Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg

ABSTRACTBAND

4. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität

- **Risikodiagnostik**
- **Stressanalyse**
- **Belastungssteuerung**

01. November 2008 in Halle (Saale)

Veranstalter: Prof. Dr. Kuno Hottenrott
Department Sportwissenschaft
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
www.hrv-sport.de

4. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität

- Risikodiagnostik
- Stressanalyse
- Belastungssteuerung

Das breite Forschungsspektrum zur Herzfrequenzvariabilität (HRV) hat sich in den letzten Jahren im Wesentlichen auf drei Themenfelder konzentriert. Im klinischen Bereich ist nach wie vor die Risikostratifizierung und Gesundheitsprognose mit Parametern der HRV von entscheidender Bedeutung. Daneben gewinnen klassische und nichtlineare HRV-Methoden in der Rehabilitativen Medizin für die Prognose- und Leistungsobjektivierung zunehmend an Bedeutung. Im Bereich von Stressmedizin und Psychophysiologie stößt das HRV-Biofeedback auf zunehmendes Interesse. Für die Sport- und Trainingswissenschaften wurden neue Methoden zur Leistungsdiagnostik und Belastungssteuerung entwickelt und in der Praxis evaluiert. So steht das diesjährige HRV-Symposium bewusst unter dem Zeichen der Integration von Grundlagenforschung, praxisrelevanten Ergebnissen und methodischen Aspekten. Auf diese Weise soll das Symposium einen wichtigen Beitrag zur interdisziplinären Vernetzung in der HRV-Forschung leisten.

Ziele des Symposiums sind, den aktuellen Stand zu den o. g. Forschungsfeldern schwerpunktartig in State-of-the-Art-Referaten darzustellen und Schnittstellen zur praktischen Anwendung in Innerer Medizin, Rehabilitation, Sportmedizin und Trainingswissenschaften aufzuzeigen. Neben wissenschaftlichen Workshops, in denen eine praxisrelevante Einführung in die Technik der linearen und nichtlinearen HRV-Analyse erfolgt, wird bei diesem Symposium erstmals auch der Industrie die Möglichkeit gegeben, HRV-Systeme und Neuentwicklungen in expertenmoderierten Industrie-Workshops vorzustellen.

Alle Abstracts zu den Vorträgen, sind in diesem Abstractband abgedruckt. Die Reihenfolge orientiert sich am zeitlichen Ablauf der Vorträge. Alle Haupt- und Kurzvorträge werden anschließend in einer ausführlichen Fassung in einem Symposiumsband in den Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaften (Czwalina Verlag) veröffentlicht.

Wir danken allen, die zu diesem interessanten Programm des Symposiums beigetragen haben.

Halle (Saale) im November 2008
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

Tagungsprogramm

9.00-9:15 Uhr Eröffnung des Symposiums
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

Hauptvorträge: 9:15-10:55 Uhr (HS XXII)

9:15-9:35 Uhr
HRV als Risikomarker für Herzkreislauferkrankungen – Gesicherte und neue Erkenntnisse
Prof. Dr. Karl Werdan (Halle-Wittenberg)

9:35-9:55 Uhr
Herzfrequenzvariabilität bei herzgesunden alten und sehr alten Menschen
PD Dr. Hans D. Esperer (Magdeburg)

9:55-10:15 Uhr Kaffeepause / Industrieausstellung

10:15-10:35 Uhr
HRV im Sport –
Gesicherte und neue Erkenntnisse
Prof. Dr. Kuno Hottenrott / Dr. Olaf Hoos (Halle-Wittenberg / Marburg)

10:35-10:55 Uhr
HRV-Biofeedback –
Links zwischen Leib und Seele ?
Prof. Dr. Dr. Michael Mück-Weymann (Hall/Tirol)

10:55-11:15 Uhr Kaffeepause / Industrieausstellung

Session A: 11:15 – 13:00 Uhr (HS XXII)
HRV - Risikostratefizierung und klinische Anwendung
Moderation: Berbalk (Leipzig) / Schmidt (Halle)

11:15-11:30 Uhr
HRV als Prädiktor des Kurz- und Langzeit-Überlebens bei Intensivpatienten
Hennen, R., Hoyer, D., Rauchhaus, M., Lienert, S., Schulze, M., Hottenrott, K., Prondzinsky, R., Buerke, M., Werdan, K., Schmidt, H. (Köthen, Jena, Berlin, Merseburg, Halle-Wittenberg)

11:30-11:45 Uhr
Körperliche Aktivität während onkologischer Akuttherapie: Veränderungen von Lebensqualität und Herzfrequenzvariabilität (HRV)
Lucki, K., Bernhörster, M., Thiel, Chr., Vogt, L., Banzer, W. (Frankfurt/Main)

11:45-12:00 Uhr
Bestimmung eines Cardio-Stress-Indexes mittels zweier innovativer Geräte
Woitalla, J., Zyriax, B.-Chr., Klähn, T., Weitl, M., Schwarz,G., Keck, A., Windler, E. (Hamburg)

12:00-12:15 Uhr
Die Entkopplung der Organfunktion bei chronischer Herzinsuffizienz
Schmidt, H., Friedrich, I., Otawa, K., Schulze, M., Lienert, S., Rauchhaus, M., (Halle-Wittenberg, Berlin)

12:15-12:30 Uhr
Herzfrequenzvariabilität und therapeutische Ansätze beim MODS
Hennen, R., Friedrich, I., Rauchhaus, M., Schlisske, S., Günter, N., Walter, J., Müller-Werdan, U., Buerke, M., Werdan, K., Schmidt, H., (Halle-Wittenberg, Köthen, Berlin)

12:30-12:45 Uhr
Nichtlineare HRV – Methoden, Promises und Pitfalls für sportwissenschaftliche Untersuchungen
Esperer, H.D., Esperer, C. (Magdeburg, Darmstadt)

12:45-13:00 Uhr
Gibt es Unterschiede in der autonomen Funktion von Patienten mit ischämisch und nicht-ischämisch getriggertem kardiogenen Schock?
Friedrich, I., Hoyer, D., Rauchhaus, M., Schulze, M., Peinhardt, J., Günter, N., Müller-Werdan, U., Buerke, M., Werdan, K., Schmidt, H. (Halle-Wittenberg, Jena, Berlin)

Session B: 11:15 – 13:00 Uhr (HS XXIII)
HRV - Belastung und Beanspruchung im Sport
Moderation: Neumann (Leipzig) / Hottenrott (Halle)

11:15-11:30 Uhr
HRV-basierte VO2max Schätzung unter submaximaler Belastung
Weippert,M., Kumar, M., Kreuzfeld, S., Stoll, R. (Rostock)

11:30-11:45 Uhr
Kardiale Regulation von Weltklasse-Tennisspielern und Überbeanspruchungsrisiko in der Vorbereitungsphase
Rosenhagen, A., Bürklein, M., Thiel, Chr., Vogt, L., Banzer, W. (Frankfurt)

11:45-12:00 Uhr
Zielgruppensensitive Evaluation von Bewegungsmaßnahmen bei Frauen in sozial schwierigen Lebenslagen (BIG-Projekt)
Thiel, Chr., Vogt, L., Hübscher, M., Rütten, A., Banzer, W. (Frankfurt, Erlangen-Nürnberg)

12:00-12:15 Uhr
Schrittfrequenz (SF) und HRV bei intensiver Laufbelastung im Conconitest
Böselt, T., Steiner, M., Hoos, O. (Marburg)

12:15-12:30 Uhr
Herzfrequenzvariabilität (HRV) und Schrittfrequenz (SF) im 10km-Wettkampf
Steiner, M., Hilbert, S., Müller, S., Hottenrott, K., Hoos, O. (Marburg, Halle-Wittenberg)

12:30-12:45 Uhr
Vergleich der Belastungssteuerung mittels Polar OwnZone und Laktat bei breitensportlich orientierten Marathonläufern
Kappes, E., Simon, C. (Darmstadt)

12:45-13:00 Uhr
Herzratenvariabilität (HRV) – eine Messgröße zur Überwachung der physiologischen Beanspruchung während eines Moorbades in der Rehabilitationsmedizin
Janik, H., Nowack, N., Kraft, K. (Rostock)

13:00-13:30 Uhr Mittagspause

13:30-15:15 Uhr (HS XXII)
Industrie-Workshop
Moderation: Hottenrott (Halle) / Mück-Weymann (Hall/Tirol)

13:30-13:45 Uhr
Biocomfort Diagnostics
„Respiratorische Sinusarrhythmie und HRV-Biofeedback - Testen und Trainieren“

13:45-14:00 Uhr
Cardioscan Energy-Lab Technologies
„Einsatzmöglichkeiten und praktische Anwendung von Cardioscan“

14:00-14:15 Uhr
MediTECH Electronic
„Herzratenvariabilität (HRV) erfolgreich trainieren, EKG-Ableitung artefaktfrei am Handgelenk“

14:15-14:30 Uhr
Omegawave
“Omegawave – Using HRV to set training loads for elite athletes”

14:30-14:45 Uhr
Polar Electro
„HRV-basierte Funktionen von Polar und ihre Anwendungsbereiche im Sport“

14:45-15:00 Uhr
SCHILLER Medilog
„Diagnostischer Aspekt der Langzeit HRV Analyse“

