg*

## Tagungsprogramm

### 7. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität:

**Methoden und Anwendungen in Sportwissenschaft, Arbeits- und Intensivmedizin sowie Kardiologie**

09:00 - 9:10 Uhr **Begrüßung**  
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

09:10 - 10:30 Uhr (HS XXII)  
**Session 1: HRV in Arbeitsmedizin und Gesundheitsförderung**

Vorsitz: Prof. Dr. med. Hendrik Schmidt  
Prof. Dr. med. Irina Böckelmann

09:10 - 09:30 Uhr  
**Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin: Ein Überblick über die Forschungslage und den praktischen Einsatz**  
Böckelmann, I. & Sammito, S.

09:30 - 09:45 Uhr  
**Referenzwerte in der Analyse der Herzfrequenzvariabilität – Sachstand und aktuelle Entwicklungen**  
Sammito, S. & Böckelmann, I.

09:45 - 10:00 Uhr  
**Herzfrequenzvariabilität als Beanspruchungsparameter zur Beurteilung der Belastung beim Einsatz neuer Informationstechnologien**  
Darius, S. et al.

10:00 - 10:15 Uhr  
**Beurteilung vegetativer Regulationsprozesse nach einem Halbmarathonlauf anhand der Herzratenvariabilität in Abhängigkeit des individuellen Trainingszustandes**  
Herbermann, M. et al.

10:15 - 10:30 Uhr  
**Von Spechten, Regentropfen und Herzschlägen - Vergleichende Frequenzanalyse periodischer Signale**  
Mockenhaupt, J.

10:30 - 10:50 Uhr Kaffeepause

10:50 - 12:05(HS XXII)  
**Session 2: HRV in Training und Sportwissenschaft**

Vorsitz: Prof. Dr. Lutz Vogt  
Prof. Dr. Thomas Gronwald

10:50 - 11:05 Uhr  
**Herzfrequenzvariabilität zur Optimierung von Training und Regeneration**  
Hottenrott, K.

11:05 - 11:15 Uhr  
**Sportliche Aktivität und HRV im Kindes und Jugendalter**  
Hoos, O.

11:15 - 11:25 Uhr  
**Nichtlineare Dynamik der HRV in Bezug zur kortikalen Aktivierung während einer fahrradergometrischen Dauerbelastung**  
Gronwald, T. et al.

11:25 - 11:35 Uhr  
**Effekt von Ausdauer- und Krafttraining auf hämodynamische Parameter und die Herzfrequenzvariabilität**  
Missal, P. & Ketelhut, R. G.

11:35 - 11:45 Uhr  
**Unterschiede der vagalen Herzratenmodulation bei dynamischer Ganzkörperarbeit in der Belastungs- und Erholungsphase – Untersuchungen bei vergleichbarer Herzrate**  
Weippert, M. et al.

11:45 - 11:55 Uhr  
**Interne und externe Validität von 60-Sekunden Herzratenvariabilitäts-Indizes**  
Weippert, M. et al.

11:55 - 12:05 Uhr  
**Bewegungsparcours in der Therapie klinischer Depression – eine randomisiert-kontrollierte Äquivalenzstudie**  
Niederer, D. et al.

12:05 - 12:45 Uhr Mittagspause und Postersession

12:10 - 12:40 Uhr (Foyer)

**Postersession**  
Vorsitz: Prof. Dr. med. Dr. Reinhard Ketelhut

**Effekte der Berufstätigkeit und der Arbeitsbelastung auf die Herzratenvariabilität in Ruhe, während eines Lagewechseltests, eines Atemtests und einer psychische Belastungssituation bei Finanzangestellten**  
Heilmann, F. & Burger, R.

**Eine regelmäßige moderate Intervallbelastung verbessert die autonome kardiovaskuläre Regulation bei Kindern im Grundschulalter**  
Ketelhut, S.R. et al.

**Effekte eines bewegungsorientierten psychosomatischen Therapiekonzepts auf die HRV und ausgewählte hämodynamische Parameter**  
Wehlan, E. et al.

**Diagnostischer Nutzen der HRV in der Trainingssteuerung im Radsport**  
Ewald, M. & Ferger, K.

**Untersuchungen zum Einfluss von Schichtarbeit von Einsatzkräften im Rettungsdienst auf Herzfrequenzvariabilität und stattgehabter subjektiven Beanspruchung**  
Schumann, H. et al.

**Überprüfung der Wirkung einer Raum-Installation auf Parameter des parasympathischen Nervensystems**

Burger, R. & Lathan, D.

**Die Wirkung einer speziellen (entzündungssenkenden) Ernährung bei Rheumatikern auf verschiedene Parameter der Herzfrequenzvariabilität**

Feil, F. et al.

12:45 - 14:00 Uhr (HS XXII)

**Session 3: Anwendung der HRV in der Praxis**

Moderation: PD. Dr. Olaf Hoos

12:45 - 13:00 Uhr

**HRV-basierende Parameter der Trainingsbelastung und deren Anwendung im professionellen Leistungssport**

Rottensteiner, C.

13:00 - 13:15 Uhr

**Die praktische Anwendung der Herzfrequenzvariabilität in der niedergelassenen Praxis**

Gorsolke, F.

13:15 - 13:30 Uhr

**Zusammenspiel von Atmung und HRV**

Beise, R.

13:30 - 13:45 Uhr

**Der Orthostatic-Test – ein Tool zur Trainingssteuerung**

Hottenrott, L.

13:45 - 14:00 Uhr

**Herzfrequenzvariabilität als Parameter zur Erfassung der beruhigenden Wirkung von Klosterfrau Melisengeist®**

Dimpfel, W.

14:00 - 14:20 Uhr Kaffeepause

14:20 - 16:00 Uhr (HS XXII)

**Session 4: Autonome Funktion und HRV in Intensivmedizin und Kardiologie**

Vorsitz: Prof. Dr. Ursula Müller-Werdan  
Prof. Dr. Dirk Hoyer

14:20 - 14:40 Uhr

**Autonome Funktion und Herzerkrankungen – was ist praxisrelevant bei Herzinsuffizienz, akutem Koronarsyndrom und Vorhofflimmern?**

Schmidt, H.

14:40 - 15:00 Uhr

**Herzfrequenzsenkung durch Schrittmacherkanalhemmung bei Patienten mit Multiorgan-Dysfunktionssyndrom- die MODIFY-Studie**

Werdan, K.

15:00 - 15:20 Uhr

**Veränderte Herzfrequenzvariabilität als früher Indikator für subakute Infektionen nach ischämischem Mediainfarkt**

Hoyer, D.

15:20 - 15:30 Uhr

**Autonome Dysfunktion bei Herzinsuffizienz und MODS – sind Sie prognoserelevant?**

Rauchhaus, H.

15:30 - 15:40 Uhr

**Upgrading von CRTD auf eine zweite LV-Elektrode bei Nonrespondern**

Dumbrava, D.

15:40 - 15:50 Uhr

**Wertigkeit der Methoden zur Messung der basalen Herzfrequenz beim MODS**

Müller, J.

15:50 - 16:00 Uhr

**Serielle Bestimmung der HRV beim MODS**

Tymiec, P.

16:00 - 16:20 Uhr Kaffeepause

16:20 - 17:10 Uhr (HS XXII)

**Session 5: Anwendung der HRV bei unterschiedlichen Zielgruppen und unter Hypoxie**

Vorsitz: Prof. Dr. med. Irina Böckelmann  
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

16:20 - 16:35 Uhr

**HRV-Veränderungen im Kontext von Langzeitarbeitslosigkeit und subjektiver Arbeitsfähigkeit**

Vogt, L. et al.

16:35 - 16:45 Uhr

**Verbesserung der parasympathischen Reaktionslage und der Sauerstoffaufnahme in Ruhe bei stressbelasteten Personen durch eine Anwendung von Intermittierender Hypoxie/ Hypoxie Therapie (IHHT): Eine Pilotstudie aus der therapeutischen Praxis**

Aisenpreis, P. M.

16:45 - 16:55 Uhr

**Deskriptive Parameter der 24h-Heart Rate Variability bei Hämodialysepatienten am Dialysetag**

Burger, R. et al.

16:55 - 17:05 Uhr

**Studienlage zu den Möglichkeiten der HRV-Analyse im Kontext der psychischen Beanspruchung älterer Erwerbstätigen**

Schapkin, S. A.

17:05 - 17:10 Uhr

**Schlussworte - Verabschiedung**

Prof. Dr. med. Irina Böckelmann

Prof. Dr. Kuno Hottenrott

Prof. Dr. med. Hendrik Schmidt

9:10 - 10:30 Uhr (HS XXII)

**Session 1: HRV in Arbeitsmedizin und Gesundheitsförderung**

Vorsitz: Prof. Dr. med. Hendrik Schmidt  
Prof. Dr. med. Irina Böckelmann

**Herzfrequenzvariabilität in der Arbeitsmedizin: ein Überblick über die Forschungslage und den praktischen Einsatz**

**Böckelmann I.<sup>1</sup>, Sammito S.<sup>1,2</sup>**

<sup>1</sup> *Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg;* <sup>2</sup> *Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr, Sachgebiet Gesundheitsförderung, Sport- und Ernährungsmedizin*

In der Arbeitsmedizin ist die Herzfrequenzvariabilität (HRV) ein wichtiger Marker zur Erfassung der neurovegetativen Aktivität und sympatho-vagalen Balance des Organismus, da dieser Parameter nicht-invasiv und gut unter standardisierten Untersuchungsbedingungen reproduzierbar gemessen werden kann.

In den Studien zu den Zusammenhängen zwischen arbeitsbezogenen Faktoren und der HRV bei Arbeitnehmern wurden zumeist HRV-Parameter aus dem Zeit- und Frequenzbereich wie SDNN, SDNN-Index, RMSSD, LF, HF und LF/HF-Ratio analysiert. Diese HRV-Parameter werden sowohl von der European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing Electrophysiology als auch in der AWMF-Leitlinie der Deutschen Gesellschaft für Arbeitsmedizin und Umweltmedizin e. V. für die Einschätzung der Aktivität des autonomen Nervensystems empfohlen.

Die Ergebnisse zahlreicher Studien beweisen die Zusammenhänge zwischen arbeitsbezogenen Faktoren - den physikalischen Belastungsfaktoren (Feinstaub, elektromagnetische Felder, Vibration, Kälte), psychosozialen Belastungsfaktoren (Stress, Arbeitsverhältnis, Ungerechtigkeit), der Arbeitszeit (Nachtschicht/24h-Schichtdienst) und chemischen Arbeitsstoffen (Schwefelkohlenstoff, Blei, Mangan, organische Lösemittelgemische u. a. ) - und reduzierter HRV bei Arbeitnehmern. Insbesondere wurde die verminderte Leistung im HF-Band in vielen diesen Studien identifiziert, die auf die stattgefunden Belastung zurückzuführen war.

Die Anwendung in der Forschung und arbeitsmedizinischen Praxis ist vielfältig und erstreckt sich von Belastungs-Beanspruchungs-Analysen unter Laborbedingungen sowie an Modell-Arbeitsplätzen, bei Felduntersuchungen am Arbeitsplatz unter realen Arbeitssituationen bis hin zu Validierung von Interventionsmaßnahmen im Rahmen des betrieblichen Gesundheitsmanagements.

Die HRV ist gut geeignet, um die objektive Beanspruchung bei der Beurteilung der Belastung am Arbeitsplatz einzuschätzen. Außerdem wird die HRV für die Bewertung der Beanspruchung z. B. im Verlauf einer Arbeitsphase, eines Arbeitstages bzw. die Beurteilung der Belastung bei Einführung neuer Arbeitsmittel und neuer Technologien am Arbeitsplatz eingesetzt. Die HRV eignet sich in dem präventiv ausgerichteten Fach Arbeitsmedizin insbe-

sondere für Fragestellungen zur Prävention der Herz-Kreislauf-Erkrankungen als zusätzlicher Indikator zum Gesundheitszustand der Beschäftigten und zur Evaluierung von Präventionsmaßnahmen in Betrieben. Die Ergebnisse der Literaturrecherche zeigen, dass die arbeitsmedizinische Forschung sich weiter auf Fragen der sympathischen und parasympathischen Aktivität des autonomen Nervensystems konzentrieren sollte, um u. a. die (Fehl-) Beanspruchung frühzeitig zu erkennen und zu minimieren, und somit die Herz-Kreislauf-Gefährdung zu vermeiden bzw. präventiv auf das Herz-Kreislauf-System zu wirken.

**Referenzwerte in der Analyse der Herzfrequenzvariabilität – Sachstand und aktuelle Entwicklungen**

**Sammito S.<sup>1,2</sup>, Böckelmann I.<sup>2</sup>**

<sup>1</sup> *Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr, Sachgebiet Gesundheitsförderung, Sport- und Ernährungsmedizin;* <sup>2</sup> *Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

**Einleitung**

Die Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) hat sich in den letzten Jahren auch außerhalb wissenschaftlicher Studien und klinisch-stationärer Einrichtungen mehr und mehr etabliert. Das Fehlen geeigneter Referenzwerte jedoch erschwert die Interpretation der HRV-Parameter von Einzelmessungen, wie sie z. B. im Rahmen präventivmedizinischer Fragestellungen entstehen. Diese müssen jedoch altersgruppiert und geschlechtergetrennt unter Berücksichtigung von bekannten HRV-Einflussfaktoren ermittelt werden.

**Methoden**

Auf Basis von Daten der MIGA-Heart-Study werden Referenzwerte für 5 min-Kurzzeit- und 24 h-Langzeit-Analysen von wichtigen HRV-Parametern des Zeitbereich (SDNN, RMSSD, pNN50, SDANN), der Frequenzanalyse mittels Fast-Fourier-Transformation (LF, HF, LFnu, HFnu, LF/HF) und von nicht-linearen Parametern (SD1, SD2) alters- und geschlechtergetrennt präsentiert (n = 695). Die Datenerhebung erfolgte mittels eines 2-Kanal-Holter-EKG-Gerätes über 24 Stunden im Alltag. Bekannte HRV-Einflussfaktoren wie u. a. ein bestehender Diabetes mellitus, eine koronare Herzerkrankung etc. wurden als Ausschlusskriterien definiert. Ergänzend werden basierend auf einer selektiven Literaturrecherche die Referenzwerte anderer Forschungsgruppen präsentiert, die sich ebenfalls in ihren Publikationen mit der Berechnung von Referenzwerten beschäftigt haben.

**Ergebnisse**

Für die aufgeführten HRV-Parameter werden die 5. und 95. Perzentile geschlechtsabhängig für die Altersgruppen in Dekaden 20-30, 30-40, 40-50 und 50-60 Jahre angegeben. Es zeigte sich durchgängig eine Reduzierung der HRV mit dem Alter und eine Geschlechtsabhängigkeit der HRV-Parameter.

### Diskussion

Referenzwerte erleichtern die Interpretation von Einzelmessungen und Analysen der HRV. Die vorgestellten Referenzwerte aus unterschiedlichen Publikationen sowie aus einer eigenen Kohorte stellen jedoch einen Anhalt für die Interpretation der analysierten HRV dar, da bisher nur eingeschränkt eine prognostische Bedeutung von bestimmten Referenzwerten vorliegt. Hier besteht noch deutlicher Forschungsbedarf.

---

## Herzfrequenzvariabilität als Beanspruchungsparameter zur Beurteilung der Belastung beim Einsatz neuer Informationstechnologien

Darius, S.<sup>1</sup>, Schenk, D.<sup>1</sup>, Rößler, T.<sup>1</sup>, Mecke, R.<sup>2</sup>, Böckelmann, I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup>Fraunhofer-Institut für Fabrikbetrieb und -automatisierung IFF Magdeburg

### Einleitung

In der sich verändernden Arbeitswelt sind die Entwicklung und Einführung von neuartigen Arbeitstechnologien, Arbeitsmitteln und Assistenzsystemen erforderlich. Derartige neue Assistenzsysteme, die den Arbeiter unterstützen, sind z. B. computergesteuerte, kopfgetragene Head Mounted Displays (HMD). Forschungsbedarf besteht jedoch neben der technischen Weiterentwicklung der Geräte vor allem in Bezug auf gesundheitliche Aspekte des Nutzers infolge möglicher Dauerbelastung.

Ziel der vorliegenden Studie war die Objektivierung der Beanspruchung von Arbeitnehmern beim Tragen eines HMD-basierten Werkerassistenzsystems mit unterschiedlicher Visualisierungstechnik bei Kommissioniertätigkeiten mittels Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) des Anwenders.

### Methodik

An der Studie nahmen 26 klinisch gesunde Personen (14 männliche und 12 weibliche) im Durchschnittsalter von 25,6 ± 4,2 Jahre (20 bis 37 Jahre) teil.

Die ca. zweieinhalbstündigen Kommissioniertätigkeiten fanden an einem Modellarbeitsplatz, der einem herkömmlichen Arbeitsplatz in der Automobilindustrie nachempfunden wurde, statt. Dabei wurden die Probanden durch HMD-basierte Werkerassistenzsysteme mit unterschiedlicher Visualisierung (verschiedene Führungstunnel, Text) unterstützt. Die HRV-Parameter wurden aus den EKG-Aufzeichnungen (MT-101 Holter Gerät der Fa. Schiller) mit Hilfe Analyse-Software Kubios HRV Version 2.0 (University of Kuopio, Finnland) ermittelt.