15:00-15:15 Uhr
Commit
„HRV-Diagnostik: Routinemessung in der Arztpraxis“

13:30-15:00 Uhr (HS XXIII)
Wissenschaftlicher Workshop
Durchführung: Hoos (Marburg)

HRV-Diagnostik: *Methodik & Anwendung im Sport*

1. Hard-/Softwareeinsatz in der HRV-Analyse
2. Konkrete Anwendungsbeispiele zur speziellen HRV-Methodik im Sport

15:00-15:30 Uhr Kaffeepause / Industrieausstellung

Session C: 15:30 – 17:15 Uhr (HS XXII)
HRV - Methoden und Anwendungen im Sport
Moderation: Esperer (Magdeburg) / Hoos (Marburg)

15:30-15:45 Uhr
Herzfrequenzmessung mit unterschiedlichen mobilen Geräten – Auswirkungen auf das HRV-Frequenzspektrum
Weippert, M., Arndt, D., Stoll, R. (Rostock)

15:45-16:00 Uhr
Recurrance Quantification Analysis (RQA) der Herzfrequenzvariabilität bei sportlicher Belastung mit unterschiedlicher Intensität
Hoos, O., Kratzsch, A., Hottenrott, K., Esperer, H.D, (Marburg, Halle-Wittenberg, Magdeburg)

16:00-16:15 Uhr
Fraktales Skalierungsverhalten der Herzfrequenz bei fahrradergometrischer Stufentestung sportlich aktiver Männer
Hoos, O., Mörchen, F., Ultsch, A. (Marburg, Princeton)

16:15-16:30 Uhr
Trainingsintervention im Ausdauersport mittels HRV – Eine Feldstudie
Kesselbacher, A. (Salzburg)

16:30-16:45 Uhr
Zunahme der Korrelationsdimension durch Nordic Walking bei älteren Männern und Frauen
Esperer, H.D., Hottenrott, K, Hoos, O. (Magdeburg, Halle, Marburg)

16:45–17:00 Uhr Kaffeepause / Industrieausstellung

Session D: 17:00-19:00 Uhr (HS XXII)
Stressdiagnostik und Biofeedback
Moderation: Mück-Weymann (Dresden) / Stoll (Halle)

17:00-17:15 Uhr
Pilot-Studie zu der Wirkung von Herzratenvariabilitäts-gestütztem Biofeedback bei Patienten mit Depression und gesunden Probanden
Siepmann, M., Aykac, V., Unterdörfer, J., Petrowski, K., Mueck-Weymann, M. (Hall/Tirol)

17:15-17:30 Uhr
HRV - Veränderungen unter physiologischem, psychologischem und mentalem Stress.
Löllgen, D., Mück-Weymann, M., Beise, R. D. (Neuhausen, Hall/Tirol)

17:30-17:45 Uhr
Effekte eines einwöchigen geführten Urlaubsaufenthaltes in moderater Höhenlage auf ausgewählte HRV-Parameter (AMAS II)
Leichtfried, V., Humpeler, E., Hoffmann, G., Mück-Weymann, M., Schobersberger, W. (Hall/Tirol, Bregenz)

17:45-18:00 Uhr
Reliabilität und Validität von Herzratenvariabilitäts-Parametern eines sportspezifischen Stresstests
Finkenzeller, Th., Amesberger, G. (Salzburg)

18:00-18:15 Uhr
Analyse der Herzfrequenzvariabilität bei Herz-Kreislaufpatienten in mittleren Höhenlagen
Hamacher, D., Altmann, C., Schega, L. (Magdeburg/ Bad Gottleuba)

18:15-18:30 Uhr
Effekte der Vagus-Nerv-Stimulation auf die HRV bei depressiven Patienten
Sperling, W., Reulbach, U., Bleich, S., Padberg, F., Kornhuber, J., Mück Weymann, M. (Hall/Tirol)

18:30-18:45 Uhr
Wirkungen aktivierter Wassermoleküle in der Atemluft auf die HRV in Ruhe
Hottenrott, K., Müller, S., Steiner, M. (Halle-Wittenberg, Marburg)

18:45-19:00 Uhr
Welchen Einfluß hat eine Fastenkur (nach Dr. Franz Xaver Mayr) auf Wohlbefinden und Herzratenvariabilität?
Jakobitsch, U., Runge, J., Löllgen, D., Schobersberger, W., Mück-Weymann, M. (Hall/Tirol)

HRV als Risikomarker für Herzkreislauferkrankungen – Gesicherte und neue Erkenntnisse

Werdan K

Klinik und Poliklinik für Innere Medizin, Universitätsklinikum Halle(Saale), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Die Messung der Herzfrequenzvariabilität („heart rate variability“, HRV) – z.B. mit einem Langzeit-EKG – als Maß der kardialen autonomen Regulation liefert bei Patienten mit Herzkreislauferkrankungen wichtige Informationen über Störungen von Sympathikus- und Parasympathikusaktivität und den daraus resultierenden Auswirkungen auf die Prognose:

Die *koronare Herzkrankheit* ist in den meisten Fällen mit einer autonomen Dysfunktion assoziiert, besonders nach einem Herzinfarkt. Die Einschränkung der HRV kann durch eine Myokardischämie verursacht sein und ihrerseits eine Ischämie provozieren. Bei gestörter autonomer Balance mit Überwiegen des Sympathikus ist die Sterblichkeitsrate um das bis zu 10fache gesteigert.

Auch bei der *Herzinsuffizienz* findet sich eine gestörte Balance des autonomen Nervensystems, mit einer Sympathikusaktivierung als Kompensationsmechanismus für eine reduzierte linksventrikuläre Pumpfunktion. Die daraus resultierende Einschränkung der HRV korreliert mit dem Schweregrad der Erkrankung und zeigt eine ungünstige Prognose an. Betablocker verbessern die Prognose beider Patientengruppen; die Dämpfung der autonomen Dysfunktion ist wahrscheinlich für die günstigen Effekte der Betablocker mit verantwortlich.

Massive Einschränkungen der HRV finden sich bei Patienten mit *Schock* und dem damit meist assoziierten *Multiorgan-Dysfunktions-Syndrom (MODS)*. Dem Verlust der Organinteraktion Hirn – Herz – Lunge infolge der autonomen Dysfunktion wird dabei eine wesentliche Rolle bei der Entstehung und Perpetuierung des Krankheitsgeschehens zugeschrieben.

Folge dieser HRV-Starre ist eine gestörte Regulation der Herzfunktion mit erhöhtem Energieaufwand. Die *Entstehung der HRV-Starre* bei diesen Erkrankungen ist multifaktoriell. Ein Faktor dürfte die allen drei Krankheiten gemeinsame Entzündungsreaktion sein: das Endotoxin gramnegativer Bakterien gelangt bei Schock, Herzkrankheiten aber auch bei extremer sportlicher Belastung aus dem Darm ins Blut; es hemmt einerseits den Schrittmacherkanal I_f im Sinusknoten des Herzens und sensibilisiert ihn andererseits gegenüber dem Sympathikus. Daraus resultiert eine inadäquat hohe Herzfrequenz bei gleichzeitiger Herzfrequenzstarre, wie es typischerweise bei diesen Patienten beobachtet werden kann.

Ein interessanter Aspekt ist die Verknüpfung von autonomer Dysfunktion und überschießender Entzündung. Bei Entzündungsprozessen und Infektionen dämpft der *„cholinerge antiinflammatorische Reflex“* über eine Vagusstimulation die Freisetzung von Entzündungsmediatoren aus den Immunzellen. Bei gestörter autonomer Funktion mit abgeschwächter Vagusaktivität – erkennbar als HRV-Starre – kann die Entzündungsreaktion der Kontrolle entgleiten und eskalieren. Eine Steigerung der verminderten vagalen Aktivität könnte somit überschießende Entzündungsreaktionen eindämmen. Erste Hinweise sprechen dafür, dass die Substanzklasse der cholesterinsenkenden Statine neben ihrer cholesterinsenkenden Wirkung auch eine pleiotrope, entzündungshemmende Wirkung über eine Vagusstimulation entfalten kann. So haben Statin-behandelte MODS-Patienten eine höhere Vagus-Aktivität und eine bessere Überlebenschance.

Fazit

Die HRV ist als Risikomarker bei Herzerkrankungen, Schock und MODS etabliert und leistet in der Risikostratifizierung gute Dienste. Neue Erkenntnisse weisen einerseits auf die Bedeutung der Entzündung als Mitverursacher der HRV-Starre bei diesen Erkrankungen hin und belegen andererseits überzeugend, dass ein intaktes autonomes Nervensystem – eine regelrechte HRV – vor überschießenden Entzündungsreaktionen schützen kann.

Herzfrequenzvariabilität bei herzgesunden alten und sehr alten Menschen

Esperer H D

Universitätsklinikum, Abteilung Innere Medizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) ist ein komplexes physiologisches Signal, das an die Integrität diverser Regelkreise, die im Grunde unseren gesamten Organismus involvieren, gebunden ist. Da selbst bei sonst völlig gesunden Menschen der Alterungsprozess vielfältige Veränderungen, vor allem auch des Herz-Kreislauf-Systems und der neurologischen Schaltkreise mit sich bringt, nimmt es nicht Wunder, dass mit zunehmendem Alter auch eine HRV-Abnahme zu beobachten ist. Vorliegende Arbeit zeigt anhand der verfügbaren Literatur das Ausmaß der altersbedingten Reduktion der unterschiedlichen HRV-Indizes, die Mechanismen und mögliche prognostische Konsequenzen auf.