### Ergebnisse

Bei den Kommissioniertätigkeiten im Stehen bzw. Gehen trat eine objektiv messbare Beanspruchungserhöhung im Vergleich zum Ausgangszustand im Sitzen auf. Im Verlauf der Arbeitsphase kam es bei der Betrachtung von drei Zeitpunkten (Beginn, Mitte, Ende) zu einer geringen Zunahme der Herzfrequenz und teilweise zu signifikanten

Veränderungen von HRV-Parametern. Jeweils in der Mitte der Arbeitsphase nimmt die SDNN signifikant ab im Vergleich zwischen Tunnel A bzw. Tunnel B und Texteinblendung (jeweils  $p < 0,05$ ), die zwischen den Tunnelarten nicht bestanden. Ebenfalls sinkt der Anteil des HF-Bandes im Verlauf der Arbeitsphasen, der im Vergleich zwischen Tunnel A und Texteinblendung signifikant war ( $p < 0,05$ ). Nach einer Erholungsphase von 5 min am Ende der Versuche kehrten die HRV-Parameter und die Herzfrequenz auf das Ausgangsniveau zurück.

### Diskussion

Die Zunahme der Herzfrequenz gegenüber dem Ausgangszustand ist vor allem durch die höhere körperliche Belastung während der Arbeitsphase zu erklären. Das Absinken der Herzfrequenz nach einer kurzen Erholungsphase von 5 min. bis zum Ausgangsniveau spricht dafür, dass die Belastung durch das HMD auf einem verträglichen Niveau liegt und es zu einem vollständigen Beanspruchungsabbau nach Arbeitsende innerhalb der kurzen Zeit gekommen ist. Die geringere Veränderung der HRV-Parameter im Verlauf der Arbeitsphase ist zurückzuführen auf die Zunahme der Beanspruchung evtl. durch Ermüdung. Da die Belastung mit allen diesen drei Visualisierungstechniken vergleichbar ist, kann die Information für den Nutzer sowohl mit Hilfe des Tunnels als auch des Textes dargestellt werden. Diese Ergebnisse sollen bei der technischen Entwicklungen der neuen HMDs berücksichtigt werden.

---

## Beurteilung vegetativer Regulationsprozesse nach einem Halbmarathonlauf anhand der Herzratenvariabilität in Abhängigkeit des individuellen Trainingszustandes

Herbermann, M.<sup>1</sup>, Weippert, M.<sup>2,3</sup>, Schmidt, H.<sup>4</sup>, Böckelmann, I.<sup>1</sup>, Thielmann, B.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bereich Arbeitsmedizin der Medizinischen Fakultät, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg; <sup>2</sup>Institut für Sportphysiologie und Gesundheitswissenschaft, Rostock; <sup>3</sup>Institut für Sportwissenschaft, Universität Rostock; <sup>4</sup>Klinik für Kardiologie und Diabetologie, Klinikum Magdeburg

Die Herzschlagfrequenz (Heart Rate, HR) und die Herzratenvariabilität (Heart Rate Variability, HRV) sind seit längerer Zeit Gegenstand intensiver sportwissenschaftlicher und arbeitsmedizinischer Forschung. Im Rahmen dieser Arbeit wurde das Verhalten der HRV nach intensiver sportlicher Ausdauerbelastung (Halbmarathonlauf) über einen Zeitraum von 7 Tagen dokumentiert, mit dem Ziel, einen möglichen Zusammenhang zwischen morgendlicher Herzratenvariabilität während der mittelfristigen Erholungsphase und dem Trainingszustand der untersuchten Freizeitsportler aufzuklären.

Die Daten sollen zudem nähere Hinweise über Dauer und Ausmaß möglicher vegetativer Veränderungen in der Regenerationsphase nach einer Langzeitausdauerbelastung liefern.

Dargestellt werden die Ergebnisse einer Stichprobe von 23 Probanden mit einem Durchschnittsalter von

32,7 ± 7,9 Jahre. Diese Gruppe ambitionierter Freizeitsportler absolvierte im Rahmen einer Laufveranstaltung eine Halbmarathondistanz (21,1 km). Während des Wettkampfes wurde die Herzfrequenz mit Hilfe eines mobilen Messsystems (*PolarRS800CX*<sup>®</sup>) schlaggenau (NN-Intervalle) erfasst. Im Anschluss an den Wettkampf erfolgte eine morgendliche 10-minütige Ruhemessung im Liegen über insgesamt 7 Tage. Die erfassten NN-Daten wurde mit der Software *Kubios HRV*<sup>®</sup> Version 2. 0. ausgewertet. Auf Basis der Maximalleistung bei einer zuvor durchgeführten spiroergometrischen Leistungsdiagnostik, wurden mittels Mediansplit zwei Leistungsgruppen definiert (S1  $P_{max} < 300$  Watt, n = 11 und S2  $P_{max} > 300$  Watt, n = 12) und bezüglich verschiedener HRV-Maße verglichen.

Die Ergebnisse der HR-Messung ergaben für die Gruppe S1 Werte von  $55,2 \pm 4,4 \text{ min}^{-1}$  bis max.  $58,7 \pm 5,6 \text{ min}^{-1}$  und für die Gruppe S2  $51,0 \pm 7,9 \text{ min}^{-1}$  bis max.  $55,1 \pm 4,7 \text{ min}^{-1}$ . Im Rahmen der Auswertung der HRV-Parameter des Zeit- und Frequenzbereiches zeigte sich für beide Gruppen eine Verschiebung des vegetativen Gleichgewichts in Richtung eines erhöhten Sympathikotonus. Während zu Beginn der Regenerationsphase die Variabilität im sympathisch wie auch vagal beeinflussten LF-Band stark ausgeprägt war, zeigte sich im weiteren Verlauf eine progressive Reduktion der LF-Variabilität. Der resultierende Quotient aus niedrig- und hochfrequenter HRV (LF/HF), Indikator für die sympathovagale Balance, fiel für die Gesamtgruppe im Vergleich des zweiten und fünften Tages der Regenerationsphase am deutlichsten ab ( $3,05 \pm 1,37$  vs.  $1,47 \pm 0,76$ ;  $p < 0,001$ ). Mittels durchgeführter zweifaktorieller Varianzanalyse mit Messwiederholung konnten keine gruppenspezifischen Unterschiede nachgewiesen werden ( $p > 0,05$ ).

Die Ergebnisse dieser Studie unterstützen die These, dass erschöpfende Ausdauerbelastungen zu einer mehrtägigen sympathikoton dominierten Steuerung des Herz-Kreislauf-Systems führen, die bei ausschließlicher Beobachtung der HR nicht zwangsläufig sichtbar wird. Dieser Prozess zeigte sich innerhalb der untersuchten Studienpopulation unabhängig von der erreichten Ergometerleistung der Sportler. Zur planvollen Gestaltung eines individuell angepassten Regenerationsprozesses kann somit das Monitoring der HRV einen wertvollen Beitrag leisten.

## Von Spechten, Regentropfen und Herzschlägen Vergleichende Frequenzanalyse periodischer Signale

Mockenhaupt, J.<sup>1</sup> & Cusumano, V.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Nahezu jede Einleitung allgemeinverständlicher Publikationen zur Herzratenvariabilität beginnt mit dem Wang Shu-He zugeschriebenen Zitat: "Wenn das Herz so regelmäßig wie das Klopfen eines Spechtes oder das Tröpfeln des Regens auf dem Dach wird, wird der Patient innerhalb von 4 Tagen sterben". Trotz der häufigen Verwendung dieses Zitats sind keine vergleichenden Analysen von Herzratenvariabilität, Spechttrommlern und Regentropfen verfügbar. Dies war Anlass zu den hier vor-

gestellten Messungen und dem Versuch, die gewonnenen Registrierungen durch geeignete Aufbereitung mit dem menschlichen Herzschlag vergleichen und zum Zitat ins Verhältnis setzen zu können.

### Material und Methoden

Mittels Internetrecherche werden dokumentierte Mitschnitte von Spechtaufnahmen identifiziert und deren Sonogramme einer Signalanalyse zugeführt. Ergänzend hierzu werden auf dem Campus Hennef der Hochschule Bonn-Rhein-Sieg während Regenschauern Mikrofonaufnahmen angefertigt, in denen Geräuschmuster isoliert und Regentropfen zugeordnet sowie entsprechend den Erfordernissen einer HRV-Analyse weiter aufbereitet werden.

### Ergebnisse

Die Ergebnisse überraschen in vielerlei Hinsicht. Der anfängliche Zweifel, aufgrund der sehr unterschiedlichen Herkunft der Signalquellen diese überhaupt miteinander vergleichen zu können, konnte mittels einiger Transformationen überwunden werden. Inwieweit sich allerdings die ermittelte Variabilität von Spechttrommeln und Regentropfen als Prognose für die Lebenserwartung von Patienten eignet, muss der interdisziplinären Diskussion von Experten vorbehalten bleiben.

Eine Forderung lässt sich jedoch zweifelsfrei aus der vorliegenden Untersuchung ableiten: je präziser ein Zitat gegeben wird, desto leichter fällt seine Auffindbarkeit und damit auch die Überprüfbarkeit.

10:50 - 12:05 Uhr (HS XXII)

### Session 2: HRV in Training und Sportwissenschaft

Vorsitz: Prof. Dr. Lutz Vogt

Prof. Dr. Thomas Gronwald

## Herzfrequenzvariabilität zur Optimierung von Training und Regeneration

Hottenrott, K.

Institut für Sportwissenschaft

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Die autonome Regulation der Herzfrequenz als Indikator für die Fähigkeit des Körpers sich an Trainingsreize anzupassen wurde in mehreren Studien anhand der Veränderungen von Herzfrequenz (HF) und Herzfrequenzvariabilität (HRV) in Ruhe, während körperlicher Belastung und in der Erholungsphase untersucht. Ziel dieser Studien war es, die Wirkungen von positiv zu bewertenden Anpassungen an ein Ausdauertraining, d. h. die Trainingsperiode führt zu einer Verbesserung der Leistung und negativen Anpassungen, d. h. das absolvierte Training führt zu keiner Leistungssteigerung bzw. zur Leistungsabnahme mittels der autonomen HF-Regulation zu evaluieren. Im Vortrag werden wesentliche Erkenntnisse hierzu dargelegt und Folgerungen für den praktischen Einsatz der HRV zur Optimierung des Ausdauertrainings und der Regenerationsphasen abgeleitet. Ein systematisches

Review (Bellenger et al., 2016a) kommt zu dem Ergebnis, dass sich die vagalassoziierte autonome Regulation in der morgendlichen Ruhemessung (im Liegen) erhöht, wenn ein mehrwöchiges Ausdauertraining zur Leistungssteigerung führt. Bei einer Leistungsstagnation oder Leistungsabnahme sind die Befunde nicht einheitlich. Ein Overloadtraining von wenigen Wochen kann bei vorübergehender Leistungsabnahme auch mit einer Erhöhung der vagalen HRV-Parameter einhergehen, wie in der Studie von Le Meur et al. (2013) gezeigt wurde. Bei einem funktionalen Overreaching (FOR) erhöht sich die Leistungsfähigkeit nach einer ein- bis zweiwöchigen Regenerationsphase über das Ausgangsniveau. Bei einem nicht funktionalen Overreaching (NFOR) ist die vagale Aktivität im Liegen erniedrigt und die Leistungsfähigkeit ist auch nach einer längeren Entlastungsphase nicht wieder hergestellt (Plews et al., 2012). Für die tägliche Trainingspraxis ist es allerdings wichtig, möglichst ohne Überprüfung der aktuellen Leistungsfähigkeit prospektive Hinweise zum Trainings- und Leistungszustand (FOR oder NFOR) des Sportlers zu erhalten. Es ist also die Frage zu beantworten, ob das aktuelle Training positive oder negative Anpassungen auslöst. Um diese Frage zu beantworten ist ein Test erforderlich, der mehrere HF- und HRV-Parameter sensibel erfasst. Nach derzeitigem Erkenntnisstand scheint dies mit dem Orthostatic Test (OT) bzw. Lagewechsel-Test (LwT) möglich zu sein. Im Vortrag werden dazu Trainingsstudien (u. a. Bellenger et al., 2016b; Buchheit, 2014; Hottenrott et al., 2014) vorgestellt und die Wirkungen eines Hochvolumentrainings (HVT), eines hochintensiven Trainings (HIIT) oder eines Trainings aus HVT und HIIT auf verschiedene HF- und HRV-Parameter des OTs differenziert dargelegt sowie Empfehlungen zu dessen Einsatz im Verlauf eines Trainingsjahres gegeben.

#### Literatur

- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Frontiers in Physiology*, 5 (73), 1-19.
- Bellenger, C. R., Karavirta, Thomson, L. R., Robertson, E. Y., Davison, K. & Buckley, J. D. (2016a). Contextualizing Parasympathetic Hyperactivity in Functionally Overreached Athletes With Perceptions of Training Tolerance. *IJSPP*, 11, 685-692.
- Bellenger, C. R., Fuller, J. T., Thomson, R. L., Davison, K., Robertson, E. Y. & Buckley, J. D. (2016b). Monitoring Athletic Training Status Through Autonomic Heart Rate Regulation: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med.*, 46 (10), 1461-1486.
- Hottenrott, K., Ludyga, S., Gronwald, T. & Schulze, S. (2014). Effects of an individualized and time based training program on physical fitness and mood states in recreational endurance runners. *AJSS*, 2 (5), 131-137.
- Le Meur, Y., Pichon, A., Schaal, K., Schmitt, L., Louis, J., Gueneron, J., Vidal, P. P. & Hausswirth, C. (2013). Evidence of parasympathetic hyperactivi-

ty in functionally overreached athletes. *Med Sci Sports Exerc.*, 45 (11), 2061-71.

- Plews, D. J., Laursen, P. B., Stanley, J., Kilding, A. E. & Buchheit, M. (2013). Training adaptation and heart rate variability in elite endurance athletes: opening the door to effective monitoring. *Sports Med.* 43 (9), 773-81.

---

## Sportliche Aktivität und HRV im Kindes- und Jugendalter - aktuelle Befunde, Probleme, Perspektiven

Hoos, O.

Sportzentrum Universität Würzburg

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) im Kindes- und Jugendalter ist meist durch eine hohe vagalvermittelte respiratorische Sinusarrhythmie (RSA) geprägt und weist eine dynamische, nicht-lineare und interindividuell unterschiedliche Entwicklung sowie ein hohes Maß an Variabilität bereits im Vorschulalter/frühen Schulkindalter auf (Hoos et al., 2010). Zur Nutzung der HRV als diagnostische Kenngröße im Kontext sportlicher Aktivität ist eine adäquate methodische Anpassung an die spezifische Altersgruppe vorzunehmen, wobei vor allem der häufig modifizierte Atemrhythmus und altersspezifische kardiovaskuläre Hintergründe zu beachten sind (Turley, 1997). Bei altersadäquater sportlicher Aktivität belegen einige bisherige Befunde eine Zunahme der Vagusaktivität bei gesunden und adipösen Kindern, wobei signifikant positive Effekte vor allem durch Ausdauertraining zu erwarten sind (u.a. Gutin et al., 2000; Mandigout et al., 2002; Nagai et al., 2004; Bricout et al., 2010). Allerdings scheint der Dosis-Wirkungszusammenhang komplex und die Befundlage noch eher uneinheitlich, so dass meta-analytisch eindeutige Effekte bisher fehlen (Da Silva et al., 2014). Vergleichbar zum Erwachsenenalter ist ein potentieller Einsatzbereich auch in der Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung zu sehen. Erste Befunde deuten an, dass eine Bestimmung einer HRV-basierten Schwelle zur Trainingssteuerung auch bei Adoleszenten zumindest möglich erscheint (Quinart et al., 2014). Auch die vagale Reaktivierung in der Nachbelastungsphase könnte in Abhängigkeit von Belastungsintensität und Trainings-/Leistungsniveau für diese Altersgruppe eine relevante Kenngröße bilden (Buchheit et al., 2008; Guilkey et al., 2014). Die Nutzung der HRV als Marker zur Trainingsoptimierung und Vermeidung von Überbelastung/Übertraining im Nachwuchsleistungssport ist bisher allerdings noch zu wenig untersucht (u.a. Vinet et al., 2005; Buchheit et al., 2007; Sartor et al., 2013), so dass weitere diesbezügliche Befunde abzuwarten sind.

#### Literatur

- Bricout, V. A., Dechenaud, S., Favre-Juvin, A. (2010). Analyses of heart rate variability in young soccer players: the effects of sport activity. *AutonNeurosci*, 154 (1-2), 112-6.



- Buchheit, M., Platat, C., Oujaa, M., Simon, C. (2007). Habitual physical activity, physical fitness and heart rate variability in preadolescents. *Int J Sports Med.*, 28 (3):204-10.
- Buchheit, M., Millet, G. P., Parisy, A., Pourchez, S., Laurssen, P. B., Ahmaidi, S. (2008). Supramaximal training and postexercise parasympathetic reactivation in adolescents. *Med Sci Sports Exerc.* 40 (2), 362-371.
- da Silva, C. C., Goldberg, T. B. L., Soares-Caldeira, L. F., dos Santos Oliveira, R., de Paula Ramos, S. & Nakamura, F. Y. (2015). The Effects of 17 Weeks of Ballet Training on the Autonomic Modulation, Hormonal and General Biochemical Profile of Female Adolescents. *J Hum Kinet.*, 47, 61-71.
- Guilkey, J. P., Overstreet, M., Fernhall, B. & Mahona, A. D. (2014). Heart rate response and parasympathetic modulation during recovery from exercise in boys and men. *Appl Physiol Nutr Metab.* 39 (8), 969-75.
- Gutin, B., Barbeau, P., Litaker, M. S., et al. (2000). Heart rate variability in obese children: relations to total body and visceral adiposity, and changes with physical training and detraining. *Obes Res.* 8, 12-19.
- Hoos, O. et al. (2010). *DVS Schriften Bd.* 196, S. 153-170.
- Mandigout, S., Melin, A., Fauchie, L., N'Guyen, L. D., Courteix, D., Obert, P. (2002). Physical training increases heart rate variability in healthy prepubertal children. *Eur J Clin Invest.* 32 (7), 479-87.
- Nagai, N., Hamada, T., Kimura, T., Moritani, T. (2004). Moderate physical exercise increases cardiac autonomic nervous system activity in children with low heart rate variability. *Childs Nerv Syst.* 20 (4), 209-14.
- Quinart, S. et al. (2014). Ventilatory Thresholds Determined from HRV: Comparison of 2 Methods in Obese Adolescents. *Int J Sports Med.* 35 (3), 203-208.
- Sartor, F., Vailati, E., Valsecchi, V., Vailati, F., La Torre, A. (2013). Heart rate variability reflects training load and psychophysiological status in young elite gymnasts. *J Strength Cond Res.* 27 (10), 2782-90.
- Turley, K. R. (1997). Cardiovascular responses to exercise in children. *Sports Med.* 24 (4), 241-57.
- Vinet, A., Beck, L., Nottin, S., Obert, P. (2005). Effect of intensive training on heart rate variability in prepubertal swimmers. *Eur J Clin Invest.* 35 (10), 610-4.

## Nichtlineare Dynamik der HRV in Bezug zur kortikalen Aktivierung während einer fahradergometrischen Dauerbelastung

Gronwald, T.<sup>1</sup>, Hoos, O.<sup>2</sup>, Ludyga, S.<sup>3</sup>, Hottenrott, K.<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Fakultät Sport und Interdisziplinäre Studien, Hochschule für Gesundheit & Sport; <sup>2</sup>Sportzentrum, Julius-Maximilians-Universität Würzburg;

<sup>3</sup>Departement für Sport, Bewegung und Gesundheit, Universität Basel; <sup>4</sup>Institut für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

### Einleitung und Problemstellung

Einer ganzheitlichen Betrachtung der organismischen Beanspruchung während Akutbelastung folgend, war es das Ziel, erstmals den Einfluss der Belastungsdauer und Bewegungsfrequenz auf die Gesamtvariabilität und Komplexität, in Form der

nichtlinearen Dynamik der Herzfrequenzvariabilität (HRV) als Messgröße des vegetativen Nervensystems zu analysieren und in Bezug zu zentralnerval modulierten Parametern der Elektroenzephalografie (EEG) zu setzen. Zur besseren Einordnung und Diskussion der Daten wurde zudem die Regulation der HRV in Bezug zur Steigerung der Belastungsintensität in einem vorgeschalteten Stufentest bis zur Ausbelastung betrachtet.

### Methodik

Es wurden 16 ausdauertrainierte Radsportler während eines Stufentests (Start: 100 W, Dauer: 3 min, Inkrement: 20 W) und einer 60 min Dauerbelastung bei 90 % der individuellen anaeroben Schwelle auf einem Hochleistungsfahrradergometer untersucht. Während der Dauerbelastung wurde die Trittfrequenz alle 10 min verändert (90-120-60-120-60-90 U/min). Die Tests fanden im Abstand von einer Woche im ausgeruhten Zustand statt. Es erfolgte die zeitkontinuierliche Erfassung der HRV im beat-to-beat Modus in beiden Untersuchungen (u. a. Zeitbereich: SDNN; Nichtlinearer Bereich: DFA alpha1). Während der Dauerbelastung wurde zudem das EEG mit 32 aktiven Elektroden (Alpha: 7,5-12,5 Hz; Beta: 12,5-32,0 Hz; Gesamtspektrum: 7,5-32,0 Hz) registriert. Weiterhin wurden Herzfrequenz (HF), Laktatkonzentration (La) und individuelles Beanspruchungsempfinden (RPE) erfasst. Die Daten wurden varianzanalytisch auf Effekte der Belastungsintensität, Belastungsdauer sowie Trittfrequenz überprüft.

### Ergebnisse

Die Beanspruchungsindikatoren HF, La und RPE stiegen während des Stufentests und der Dauerbelastung in den Messphasen mit 120 U/min sign. an. Alle analysierten HRV-Parameter zeigten sign. niedrigere Werte bei Steigerung der Belastungsintensität im Stufentest und in den Messphasen bei 120 U/min während der Dauerbelastung. In den EEG-Frequenzbändern manifestierten sich höhere Werte der spektralen Leistung bei 120 U/min während der Dauerbelastung, statistisch sign. im Beta-Bereich. Der Vergleich von Beginn und Ende der Dauerbelastung zeigte einen sign. Anstieg für HF und RPE, hingegen einen sign. Abfall für alle HRV- und EEG-Parameter.

### Diskussion und Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen den akuten Einfluss der Belastungsintensität, Belastungsdauer sowie Trittfrequenz auf metabolische, kardiale und zentralnervale Parameter. Das Absinken der HRV-Kenngrößen in Bezug zur Steigerung der Belastungsintensität im Stufentest sowie zur Trittfrequenzerhöhung und im Verlauf der Dauerbelastung, deutet auf eine Abnahme der Gesamtvariabilität in Verbindung mit einer Reduktion der Komplexität der RR-Fluktuationen in Folge der erhöhten organismischen Beanspruchung hin. Das Absinken des alpha1-Parameters (DFA) wird zudem mit einem organismischen Systemrückzug im Sinne einer Gefährdung der Homöostase in Verbindung gebracht. Im Zusammenhang mit dem Absinken der spektralen EEG-Leistung während der Dauerbelastung liefert diese ganzheitliche Betrachtung neue Ansätze zur Diskussion komplexer Ermüdungsmodelle, bspw. in Bezug zum Central-Governor-Modell, und lässt eine

differenziertere Bewertung der organismischen Gesamtbeanspruchung zu.

---

## **Effekt von Ausdauer- und Krafttraining auf hämodynamische Parameter und die Herzfrequenzvariabilität**

Missal, P.<sup>1</sup>, Ketelhut, R. G.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Universitätsklinikum Charité und Institut für Sportmedizin der Humboldt-Universität zu Berlin;

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

### **Einleitung**

Regelmäßige sportliche Aktivität kann die Blutdruckentwicklung günstig beeinflussen. In der vorliegenden Studie sollte untersucht werden, inwieweit neben dem peripheren (p) auch der zentrale (z) Blutdruck (BD), die Pulswellengeschwindigkeit (PWV) und die Herzfrequenzvariabilität (HRV) durch akute Belastungen beeinflusst werden.

### **Methodik**

42 gesunde Probanden (28±8 Jahre; BMI 23,6±2,4) wurden in die prospektive Cross-Over-Interventionsstudie eingeschlossen. Nach einer Maximalkraftbestimmung erfolgten ein submaximales Krafttraining (KT) mit 30% der maximalen Leistungsfähigkeit bzw. ein 45-minütiges moderates AT. pBD, zBD, PWV, totaler peripher Widerstand (TPR) sowie das Schlagvolumen (SV) wurden nicht-invasiv mittels Mobil-O-Graph® (24h PWA Monitor, I.E.M. GmbH) vor (p1), 5 min. nach (p2) sowie 12 h nach (p3) der jeweiligen Belastung ermittelt. Zeitgleich erfolgte eine Registrierung der HRV (Polar RS800 CX®, Polar Elektro GmbH).

### **Ergebnisse**

Bereits 5 min. nach Beendigung des AT zeigten sich geringe Senkungen des diastolischen BD (p und z) sowie des TPR bei unverändertem SV. 5 min. nach KT waren die Drücke unverändert bei erhöhtem TPR und signifikant ( $p < 0,000$ ) reduziertem SV. Bei der PWV zeigten sich bei p2 nach AT und KT keine Unterschiede. 12 h nach Beendigung des Trainings waren der systolische BD (p und z) sowie die PWV noch leicht verringert, jedoch gab es keine signifikanten Unterschiede beim Vergleich beider Trainingsformen.

RMSSD als Parameter der HRV war nach KT bei p2 deutlich niedriger als nach AT. Bei p3 zeigte RMSSD nach KT einen 54-prozentigen Anstieg ( $p < 0,002$ ) und war auch gegenüber AT 14% höher.

Low frequency/high frequency (LF/HF) zeigte nach beiden Trainingsinterventionen einen signifikanten Anstieg bei p2 (KT:  $p < 0,017$ , AT:  $p < 0,004$ ). Bei p3 fiel der LF/HF nach AT auf den Ruhewert vor dem Training zurück, während nach KT ein weiterhin um 26% geringerer Wert messbar war.

### **Schlussfolgerung**

Die Ergebnisse zeigen, dass verschiedene Trainingsinterventionen, wie das AT und das KT, hämodynamische Parameter direkt nach dem Training unterschiedlich beeinflussen. Bei beiden Trainingsformen waren auch nach 12 h noch geringe günstige Veränderungen der Hämodynamik nachweisbar. Im Gegensatz zum AT zeigten die Veränderungen

der HRV-Parameter nach KT einen dauerhaften günstigen Effekt auf die Messwerte der autonomen kardialen Kontrolle aufgrund des Anstieges der kardialen vagalen Aktivität, die selbst 12h nach einem einzelnen Krafttraining noch messbar war.

---

## **Unterschiede der vagalen Herzratenmodulation bei dynamischer Ganzkörperarbeit in der Belastungs- und Erholungsphase – Untersuchungen bei vergleichbarer Herzrate**

Weippert, M., Behrens, M., Zschorlich, V. & Behrens, K.

*Institut für Sportwissenschaft, Universität Rostock*

### **Ziel**

Die klassische Sichtweise, dass die neurogene Anpassung der Herzrate (HR) über ein antagonistisches reziprokes Verhalten von Sympathikus und Parasympathikus erfolgt, weicht immer mehr dem Verständnis eines synergistisch arbeitenden Systems. Danach kann die aktuelle HR das Produkt nicht nur reziproker autonomer Modulationsmuster sein, sondern auch durch autonome Koaktivierungen entstehen. In verschiedenen Experimenten konnte gezeigt werden, dass sich die Variabilität der HR-Folge (HRV) zwischen statischen und dynamischen Muskelaktionen, trotz vergleichbaren HR-Niveaus, signifikant unterscheidet. Im Rahmen der hier vorgestellten Studie wurde geprüft, ob sich ähnliche Befunde für den Vergleich von Belastungs- und Erholungsphasen bei einem radergometrischen Ausbelastungstest quantifizieren lassen. Dabei wurde angenommen, dass sich sowohl a) der afferente Einstrom von metabo- und mechanosensiblen Afferenzen sowie nozi- und barorezeptorischen Eingängen als auch b) die übergeordnete Kontrolle (centralcommand) in beiden Phasen unterscheiden. Folgende Hypothese wurde geprüft: Die vagale Modulation der HR, quantifiziert anhand der HRV, ist trotz eines vergleichbaren HR-Niveaus (identischer Nettoeffekt der autonomen Efferenzen) signifikant beeinflusst von der Phase (Belastung vs. Erholung) und der Belastungsintensität (HR unterhalb vs. HR oberhalb des minimalen Laktatäquivalents).

### **Methodik**

49 gesunde Probanden (13 Frauen, 25,7 ± 5,8 Jahre, 65,1 ± 10,6 kg, 169,7 ± 5,3 cm; 36 Männer; 26,4 ± 7,1 Jahre, 77,9 ± 9,6 kg, 182,6 ± 6,3 cm) absolvierten einen spiroergometrischen Stufentest auf dem Radergometer bis zur individuellen Ausbelastung. Den fünf aufeinanderfolgenden 60 s Abschnitten der Erholungsphase sind herzfrequenzidentische 60 s Abschnitte der Belastungsphase vergleichend gegenübergestellt worden. Die vagale Modulation der HR ist mit Hilfe des Parameters *Root Mean Square of the Successive Differences* (RMSSD) quantifiziert worden. Es wurde eine ANCOVA (IBM SPSS Statistics 20.0) mit einem Messwiederholungsfaktor (Belastung vs. Erholung) durchgeführt. Als Zwischensubjektfaktor diente die Intensität (HR oberhalb vs. unterhalb des minimalen

Laktatäquivalents) und als Kovariate die Atemfrequenz.

### Ergebnisse

Trotz eines vergleichbaren Herzfrequenzniveaus für die gematchten Belastungs- und Erholungssequenzen ( $F(1;243) = 2,118$ ;  $p = 0,147$ ;  $\eta^2 = 0,009$ ) ergibt sich für den Parameter  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  eine hoch signifikante Interaktion zwischen dem Messwiederholungsfaktor Belastungsphase und dem Faktor Intensität ( $F(1;242) = 30,233$ ,  $p < 0,001$ ,  $\eta^2 = 0,111$ ). In der Belastungsphase weist  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  bei Intensitäten unterhalb des minimalen Laktatäquivalents im Vergleich zur Erholungsphase höhere Werte auf ( $1,6 \pm 0,6$  ms vs.  $1,4 \pm 0,6$  ms;  $p < 0,001$ ). Im Gegensatz dazu zeigen sich bei HR oberhalb des minimalen Laktatäquivalents in der Belastungsphase geringere Ausprägungen als in der entsprechenden Erholungsphase ( $1,0 \pm 0,4$  ms vs.  $1,2$  ms  $\pm 0,4$ ;  $p < 0,001$ ).

### Schlussfolgerung

Die Ergebnisse bestätigen die Hypothese, dass die vagale Modulation trotz identischer mittlerer HR – in Abhängigkeit von der Beanspruchung – bei Belastung und in der Erholungsphase unterschiedlich ist.

---

## Interne und externe Validität von 60-Sekunden Herzratenvariabilitäts-Indizes

Weippert, M., Behrens, K., Zschorlich, V. & Behrens M.

Institut für Sportwissenschaft, Universität Rostock

### Ziel

Die vorliegende Studie stellt Analysen zur internen und externen Validität von vagal modulierten Kurzzeitparametern der Herzratenvariabilität (HRV) vor.

### Methodik interne Validität

Schlag-zu-Schlag (R-R) Intervallaufzeichnungen von 40 gesunden Probanden (4 Frauen,  $23,0 \pm 1,4$  Jahre,  $72,5 \pm 16,3$  kg,  $174,3 \pm 3,1$  cm; 36 Männer;  $26,8 \pm 5,5$  Jahre,  $78,3 \pm 8,2$  kg,  $182,0 \pm 6,6$  cm) unter Ruhe und steady-state Belastungsbedingungen wurden für die Studie analysiert und nach mittelwertstationären 180 s R-R Datensegmenten abgesehen. Es wurden der natürliche Logarithmus der *Root Mean Square of the Successive Differences* ( $\text{LnRMSSD}$ ) und der natürliche Logarithmus der *Leistungsdichte im hochfrequenten HRV-Band* ( $0,15 - 0,4$  Hz) der R-R Datensegmente ( $\text{LnHFP}$ ), zunächst für die 180 s R-R Datensegmente ( $\text{LnRMSSD}_{180s}$ ,  $\text{LnHFP}_{180s}$ ) berechnet (Software Kubios HRV 2. 2, University of Kuopio, Finnland). Anschließend erfolgte die Berechnung für die jeweils drei aufeinanderfolgenden 60 s-Abschnitte desselben R-R Datensegments ( $\text{LnRMSSD}_{60s}$ ,  $\text{LnHFP}_{60s}$ ). Die Übereinstimmungen zwischen  $\text{LnRMSSD}_{180s}$  bzw.  $\text{LnHFP}_{180s}$  und den 60s-Parametern sind mittels *estimation equation*, *mean* und *standardized mean bias*, *typical error of estimate* und *validity correlation* bewertet worden.

### Methodik externe Validität

Je 15 nicht-überlappenden 60 s R-R Sequenzen von 20 gesunden Probanden (10 Frauen,  $22,8 \pm 2,2$  Jahre,  $62,0 \pm 5,3$  kg,  $169,2 \pm 5,8$  cm; 10 Männer,  $23,9 \pm 1,3$  Jahre,  $76,1 \pm 6,6$  kg,  $182,5 \pm 5,9$  cm) während ansteigender dynamischer Belastung (Radergometrie) bis zur Erschöpfung wurden für die Berechnung der HR und der  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  genutzt. Die resultierenden 300  $\text{LnRMSSD}_{60s}$ -Werte sind anschließend gegen die entsprechenden HR-Werte abgetragen worden, mit dem Ziel, das Potential des Parameters zur Darstellung vagaler HR-Modulation über einen weiten Intensitätsbereich zu evaluieren.