Für die **HRV-Spektralindizes** konnte in zahlreichen Untersuchungen, u. a. auch in der kürzlich publizierten populationsbasierten SAPALDIA-Studie, eine klare negative Alterskorrelation sowohl für die HF- als auch die LF-Leistungsdichte gezeigt werden, wobei ab einem Alter von 40 Jahren vorher vorhandene Geschlechtsunterschiede keine Rolle mehr spielten.

Auch die **Zeitbereichs-Indizes,** so die Daten der einschlägigen Studien, wiesen eine negative Alterskorreliertheit sowohl in Kurzzeit- als auch in Langzeit-Analysen auf, die teils als negativ lineare (SDNN-Index), teils als negativ quadratische Beziehung (SDNN, SDANN, pNN50, RMSSD) beschrieben wurde. Vor allem Parameter der instantanen HRV, wie RMSSD und pNN50, zeigten dabei einen deutlich steileren Abfall als SDNN-Index, SDNN und SDANN, deren Altersabfall deutlich flacher verlief. Während SDNN und SDANN erst in der zehnten Lebensdekade auf 60% und de SDNN-index auf 45% der jeweiligen Ausgangswerte (AW = Werte der zweiten Lebensdekade) abgefallen waren, zeigten RMSSD und pNN50

bereits im 6. Lebensjahrzehnt nur noch 47% bzw. 24% der AW. Geschlechtsunterschiede im Altersgang dieser Indizes nahmen nach dem 30ten Lebensjahr ab und verschwanden nach dem 50ten Lebensjahr völlig.

Auch **nichlineare HRV-Indizes**, wie die Fraktale Dimension (FD), die Korrelationsdimension CD, die 1/ß – Steilheit, die Skalierungsfaktoren α_1 u. α_2, ApEn sowie der maximale Lyapunov Exponent zeigten alle eine negative Alterskorreliertheit auf, wobei FD und ApEn ab dem 40ten Lebensjahr stabil blieben. Wir selbst fanden bei alten und sehr alten Herzgesunden eine Abnahme der quantitativen Poincaré Plot – Parameter L_{max} und W_{max} sowie der Magnitude der Kometen – Asymmetrie.

Die **Mechanismen** der altersassoziierte HRV-Abnahme sind noch nicht vollständig aufgeklärt. Sicher spielen bei einem Teil der Menschen gerade auch mit zunehmendem Alter Lifestyle – Faktoren, vor allem die Abnahme der körperlichen Aktivität und daraus resultierend der körperlichen Fitness eine Rolle. Darüber hinaus scheint jedoch auch der Alterungsprozess per se zu einer Beeinträchtigung der autonomen Funktion zu führen, wobei nach derzeitiger Datenlage vor allem vagusvermittelte Prozesse und Regelkreise betroffen sind.

Die **prognostische Bedeutung** der reduzierten HRV im fortgeschrittenen Alter ist ein wichtiges, wissenschaftlich noch nicht systematisch bearbeitetes Thema. Was die im Zeitbereich für die kardiale Risikostratifizierung etablierten Grenzwerte von 50 ms für SDNN und 40 ms für SDANN betrifft, so lagen in kürzlich publizierten Untersuchungen die entsprechenden Werte bei den herzgesunden Hochaltrigen immer noch über diesen Risikogrenzen. Allerdings lagen die RMSSD-Werte bei 12% und die pNN50-Werte bei 14% der Über-65-Jährigen unter den Risikogrenzwerten für die bei herzkranken Kollektiven eine erhöhte Gesamt- und Arrhythmie-Mortalität nachgewiesen wurde.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) im Sport – Gesicherte und neue Erkenntnisse

Hottenrott K[1], Hoos O[2]

[1]*Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle*
[2]*Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Philipps-Universität Marburg*

Neben dem klinischen Einsatz in der Risikodiagnostik von plötzlichem Herztod und diabetischer autonomer Neuropathie hat die Analyse der Herzfrequenzvariabilität (HRV) auch in Sportwissenschaft und Sportmedizin Einzug gehalten. In den letzten Jahren haben sich diesbezüglich als zentrale Anwendungsfelder die kurz-, mittel- und langfristigen Auswirkungen sportlichen Trainings auf die HRV sowie die Bedeutung der HRV als Kenngröße in Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung etabliert (Achten & Jeukendrup 2003, Aubert et al. 2003, Hottenrott et al. 2006). In diesem Kontext kann als evident angesehen werden, dass regelmäßiges, aerobes Ausdauertraining mit moderatem Umfang und moderater Intensität über mindestens 3 Monate bei gesunden Personen sowie bei Patienten mit Herz-Kreislauf-Erkrankungen eine Reduktion von Ruhe- und submaximaler Belastungsherzfrequenz herbeiführt. Dies ist bedingt durch eine Zunahme der efferenten kardiovagalen Aktivität und belegt den prognostischen Nutzen regelmäßigen ausdauerorientierten Sporttreibens (Sandercock et al. 2005a, Hottenrott et al. 2006).

In Bezug auf die Leistungsdiagnostik und die Trainings- und Belastungssteuerung sind die Ergebnisse weniger eindeutig. Dies erklärt sich u.a. durch die hohen inter- und intraindividuellen Schwankungen der HRV-Indizes (Sandercock et al. 2005b) sowie methodische Probleme bei der HRV-Diagnostik unter akuter sportlicher Belastung und in der unmittelbaren Erholungsphase (Sandercock & Brody 2006). Jüngste Erkenntnisse deuten allerdings an, dass bei belastungsadäquater Analysemethodik und intraindividueller Normierung die HRV für die Leistungsdiagnostik und Belastungssteuerung eine praktikable nichtinvasive Methode darstellen kann (Blain et al., 2005, Cottin et al. 2006 & 2007, Kiviniemi et al. 2007, Hautala et al. 2008), was zukünftig in umfangreichen kontrollierten Studien zu bestätigen wäre. Die Bedeutung der HRV-Diagnostik zur Detektion von Übertrainingszuständen (Overreaching/Overtraining) ist aus den bis dato vorliegenden, z.T. inkonsistenten Befunden ebenfalls nicht eindeutig abschätzbar. Hier kann als aktuelle Einschätzung gelten, dass HRV-Indizes als alleinige Kenngrößen in der Übertrainingsdiagnostik bisher nicht auszureichen scheinen (Bosquet et al 2008).

Perspektivisch könnten robustere, nichtlineare HRV-Methoden neue Möglichkeiten bieten, die HRV-Diagnostik in Sportmedizin und Trainingswissenschaft zu bereichern (Hautala et al. 2003, Casties et al. 2006).

Literatur

Achten, J. & Jeukendrup, A. E. (2003). *Sports Med, 33* (7), 517-38.
Aubert, A. E. et al. (2003). *Sports Med, 33* (12), 889-919.
Blain, G. et al. (2005). *Br J Sports Med, 39* (7), 448-52.
Bosquet, L. et al. (2008). *Br J Sports Med, 42* (9), 709-14.
Casties, J. et al. (2006). *Int J Sports Med, 27* (10), 780-5.
Cottin, F. et al. (2006). *Int J Sports Med, 27* (12), 959-67.
Cottin, F. et al. (2007). *Int J Sports Med, 28* (4), 287-94.
Hautala, A. J. et al. (2003). *Clin Physiol Funct Imaging, 23* (4), 215-23.
Hautala, A. J. et al. (2008). *Neurosci Biobehav Rev. 2008 Apr 29*. [Epub ahead of print]
Hottenrott, K. et al. (2006). *Herz, 31* (6), 544-52.
Kiviniemi, A. M. et al. (2007). *Eur J Appl Physiol, 101* (6), 743-51.
Sandercock, G. R. H. et al. (2005a). *Med Sci Sports Exerc, 37* (3), 433-9.
Sandercock, G. R. H. et al. (2005b). *Int J Cardiol, 103* (3), 238-47.
Sandercock, G. R. H. & Brodie, D. A. (2006). *Scand J Med Sci Sports, 16* (5), 302-13.

HRV-Biofeedback - Links zwischen Leib und Seele?

Mück-Weymann M

Institut für Verhaltensmedizin und Prävention, UMIT (Hall/Tirol) & Universitätsklinik für Psychosomatik und Psychotherapie, TU Dresden

Biofeedback ist ein wissenschaftlich fundiertes Verfahren der Verhaltenstherapie, mit dessen Hilfe normalerweise unbewusst ablaufende psychophysiologische Prozesse durch Rückmeldung wahrnehmbar gemacht werden. Mit Biofeedback-Techniken können psychophysiologische Vorgänge bzw. Parameter bewusst wahrnehmbar gemacht werden, für die wir an und für sich keine guten „Antennen" haben (z.B. Herzfrequenz, Schweißdrüsenaktivität, Muskeltonus). Visuelle oder akustische Rückmeldungen psychophysiologischer Funktionen bzw. Anpassungsprozesse können dem Anwender als Signale für Verhaltensmodifikationen dienen und werden bei Patienten therapeutisch bei verschiedenste Störungen (z.B. Bluthochdruck, Asthma, Migräne, Rückenschmerzen) eingesetzt. Beim Herzratenvariabilitätsbiofeedback sind die rhythmischen Schwankungen der Herzschlagfolge Zielparameter.