### Ergebnisse interne Validität

Es zeigten sich sowohl für den Parameter  $\text{LnHFP}_{60s}$  als auch  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  hohe Übereinstimmungen mit den klassischen vagalen HRV-Indizes (Konfidenzintervall der Korrelationskoeffizienten  $r$ :  $0,94 - 1,0$ ).

### Ergebnisse externe Validität

Der Parameter  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  zeigt ein, auch für die klassischen vagalen HRV-Parameter bekanntes, dreiphasiges Verhalten. Nach einem fast linearen Abfall bei zunehmender Belastungsintensität erreicht die Ausprägung von  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  ein Minimum im Bereich einer HR von ca.  $170$   $S \cdot \text{min}^{-1}$ , um dann erneut leicht anzusteigen.

### Schlussfolgerung interne Validität

Die Ergebnisse sprechen für die Austauschbarkeit von klassischen 180-sekündigen vagalen HRV-Parametern mit den entsprechenden 60-sekündigen HRV-Indizes.

### Schlussfolgerung externe Validität

Das dargestellte dreiphasige Verhalten des vagalen HRV-Parameters  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  deckt sich mit den Befunden pharmakologischer Studien, die eine vagale Modulation der HR bis in hohe Intensitätsbereiche (ca.  $150$   $S \cdot \text{min}^{-1}$ ) belegen (White & Raven, 2014). Es kann damit indirekt auf das Potential des Parameters  $\text{LnRMSSD}_{60s}$  zur Abbildung vagaler HR-Modulationen über einen weiten Beanspruchungsbereich geschlossen werden. Der erneute Wiederanstieg der  $\text{LnRMSSD}$  bei Intensitäten  $>170$   $S \cdot \text{min}^{-1}$  lässt sich möglicherweise auf nichtneuronale Mechanismen zurückführen (Perini & Veicsteinas, 2003).

---

## Bewegungsparcours in der Therapie klinischer Depression – eine randomisiert-kontrollierte Äquivalenzstudie

Niederer, D.<sup>1</sup>, Vogt, L.<sup>1</sup>, Staschke, V.<sup>2</sup>, Maulbeker-Armstrong, C.<sup>3</sup>, Beck, V.<sup>2</sup>, Banzer, W.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt; <sup>2</sup>Fachbereich Gesellschaftswissenschaften und Soziale Arbeit, Hochschule Darmstadt; <sup>3</sup>Fachreferat Prävention, Abteilung V, Hessisches Ministerium für Soziales und Integration

### Hintergrund

Depressive Störungen gehören zu den häufigsten psychischen Erkrankungen in Deutschland. Die damit verbundenen Belastungen sind enorm. Kör-

perliche Aktivität, Sport und Bewegung gelten als effektive und nebenwirkungsfreie Gesundheitsressourcen in der Prävention und Behandlung. Kommunale Bewegungsparcours stellen nicht nur eine dauerhaft genutzte Bewegungsgelegenheit dar, sondern scheinen ersten Resultaten zufolge auch für Patienten und chronisch Kranke attraktiv. Ihre Effektivität im klinischen Umfeld wurde bislang jedoch nicht untersucht.

#### Material und Methoden

Patienten ( $n = 45$ ;  $43 \pm 13$  Jahre) mit klinisch gesicherter Depression trainierten für die Dauer ihres stationären Aufenthaltes am Bewegungsparcours bzw. absolvierten die Standard-Bewegungstherapie (randomisiert zugeordnet). Vor und nach der Intervention wurde das Ausmaß der Depressivität (BDI-II), die autonome kardiale Regulationsfähigkeit (HRV) sowie die gesundheitsbezogene Lebensqualität (SF-36) erhoben und mittels Vergleich der 95 % - Konfidenzintervalle der Differenzen von vor zu nach der Intervention auf Äquivalenz überprüft.

#### Ergebnisse

In allen erhobenen Parametern zeigte sich die Parcours-Gruppe der Standard-Bewegungstherapie mindestens ebenbürtig. Interventionsinduzierte klinisch relevante Verbesserungen finden sich beim BDI-II sowie bei den meisten Scores des SF-36, nicht jedoch bei der HRV.

#### Diskussion

Insgesamt bestätigen die nachweislich positiven Interventionseffekte die Richtigkeit einer Parcours-Implementierung im klinischen Setting. Bewegungsparcours stellen eine attraktive, im laufenden Therapiespektrum realisierbare und sichere Ergänzung zu bestehenden Bewegungsangeboten in der Rehabilitation klinischer Depression dar.

#### Literatur

- Broocks, A. (2005). Körperliches Training in der Behandlung psychischer Erkrankungen. *Bundesgesundheitsbl - Gesundheitsforsch - Gesundheitsschutz*, 48, 914-921.
- Niederer, D., Beck, V., Vogt, L., Thiel, C., Maulbecker-Armstrong, C. & Banzer, W. (2013). Bewegungsparcours, Sturzrisiko und gesundheitsbezogene Lebensqualität. *Z Gerontol Geriat.*, 46, 543-547.

12:10 - 12:40 Uhr (Foyer)

#### Postersession

Vorsitz: Prof. Dr. med. Dr. Reinhard Ketelhut

### Effekte der Berufstätigkeit und der Arbeitsbelastung auf die Herzratenvariabilität in Ruhe, während eines Lagewechseltests, eines Atemtests und einer psychische Belastungssituation bei Finanzangestellten

Heilmann, F.<sup>1</sup> & Burger, R.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg,

<sup>2</sup>SOURCE - Gesundheitsberatung

#### Einleitung

Die Arbeitsbelastung in Deutschland steigt stark an. So berichtet die Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin (2015), dass abhängig Vollzeitbeschäftigte knapp 5 Stunden pro Woche länger als vertraglich vereinbart arbeiten (38,6 Stunden). Bereits ab zwei Überstunden werden deutlich häufiger psychische und physische Beschwerden berichtet. Stoffwechselprobleme, muskuläre Verspannungen, Schlafstörungen bis hin zu Entgleisungen des autonomen Nervensystems können die Folge sein. Mit der Herzratenvariabilität (HRV) lassen sich etwaige Entgleisungen sichtbar machen. In dieser Studie sollte der Einfluss von Berufstätigkeit und Arbeitsbelastung auf verschiedene HRV Parameter dargestellt werden.

#### Methodik

Um die autonome Gesundheit abzufragen wurde bei 18 Probanden ( $m=7$ ,  $w=11$ ) in Ruhe (liegend), während eines standardisierten Lagewechseltests (Dantas et al., 2010) während eines Atemtests (Haas, Liebrich, Himmrich & Treese, 2000) (6 Atemzüge pro Minute) als auch während einer psychischen Belastungssituation die Herzfrequenz aufgezeichnet. Zur Abgrenzung der Daten wurden die Probanden anhand des Beschäftigungsverhältnisses (vollzeit- und halbtagsbeschäftigt) und der subjektiven Einschätzung der Arbeitsbelastung gegenübergestellt (IMPULS-Test; Molnar, Geißler-Gruber & Haiden, 2002). Die Herzratenvariabilität wurde mit einem Brustgurt (GARMIN, Garching, Deutschland), der Software blacktusk (BLACKTUSK AG, München, Deutschland) und Kubios HRV (KUBIOS Ltd., Finnland) aufgezeichnet und verarbeitet. Die Parameter rMSSD und LF/HFRatio sowie die mittlere Herzfrequenz wurden berechnet.

#### Ergebnisse

Die Gruppe mit der höher eingeschätzten Arbeitsbelastung zeigte in Ruhe ( $T=0,492$ ,  $p=0,043$ ), beim Lagewechseltest ( $T=0,147$ ,  $p=0,003$ ) und bei der psychischen Belastungssituation ( $T=0,246$ ,  $p=0,003$ ) hochsignifikant höhere Werte für den Parameter rMSSD. Zwischen den Halbzeit- und Vollzeitbeschäftigten konnten keine signifikanten Unterschiede gezeigt werden. Dies gilt auch für den Parameter LF/HFRatio. Bei diesem Parameter konnte während des Lagewechseltests ein Unterschied zwischen der Gruppe mit einer niedrigen und der mit einer für hoch eingeschätzten Arbeitsbelastung festgestellt werden ( $T=-2,262$ ,  $p=0,038$ ). Das Verhältnis verschob sich in Richtung niedrige Frequenzen (lowfrequency: LF). Die Personen, die Angaben stärker durch ihre Arbeit beeinflusst zu sein zeigten zudem meist eine höhere mittlere Herzfrequenz (in Ruhe:  $T=-3,170$   $p=0,006$ ; Lagewechseltest:  $T=-2,911$   $p=0,010$  psych. Belastungssituation:  $T=-3,116$ ,  $p=0,007$ ).

#### Diskussion

Es können deutliche Zusammenhänge zwischen der subjektiven Einschätzung der Arbeitsbelastung und der autonomen Regulationsfähigkeit festgestellt werden. Der signifikant niedrigere rMSSD bei der Gruppe mit hoch eingeschätzter Arbeitsbelastung weist auf eine schlechtere Aktivität des parasympathischen Nervensystems hin. Dies kann auch durch das veränderte Verhältnis im Frequenzbereich

(LF/HF) gezeigt werden, welches für eine höhere sympathisch modulierte Aktivität spricht. Das Beschäftigungsverhältnis hat keinen statistisch nachweisbaren Einfluss auf die Herzratenvariabilität oder die mittlere Herzfrequenz unter den verschiedenen Testbedingungen.

#### Literatur

- Dantas, E. M., Gonçalves, C. P., Silva, A., Rodrigues, S. L., Ramos, M. S., Andreão, R. V. et al. (2010). Reproducibility of heart rate variability parameters measured in healthy subjects at rest and after a postural change maneuver. *Brazilian Journal of Medical and Biological Research*, 43 (10), 982-988.
- Haas, J., Liebrich, A., Himmrich, E. & Treese, N. (2000). Kurzzeitmessung der Herzfrequenzvariabilität bei Postinfarktpatienten. *Herzschrittmachtherapie und Elektrophysiologie*, 11 (2), 102-109.
- Molnar, M., Geißler-Gruber, S., & Haiden, C. (2002). IMPULS-Test. Analyse von Stressfaktoren und Ressourcen im Betrieb. Wien: AUVA, Bundesarbeiterkammer, IV, ÖGB, WKÖ.
- Wöhrmann, A. M., Gerstenberg, S., Hünefeld, L., Pund, F., Reeske-Behrens, A., Brenscheidt, F. et al. (2016). *Arbeitszeitreport Deutschland 2016*. Bönen: Kettler GmbH.

### Regelmäßige moderate Intervallbelastung verbessert autonome kardiovaskuläre Regulation bei Kindern im Grundschulalter

Ketelhut, S. R.<sup>1</sup>, Ketelhut, K.<sup>2</sup>, Ketelhut, S.<sup>3</sup>, Riedel, S.<sup>3</sup>, Müssig, K.<sup>1,4,5</sup>, Willich, S. N.<sup>1</sup>, Meyer-Sabellek, W.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Sozialmedizin, Epidemiologie und Gesundheitsökonomie, Charité - Universitätsmedizin Berlin; <sup>2</sup>SRH Hochschule für Gesundheit Gera; <sup>3</sup>Institut für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; <sup>4</sup>Institut für Klinische Diabetologie, Deutsches Diabetes-Zentrum, Leibniz-Zentrum für Diabetesforschung an der Heinrich-Heine-Universität Düsseldorf; <sup>5</sup>Deutsches Zentrum für Diabetesforschung (DZD), München-Neuherberg

#### Problemstellung

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) steht unter parasympathischen und sympathischen Einflüssen des vegetativen Nervensystems und ermöglicht eine non-invasive Einschätzung der kardialen autonomen Kontrolle. Weithin akzeptiert ist die quantitative Beurteilung der autonomen kardialen Kontrolle durch die frequenzanalytische Methode der HRV. Zunehmend finden die daraus hervorgehenden HRV-Parameter bei der Bestimmung dynamischer Eigenschaften kardiovaskulärer (cv) Kontrollmechanismen Verwendung und ermöglichen eine spezifische Einsicht in die cv autonome Modulierbarkeit bei Gesundheit und Erkrankungen. Mit der aktuellen Studie sollte die Auswirkung einer neunmonatigen moderaten Intervallbelastung auf die Standardparameter dieser HRV-Power Spektral Analyse (PSA) bei Kindern im Grundschulalter evaluiert werden.

#### Methode

An der cluster-randomisierten, kontrollierten Interventionsstudie nahmen 68 Schüler (Alter 8,6±0,5

Jahre, 49% Mädchen, BMI 17,9±2,5 kg/m<sup>2</sup>) teil. Die Klassen wurden in eine Interventions- (IG) (n=34) und Kontrollgruppe (KG) (n=34) eingeteilt. Beide Gruppen erhielten den regulären Schulsportunterricht (3x45Min. /Woche). Über einen neunmonatigen Interventionszeitraum absolvierte die IG eine zusätzliche Bewegungsintervention nach einem standardisierten Programm (moderate Intervallbelastung 2x45 Min. /Woche). Anthropometrische Daten und drei Standardparameter der HRV-PSA wurden anhand von Kurzzeitmessungen in liegender Position vor und nach dem Interventionszeitraum bestimmt.

#### Ergebnisse

Nach der Intervention stieg die High Frequency-Power (HF-Power %), in der IG von 35,0±2,1% auf 42,6±2,37% (p=0,001) und die Low Frequency-Power (LF-Power %) fiel von 48,4±1,6% auf 44,7±1,8% (p=0,025). Hinsichtlich der Interventionseffekte zeigten sich signifikante Unterschiede zugunsten der IG in der HF-Power (p=0,001) und der LF-Power (p=0,003). Der LF/HF-Quotient veränderte sich in beiden Gruppen signifikant unterschiedlich (p=0,020), wobei bei der IG eine Abnahme des Mittelwerts von 1,6±0,2% auf 1,3±0,1% und bei der KG eine Zunahme des LF/HF-Quotienten von 1,2±0,1% auf 1,5 ±0,2 % zu verzeichnen war.

#### Diskussion

Eine ergänzende schulbasierte Bewegungsintervention mit Intervallcharakter bedingt bereits bei Grundschulkindern eine Zunahme des vagalen Einflusses der autonomen Regulation des Herzens.

### Effekte eines bewegungsorientierten psychosomatischen Therapiekonzepts auf die Herzfrequenzvariabilität und ausgewählte hämodynamische Parameter

Wehlan, E.<sup>1,2</sup>, Ketelhut, S.<sup>3</sup>, Hoppe, S.<sup>2</sup>, Ketelhut, S.R.<sup>4</sup>, Bayer, G.<sup>1</sup>, Ketelhut, R. G.<sup>1,2,4,5</sup>

<sup>1</sup>Institut für Sportwissenschaft, Humboldt-Universität zu Berlin; <sup>2</sup>Institut für Psychosomatische Gesundheit (IPG); <sup>3</sup>Institut für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg; <sup>4</sup>Charité – Universitätsmedizin Berlin; <sup>5</sup>Medical Center Berlin (MCB)

#### Einleitung

Die Prävalenz depressiver Erkrankungen hat in den letzten Dekaden gerade in den westlichen Industrienationen rasant zugenommen. Neben primären Symptomen weisen depressive Patienten häufig ein erhöhtes kardiovaskuläres Risikoprofil auf, was allerdings in der Behandlung der Betroffenen häufig nicht ausreichend berücksichtigt wird. In der vorliegenden Studie sollte daher untersucht werden, inwiefern sich ein multimodales, psychosomatisches Therapiekonzept auf die Herzfrequenzvariabilität (HRV) und verschiedene hämodynamische Parameter auswirkt.

#### Methodik

20 Probanden (Alter 48,5± 12,2 Jahre; BMI 25,0 ± 3,4 kg/m<sup>2</sup>) wurden sowohl vor als auch nach einem ambulanten Therapieaufenthalt in einer psychoso-

matischen Tagesklinik kardiologisch untersucht. Mittels Mobil-O-Graph (PWA-Monitor, I. E. M. Stollberg) wurden der periphere und zentrale Blutdruck (BD) sowie die Pulswellengeschwindigkeit (PWV) erfasst und mit den Ausgangswerten verglichen. Die Registrierung der HRV erfolgte mittels Pulsuhr (Polar RS800 CX®, Polar Elektro GmbH) in liegender und stehender Position (5 min. ), sowie während einer 3minütigen vorgegebenen Taktatmung in liegender Position (6 Atemzüge pro Minute).

### Ergebnisse

Über den Therapieverlauf zeigte sich eine signifikante Reduktion des peripheren systolischen ( $126,0 \pm 11,4$  mmHg vs.  $120,9 \pm 11,9$  mmHg;  $P < 0,01$ ) und diastolischen Drucks ( $85,8 \pm 11,2$  mmHg vs.  $81,0 \pm 11,1$  mmHg;  $P < 0,01$ ). Auch beim zentralen BD war systolisch ( $116,5 \pm 11,0$  mmHg vs.  $111,0 \pm 9,3$  mmHg;  $P < 0,01$ ) und diastolisch ( $87,2 \pm 11,4$  mmHg vs.  $82,2 \pm 11,2$  mmHg;  $P < 0,01$ ) ein signifikanter Abfall zu registrieren. Ferner nahm die PWV im Verlauf signifikant ab ( $7,2 \pm 1,2$  m/s vs.  $7,1 \pm 1,2$  m/s;  $P < 0,05$ ). Zugleich konnte eine Abnahme der Herzfrequenz festgestellt werden ( $77,3 \pm 10,8$  S/min vs.  $71,1 \pm 10,8$  S/min;  $P < 0,01$ ).

Hinsichtlich der HRV-Parameter zeigte sich eine signifikante Zunahme der Mean RR-Intervalle im Liegen ( $876,1 \pm 121,1$  ms vs.  $930,8 \pm 120,2$  ms;  $p < 0,01$ ), Stehen ( $725,9 \pm 116,2$  ms vs.  $760,6 \pm 113,0$  ms;  $p < 0,05$ ) sowie während der Taktatmung ( $901,7 \pm 125,8$  ms vs.  $995,2 \pm 178,7$  ms;  $p < 0,01$ ). Weiterhin nahm die Herzfrequenz im Liegen ( $70,0 \pm 9,5$  S/min vs.  $65,9 \pm 8,3$  S/min;  $p < 0,01$ ) und während der Taktatmung ( $68,6 \pm 9,6$  S/min vs.  $62,4 \pm 9,5$  S/min;  $p < 0,01$ ) signifikant ab. Zugleich konnte eine signifikante Zunahme beim RMSSD (square root of the means squared difference of successive RR intervals) ( $33,0 \pm 19,2$  ms vs.  $45,2 \pm 36,3$  ms;  $p < 0,05$ ) im Liegen gezeigt werden.

### Diskussion

Ein multimodales Therapiekonzept kann das kardiovaskuläre Risikoprofil bei depressiven Patienten günstig beeinflussen. Die Patienten konnten signifikante Verbesserungen im peripheren und zentralen Blutdruck, sowie der Pulswellengeschwindigkeit erzielen. Dabei belegen die Reduktion der Herzfrequenz, die verbundene Steigerung der Mean RR-Intervalle als auch der RMSSD als stabiler Parasympathikus-Marker eine durch das Therapiekonzept verbesserte Ökonomie der Herzfunktion.

---

## Diagnostischer Nutzen der HRV in der Trainingssteuerung im Radsport

Ewald, M.<sup>1</sup> & Ferger, K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Justus-Liebig-Universität Gießen

### Einleitung

Berbalk und Neumann (2002) postulierten eine feste Lagebeziehung der vegetativen Schwelle bei 92 % der individuellen anaeroben Schwelle. Ziel der Pilotstudie ist es, die feste Lagebeziehung der beiden Schwellen sowie die Verschiebung der vegetativen Schwelle in Abhängigkeit der Leistungssteigerung an der individuellen anaeroben Schwelle zu untersuchen.

### Methode

Im Rahmen von leistungsdiagnostischen Untersuchungen vor und nach einer 10-wöchigen Trainingsphase wurden für U19 Radsportler des Nationalkaders und ambitionierte Amateurradfahrer mit einer Vergangenheit als Landeskaderathleten sowohl die IAS nach Dickhuth bestimmt, als auch der HRV-Parameter RMSSD aufgezeichnet.

### Ergebnisse

Bei der Auswertung der Ergebnisse fielen zunächst die Schwankungen des RMSSD im Vergleich zum Schema nach Berbalk & Neumann (2002) auf. Des Weiteren wurde die Theorie der Lage der vegetativen Schwelle bei 92 % der IAS dadurch widerlegt, dass kein Zusammenhang zwischen der Differenz von  $P_{IAS}$  und  $P_{HRVmin}$  und der Höhe von  $P_{IAS}$  gefunden wurde. Zusätzlich wurde ein Bias beider Messmethoden errechnet. Während in Test I bei der Mehrheit der Sportler  $P_{HRVmin} \geq P_{IAS}$  bestimmt wurde, ergaben die Daten aus Test II eine Verschiebung von  $P_{HRVmin} < P_{IAS}$ . Die Lage der vegetativen Schwelle ist also nicht konsistent zur IAS.

### Diskussion

Als Grund für diese Verschiebung der vegetativen Schwelle gegenüber der IAS scheint die Höhe des Ausgangswerts des RMSSD ausschlaggebend zu sein, da sich ein mittlerer negativer Zusammenhang von  $R_{Pearson} = -0,48$  zwischen RMSSD und der Differenz von  $P_{IAS}$  und  $P_{HRVmin}$  finden lässt. Damit muss die Nutzung der HRV, bzw. ihres Kurzzeitparameters RMSSD, als nicht invasiver Parameter in der Leistungsdiagnostik kritisch betrachtet und mit Vorsicht bewertet werden.

### Literatur

Berbalk, A., & Neumann, G. (2002). Leistungsdiagnostische Wertigkeit der Herzfrequenzvariabilität bei der Fahrradergometrie. In K. Hottenrott (Hrsg.), *Herzfrequenzvariabilität im Sport; Prävention, Rehabilitation, Training* (S. 27-40). Hamburg: Czwalina-Verlag.

---

## Untersuchungen zum Einfluss von Schichtarbeit bei Einsatzkräften im Rettungsdienst auf die Herzfrequenzvariabilität und stattgehabter subjektiven Beanspruchung

Schumann, H.<sup>1</sup>, Sammito, S.<sup>1,2</sup>, Böckelmann, I.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bereich Arbeitsmedizin, Medizinische Fakultät der Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg;

<sup>2</sup>Kommando Sanitätsdienst der Bundeswehr, Sachgebiet Gesundheitsförderung, Sport- und Ernährungsmedizin

### Einleitung

Die Herzratenvariabilität (HRV) hat sich als Beanspruchungsparameter zur Beurteilung der neurovegetativen Anpassungsfähigkeit an Belastungssituationen etabliert. Die Störung der circadianen Rhythmik infolge der langjährigen Schichtarbeit führt zu einer reduzierten neurovegetativen Anpassungsfähigkeit an Stresssituationen, was mit einer reduzierten HRV bei Schichtdienstarbeitern verbunden

ist. Ziel dieser Studie war, einen Zusammenhang zwischen den ermittelten HRV-Parametern aus dem Zeit-, Frequenzbereich sowie der nichtlinearen Analyse und der Teilnahme an der Schichtarbeit bei Einsatzkräften im Rettungsdienst darzustellen. Diese objektive Einschätzung der stattgehabten Belastung während eines 24 Stunden Rettungsdienstes und der Freizeit wird der subjektiven Einschätzung gegenübergestellt.

### Methoden

In einer quantitativen Querschnittsstudie wurden 153 Einsatzkräften aus dem Rettungsdienst (Rücklaufquote 42,9 %) mittels COPSOQ Fragebogen zur subjektiven Einschätzung der Schichtarbeit befragt. Demgegenüber wurden objektive HRV-Parameter bei einer Gruppe von 31 klinisch gesunden (2 Frauen und 29 Männer, Alter  $36,06 \pm 8,5$ ), freiwilligen Probanden, die im Schichtdienst als Einsatzkräfte im Rettungsdienst der Hilfsorganisationen ( $n = 25$ ) und der Berufsfeuerwehr ( $n = 6$ ) tätig sind, gestellt. Die EKG-Aufnahme wurde mittels eines 24h-EKG-Gerätes (Schiller MT-101) durchgeführt. Ausschlusskriterien waren eine EKG-Aufzeichnungsdauer unter 23 Stunden, eine Dienstzeit von weniger als 3 Jahren, die Einnahme herzfrequenzmodulierender Medikamente, bekannte kardiovaskuläre Vorerkrankungen und Stoffwechselerkrankungen. Mittels Software Kubios HRV Version 2.0 (University of Kuopio, Finnland) wurden die HRV-Parameter aus dem Zeit- (SDNN, rMSSD) und Frequenzbereich (LFn. u., HFn. u. und LF/HF-Ratio) berechnet. Außerdem wurde die HRV mit nichtlinearen Methoden analysiert (SD1 und SD2).

### Ergebnisse

Die subjektive Einschätzung der Belastung durch Schichtarbeit verdeutlicht einen Zusammenhang zwischen Gesundheitszustand und Einfluss bei der Arbeit ( $r=0,375^{**}$ ), Rollenklarheit ( $r=0,485^{**}$ ), Vorhersehbarkeit ( $r=0,313^{**}$ ), Führungsqualität ( $r=0,271^{**}$ ), Arbeitszufriedenheit ( $r=0,414^{**}$ ) und negativ mit Rollenkonflikt ( $r=-0,219^{**}$ ), kognitiven Stress ( $r=-0,501^{**}$ ) sowie Burnout ( $r=-0,595^{**}$ ). Die HRV-Parameter der Probanden während einer Rettungsdienstschicht wurden denjenigen an einem schichtfreien Tag gegenübergestellt. Dabei wurden nur bei den HRV-Parametern aus dem Frequenzbereich (LFn. u., HFn. u.) statistisch signifikante Unterschiede zwischen den beiden Aufnahmen gefunden ( $p = 0,042$ ). Von den Probanden waren 74,2 % Übergewichtig.

### Diskussion

Die subjektiven und objektiven Ergebnisse verdeutlichen den Handlungsbedarf im Rettungsdienst. Hierbei zeigt sich, dass ein Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem subjektiven Gesundheitszustand und den organisationalen Rahmenbedingungen besteht. Da sich bei der HRV-Analyse nur LFn. u. und HFn. u. signifikant darstellen, ist in weiteren Fragestellungen zu untersuchen, ob Einsatzkräfte durch die Belastung im Rettungsdienst in ihren dienstfreien Tagen nicht mehr abschalten können?

## Überprüfung der Wirkung einer Raum-Installation auf Parameter des parasympathischen Nervensystems

Burger, R.<sup>1</sup>, Lathan, D.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SOURCE Gesundheitsberatung, Mainz; <sup>2</sup>sonami AG, Vaduz, Liechtenstein

### Einleitung

Die sonami AG aus Vaduz in Liechtenstein konzipiert und setzt im Wellnessbereich Raum-, Ton und Lichtinstallationen um, die versuchen lebensweltliche Erfahrungen zu umgehen, um neue Entspannungsreize zu setzen. Mit dem Programm DeepSea hat der Entwickler Lathan in einem Hotel in Südtirol, das Konzept erstmals umgesetzt. Der Raum mit einem Volumen von  $3 \times 5 \times 2,5 \text{ m}$  ist komplett schwingungsfrei entkoppelt. Die Wände, Boden und Decke bestehen jeweils aus drei Ebenen Plexiglas in denen 12500 dreifarbig LEDs verbaut sind. An allen Außenwänden sind Schallwandler verklebt, damit die Töne in den Raum projiziert werden können. Mit dem Programm DeepSea werden gesampelte Naturtöne in Anlehnung an Tiefseeräume komponiert, abgespielt. Parallel dazu ist die Lichtinstallation so programmiert, dass Lichtfarben und -intensitäten und Lichtformen zu den Tönen passende nichtreale Phänomene abbilden. Die Nutzung des Raums ist als Wellnessangebot konzipiert. Der Forschungsgegenstand ergibt sich aus der Annahme, dass die Wellnessinstallation DeepSea Kennwerte im parasympathischen Bereich verändert (Eller-Berndl, 2010; Grossman, Karemaker, & Wieling, 1991; Wittling & Wittling, 2012).

### Methodik

Die Anwendung DeepSea dauert ca. 15min. Die Anwendung wird in einer halb aufrechten Position in einem Ruhesessel in Anspruch genommen. Die Annahme besteht darin, dass durch die Anwendung der Wellnessinstallation in den Frequenzbändern der parasympathischen Phänomene Veränderungen stattfinden. Dazu wurde eine 36h-Herzratenvariabilitäts (HRV)-Messung durchgeführt. Für die Datenauswertung unterteilte man die 36h-HRV-Messungen in zwei 24h-Messungen. Mit einem Varianzanalytischen Verfahren konnten die abhängigen Stichproben hinsichtlich bestehender Unterschiede überprüft werden. Gemessen wurden  $n = 20$ , davon 13 weibliche und 7 männliche Teilnehmer. Das Durchschnittsalter beträgt zum Zeitpunkt der Messung 48,58 Jahre. Für die Messung wurden 20 2-Kanal EKG Geräte des Typ faros180° der Firma MegaElectronics eingesetzt.

### Ergebnisse und Interpretation

Es zeigt sich, dass sich über alle Messungen, d. h. sowohl in der Nacht vor der Anwendung zur Nacht danach, als auch die ersten 24h zu den zweiten 24h, die mittlere minimale Herzfrequenz signifikant reduziert ( $F=7,235$ ;  $p=0,009$ ). Ebenso hat sich der Quotient der Low Frequency zur High Frequency, der als Korrelat der Entspannungsfähigkeit steht, über alle Bedingungen signifikant verändert ( $F=6,22$ ;  $p=0,016$ ). Weitere Kenngrößen wie SD1 ( $\eta^2=0,026$ ), der Quotient von SD1/SD2 ( $\eta^2=0,013$ ), der SDNN ( $\eta^2=0,01$ ), sowie die Zeitnormierten LF- und HF-Parameter ( $\eta^2=0,098$ ) zeigten nachweisbare

Effekte über die beiden 24h- und Schlafabschnitte (Sedlmeier & Renkewitz, 2007).

Somit ist anzunehmen, dass die Intervention durch die Licht- und Rauminstallation, zu einer Veränderung verschiedener parasympathischer Parameter führt. Die konzipierte Installation könnte somit als entspannende Wellnessinstallation gelten.

#### Literatur

- Eller-Berndl, D. (2010). *Herzratenvariabilität* (1., Auflage). Wien: Verlagshaus der Ärzte.
- Grossman, P., Karemaker, J., & Wieling, W. (1991). Prediction of Tonic Parasympathetic Cardiac Control Using Respiratory Sinus Arrhythmia: The Need for Respiratory Control. *Psychophysiology*, 28(2), 201–216.
- Sedlmeier, P., & Renkewitz, F. (2007). *Forschungsmethoden und Statistik in der Psychologie* (Auflage: 1). München u. a.: Addison-Wesley Verlag.
- Wittling, W., & Wittling, R. A. (2012). *Herzschlagvariabilität: Frühwarnsystem, Stress- und Fitnessindikator* (1st ed.). Heiligenstadt: Eichsfeld.

### Die Wirkung einer speziellen (entzündungssenkenden) Ernährung bei Rheumatikern auf verschiedene Parameter der Herzfrequenzvariabilität

Feil, F.<sup>1</sup>, Leser, S.<sup>3</sup>, Jacki, S.<sup>2</sup>, Hottenrott, K.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Institut für Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle Wittenberg, <sup>2</sup>Praxis für Innere Medizin, Rheumatologie, und Hämatologie/Onkologie, Tübingen, <sup>3</sup>Casa Medica, Mosbach

#### Ziel

Überprüfung der Wirkung einer speziellen Ernährung mit dem Ziel Entzündungen bei Rheumatikern zu senken auf verschiedene Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV).

Hypothese: Es wird angenommen, dass bei Rheumatikern eine spezielle entzündungssenkende Ernährungsweise zu Veränderungen der HRV führt.

#### Methodik

Für die Studie wurden n= 15 Rheumatiker für die Ernährungsgruppe (EG) und n= 16 Rheumatiker für die Kontrollgruppe (KG) rekrutiert. Die EG verfolgte eine spezifische Ernährungsweise über einen Zeitraum von neun Monaten mit dem Ziel, Entzündungen zu senken. Die HRV wurde zu 4 Zeitpunkten erfasst. Vor der Intervention, nach 3, 6 und 9 Monaten. Die Messung erfolgte in Ruhe in liegender Position über einen Zeitraum von zehn Minuten. Die HRV wurde EKG-genau mit dem Herzfrequenzmessgerät RS 800 (Polar Electro, Kempele/Finnland) kontinuierlich erfasst.

#### Ergebnisse

In der EG wurde keine Veränderung der HRV-Werte beobachtet. In der KG verringerten sich mehrere Parameter der HRV (SDNN, RMSSD, SD1) signifikant. Unter der speziellen Ernährungsweise konnten entzündungshemmende Medikamente reduziert werden.

#### Schlussfolgerung

Die spezifische Ernährungsweise hatte keinen nachweisbaren Einfluss auf die Regulation des

autonomen Nervensystems bzw. auf die analysierten Parameter der HRV jedoch auf die Medikation. Bei reduzierter Entzündungsmedikation in der EG kam es nicht zur Einschränkung der HRV. In der Kontrollgruppe ohne spezifische Ernährungsweise nahmen der vagal modulierte RMSSD, der SDNN und die Kurzzeitvariabilität (SD1) ab.

#### Literatur

- Hansen, A. L., Dahl, L., Olson, G., Thornton, D., Graff, I. E., Froyland, L., Thayer, J. F. & Pallesen, S. (2014). Fishconsumption, sleep, daily functioning, and heart rate variability. *Journal of Clinical Sleep Medicine*, 10, 567-575.
- Adlan, A. M., Lip, G. Y., Paton, J. F., Kitas, G. D. & Fisher, J. P. (2014). Autonomic function and rheumatoid arthritis-A systematic review. *Seminars in Arthritis and Rheumatism*, 44, 283-304.