Das Lernen wird beim Biofeedback durch spezielle Instruktionen unterstützt (z.B. „suchen Sie sich eine Sitzposition, in der die Muskeln entspannt sind und Sie frei und tief atmen können"), die Körperselbstwahrnehmung kann gezielt moduliert werden. Individuelle Spielarten vegetativen Funktionierens und Reagierens werden durch „Biofeedback" im Kontext bio-psycho-sozialer Situationen „sichtbar", können „ausgelegt" und vor dem biographischen Hintergrund „verstehbar" werden. Mit dem Biofeedback lenkt der Patient die Aufmerksamkeit auf den Körper und mittels subtiler Selbst-Wahrnehmungsprozesse und gezielter Erinnerung erwächst eine „subjektive Physiologie". Im dialogischen Prozess mit sich, dem Messgerät und dem Therapeuten entdeckt der Patient vielleicht bisher (leiblich) Unbewusstes/Unbekanntes, interpretiert für sich „alte" leibliche Erfahrungen „neu" und/oder integriert bislang angstbesetzte Sensationen in die eigene Leibesbiographie. So können auch auf seelischer Ebene Entwicklungsprozesse angestoßen werden, die zu größerer Sensibilität und Idealerweise zur Selbst-Annahme führen.

Auf einer eher verhaltensmedizinischen Ebene kann man das Biofeedback aber auch als „Training" auffassen. Mit dem HRV- oder Herzbiofeedback wird quasi der Grad der Koordination zwischen Atemrhythmus und Blutdruck- bzw. Herzfrequenzschwankungen als Rückzumeldender Prozess erfasst. Durch eine angestrebte Steigerung der Herzratenvariabilität (HRV) mittels Atemübungen werden gewissermaßen die Baroreflexschleife und wohl auch der zentrale Vagotonus trainiert. Als Indikationen wurden in Pilotstudien bislang v.a. Asthma, Hypertonie, Angststörungen und Depressionen untersucht. Im Vortrag soll ein Überblick über methodische und therapeutische Aspekte gegeben werden.

Die HRV als Prädiktor des Kurz- und Langzeit-Überlebens bei Intensivpatienten

Prondzinsky R[1], Hennen R[2], Hoyer D[3], Rauchhaus M[4], Lienert S[2], Schulze M[2], Hottenrott K[2], Müller-Werdan U[2], Buerke M[2], Werdan K[2], Schmidt H[2]

[1]Klinikum Merseburg
[2]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[3]Medizinisch Theoretische Institute, Universitätsklinikum Jena
[4]Charité, Universitätsmedizin Berlin

Einleitung

Beim MODS - einer Erkrankung, die durch das Versagen mehrerer Organsysteme charakterisiert ist-wird durch die überschießende Freisetzung von inflammatorischen Mediatoren eine Zellschädigung des Organparenchyms induziert. Eine intakte parasympathische Aktivität scheint für die Unterdrückung der gesteigerten Inflammation bei Sepsis und MODS relevant. Somit ist anzunehmen, dass parasympathisch beeinflusste Herzfrequenzvariabilitäts (HRV)-Variablen einen hohen Vorhersagewert sowohl für die 28-Tage- als auch die Langzeitletalität besitzen.

Methodik

In einer prospektiven Kohortenstudie über zwei Jahre wurden von insgesamt 90 MODS-Patienten EKG-Aufnahmen über 24 Stunden bei Aufnahme auf die Intensivstation (ITS) abgeleitet. Nach Entfernung von Artefakten und ektopen Schlägen gingen die verwertbaren Aufnahmen mit über 20 Stunden Aufzeichnungslänge in die Studie ein. Die Einteilung der gemessenen HRV-Frequenzbereiche erfolgte nach den internationalen Standards.

Einschlusskriterien waren: APACHE II-Score ≥ 20 und Aufnahme auf die ITS. Es erfolgte eine Follow-up-Untersuchung über 180 und 365 Tage.

Resultate

Angelehnt an die von unserer Arbeitsgruppe kürzlich gezeigte präzise Prädiktion des 28-Tage-Überlebens durch die HRV-Variable lnVLF wurden ROC-Kurven (receiver operating characteristic curves) für das 180- und 365-Tage-Überleben erstellt. Der lnVLF Cutpoint wurde aus einer kürzlich publizierten Untersuchung unserer Arbeitsgruppe entnommen. Bei einer Letalität nach 180 Tagen von 65% ergab sich ein ROC-Wert von 0,7 (CI 95%: 0,5-0,81, p=0,003). Nach 365 Tagen war die Letalität 71% (ROC-Wert 0,65; CI 95%: 0,53-0,77, p=0,035). In der multivariaten Analyse verschiedener Variablen der autonomen Funktion lieferte lnVLF den besten Vorhersagewert des 180-Tages- (p=0,02) und des 365-Tage-Überlebens (p=0,02).

Schlussfolgerung

Eine verminderte parasympathische Modulation der Herzfrequenz bei Aufnahme auf die ITS ergibt Hinweise sowohl auf die Kurzzeit- als auch auf die längerfristige Letalität von ITS-Patienten mit MODS.

Körperliche Aktivität während onkologischer Akuttherapie: Veränderungen von Lebensqualität und Herzfrequenzvariabilität (HRV)

Lucki K, Bernhörster M, Thiel Chr, Vogt Lutz , Banzer W

Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt/Main

Hintergrund und Zielstellung

Körperliche Aktivität moduliert unter anderem die autonome kardiale Regulation als Ausdruck einer verbesserten Adaptationsfähigkeit. Für eine synchrone Anwendung körperlicher Bewegung bereits während der onkologischen Chemotherapie zeigen sich erste positive Ergebnisse (Dimeo et al. 1997). Vor diesem Hintergrund evaluiert die vorliegende Studie erstmals Effekte körperlicher Aktivität auf die autonome kardiale Regulation onkologischer Patienten während der Akuttherapie.

Methodik

N=17 Patienten mit histologisch gesicherten Malignom, die sich in der Therapiephase der Krebserkrankung befanden (Chemotherapie, Bestrahlung oder Hormontherapie), erhielten im Anschluss an eine sportmedizinische Gesundheits- und Fitnessdiagnostik individualisierte Bewegungsempfehlungen. Folgetermine nach 4 und 16 Wo. wurden mit dem Ziel einer kontinuierlichen Betreuung und sportmedizinischen Beobachtung vereinbart. Zu allen drei Messzeitpunkten erfolgten HRV-Kurzzeitaufzeichnungen (Polar S810®) sowie die Erfassung der Lebensqualität QLQ-C30, EORTC.

Ergebnisse

Im Gesamtbeobachtungszeitraum von 4 Monaten ergaben sich signifikante Verbesserungen ($p<.05$) der globalen Lebensqualität sowie der Subskalen physische und soziale Funktion. Parallel zeigten die HRV-Registrierungen für die Parameter RMSSD, HF und TP signifikante ($p<.05$) Anstiege über die Zeit (Tab. 1).

Tab. 1: Veränderungen von Lebensqualität und HRV über die Zeit (Mittelwert ± Standardabweichung).

		Follow-up	
	Eingangsmessung	**4 Wochen**	**16 Wochen**
Allgemeiner Gesundheitsstatus	60,94 ± 18,93	63,73 ± 19,53	76,47 ± 12,23
Physische Funktion	84,71 ± 11,49	84,31 ± 13,53	91,37 ± 11,25
Soziale Funktion	63,73 ± 23	80,39 ± 21,44	76,47 ± 22,87
RMSSD [ms^2]	14,04 ± 9,85	17,48 ± 12,81	20,74 ± 12,20
HF [ms^2]	13,76 ± 30,59	35,47 ± 55,93	51,53 ± 79,57
TP [ms^2]	52,24 ± 105,33	84,12 ± 103,27	136,41 ± 180,36

Schlussfolgerung

Die ermittelten Lebensqualitätsverbesserungen weisen wiederholt auf die Wirksamkeit und den Nutzen körperlich-sportlicher Aktivität bereits in der Akutphase der onkologischen Therapie hin. Die erhöhte Herzfrequenzvariabilität deutet auf eine parallel verlaufende Verbesserung der psycho-physischen Regulationsfähigkeit hin. Prospektiv kontrollierte Studien sind zukünftig erforderlich, um den Zusammenhang beschriebener physischer und sozialer Funktions- und Lebensqualitätsverbesserungen mit kardial regulatorischen Markern weiter zu untersuchen und in der Folge zu verifizieren. Dabei sollten sowohl potenziell modulierende Effekte chemotherapeutischer Intervention auf die HRV, als auch die Rolle der HRV beim Monitoring Chemotherapie-induzierter Kardiotoxizität (Brouwer et al. 2006) hinreichend berücksichtigt werden.

Literatur

Brouwer C. A. et al. (2006). *Ann Oncol, 17*, 1586-1591.
Dimeo, F. et al. (1997). *Blood, 90*, 3390-3394.