12:45 - 14:00 Uhr (HS XXII)

#### Session 3: Anwendung der HRV in der Praxis

Moderation: PD. Dr. Olaf Hoos

### HRV-basierende Parameter der Trainingsbelastung und deren Anwendung im professionellen Leistungssport

Rottensteiner, C.

Firstbeat Technologies Ltd. Finnland

Im professionellen Sport, auf Individual- und Teamebene, werden die Wettkampfpäne immer enger und anspruchsvoller, der Leistungsdruck für Athleten und Trainer wächst permanent und andere Faktoren, wie zum Beispiel effektive Regenerationsmaßnahmen, gewinnen dadurch immer mehr an Bedeutung. Um all diesen Anforderungen gerecht zu werden, scheint die Überwachung verschiedener Key Performance Indikatoren eine entscheidende Methode zur Leistungsoptimierung von Athleten zu sein. Vor allem die Verbindung zwischen Herzratenvariabilität (HRV) und dem autonomen Nervensystem (ANS) als Indikator des kardiovaskulären Systems scheint ein extrem wertvolles Tool bei der Überprüfung der Trainingsadaptionen von Athleten darzustellen. In diesem Beitrag werden HRV-basierende Parameter der Trainingsbelastung mithilfe von Daten aus dem professionellen Team- und Individualsport erklärt und diskutiert. Darüber hinaus werden die Unterschiede dieser Parameter in Bezug auf Sport, Geschlecht und Alter aufgezeigt.

Die Daten dieser Arbeit wurden mit dem Firstbeat Sports Monitor System aufgezeichnet und analysiert. Firstbeat Technologies Ltd. ist ein finnisches Unternehmen und hat mehr als 20 Jahre Erfahrung in der Analyse von Herzfrequenz und HRV. Um die Trainingsbelastung von Athleten zu identifizieren, hat Firstbeat basierend auf Herzfrequenz- und HRV-Daten in den letzten Jahrzehnten verschiedene Variablen der Trainingsbelastung, wie z. B. den Trainingseffekt (TE), Excess Post-Exercise Oxygen Consumption (EPOC) oder den Trainingsimpuls (TRIMP) entwickelt und verbessert.

EPOC wird als die erhöhte Sauerstoffaufnahme während des Trainings im Vergleich zum Sauerstoffverbrauch in Ruhe definiert. Es handelt sich dabei um einen dynamischen Parameter, welcher je nach Intensität während der Trainingseinheit akku-



muliert wird. Bei geringer Trainingsintensität wird beispielsweise kaum EPOC akkumuliert, wohingegen sich mit steigender Intensität stetig mehr anhäuft. Nimmt die Intensität während des Trainings darüber hinaus ausreichend ab, sind auch die EPOC-Werte niedriger. Dieser Parameter spiegelt vor allem die aeroben Teile des Trainings wider und gibt daher auch keine relevanten Informationen von Erschöpfung durch lokale Muskelermüdung.

Der Trainingseffekt ist ein Parameter, der die Intensität des Trainings auf einer Skala von 1 bis 5 wiedergibt. Dabei hat Firstbeat basierend auf Beat-to-Beat Daten Algorithmen entwickelt, die den aeroben und anaeroben Trainingseffekt erkennen. Der aerobe TE basiert auf EPOC und zeigt, wie die jeweilige Trainingseinheit die Ausdauerkapazität des Athleten verbessert hat. Der anaerobe TE basiert auf Analysen hochintensiver Intervalle und beschreibt, wie die Trainingseinheit die wiederholte Sprintfähigkeit beeinflusst hat.

Der TRIMP (Trainingsimpuls) quantifiziert die Trainingsbelastung, welche exponentiell zur Trainingsintensität akkumuliert wird. Banister und Kollegen (1991, 1999) zufolge, wurde hierfür die durchschnittliche Herzfrequenz bei der Berechnung der Belastung verwendet. Das Firstbeat Sports System nutzt jedoch die Beat-to-Beat Daten (RR-Intervalle), um die Bildung des Mittelwertes der Herzfrequenz und somit eine mögliche Unterschätzung der Intensität intermittierender Sportarten zu vermeiden. Der Hauptunterschied zu EPOC ist dabei, dass der TRIMP-Wert während Regenerationspausen nicht abnimmt und daher für intervalllastige Sportarten besser geeignet ist.

#### Literatur

- White Paper Firstbeat Technologies Ltd, Indirect EPOC Prediction Method Based on Heart Rate Measurement, 2012.
- White Paper Firstbeat Technologies Ltd, EPOC Based Training Effect Assessment, 2012.
- Banister, E.W., Carter, J.B. & Zarkadas, P.C. (1999). Training theory and taper: validation in triathlon athletes. *European Journal of Applied Physiology*. 79, 182-191.
- Banister, E.W., (1991). Modeling Elite Athletic Performance. In MacDougall, J.D., Wenger, H.A. & Green, H.J. (Hrsg.), *Physiological Testing of High-Performance Athlete, 2<sup>nd</sup> Edition*. Champaign, Illinois: Human Kinetics.

---

## Die praktische Anwendung der Herzfrequenzvariabilität in der niedergelassenen Praxis

**Gorsolke, F.**  
*COMMIT GmbH*

Die praktische Anwendung der Herzfrequenzvariabilität in der niedergelassenen Praxis.

Wie Studien zeigen, ist die Entstehung von Krankheiten eng verknüpft mit einer Dysbalance im vegetativen Nervensystem (VNS). Die Zahl chronischer Erkrankungen, wie Bluthochdruck, Diabetes oder Durchblutungsstörungen steigt seit Jahrzehnten epidemisch an.

Auch Schlafstörungen, chronische Schmerzzustände, Reizdarm, Burnout und Depressionen werden

immer häufiger diagnostiziert. Die Ursache für diese pathologischen Zustände ist häufig in einer Dysbalance des vegetativen Nervensystems zu finden. Diese Dysbalance ist typischerweise gekennzeichnet durch ein hyperaktives, energieverbrauchendes sympathisches System und ein hypoaktives parasympathisches Nervensystem.

Mit der Messung der HRV bzw. der autonomen Funktionsdiagnostik steht Ihnen ein analytisches Verfahren zur Verfügung, das so frühzeitig auf beginnende Erkrankungen hinweist wie kein anderes. Wird die autonome Dysbalance rechtzeitig erkannt, können bei entsprechenden Therapien sehr viele sich anbahnende Erkrankungen im Keim erstickt und die Chronifizierung verhindert werden.

Die autonome Funktionsdiagnostik entwickelt sich immer mehr zur Diagnostik der Wahl in den Bereichen Prävention, Risikostratifizierung und Therapiekontrolle. Sie ist zudem in den Versorgungsleitlinien bei Diabetes und den Leitlinien der Arbeits- und Umweltmedizin aufgenommen. Der weltweite Goldstandard, eine anerkannte GOÄ-Ziffer und mehr als 20.000 Studien sprechen bereits eine eigene Sprache.

Daher sollte die VNS Analyse in der niedergelassenen Praxis einen festen Bestandteil der therapeutischen Tätigkeit einnehmen.

---

## Monitoring respiration during short term heart rate variability tests adds valuable information to the assessment of the cardiac autonomic function

**Beise, R.D.**  
*BioSign GmbH*

It is well known that the respiration rate can have a major influence on the results of a HRV test. For instance, the correlation between breathing and heart rate oscillations is used in the deep breathing test in order to assess specifically the parasympathetic autonomic function. In contrast to the deep breathing test with a controlled breathing rate of 6 breathings per minute, the respiration rate is normally not controlled and not monitored in 5 minute short term HRV tests. This rises the question whether an important influence factor might be regularly overlooked.

In a first study on 59 healthy volunteers we measured HRV and respiration simultaneously in different situations (supine, standing, forced breathing, mental stress, physical stress). The breathing rate was recorded by a mechanical chest belt sensor (HRV-Scanner). The respiration was derived additionally from the ECG by ECG derived respiration analysis (EDR). In consistence with the published literature we found that especially mental stress caused a significant increase of the respiration rate, accompanied by a significant decrease of the HRV. The mean correlation of the breathing rates derived by EDR and measured by the mechanical breathing sensor was 0.8.

Our results indicate that the breathing rate should be monitored during short term HRV tests in order to

avoid a misinterpretation of altered HRV results, caused by unusual breathing rates. High breathing rates in combination with a low HRV may also indicate a state of mental stress, which could be easily overlooked when only HRV results are taken into account.

A precise breathing sensor is recommended for the respiration monitoring, but an estimation of the breathing rate by EDR (ECG derived respiration) could also provide a first information about abnormal breathing patterns during the HRV test.

---

## **OrthostaticTest - ein Tool der Trainingssteuerung**

**Hottenrott, L.**

*Deutsche Sporthochschule Köln (DSHS)*

Der Schlüssel zum Erfolg liegt im Leistungs- und Hochleistungssport darin, Trainingsreize optimal zu setzen, Erholungspausen zur richtigen Zeit einzuplanen und Überlastungen bzw. Übertrainingszustände zu vermeiden.

Ziel des Vortrages ist es, die umfassenden Erfahrungen mit dem OrthostaticTest (OT) und die sich daraus ableitenden Veränderungen für das individuelle Training und die Trainingssteuerung an interessierte Trainer und Athleten weiterzugeben. Der OT ist ein spezieller Lagewechsel-Test, bei dem die Herzfrequenz im RR-Modus über 3 min im Liegen und 3 min im Stehen gemessen wird. Durchgeführt wurde der OT mit dem Herzfrequenz-Messgerät V800 (Polar GmbH). Die Testauswertungen erfolgen mit dem Programm "Polar Flow". Analysiert werden die RMSSD-Werte im Liegen und Stehen, die Herzfrequenz (HF) im Liegen und Stehen und der HF-Peak unmittelbar nach dem aktiven Aufstehen.

Aus den Testanwendungen und den Trainingsaufzeichnungen einer Mittel- und Langstreckenläuferin der deutschen Spitze (Top 3) im Zeitraum August 2014 bis Februar 2017 werden im Vortrag ausgewählten Trainingsabschnitte aus allgemeiner Vorbereitung, Höhentrainingslager und der Wettkampfperiode analysiert. Wesentliche Erkenntnisse sind: Nach einem mehrtägigen sehr hohem aeroben Umfangstraining steigt der RMSSD-Parameter im Stehen deutlich über die persönlichen Referenzwerte an und die HF im Stehen ist deutlich niedriger als normal. Teilweise ist die HF im Stehen nicht höher als die HF im Liegen. Völlig anders ist der HF-Verlauf beim OT nach einer mehrtägigen intensiven Ausdauertrainingsphase mit einem hohen Anteil der Trainingsbelastung in bzw. über der individuellen anaeroben Schwelle. Die HF-Werte sind unmittelbar nach dem Aufstehen und im Stehen im Vergleich zu den eigenen Referenzwerten deutlich erhöht und der RMSSD ist im Stehen geringer. Desweiteren wird aufgezeigt, wie sich ein Training in der Höhe und in der unmittelbaren Wettkampfvorbereitung (UWV) auf den OT auswirkt. Die mehrjährigen Erfahrungen mit dem OT haben insgesamt gezeigt, dass der Test besonders während intensiver bzw. umfangreicher Trainingsphasen, bei veränderten klimatischen Bedingungen oder bei einem Training

in der Höhe sehr hilfreich ist, um ein funktionales bzw. nicht funktionales Overreaching (FOR, NFOR) rechtzeitig zu erkennen und ein Übertrainingszustand zu vermeiden.

---

## **Herzfrequenzvariabilität als Parameter zur Erfassung der beruhigenden Wirkung von Klosterfrau Melisengeist®**

**Dimpfel, W.**

*Justus-Liebig-Universität Giessen*

Die Bedeutung des autonomen/vegetativen Nervensystems wurde in der Vergangenheit stark unterschätzt. Es ist bekannt, dass zum Beispiel in Gegenwart von Stress der Anteil der sympathischen Herzaktivität steigt, sich die Balance des autonomen Nervensystems in diese Richtung verschiebt und damit kardiale Risiken auslöst. Dieser Effekt lässt sich anhand der Messung der Herzfrequenzvariabilität auf der Basis einer EKG Ableitung quantitativ erfassen. Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) ist ein nicht-invasiver Index der neuronalen Kontrolle des Herzens. Eine Frequenzanalyse des zeitlichen Ablaufes der HRV ergibt drei separate Frequenzbänder während der Modulation der Herzschlagrate beim Menschen. In der Hauptsache werden zwei Frequenzbereiche erfasst: LF („Low Frequency“: 0.003 bis 0.04 Hz) und HF („High Frequency“: 0.15 bis 0.40 Hz). Während die LF vorwiegend durch Veränderung der Aktivität des Nervus Sympathikus beeinflusst wird, spiegelt die HF die Aktivität des Nervus Vagus wider (Martinmäki et al., 2006). Beide vegetativen Nerven regeln die Aktivität des Herzens im Sinne einer Zwei-Zügel-Wirkung. Man spricht auch von sympatho-vagaler Balance der Kontrolle der Herzschlagvariation. Laut Literatur wird sie am besten durch den Quotienten LF/HF beschrieben. Der Organismus kennt – grob gesprochen – zwei Hauptaktivierungszustände: einen auf Ruhe und Erholung abzielenden Zustand (er wird besonders vom „parasympathischen Nervensystem“ gefördert), sowie einen auf Aktivität abzielenden Zustand (er unterliegt vor allem Einflüssen des „sympathischen Nervensystems“). Der erstgenannte Zustand spiegelt sich vor allem in „mehr“ HF-Aktivität, der zweitgenannte in mehr LF-Aktivität wider. Ein Herz erscheint umso anpassungsfähiger, je mehr es sich beider Aktivitätsarten in einem ausgeglichenen Verhältnis bedienen kann. Ungünstig erscheint es, wenn das Verhältnis der beiden Aktivitätspole unausgewogen ist. Das ist insbesondere der Fall, wenn die LF-Aktivität einseitig überwiegt (dann drohen zum Beispiel Herzrhythmusstörungen oder andere Anpassungsstörungen). Bei Stress ist die sympatho-vagale Balance in Richtung höherer Sympathikusaktivität verschoben. Die vorliegende Untersuchung hatte zum Ziel, die in früheren Experimenten während des Schlafs beobachtete Wirkung von Klosterfrau Melisengeist® auf das autonome Nervensystem auch am Tage zu bestätigen. Diese Wirkung konnte nunmehr zum Zeitpunkt 3 Stunden nach Gabe im Vergleich zu Placebo in statistisch signifikanter Weise unter der Bedingung einer 30-minütigen Ableitung mit Hilfe des ProSciCard III Systems der Firma MEWICON-CATEEM-Tec

GmbH, Neureichenau in Ruhe gemessen werden. Dass diese Wirkung auf den in dem Ätherisch-Öl-Destillat vorhandenen Inhaltsstoffen beruht, kann aus dem späten Zeitpunkt des Effektes geschlossen werden, da eine Alkoholwirkung ja bereits zum Zeitpunkt 1 Stunde nach Gabe angenommen werden muss. Hier zeigte sich auch eine im Trend gegenteilige Wirkung, die allerdings statistisch nicht abgesichert werden konnte. Man kann demnach davon ausgehen, dass die Wirkung von Klosterfrau Melissengeist® in einer physiologischen Verschiebung der autonomen Balance in Richtung Zunahme der Aktivität des Nervus Vagus besteht. Dies lässt auf eine Zunahme der autonomen Aktivität des Parasympathikus schließen, die laut Literatur für einen besseren Umgang mit Stress und Schutz vor kardio-vaskulären Risiken steht. Vor dem Hintergrund der durch die verschiedensten Faktoren (z. B. Stress, Übergewicht, Diabetes) angestiegenen kardio-vaskulären Risiken kann daher von der Einnahme von Klosterfrau Melissengeist® eine positive Schutzwirkung erwartet werden.

#### Literatur

Martinmäki, K., Heikki, R., Kooistra, L., Joni, K., Sami, S. (2006). Intraindividual validation of heart rate variability indexes to measure vagal effects on hearts. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 290, H640-647.

14:20 - 16:00 Uhr (HS XXII)

#### Session 4: Autonome Funktion und HRV in Intensivmedizin und Kardiologie

Vorsitz: Prof. Dr. Ursula Müller-Werdan  
Prof. Dr. Dirk Hoyer

### Autonome Funktion und Herzerkrankungen – was ist praxisrelevant bei Herzinsuffizienz, akutem Koronarsyndrom und Vorhofflimmern?

Schmidt, H.

### Herzfrequenzsenkung durch Schrittmacherkanalhemmung bei Patienten mit Multiorgan-Dysfunktionssyndrom- die MODIFY-Studie

Werdan, K., Nuding, S., Schröder, J., Presek, P., Wienke, A., Müller-Werdan, U., Ebel, H.  
*Universitätsklinikum Halle (Saale)*

Das Multiple Organdysfunktions-Syndrom (MODS) spezifiziert ein klinisches Syndrom des kritisch kranken Intensivpatienten mit konsekutiver oder gleichzeitiger Störung bis zum Versagen mehrerer vitaler Organe. Auf internistischen Intensivstationen sind die dem MODS zugrundeliegenden Ursachen der kardiogene und der septische Schock. Das MODS ist charakterisiert durch eine hochgradig eingeschränkte (Schmidt et al., 2005) und eine inadäquat hohe Herzfrequenz (Hoke et al., 2012) der Patienten: MODS-Patienten mit einer Herzfrequenz (Hoke et al. 2012) 90/min haben ein 2.3 fach höheres

Risiko, innerhalb von 28 Tagen zu versterben als MODS-Patienten mit einer Herzfrequenz < 90/min. (Hoke et al. 2012). Für diese inadäquat hohe Herzfrequenz des MODS-Patienten sind viele Faktoren verantwortlich; wesentliche Faktoren dürften die bei MODS vorliegende kardiale autonome Dysfunktion mit Überwiegen des Sympathikus, die Sympathikus-Sensibilisierung des HCN-Herzschrittmacherkanals durch Endotoxin (Ebel et al. 2015) und die partielle Entkopplung des Schrittmacherkanals von der Parasympathikus-Kontrolle (Gholami et al., 2012) sein. Ist die hohe Herzfrequenz bei MPDS-Patienten nicht nur ein Risikomarker- z. B. Ausdruck einer gesteigerten Sympathikusaktivität - sondern tatsächlich ein Risikofaktor, dann könnte eine Senkung der Herzfrequenz zu einer Verbesserung der Prognose dieser Patienten führen. Bei Patienten mit septischem Schock ließ sich die hohe Herzfrequenz mit dem kurzwirksamen i.v.-Betablocker Esmolol innerhalb von 4 Tagen um im Mittel 22/min senken, verbunden mit einer signifikanten Senkung der 28-Tage-Sterblichkeit (adjustierte Hazard Ratio 0,39) (Morelli et al., 2013).

In der hier vorgestellten prospektiven, randomisierten MODIFY-Studie („Reducing elevated heart rate in patients with Multiple Organ Dysfunction syndrome by the I<sub>f</sub> (funny channel current) inhibitor ivabradine“ trial) wurde zur Senkung der inadäquat hohen Herzfrequenz bei 70 MODS-Patienten mit einem Sinusrhythmus 90/min der selektive Schrittmacherkanal (HCN)-Hemmer Ivabradin (2 x tgl. Ivabradin 5 mg enteral über 4 Tage) verwendet (siehe Studienprotokoll (Nuding et al., 2011)). Primärer Studienendpunkt war der Prozentsatz der Patienten mit einer Senkung der Herzfrequenz von 10/min nach vier Tagen. Sekundäre Zielkriterien waren u. a. die Auswirkungen der Ivabradingabe auf die Hämodynamik, den Schweregrad und den Vasopressorenbedarf der Patienten sowie deren 28-Tage und 6-Monate-Letalität. Die Publikation mit den Studienergebnissen der MODIFY-Studie befindet sich in der Einreichungsphase.

#### Literatur

- Ebel, H., Geißler, I., Ruccius, S., et al. (2015). Direct inhibition, but indirect sensitization of pacemaker activity to sympathetic tone by the interaction of endotoxin with HCN-channels. *Clin Exp Pharmacol Physiol*, 42,874-880.
- Gholami, M., Mazaheri, P., Mohamadi, A., et al. (2012). Endotoxemia is associated with partial uncoupling of cardiac pacemaker from cholinergic neural control in rats. *Shock*, 37 (2), 219-227.
- Hoke, R. S., Müller-Werdan, U., Lautenschläger, C., et al. (2012). Heart rate as an independent risk factor in patients with multiple organ dysfunction: a prospective, observational study. *Clin Res Cardiol*, 101 (2),139-147.
- Morelli, A., Ertmer, C., Westphal, M., et al. (2013). Effect of Heart Rate Control With Esmolol on Hemodynamic and Clinical Outcomes in Patients With Septic Shock – A Randomized Clinical Trial. *JAMA*, 310 (16), 1683-1691.
- Nuding, S., Ebel, H., Hoke, R. S., et al. (2011). Reducing elevated heart rate in patients with multiple organ dysfunction syndrome by the I<sub>f</sub> (funny channel current) inhibitor ivabradine - MODIFY Trial. *Clin Res Cardiol*, 100 (10), 915-923.
- Schmidt, H., Müller-Werdan, U., Hoffmann, T., et al. (2005). Autonomic dysfunction predicts mortality in patients with multiple organ dysfunction syn-

drome of different age groups. *Crit Care Med.*, 33 (9), 1994-2002.

---

## Veränderte Herzfrequenzvariabilität als früher Indikator für subakute Infektionen nach ischämischem Mediainfarkt

Hoyer, D., Meyer, F., Brämer, D., Günther, A.  
Hans Berger Klinik für Neurologie, Universitätsklinikum Jena

Ischämische Schlaganfälle sind mit einer verringerten Herzfrequenzvariabilität (HRV), insbesondere der Gesamtvariabilität (SDNN) und der schnellen Anteile (RMSSD, HF) assoziiert, die erhöhte Werte des sympatho-vagalen Balance (LF/HF) zur Folge haben (Colivicchi et al., 2004). Weiterhin war eine verringerte SDNN neben der Schlaganfallschwere (National Institutes of Health Stroke Scale, NIHSS), Schädigung des rechten insulären Kortex, dem Alter und nichtanhaltender ventrikulärer Tachykardie mit einer erhöhten Ein-Jahres-Mortalität verbunden (Colivicchi et al., 2005). Die Schlaganfallinduzierte Immunsuppression ist ein Grund dafür, dass Pneumonien die häufigste Komplikation nach Schlaganfall sind. In anderen Patientenpopulationen wurde ebenfalls eine veränderte HRV im Zusammenhang mit Infektionen bzw. Sepsis beschrieben (z.B. Griffin et al., 2005; Ahmad et al., 2009; Barnaby et al., 2002; Schmidt et al., 2005; Korach et al., 2001). Daher ist die stroke-induzierte autonome Dysfunktion (Dorrance and Fink, 2015; De Raedt et al., 2015), die im Routinemonitoring anhand von HRV Parametern fortlaufend abschätzbar ist, für eine frühzeitige Erkennung sich entwickelnder Infektionen nach ischämischen Insult von besonderem Interesse.

In einer eigenen Pilotstudie wurden Infektionen in 43 Patienten mit akutem Mediainfarkt untersucht. Innerhalb von 48h nach Symptombeginn wurde ein 24h Holter EKG gemessen und HRV Parameter (LFnorm, VLF) bestimmt. Primärer Endpunkt war die Entwicklung einer subakuten (Tag 2-5) Infektion. Der prädiktive Wert der HRV Parameter wurde in den 34 Patienten ohne akute Infektion mit logistischen Regressionsmodellen untersucht. Zwölf der 34 Patienten ohne akute Infektion entwickelten eine subakute Infektion. Diese konnte bei der Tagesmessung durch erniedrigte LFnorm, in der Nachtmessung durch erniedrigte VLF identifiziert werden. Die direkten Assoziationen der HRV Parameter in der subakuten Phase mit Infektionen zeigten gleiche Abhängigkeiten, allerdings mit stärkerem Ausmaß (Günther et al., 2012). Darauf basierend wurde eine umfassendere Studie zur Prognose subakuter Infektionen nach Mediainfarkt entworfen und in der Hans Berger Klinik für Neurologie am Universitätsklinikum Jena durchgeführt ((Bramer et al., 2014), DRKS00003392). Die Datenerhebung wurde abgeschlossen und aktuell erfolgt die Auswertung der Population zur Vorhersage von Infektionen gemäß Studienprotokoll. Daher können zur Prognose noch keine Ergebnisse vorgestellt werden.

Hinsichtlich der Assoziation bestehender Infektionen mit HRV Parametern konnten die Ergebnisse der Pilotstudie bestätigt und ausgebaut werden. Darüber wird im Vortrag berichtet werden.

## Literatur

- Ahmad, S., Ramsay, T., Huebsch, L., Flanagan, S., McDiarmid, S., Batkin, I., McIntyre, L., Sundaresan, S. R., Maziak, D. E., Shamji, F. M., Hebert, P., Fergusson, D., Tinmouth, A. & Seely, A. J. (2009). Continuous multi-parameter heart rate variability analysis heralds onset of sepsis in adults. *PLoS One*, 4 (8), e6642.
- Barnaby, D., Ferrick, K., Kaplan, D. T., Shah, S., Bijur, P. & Gallagher, E. J. (2002). Heart rate variability in emergency department patients with sepsis. *Acad Emerg Med.*, 9 (7), 661-70
- Bramer, D., Hoyer, H., Günther, A., Nowack, S., Brunkhorst, F. M., Witte, O. W. & Hoyer, D. (2014). Study protocol: prediction of stroke associated infections by markers of autonomic control. *BMC Neurol.*, 14 (9), 1-6.
- Colivicchi, F., Bassi, A., Santini, M. & Caltagirone, C. (2004). Cardiac autonomic derangement and arrhythmias in right-sided stroke with insular involvement. *Stroke*, 35 (9), 2094-8.
- Colivicchi, F., Bassi, A., Santini, M. & Caltagirone, C. (2005). Prognostic implications of right-sided insular damage, cardiac autonomic derangement, and arrhythmias after acute ischemic stroke. *Stroke*, 36 (8), 1710-5.
- De Raedt, S., De Vos, A. & De Keyser, J. (2015). Autonomic dysfunction in acute ischemic stroke: An underexplored therapeutic area? *Journal of the Neurological Sciences*, 348, 24-34.
- Dorrance, A. M. & Fink, G. (2015). Effects of Stroke on the Autonomic Nervous System. *Compr Physiol*, 5, 1241-63.
- Griffin, M. P., Lake, D. E., Bissonette, E. A., Harrell, F. E., Jr., O'Shea, T. M. & Moorman, J. R. (2005). Heart rate characteristics: novel physiologic markers to predict neonatal infection and death. *Pediatrics*, 116, 1070-4.
- Günther, A., Salzmann, I., Nowack, S., Schwab, M., Surber, R., Hoyer, H., Witte, O. W. & Hoyer, D. (2012). Heart rate variability - a potential early marker of sub-acute post-stroke infections. *Acta Neurol Scand*, 126, 189-96.
- Korach, M., Sharshar, T., Jarrin, I., Fouillot, J. P., Raphael, J. C., Gajdos, P. & Annane, D. (2001). Cardiac variability in critically ill adults: influence of sepsis. *Crit Care Med*, 29, 1380-5.
- Schmidt, H., Müller-Werdan, U., Hoffmann, T., Francis, D. P., Piepoli, M. F., Rauchhaus, M., Prondzinsky, R., Loppnow, H., Buerke, M., Hoyer, D. & Werdan, K. (2005). Autonomic dysfunction predicts mortality in patients with multiple organ dysfunction syndrome of different age groups. *Crit Care Med*, 33, 1994-2002.
- 

## Autonome Dysfunktion bei Herzinsuffizienz und MODS – sind Sie prognoserelevant?

Rauchhaus, H.

---

## Upgrading von CRTD auf eine zweite LV-Elektrode bei Nonrespondern

Dumbrava, D.

---

## Wertigkeit der Methoden zur Messung der basalen Herzfrequenz beim Multiorganversagen

Müller, J.<sup>1,2</sup>, Opara, W.<sup>1,2</sup>, Schaffranke, A.<sup>1</sup>, Dumbrava, D.<sup>1,2</sup>, Oltmanns, G.<sup>3</sup>, Mueller-Werdan, U.<sup>4,5</sup>, Werdan, K.<sup>2</sup>, Schmidt, H.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Martin-Luther-University Halle-Wittenberg, Germany; <sup>2</sup>Klinikum Magdeburg, Germany; <sup>3</sup>DRK Hospital Sömmerda, Germany; <sup>4</sup>Charite, Universitätsmedizin Berlin, Germany; <sup>5</sup>Evangelisches Geriatriezentrum Berlin gGmbH

### Background

In cardiology, it has been shown, that a lower heart rate is an independent predictor of survival among patients with coronary artery disease, chronic heart failure and metabolic syndrome. Treatment approaches for heart rate reduction are currently under observation and thus focus the interest on calculation of basic heart rate. The multiple organ dysfunction syndrome (MODS) is the sequential failure of organ systems after a trigger event (e. g. cardiogenic shock) with a high mortality. Several MODS treatment strategies, e. g. catecholamine therapy, increase heart rate artificially. The goal of the present trial was to assess whether heart rate per se is an independent predictor of survival in MODS and which of the heart rate measurement methods used in our survey is the most precise one.

### Methods

142 score-defined consecutive patients were enrolled into the study. Inclusion criterion was an APACHE II score  $\geq 20$  at admission to ICU. Five methods for calculation of heart rate were used: 24-hour heart rate as assessed by Holter ECG ("HR24"), mean heart rate from 12 pm to 1am ("HRnight"), mean heart rate from 12 am to 1 pm ("HRday") and minimum ("HRmin") as well as maximum heart rate ("HRmax") of a 24 hour cycle starting at admission to ICU. Patients were followed up for 28 days.

### Results

HRday was the best predictor of 28-day mortality (AUC of ROC analysis 0.64 $\pm$ 0.05,  $p=0.007$ ) followed by HRnight ( $p=0.007$ ), HR24 ( $p=0.01$ ), HRmin ( $p=0.14$ ) or HRmax ( $p=0.9$ ) were not able to discriminate between survivors and non-survivors. The optimum cut-off point for discrimination between survivors and non-survivors by HRday was 88.5/min. Patients with a heart rate below 88.5/min had a hazard ratio of 0.31 (95%CI 0.16-0.61,  $p=0.001$ ) of an unfavourable outcome within 28 days compared with the group with elevated heart rate. HRday and SOFA score were the only independent predictors of survival in ischemic triggered MODS as shown in multivariate analysis

### Conclusions

These results suggest that a low HRday is an accurate predictor of 28-day mortality in MODS. It is the most precise predictor of survival among the tested five approaches of heart rate calculation. These results may support the current concepts of heart

rate reduction in MODS by pharmacological approaches.

## Serielle Bestimmung der HRV beim MODS

Tymiec, P.<sup>1</sup>, Dumbrava, D.<sup>1,2</sup>, Opara, W.<sup>1,2</sup>, Schaffranke, A.<sup>1</sup>, Hoyer, D.<sup>3</sup>, Müller-Werdan, U.<sup>4,5</sup>, Werdan, K.<sup>1</sup>, Schmidt, H.<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Martin-Luther Universität Halle-Wittenberg; <sup>2</sup>Klinikum Magdeburg gGmbH; <sup>3</sup>Friedrich-Schiller-Universität Jena; <sup>4</sup>Evangelisches Geriatriezentrum Berlin gGmbH; <sup>5</sup>Charité - Universitätsmedizin Berlin

Ein Multiorganfunktionsversagen (MODS) ist das konsekutive Versagen mehrerer Organsysteme. Diese Erkrankung, welche auch heute noch eine hohe Letalität mit sich bringt, wird durch Trigger, wie einen kardiogenen Schock, Pneumonie oder (am häufigsten) eine Sepsis ausgelöst. Das MODS ist durch eine autonome Dysfunktion charakterisiert, welche sich durch die Herzfrequenzvariabilität (HRV) analysieren lässt. Einzelne Parameter der HRV können Prädiktoren für die Kurzzeit-Letalität von kardial Erkrankten sein.

Konsekutiv wurden 103 kritisch kranke MODS-Patienten in die vorliegende prospektive, klinische Studie aufgenommen und der Vorhersagewert der HRV bzw. der serielle Verlauf während des Krankenhausaufenthaltes untersucht. Neben der Beurteilung des Krankheitsschweregrades mittels APACHE-II-Score fand innerhalb der ersten 48 Stunden nach Intensivstation-Aufnahme die Aufzeichnung der HRV mittels 24-Stunden-Holter-EKG-Report (=T1) statt. Diese Messungen wurden für die letzten 14 Patienten nach 3 (=T2) und 14 Tagen (=T3) wiederholt. Abschließend wurde die Relevanz des Alters hinsichtlich der MODS-Letalität analysiert.

Die Parameter mit der stärksten Prognosekraft bezüglich der 1-Jahres-Letalität waren Patientenalter (Überlebende  $53 \pm 14,4$  vs. Verstorbene  $64,1 \pm 12,6$  Jahre;  $p < 0,001$ ), initialer APACHE-II-Score ( $27,1 \pm 7,5$  vs.  $32,2 \pm 7,4$  Punkte;  $p = 0,001$ ) sowie die initial gemessenen HRV-Parameter pNN50-Wert ( $8,3 \pm 12,0$  vs.  $3,4 \pm 5,2$  %;  $p = 0,025$ ) und r-MSSD ( $35,5 \pm 37,7$  vs.  $22,1 \pm 16,3$  ms;  $p = 0,049$ ). In der Spektralanalyse der HRV zeigten sich die Total Power ( $1075,4 \pm 2071,9$  vs.  $398,4 \pm 935,4$  ms<sup>2</sup>;  $p = 0,04$ ) und das „very-low-Frequency“-Band ( $395,4 \pm 993,2$  vs.  $71,1 \pm 149,2$  ms<sup>2</sup>;  $p = 0,05$ ) verändert. Die serielle Messung der kleinen Subgruppe der Studien-Kohorte über 14 Tage fand keine relevanten Unterschiede in der HRV zwischen den einzelnen Testtagen. Patienten mit einem Alter über 60,5 Jahre hatten ein 2,7-fach höheres Risiko, innerhalb des Folgejahres zu versterben ( $p < 0,001$ ; 95% KI: 1,6 - 4,5). Aus diesen Resultaten wurden folgende Schlussfolgerungen gezogen: 1. Die HRV ist ein Prädiktor für die 1-Jahres-Letalität bei MODS-Patienten. 2. Die HRV zeigte in der kleinen untersuchten Subgruppe in der seriellen Messung keine wesentlichen Unterschiede zwischen Überlebenden und Verstorbenen. 3. Das Patientenalter kann ein wichtiger Prognoseparameter für die 1-Jahres-Letalität bei MODS-Patienten sein.