Bestimmung eines Cardio-Stress-Indexes mittels zweier innovativer Geräte

Woitalla J[1], Zyriax B-Chr[1], Klähn T[1], Weitl M[3], Schwarz G[3], Keck A[2], Windler E[1]

[1]*Zentrum für Klin. Studien Hamburg*
[2]*Keck medical GmbH Hamburg*
[3]*Energy-Lab Technologies GmbH Hamburg*

Einleitung und Fragestellung

Die Abnahme der Inzidenz von Herz-Kreislauf-Erkrankungen im mittleren Alter weist auf die Wirksamkeit präventiver Maßnahmen hin. Umso sinnvoller erscheint es, beginnende Arteriosklerose frühzeitig zu erfassen. Diese Querschnittsstudie vergleicht die Risikoabschätzung für frühe Veränderungen an Herz und Gefäßen mittels klinischer und laborchemischer Marker sowie Parameter des Lebensstils einschließlich Ernährung und Bewegung sowie des Stresses mit den Möglichkeiten einfacher nicht-invasiver Detektion. In dieser Auswertung soll der Zusammenhang zwischen einem aus neuen Auswertungsalgorithmen der Herzfrequenzvariabilität (HRV) hervorgehenden Cardio-Stress-Index (CSI) und dem Vorliegen kardiovaskulärer Risikofaktoren evaluiert werden. Die ersten Ergebnisse zu Reproduzierbarkeit der Messergebnisse mit einem stationären (VICARDIO) und einem ambulanten Messgerät (VIPORT) sowie tageszeitliche und Geschlechtsunterschiede werden berichtet.

Methodik

100 gesunde Frauen und 100 gesunde Männer jeweils 25% im Alter von 30 bis 40, bis 50, bis 60 und bis 70 Jahren wurden vormittags und innerhalb von 2 Wochen nachmittags untersucht. Eingeschlossen wurden gesunde Probanden ohne akute oder chronische Erkrankung insbesondere auch ohne regelmäßige Einnahme von Tabletten wegen Herz-Kreislauf-Erkrankungen oder deren Risikofaktoren.

Ein EKG wurde mit zwei Gerätetypen mit innovativer Softwareausstattung (VICARDIO als stationäres Gerät und VIPORT als kleine transportable Variante, Fa. Energy-lab Technologies GmbH, Hamburg) abgeleitet. Der sich aus verschiedenen Parametern der Herzfrequenzvariabilität (HRV) ergebende Cardio-Stress-Index (CSI) liefert Werte auf einer Skala zwischen 0 bis 100 %. Die klinische Untersuchung umfasste die Messungen von Blutdruck und Anthropometrie, die Labordiagnostik beinhaltete Risikofaktoren für arteriosklerotische Herz-Kreislauf-Erkrankungen.

Ergebnisse

Der Cardio-Stress-Index (CSI) lag bei Männern signifikant höher als bei Frauen (VICARDIO vormittags 32,2% vs. 26,9%, $p<0,0001$; nachmittags 36,9 vs.

26,0, p=0,0057). Der CSI stieg bei beiden Geschlechtern in den Altersgruppen deutlich an (p<0,0001) und verdoppelte sich etwa zwischen dem 30. und 60. Lebensjahr. Vergleichbare Werte wurden mit dem portablen VIPORT Gerät ermittelt. Keinen messbaren Einfluss hatte das Gewicht, der BMI, der Taillenumfang oder das Körperfett.

Die Differenzen der vormittags und an einem der Folgetage nachmittags mit dem VICARDIO Gerät gemessenen CSI Werte betrugen bei Männern in 63% der Fälle weniger als 20%, bei Frauen in 72% der Fälle. Nur 12% bzw. 5% der Werte lagen mehr als 40% auseinander. Die Streuung der Werte an unterschiedlichen Tagen und Tageszeiten war für den VIPORT nahezu identisch. Bland-Altmann-Plots zeigten, dass die Mittelwerte der Differenzen bei beiden Geschlechtern vormittags und nachmittags nahe Null lagen. Der systolische Blutdruck lag nachmittags signifikant höher als vormittags (p<0,0001). Innerhalb derselben Tageszeit waren mit höherem systolischem Blutdruck geringfügig höhere mit dem VICARDIO gemessene CSI-Werte verbunden, was aber in dieser Studie keine Signifikanz erreichte. Auch mit höherem Blutzucker stieg der CSI-Wert, bei Frauen signifikant (p=0,005), bei Männern allerdings nicht signifikant, wobei sich jedoch die Korrelation für Männer und Frauen nicht signifikant unterschied. Dasselbe galt für den Zusammenhang mit dem LDL-Cholesterin, wobei wiederum die Korrelation für Frauen grenzwertig signifikant war (p=0,05).

Diskussion
Eine erste explorative statistische Betrachtung des mit dem VIPORT und dem VICARDIO gemessenen CSI zeigt eine gute Übereinstimmung der Geräte. Die Reproduzierbarkeit von Messungen, die sich im Tag und der Tageszeit unterschieden, ist gut, wobei neben der geräteabhängigen Varianz biologische Schwankungen eingegangen sind. Die ersten Korrelationen mit klinischen Daten zeigen, dass eine Kalibrierung zur Definition von Normalwerten des CSI nach Alter, nicht aber der Anthropometrie notwendig ist. Der Zusammenhang der Messergebnisse mit bekannten kardiovaskulären Risikofaktoren lässt erkennen, dass die CSI-Messung als eine von der Herzfrequenzvariabilität abgeleiteten Größe zukünftig als einfaches, aber differenziertes diagnostisches Verfahren zur Ermittlung des globalen kardiovaskulären Risikos geeignet sein könnte. Weitere Analysen werden die Beziehung zu Stressbelastung und Gefäßbefunden (IMT) einschließen.

Die Entkopplung der Organfunktion bei chronischer Herzinsuffizienz

Schmidt H[1], Friedrich I[1], Otawa K[1], Schulze M[1], Lienert S[1], Rauchhaus M[2]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2]Charité, Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow

Hintergrund
Die chronische Herzinsuffizienz (CHF) kann bei Dekompensation in ein Multiorgandysfunktionssyndrom (MODS) münden, d.h., dass sequentiell mehrere lebenswichtige Organen ausfallen. MODS und CHF sind dabei durch eine ausgeprägte autonome Dysfunktion charakterisiert. Außerdem zeigt sich eine deutliche Entzündungsreaktion (erhöhte Zytokin-Spiegel). Ziel der vorliegenden Studie war es zu untersuchen, ob ein Zusammenhang zwischen der autonomen Dysfunktion und dem

Schweregrad der Erkrankung beim CHF besteht. Außerdem wurde die Relation zwischen parasympathischer Modulation der Herzfrequenz und Entzündungsaktivierung geprüft.

Methodik
In diese Studie wurden 65 Patienten mit der gesicherten Diagnose einer dekompensierten Herzinsuffizienz eingeschlossen und diesen 65 alters- und geschlechts-gematchte MODS-Patienten zur Evaluierung der autonomen Funktion gegenübergestellt. Als Marker der autonomen Funktion wurden Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) verwendet und mit Hilfe eines 24-Stunden-EKGs analysiert. Außerdem wurde für jeden Patienten das C-reaktive Protein (CRP) als Entzündungsmarker bestimmt.

Ergebnisse
Mit zunehmenden Schweregrad der Erkrankung, quantifiziert durch den APACHE II Score, war die HRV stärker eingeschränkt. Dieser Effekt zeigte sich sowohl in der Gesamtvariabilität (SDNN) als auch anhand der HRV-Parameter, welche die parasympathische Modulation der Herzfrequenz (HF und VLF) charakterisieren. CRP und HF-und VLF-Parameter als Parameter der HRV korrelierten negativ.

Schlussfolgerungen
Diese Studie zeigt, dass der Grad der autonomen Dysfunktion beim CHF/MODS gut mit dem Schweregrad der Erkrankung korreliert. Diese Ergebnisse erlauben die Interpretation der autonomen Dysfunktion bei CHF als Beginn einer entkoppelten Interorgan-Kommunikation.

Herzfrequenzvariabilität und therapeutische Ansätze beim MODS

Schmidt H[1], Hoyer D[2], Prondzinsky R[3], Hennen R[1], Rauchhaus M[4], Schlitt A[1], Carter J[1], Hottenrott K[1], Müller-Werdan U[1], Werdan K[1], Buerke M[1]

[1]Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[2]Friedrich-Schiller-Universität Jena
[3]Klinikum Merseburg
[4]Charité, Universitätsmedizin Berlin, Campus Virchow

Einleitung
Unter dem Multiorgandysfunktionssyndrom (MODS) versteht man das schrittweise Versagen verschiedener Organsysteme nach stattgehabtem Triggerereignis (z.B. kardiogenem Schock). Die Letalität ist mit circa 60% hoch. Neben ihrer blutdrucksenkenden Wirkung sind ACE-Hemmer in der Lage, die gestörte autonome Funktion (im Sinne der Herzfrequenzvariabilität [HRV]) und die endotheliale Dysfunktion zu verbessern. Durch die positive Beeinflussung u.a. dieser Parameter lassen sich die kardiovaskulären Ereignisse reduzieren (z.B. bei Patienten mit arteriellem Hypertonus, koronarer Herzerkrankung und chronischer Herzinsuffizienz). Das Ziel unserer Studie war

es, den potentiellen Nutzens einer ACE-Hemmer-Therapie bei MODS-Patienten zu untersuchen.

Patienten und Methoden
In die Studie wurden 178 MODS-Patienten aufgenommen, davon erhielten 68 einen ACE-Hemmer während der stationären Therapie. Einschlusskriterium war ein APACHE II Score von ≥20 während der Aufnahme auf die ITS. Die Patienten wurden hinsichtlich der 28-, 180- und 356-Tage-Letalität nachbeobachtet. Die HRV wurde gemäß den geltenden Standards bestimmt.

Ergebnisse
In der ACE-Hemmer-Gruppe betrug die 28-Tage-Letalität 22% vs. 55% in der Nicht-ACE-Hemmer-Gruppe (p<0,0001), nach 180-Tage-Letalität 44% vs. 74% (p<0,0001). Nach 365 Tagen bestätigte sich der Trend zu Gunsten einer ACE-Hemmer-Gabe (365-Tage-Mortalität 50% vs. 75%, p<0,0001). Es gab keinen signifikanten Benefit in Bezug auf die Letalität hinsichtlich einer frühzeitigen oder späteren (ab 4 Tage nach stationärer Aufnahme) ACE-Hemmer-Gabe. Jedoch hatten die Patienten mit einem ACE-Hemmer bei stationärer Aufnahme eine höhere HRV.

Schlussfolgerung
Unserer Ergebnisse zeigen, dass eine ACE-Hemmer-Therapie bei MODS-Patienten mit einer geringeren Kurz- und Langzeitletalität einhergehen könnte. Patienten mit einem ACE-Hemmer bei stationärer Aufnahme zeigten eine geringer eingeschränkte HRV. Prospektive Untersuchungen sind notwendig, um die evtl. Effektivität einer ACE-Hemmer-Therapie bei MODS-Patienten zu zeigen.

Nichtlineare HRV – Methoden, Promises und Pitfalls für sportwissenschaftliche Untersuchungen

Esperer H D[1], Esperer C[2]
[1]*Universitätsklinikum, Abteilung Innere Medizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*
[2]*TU Darmstadt*

Hintergrund
Da an der Genese der Herzfrequenzvariabilität (HRV) eine Vielzahl von komplex verschalteten kardiovaskulären Regelkreisen beteiligt ist, nimmt es nicht Wunder, dass das HRV-Signal nicht nur quasiperiodische, sondern auch nichtlineare Anteile aufweist. Letztere sind mit den konventionellen Analyseinstrumenten im Zeit- und Frequenzbereich nicht zu detektieren. Nichtlineare Ansätze dringen daher zunehmend in die HRV-Analyse ein. Diese Methoden beruhen auf dem Konzept der Komplexizitätsanalyse, das sich grundlegend von dem Prinzip der Variationsanalyse unterscheidet, auf dem die traditionellen HRV - Analysemethoden beruhen. Die nichtlinearen Indizes liefern daher Informationen über die Dynamik des Herzrhythmus, die mit linearen Methoden nicht zu erhalten sind. Um sinnvolle Ergebnisse zu erzielen, müssen jedoch die Voraussetzungen ihrer Anwendbarkeit und ihre Limitationen beachtet werden.

Methoden
In dieser kritischen Übersicht werden die Prinzipien, Vorteile und Fallstricke häufig verwendeter nichtlinearer Verfahren aufgezeigt:

(1) Skalierungsfaktor „ß“ (sog. „power law“)
(2) Skalierungsfaktoren „α1“ und „α2“ (DFA)
(3) Korrelationsdimension „CD“ u. punktweise Korrel.-Dimension „PD2“
(4) Approximative Entropie „ApEn“ u. Sample-Entropie „SampEn“
(5) Poincaré – Plot – Analyse („SD1“)

Ergebnisse
Der Skalierungsfaktor ß (1/f-Spektralabfall) erwies sich als ein sehr guter Prognoseparameter in der kardiologisch-klinische Risikostratifizierung, ist für sportwissenschaftliche Untersuchungen (SPU) aber weniger geeignet, da er durch Bewegung und körperliche Aktivität sowie eine schon geringe Extrasystoliedichte extrem verzerrt wird.
Die Skalierungsfaktoren „α1“ und „α2“ sind unabhängig von der mittleren Zykluslänge (Herzfrequenz) und eignen sich daher gut für SPU. Allerdings werden auch sie durch eine höhere (≥ 4 %) Extrasystoliedichte verzerrt.
Die Korrelationsdimensionen „CD“ u. punktweise Korrel.-Dim. „PD2“ werden zunehmend im SPU-Kontext verwendet. Die „CD“ verlangt Stationarität und Datensätze von mindestens 2000 RR-Intervallen (RRI). Im Gegensatz zu „CD“ liefert „PD2“ auch unter nichtstationären Bedingungen konsistente Befunde.
ApEn eignet sich gut für Felduntersuchungen, da sie rel. robust gegen Rauschen und Extrasystolen ist. „ApEn“ ist jedoch sehr sensitiv von der Länge der RRI-Serie abhängig u. nimmt für zu kurze RRI-Serien (N< 1000) und zu kleine Abstandsradien (r < 0.2*SDNN) unerwartet kleine Werte an. Außerdem liefert „ApEn“ beim Vergleich unterschiedlich regelmäßiger RRI-Serien inkonsistente Befunde, wenn die vorgewählten Musterlängen m und die Radien r nicht übereinstimmend gewählt werden.
SampEn hat diese Limitationen von „ApEn“ nicht. „SampEn“ scheint auch durch fehlende Daten (> 1/3enes Datensatzes) kaum verzerrt zu werden. Aber insgesamt liegen erst wenige praktische Ergebnisse vor.
Poincaré Plots sind eine sehr interessante Methode für SPU, da sie robust gegen Artefakte u, Extrasystolen sind und keine stationären RRI-Serien voraussetzen. Die vollautomatische Bestimmung des gängigen Poincaré-Plot-Parameters „SD1“ kann allerdings stark durch eine hohe Arrhythmie- und Artefaktdichte verzerrt werden. Eine sorgfältige Editierung der RRI-Serie ist daher unabdingbar für konsistente Ergebnisse.

Schlussfolgerungen
Um Vernünftige Ergebnisse zu erhalten, muss man die Vor- und Nachteile der nichtlinearen Verfahren genau kennen. Alle diese Verfahren verlangen eine möglichst hohe Abtastrate (≥ 1 kHz) bzw. EKG-Auflösung (≥ 1 ms).

HRV-basierte VO_2max Schätzung unter submaximaler Belastung

Weippert M[1] , Kumar M[2], Kreuzfeld S[1], Stoll R[1]

[1]Institut für Präventivmedizin, Universität Rostock
[2]Celisca - Center for Life Science Automation, Rostock

Hintergrund und Zielstellung
Die maximale Sauerstoffaufnahme (VO_2max) ist *das* Bruttokriterium der Ausdauerleistungsfähigkeit. Die VO_2max-Schätzung auf submaximalen Belastungsstufen ist insbesondere bei der Untersuchung von Risikopatienten aber auch in der sportmedizinischen Leistungsdiagnostik interessant. Methoden der künstlichen Intelligenz werden in verschiedenen Bereichen zur Beanspruchungsmodellierung mit Hilfe der HRV eingesetzt. Ziel der Untersuchungen war die Entwicklung eines onlinefähigen Fuzzy-Modells auf Grundlage einer Zeit-Frequenzanalyse der Herzzeitintervalle bei ansteigender fahrradergometrischer Belastung, mit dem die Abschätzung der VO_2max auf submaximalem Niveau möglich ist.

Methodik
20 Personen (10 Männer/10Frauen) absolvierten einen fahrradergometrischen Ausbelastungstest. Atemgasparameter (EOS Sprint) und RR-Intervalle (Polar S810i) wurden kontinuierlich aufgezeichnet. Die Zeit-Frequenzanalyse der Herzzeitintervalle erfolgte mittels kontinuierlicher Wavelettransformation (CWT) für 1minütige Auf-zeichnungsintervalle. Die CWT-Daten dienten als Input-Parameter des Modells. Der Output-Wert ist die relative maximale VO_2max. Für das Training und die Überprüfung des Modells wurde der Datensatz geteilt.

Ergebnisse
Es wurde ein Fuzzy-basiertes Modell entwickelt, welches als alleinige Eingabeparameter Zeit-Frequenzdaten der Schlag-zu-Schlag-Intervalle des Herzens nutzt. Es ist in der Lage, mit hoher Genauigkeit (R^2 = 0,75 für die Trainingsdaten, R^2 = 0,70 für die Testdaten) die individuelle maximale Sauerstoffaufnahme der Probanden bereits auf submaximalen Belastungsstufen zu schätzen.

Schlussfolgerung
Das entwickelte Modell ermöglicht in einer inhomogenen Untersuchungspopulation genaue Vorhersagen zur physischen Leistungsfähigkeit bei submaximaler Belastung. Methoden der künstliche Intelligenz (Fuzzy-Logiken) sind geeignet, die für die HRV charakteristische individuelle Ausprägung und Reaktionsweise zu berücksichtigen. Die in der HRV verborgene Information über die Beanspruchung eines Individuums kann somit sicht- und anwendbar gemacht werden. Zur Verbesserung der Vorhersagegenauigkeit sollen zukünftig populations- und belastungsspezifische Modelle entwickelt und weitere leicht erfassbare Eingabeparameter genutzt werden.