16:20 - 17:10 Uhr (HS XXII)

**Session 5: Anwendung der HRV bei unterschiedlichen Zielgruppen und unter Hypoxie**

Vorsitz: Prof. Dr. med. Irina Böckelmann  
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

**HRV-Veränderungen im Kontext von Langzeitarbeitslosigkeit und subjektiver Arbeitsfähigkeit**

**Vogt, L., Niederer, D. & Banzer, W.**

*Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt/Main*

**Einleitung**

Verlust sozialer Bindungen, Verschlechterung mentaler und physiologischer Gesundheit und der resultierende Verlust an Lebensqualität lassen Morbidität und Mortalität bei arbeitslosen Personen im Vergleich zur erwerbstätigen Bevölkerung deutlich ansteigen. Arbeitslosigkeit geht mit einem erhöhten Risiko psychischer und somatischer Gesundheitsstörungen einher. Gerade mit zunehmender Dauer der Arbeitslosigkeit scheinen die genannten Faktoren mit chronischen Stressreaktionen des Organismus und damit assoziierten Veränderungen der autonomen Funktions- und Regulationsfähigkeit (HRV) in Zusammenhang zu stehen.

**Methode**

Insgesamt 34 Langzeitarbeitslose (55,7±3,3 J, 22w, 12m) mit einer Dauer der Arbeitslosigkeit von 1-22,5 Jahren nahmen an der quasi-experimentellen Erhebung teil. Die Messung der Herzfrequenzvariabilität erfolgte anhand von 5-minütigen HRV-Kurzzeitregistrierungen im Liegen analog internationaler Richtlinien. Zur HRV-Analyse wurden lediglich Signalaufzeichnungen ausgewählt, welche weniger als 5% Artefakte aufwiesen. Als Primärzielparameter diente das logarithmierte Gesamtleistungsdichtespektrum (lnTP, 0,02-0,4 Hz). Neben soziodemografischen Angaben wurde der Umfang körperlicher Aktivität (PA) standardisiert (IPAQ) erfasst. Das Konzept der Arbeitsfähigkeit wurde unter Verwendung des workabilityindex (WAI) operationalisiert.

**Ergebnisse**

Die explorative multiple Regression (AV: lnTP) mit Variablenreduktion ergab nach Ausschluss UV (Dauer der Arbeitslosigkeit; Alter, BMI, Schulbildung, PA) eine gemeinsame Varianzaufklärung (korr  $R^2$ ) von 30%. Frauen ( $\beta = -.7$ ) anderer Nationalitäten ( $\beta = -.7$ ) mit subjektiv geringer eingeschätzter Arbeitsfähigkeit ( $\beta = .12$ ) wiesen eine niedrigere lnTP auf. Eine mehr als 3 Jahre andauernde Arbeitslosigkeit geht mit einem um das 6.2-fache erhöhten Risiko (RR) für eine als kritisch zu beurteilende Arbeitsfähigkeit einher ( $p = 0.043$ ).

**Diskussion**

Die ermittelten Resultate weisen auf Veränderungen der kardialen Regulationsfähigkeit im Kontext der subjektiven Arbeitsfähigkeit hin. Sie unterstreichen die Evidenz zur Notwendigkeit der Stärkung psychosozialer und gesundheitlicher Ressourcen im Sinne der Gesundheitsförderung und der Wiederbeschäftigungsfähigkeit durch bewegungsbezogene Prävention.

**Verbesserung der parasympathischen Reaktionslage und der Sauerstoffaufnahme in Ruhe bei stressbelasteten Personen durch eine HRV gesteuerte Anwendung von Intermittierender Hypoxie/ Hyperoxie Therapie (IHHT): Eine Pilotstudie aus der therapeutischen Praxis**

**Aisenpreis, P.M.**

*HP, ACT GmbH Murnau*

**Hintergrund und Problemstellung**

Menschen in Belastungssituationen mit einer geringen autonomen Regulation sowie Leistungssportler mit einer hohen Regulation stellen in einem Praxis Setting eine besondere Herausforderung dar. Meist geht eine verringerte autonome Reaktionslage einher mit gestörter Atemfunktion, erhöhter Atemfrequenz und Variabilität, erhöhtem Atemstress, sowie verringerter Sauerstoffaufnahme-Kapazität in Ruhe (VO<sub>2</sub> Rest). Aus den Methoden zur Steigerung der autonomen Regulation hebt sich das Training in intermittierender Hypoxie/ Hyperoxie mit spezifisch angepassten O<sub>2</sub> Konzentrationen besonders hervor. Die Steuerung mit der O<sub>2</sub> Sättigung am Finger alleine stellt aber eine sehr ungenaue Möglichkeit der Steuerung dieser Abläufe dar. Ein Echtzeit-HRV-Monitoring und die Möglichkeit, dynamisch in den IHHT Prozess einzugreifen, ist hier die Methode der Wahl und wurde mit eigens dafür modifizierten Gerät und Software ermöglicht. Verschiedenen Studien in einem universitären Setting (Burtscher 2005, Serebrovskaya 2008, 2014 etc.) haben die Gefahr von hypoxischen Zuständen im Organismus mit den erfolversprechenden Ergebnissen der IHT/IHHT in Bezug gesetzt. Die hier untersuchte Fragestellung war folgende: Wie können bisher im universitären-Setting durchgeführte Studien in einer somatischen Praxis umgesetzt und mit Patienten durchgeführt werden.

**Vorgehen und Methodik**

Innerhalb eines Zeitraumes von ca. 18 Monaten wurden 6 Patienten ausgewählt, die sich als stressbelastet einstufen und sich einem 15 Sitzungen, speziell personalisierten Hypoxie/ Hyperoxie Training unterzogen. Hierbei wurde erforscht, in welchen Bereichen die Intervention Bezug auf die Verbesserung der parasympathischen Reaktionslage, den Atemparametern sowie der O<sub>2</sub> Aufnahme Kapazität in Ruhe erfolgreich war. Weiterhin wurden 19 weitere stressbelastete Patienten als Kontrollgruppe ausgewählt, die ein HRV Biofeedback Gerät privat übten. Beide Gruppen wurden bzgl. Ihres parasympathischen Tonus vor und nach den mindestens 10 wöchigen Trainingsphasen verglichen.

**Studiendesign**

Kontrollierte Studie, Praxisstudie Praxen in München und Murnau, 6 TeilnehmerInnen Studiengruppe, 19 TeilnehmerInnen Kontrollgruppe.

### Parameter

HRV 5 min Ruhemessung via EKG. Parameter Mittlere HF, SD1, SD2, SDNN. Atemmessung via HRV Messung aus der Hüllkurve des EKG. O2(Rest) Aufnahmekapazität durch Ruhespirometrie 3 min mittels O2 und CO2 Sensoren.

### Ergebnisse

Die Verum-Gruppe hat sich gegenüber der Kontrollgruppe in den meisten untersuchten HRV-Parametern nach dem IHHT Training signifikant verbessert. In der Verum-Gruppe ergab sich für die untersuchten Parameter SD1, SD2, SDNN ein signifikanter Unterschied zwischen Eingangs- u. Abschlussmessung: HF: von 70,15 /min auf 71,49/min;  $p=,79967$ ; SD1 von 17,1 ms auf 27,69 ms;  $p=,00691$ ; SDNN von 40,968 auf 73,76 ms;  $p=,00630$ ; SD2 von 54,82 auf 100,31 ms;  $p=,00718$ ; Atemfrequenz von 10,97 auf 7,10zpm; O2 restuptake von 4,95% auf 5,8%;  $p=,0041$ . In der Kontrollgruppe ergab sich keine signifikante Änderung der HRV. (Wilcoxon-Test für gepaarte Stichproben).

### Schlussfolgerung

Ein personalisiertes 10 wöchiges IHHT Training mit individueller Online HRV Steuerung verbessert die parasympathische Reaktionslage, gemessen in der 5 min. Ruhemessung bei vier Zeitreihen-Parametern der Herzratenvariabilität, die Atemfrequenz sowie die O2 Aufnahme in Ruhe bei allen Probanden signifikant. Eine größere Probandenzahl würde das Ergebnis auf eine breitere Basis stellen.

---

## Deskriptive Parameter der 24h-Heart Rate Variability bei Hämodialysepatienten am Dialysetag

Burger, R.<sup>1</sup>, Deußing, K.<sup>2</sup>, Krocza, J.<sup>3</sup>, Schoeppe, T.<sup>4</sup>, Beige, J.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>SOURCE Gesundheitsberatung, Mainz;

<sup>2</sup>Nephrologie Klinikum St. Georg, Leipzig; <sup>3</sup>Medifina Medizinprodukte GmbH, Wien, Austria;

<sup>4</sup>knowledgepark, Neu-Isenburg

### Einführung

Die Herzratenvariabilität (HRV) zeigt bei vielen Krankheiten, auf Grund des Einflusses auf das autonome Nervensystem, Veränderungen zu gesunden Personen (Eller-Berndl, 2010; Wittling & Wittling, 2012) auf. Über die spezifischen Ausprägungen bei Hämodialysepatienten (HDP), vor allem am Dialysetag ist wenig bekannt.

In diesem Beitrag werden die wichtigsten Kenngrößen der HRV und weitere Korrelate des autonomen Nervensystems, welche mit Hilfe eines 2-Kanal EKG mit Beschleunigungsaufnehmer (faros 180°, Mega Electronics) aufgezeichnet und analysiert werden können, dargestellt. Darüber hinaus wird für diese Kenngrößen die Reliabilität bestimmt.

### Methodik

Bei 20 Probanden (m=12, w=8), mit einem Altersdurchschnitt von 55 Jahren ( $\pm s=14,3$  Jahren), die regelmäßig die Dialyse benötigen, wurde an zwei verschiedenen Zeitpunkten, eine 24h-HRV Messung durchgeführt. Bei 15VP (m=8, w=7) genügte die

Qualität der Aufnahmen, dass sie für statistische Testverfahren herangezogen werden können.

### Ergebnisse

Die mittlere Herzfrequenz ist vergleichbar mit dem Durchschnitt bei nicht Hämodialysepatienten (Umetani et al., 1998) bei vergleichbaren Messungen (Dialysepatienten (DP)  $\bar{x}=76\text{ s}^{-1}$ ,  $\pm s=10\text{ s}^{-1}$ ; Kontrollpersonen (KP)  $\bar{x}=78\text{ s}^{-1}$ ,  $\pm s=11\text{ s}^{-1}$ ). Die Parameter wie SDNN (ms) und rMSSD (ms) liegen unter den Referenzwerten von Kontrolluntersuchungen (HF(SDNN)  $\text{DP}\bar{x}=99\text{ms}$ ,  $\pm s=29\text{ms}$ ; HF(SDNN)  $\text{KP}\bar{x}=117\text{ms}$ ,  $\pm s=30\text{ms}$ ).

### Diskussion

Die Vielzahl von möglichen Pathomechanismen bei der Herzrätigkeit von Hämodialysepatienten (Extrasystolen) verlangt eine gründliche Prüfung der aufgenommenen Datensätze. Bisher gibt es kaum Ergebnisse zum Verhalten des autonomen Nervensystems bei HDP. Während der Dialyse kommt es immer wieder, zu bisher noch nicht nachvollziehbaren Störungen im autonomen Nervensystem. Die während der Dialyse standardisiert aufgenommenen Daten lassen keine Rückschlüsse zu. Daher soll mit dieser explorativen Studie der Versuch unternommen werden, eine Kategorisierung der Parameter der Herzratenvariabilität von Hämodialysepatienten vorzunehmen.

### Literatur

Eller-Berndl, D. (2010). *Herzratenvariabilität* (1., Auflage). Wien: Verlagshaus der Ärzte.

Umetani, K., Singer, D. H., McCraty, R. & Atkinson, M. (1998). Twenty-Four Hour Time Domain Heart Rate Variability and Heart Rate: Relations to Age and Gender Over Nine Decades. *Journal of the American College of Cardiology*, 31 (3), 593–601.

Wittling, W. & Wittling, R. A. (2012). *Herzschlagvariabilität: Frühwarnsystem, Stress- und Fitnessindikator* (1st ed.). Heiligenstadt: Eichsfeld.

---

## Studienlage zu den Möglichkeiten der HRV-Analyse im Kontext der psychischen Beanspruchung älterer Erwerbstätigen

Schapkin, S. A.

Otto-von-Guericke Universität Magdeburg

Die moderne Arbeitswelt stellt hohe Anforderungen an die kognitiven Fähigkeiten der Beschäftigten. Insbesondere für Ältere ist die rasante Entwicklung von Informations- und Kommunikationstechnologien mit einer großen Herausforderung an ihre kognitive Leistungsfähigkeit verbunden. Erhöhte kognitive Anstrengung wird von erhöhter Aktivierung des Herz-Kreislaufsystems begleitet. Die Herzratenvariabilität (HRV) ist ein sensibler Parameter der psychischen Belastung, der insbesondere bei älteren Erwerbstätigen von Bedeutung ist. Da dieses Maß fast ausschließlich der parasympathischen Kontrolle unterliegt (Berntson et al., 2007), wird die HRV-Senkung mit zunehmendem Alter als Zeichen einer uneffektiven parasympathischen Regulation interpretiert (De Meersman & Stein, 2007). Die HRV und insbesondere ihre Langzeitaufzeichnung während der Arbeit und Erholung wird als eine informative

und kostengünstige Methode zur Diagnostik und Prävention der kardiovaskulären Risiken betrachtet (Böckelmann & Sammito, 2016). In den letzten Jahren wird die HRV als Biofeedback-Parameter bei Trainingsmaßnahmen zur Stressbewältigung bei Beschäftigten benutzt, deren Beruf mit emotionalen Belastungen verbunden ist (z. B. Polizeibeamte, Weltman, 2014).

Da mehrere kognitive, emotionale und gesundheitliche Faktoren die HRV beeinflussen können, bleibt es unklar, inwieweit das Alter per se in der Responsivität auf kognitive Herausforderungen eine Rolle spielt. In unseren Studien nahmen jüngere (20-35 J.) und ältere (50-60 J.) Normotoniker teil, die die einfachen und komplexen kognitiven Aufgaben ausgeführt haben. Es zeigte sich, dass sich das Responsivitätsmuster je nach Aufgabenkomplexität und Probandenalter unterscheidet. Die Anpassung an die Belastungen kann durch unterschiedliche Konstellationen von sympathischen und vagalen Einflüssen vollzogen werden. Ältere reagieren auf die Belastungen typischerweise mit Steigerung der sympathischen Aktivität, sogar wenn die Aufgabe einfach ist bzw. vorher gut geübt wurde. Jüngere zeigen i. d. R. eine Rücknahme der vagalen Aktivität bei einfachen Aufgaben während die Erhöhung der sympathischen Aktivität erst mit Erhöhung der Aufgabekomplexität zu sehen ist. Außerdem erholt sich das kardiovaskuläre System von Älteren nach der kognitiven Belastung langsamer als von Jüngeren. Es wird vermutet, dass diese Altersunterschiede auf die Unterschiede in der Baroreflexsensitivität zurückzuführen sind, die mit zunehmendem Alter abnimmt.







## Förderer und Sponsoren des Symposiums



### Hauptsponsor:

movisens GmbH  
[www.movisens.com](http://www.movisens.com)



### Sponsoren:

AMEDTEC Medizintechnik  
Aue GmbH  
[www.amedtec.de](http://www.amedtec.de)



BioSign GmbH  
[www.biosign.de](http://www.biosign.de)



COMMIT GmbH  
[www.commitgmbh.de](http://www.commitgmbh.de)



Firstbeat Technologies Ltd.  
[www.firstbeat.com](http://www.firstbeat.com)



MEWICON CATEEM-Tec  
GmbH  
[www.cateem-tec.com](http://www.cateem-tec.com)



Polar Electro GmbH  
[www.polar.com](http://www.polar.com)



Varilytic  
[www.varilytic.de](http://www.varilytic.de)

### Kongressleitung

Prof. Dr. Kuno Hottenrott  
Institut für Sportwissenschaft  
Von-Seckendorff-Platz 2, 06120 Halle (Saale)  
Tel.: (0345) 5524421 (33)  
Email: [kuno.hottenrott@sport.uni-halle.de](mailto:kuno.hottenrott@sport.uni-halle.de)  
URL: [www.hrv-sport.de](http://www.hrv-sport.de)

### Kongresssekretariat

Tel.: (0345) 5524421, Fax: (0345) 5527054  
Email: [juliane.dell@sport.uni-halle.de](mailto:juliane.dell@sport.uni-halle.de)



Deutsche Vereinigung für  
Sportwissenschaft e.V. (dvs)

[www.sportwissenschaft.de](http://www.sportwissenschaft.de)