Literatur
Kumar, M. et al. (2007). *Ieee Transaction on Fuzzy Systems, 15*, 791-808.
Kumar, M. et al. (2004). *Fuzzy Opt. Decision Making, 3* (1), 63-82.

Kardiale Regulation von Weltklasse-Tennisspielern und Überbeanspruchungsrisiko in der Vorbereitungsphase

Rosenhagen A, Bürklein M, Thiel Chr, Vogt L, Banzer W

Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt/Main

Einleitung
Im Profitennis gestattet lediglich die Vorbereitungsperiode am Jahresende die Möglichkeit zur systematischen Entwicklung konditioneller Fähigkeiten. Folglich ist dort der Registrierung von Anzeichen der Überbeanspruchung infolge der hohen Trainingsdichte und –intensität von besonderer Relevanz. Seit einigen Jahren wird der Herzfrequenzvariabilität (HRV) als indirektem Maß vegetativer Zustandsänderungen zunehmend Bedeutung beigemessen (Uusitalo et al. 2000). Die vorliegende Fallstudie skizziert erstmals Veränderungen der HRV in Relation zu maximaler Sauerstoffaufnahme (VO_{2max}) und klassischen Labormarkern in der Vorbereitungsphase dreier Weltranglistenspieler.

Methodik
Untersucht wurden in der vorliegenden Fallstudie 3 gesunde, männliche Profi-Tennisspieler, jeweils exemplarisch für Top 10, Top 100 und Top 1000 Niveau (26-28 Jahre; BMI 21,8-23,8 kg/m^2, 7-10 Jahre ATP Tour-Erfahrung). Schwerpunkte des individuell angepassten Trainings lagen in der Verbesserung allgemeiner Ausdauerleistungsfähigkeit und spezifischer Schnelligkeitsausdauer sowie der Kräftigung und Stabilisation lokaler und globaler Muskelgruppen zur Leistungssteigerung und Verletzungsprophylaxe. Harnstoff als Labormarker, VO_{2max} und Kurzzeit-EKG-Aufzeichnungen (VarCor PF5) wurden zu Beginn und im Anschluss an die 5wöchige Trainingsperiode erhoben. Zur HRV-Auswertung kamen Zeit- (RMSSD) und Frequenzparameter (TP 0.04 - 0.40 Hz).

Ergebnisse
Abbildung 1 zeigt Veränderungen von VO_{2max} und HRV vor und nach dem Training. Die Harnstoffkonzentration stieg um 37, 48 und 4% an (Top 10, Top 100 und Top 1000 Spieler).

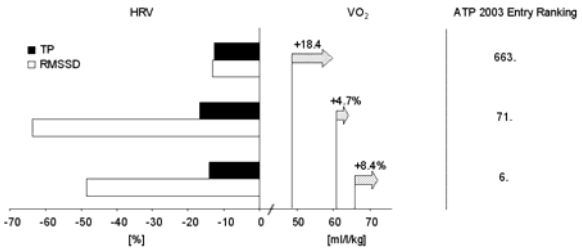


Abb. 1: HRV und VO_{2max} Veränderungen im pre-post Vergleich.

Diskussion
Die longitudinale Beobachtungsreihe zeigt eine im Trainingsverlauf reduzierte Gesamtvariabilität (TP) mit gleichzeitigem Rückgang der RMSSD als Indikator veränderter vagaler Regulationsleistung. Vor dem Hintergrund höherer absoluter Trainingsumfänge und -intensitäten, die vom Top 100 und vom Top 10 Spie-

ler aufgrund des guten bis exzellenten Ausgangsniveaus der VO_{2max} realisiert wurden, ist dies als Ausdruck hoher psycho-physischer Belastung im Sinne eines Überlastungsindikators interpretierbar. Die Anzeichen eines Overreaching werden gestützt durch die Labordiagnose. Weitere standardisierte Längsschnittbeobachtungen sind erforderlich, um das Potenzial der HRV im Rahmen der individuellen Trainingssteuerung nutzbar zu machen.

Literatur

Uusitalo A. L. et al. (2000). *Int J Spots Med, 21*, 45-53.

Zielgruppensensitive Evaluation von Bewegungsmaßnahmen bei Frauen in sozial schwierigen Lebenslagen (BIG-Projekt)

Thiel Chr[1], Vogt L[1], Hübscher M[1], Rütten A[2], Banzer W[1]

[1]*Abteilung Sportmedizin, Goethe-Universität Frankfurt/Main*

[2]*Institut für Sportwissenschaft und Sport, Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg*

Hintergrund und Zielstellung

Die wissenschaftliche Evaluation integrierter Ansätze der Bewegungsförderung bei Zielgruppen in sozial schwierigen Lebenslagen gestaltet sich bei diesen Gruppen schwierig. Distinktive Teilnehmermerkmale erfordern den Einsatz kulturell sensitiver, nicht-invasiver und anstrengungsarmer Erhebungsverfahren. Die Studie erfasst zielgruppensensitiv Effekte partizipatorisch entwickelter Bewegungsprogramme eines regionalen Modellprojektes.

Methodik

„Bewegung als Investition in Gesundheit“ (BIG) zielt auf Gesundheitsförderung bei Frauen in schwierigen Lebenslagen und bezieht diese bei der Entwicklung und Implementierung von Bewegungsmaßnahmen in unterschiedlichen Settings ein. In einem prospektiven Design wurden 22 Frauen (Verum) (42,2±12,4 J.) vor und nach ihrer Teilnahme an 10-wöchigen Bewegungsprogrammen, sowie im gleichen Zeitabstand 18 inaktive Kontrollen (52,5±11,8 J.) untersucht. Zur Erfassung der kardial-autonomen Regulation erfolgten Kurzzeit-Registrierungen der Herzfrequenzvariabilität (HRV) (Polar S810) mit anschließender softwaregestützter Analyse (HRV-Analysis 1.1). Basierend auf Messungen der Körperzusammensetzung (BIA 101/S, Data input) erfolgte unter Verwendung der Regressionsgleichung von Stahn (2006) die indirekte Bestimmung der aeroben Kapazität (VO_2peak).

Ergebnisse

Varianzanalytisch zeigen sich keine signifikanten Interaktionseffekte (Zeit x Gruppe) für BMI und VO_2peak. Zur Zweitmessung konnte eine signifikant ($p<.01$) höhere spektrale Gesamtvariabilität (TP) in der Verum- im Vergleich zur Kontrollstichprobe nachgewiesen werden (Abb. 1).

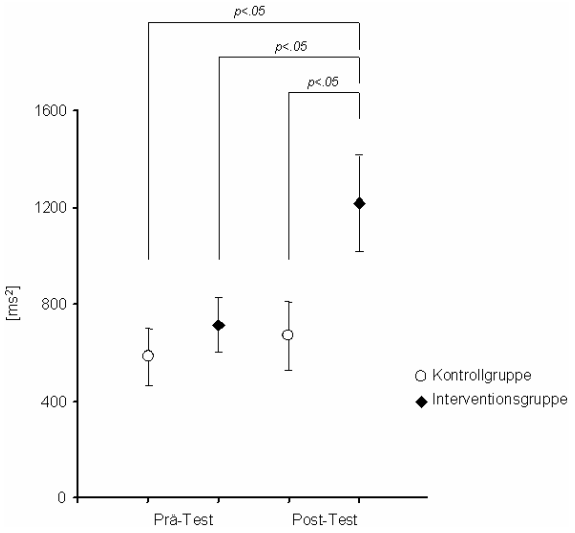


Abb. 1: Prä-, Post- Gruppenvergleich der TP (Durchschnitt ± Standardabweichung).

Schlussfolgerung

HRV-Kurzzeitregistrierungen und indirekte Verfahren zur VO_2-Prädiktion erscheinen zur sensitiven und anstrengungsfreien Evaluation vegetativer und kardiorespiratorischer Parameter geeignet und tragen maßgeblich zur Akzeptanz von Evaluationsmaßnahmen in der Zielgruppe bei. Der untersuchte Interventionsansatz zeigt insbesondere im Bereich der kardialen Regulationsfähigkeit physiologische Anpassungen.

Literatur

Stahn, A. et al. (2006). *Eur J Appl Physiol, 96* (3), 265-273.

Schrittfrequenz (SF) und Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei intensiver Laufbelastung im Conconitest

Böselt T, Steiner M, Hoos O

Institut für Sportwissenschaft und Motologie, Bereich Sportmedizin, Philipps-Universität Marburg

Hintergrund und Zielstellung

Die lokomotorisch-(kardio)respiratorische Kopplung (LRC) unter Belastung ist ein selbstorganisiertes Phänomen (Bramble & Carrier 1983), welches indirekt über Schrittfrequenz (SF) und HRV auch im Feldversuch detektierbar scheint (Sumi et al. 2006). Ziel der Studie war es, SF bzw. Zyklusfrequenz (ZF) und HRV sowie den LRC bei hochintensiver Belastung im Conconi-Lauftest zu quantifizieren.

Methodik

ZF und RR-Rohdaten von n=15 Sportstudierenden (Alter: 24,8±3,6a) wurden beim streckenbasierten Conconi-Test (Beginn: 6km/h-8km/h; alle 200m +0,5km/h) kontinuierlich aufgezeichnet (Polar RS800/s3). Aus den HRV-Leistungsdichtespektren (64s-Fenster, Interpolation: 4Hz, AR-Modell, Ordnung: 20) wurden jeweils die Spektralleistungen (ms² bzw. %) und Frequenzpeaks (in Hz) im HF- (0,15-1,0Hz) und VHF-Band (1,0-2,0Hz) für die höchsten 5 Laufintensitäten kalkuliert. Die Berechnung des LRC-

Index erfolgte über den Quotient aus ZF und HF-Peak (Sumi et al. 2006). Die Parameter der HRV und ZF/SF wurden regressionsanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse
Auf den höchsten Belastungsstufen wurden durchschnittliche ZF von 1,40±0,06Hz (SF=2·ZF: 2,80±0,13Hz) und mittlere Herzfrequenzen von 177±18S/min bei Gesamtlaufleistungen von 2985±569m registriert. Die Daten aus den HRV-Leistungsdichtespektren ergaben niedrige Spektralleistungen (TP: 1,39±1,63ms²; HF: 0,50±0,49ms²; VHF: 0,25±0,28ms²), wobei sich jeweils gut ein Peak im HF- und VHF-Band identifizieren ließ. Signifikante korrelative Zusammenhänge ergaben sich für ZF/SF und HF-Peak (r= 0,88; p<0,01) sowie ZF/SF und VHF-Peak (r= 0,51; p<0,01). Bei maximaler Laufintensität waren bei den Probanden unterschiedliche LRC-Werte von 3:1 (7%), 2:1 (53%) bzw. 3:2 (40%) zu finden.

Schlussfolgerung
Unter intensiver Laufbelastung treten im HRV-Signal gut detektierbare hochfrequente Spektralpeaks (>>0,4Hz) auf, die in Ruhe nicht zu verzeichnen sind. Der Peak im HF-Band entspricht dabei der über die Atempumpe vermittelten Atemfrequenz (Cottin et al. 2004; Sumi et al. 2006), während der Peak im VHF-Band mit der sich über die Muskelpumpe manifestierenden Bewegungsfrequenz assoziiert sein könnte (Meste et al. 2007). Somit bieten ZF/SF und HRV-Spektraldaten eine Möglichkeit zur Erfassung lokomotorisch-(kardio)respiratorischer Kopplungsphänomene (LRC) unter Feldbedingungen und offenbaren verschiedene Kopplungsstrategien bei maximaler Ausbelastung, die in weiteren Studien in Abhängigkeit der Ausdauerleistungsfähigkeit genauer betrachtet werden sollten.

Literatur
Bramble, D. M. & Carrier, D. R. (1983). *Science, 219* (4582), 251-256.
Cottin, F. et al. (2004). *Med Sci Sports Exerc, 36* (4), 594-600.
Meste, O. et al. (2007). *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2007*, 279-282.
Sumi, K. et al. (2006). *Scand J Med Sci Sports, 16* (5), 314-320.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) und Schrittfrequenz (SF) im 10km-Wettkampf

Steiner M[1], Hilbert S[1], Müller S[2], Hottenrott K[2], Hoos O[1]

[1]*Institut für Sportwissenschaft und Motologie, Philipps-Universität Marburg*
[2]*Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung (ILUG), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*

Hintergrund und Zielstellung
Während Laufbelastungen tritt eine selbstorganisierte lokomotorisch-respiratorische Kopplung (LRC) auf (Bramble & Carrier 1983), welche im Labor- (u.a. McDermott et al. 2003) und im Feldtest (Sumi et al. 2006) bereits quantifiziert wurde. Die Ergebnisse hinsichtlich Art und Intensität der Kopplung in Abhängigkeit von Belastungsintensität und Lauferfahrung sind jedoch uneinheitlich (Bramble & Carrier 1983, McDermott et al. 2003, Sumi et al. 2006). Das Ziel dieser Studie war es, Herzfrequenzvariabilität (HRV) und Schrittfrequenz (SF) bei einem 10km-Laufwettkampf zu erfassen, um daraus Kopplungen von Schritt- respektive Zyklusfrequenz (ZF) mit der aus der HRV geschätzten Atemfrequenz (AF) zu untersuchen (Sumi et al. 2006, Cottin et al. 2007).

Methodik
HRV und ZF von n=15 Läufern (Alter: 34,1±11,5a) mit heterogener Leistungsfähigkeit wurden kontinuierlich über die gesamte Wettkampfdauer aufgezeichnet (Polar RS800/s3). Aus dem HRV-Leistungsdichtespektrum (4Hz Interpolation, FFT, Welch-Periodogramm, 256 Punkte, 50% Overlap) der letzten 512s des 10km-Rennens wurden die Spektralleistungen (in ms² bzw. in %) und Frequenzpeaks im HF- (0,15-1,1Hz) und VHF-Band (1,1-2,0Hz) sowie die Total Power (0,04-2,0Hz) berechnet. Der Quotient aus ZF und HF-Peak diente als Index der LRC (Sumi et al. 2006).

Ergebnisse
Bei 10km-Durchschnittsgeschwindigkeiten von 4,03±0,66m/s (Zielzeit: 29:57-52:25min) ergaben sich Herzfrequenzen von 176,9±13,3S·min^{-1}, ZF von 2,90±0,14Hz und Schrittlängen (SL) von 1,39±0,19m. ZF, SL und die VHF-Leistung in % korrelierten signifikant (ZF: r=0,59; p<0,05) bzw. hochsignifikant (SL: r=0,95; p<0,01, VHF%: r=0,69; p<0,01) mit der Wettkampfleistung. Die HRV-Leistungsdichtespektren zeigten niedrige Werte in allen Frequenzbändern (TP: 4,59±3,28ms²; HF: 2,93±2,73ms²; VHF: 1,31±1,35ms²) bei gleichzeitig gut identifizierbarem HF-Peak, der mit der Laufleistung und ZF korrelierte (jeweils r=0,55; p<0,05). Die Sportler wiesen unterschiedliche LRC-Indizes auf, mit Häufigkeiten von 13,3% bei 2:1, 53,3% bei 3:2 und 33,3% ohne ganzzahlige Kopplung.

Schlussfolgerung
Der Zusammenhang von Schrittfrequenz und HF-Peak deutet auf eine vorhandene lokomotorisch-(kardio)respiratorische Kopplung (LRC) hin, die mit Hilfe der HRV-Spektralanalyse unter realen Wettkampfbedingungen erfassbar scheint und bei vielen Läufern ganzzahlige Kopplungen von 2:1 bzw. 3:2 ergibt. Dieses Vorgehen eröffnet neue Möglichkeiten zur Analyse selbstorganisierter Kopplungsphänomene im Wettkampfsport und stellt die Dominanz einer 2:1-Kopplung bei hochintensiver Laufbelastung in Frage.

Literatur
Bramble, D. M. & Carrier, D. R. (1983). *Science, 219* (4582), 251-56.
Cottin, F. et al. (2007). *Int J Sports Med , 28* (4), 287-94.
McDermott, W. J. et al. (2003). *Eur J Appl Physiol, 89* (5), 435-44.
Meste, O. et al. (2007). *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc 2007*, 279-82.
Sumi, K. et al. (2006). *Scand J Med Sci Sports, 16* (5), 314-320.

Vergleich der Belastungssteuerung mittels Polar OwnZone und Laktat bei breitensportlich orientierten Marathonläufern

Kappes E[1], Simon Chr[2]

[1]Polar Electro GmbH Deutschland
[2]Institiut für Sportwissenschaft, Technische Universität Darmstadt

Hintergrund und Zielstellung
Die etablierten Verfahren zur Trainingssteuerung mittels Laktat im Ausdauersport sind für Freizeit- und Breitensportler aus ökonomischen Gründen meist nicht praktikabel. Eine mögliche Alternative könnte die Intensitätssteuerung über die Analyse der Herzfrequenzvariabilität mittels Polar OwnZone darstellen. Ziel dieser Studie ist die vergleichende Analyse eines mittels Polar OwnZone bzw. Laktat gesteuerten Ausdauertrainings, um Rückschlüsse auf die Effektivität der eingesetzten Verfahren zu ziehen.

Methodik
30 breitensportlich orientierte Marathonläufer wurden mittels Parallelisierung auf Basis der Laufgeschwindigkeit an der 4 mmol-Schwelle (VL 4) in zwei (n=15) Trainingsgruppen (Laktat- und Ownzone-Gruppe) unterteilt. Zur Erfassung der Leistungsentwicklung wurde ein Laktatstufentest zu Beginn und am Ende des achtwöchigen Trainings durchgeführt. Die Bestimmung der Gruppenunterschiede erfolgte mit Hilfe einer zweifaktoriellen Varianzanalyse mit Messwiederholung.

Ergebnisse
Die Auswertung der Trainingsdaten ergab bzgl. der Belastungsparameter Umfang und Intensität keine signifikanten Gruppenunterschiede. Wie in Abb. 1 zu erkennen, ist bei beiden Gruppen eine geringe Verbesserung der Leistungsfähigkeit an der 4 mmol-Schwelle zu beobachten. Signifikante Unterschiede in der Leistungsentwicklung zwischen Laktat- und Ownzone-Gruppe waren nicht zu verzeichnen.

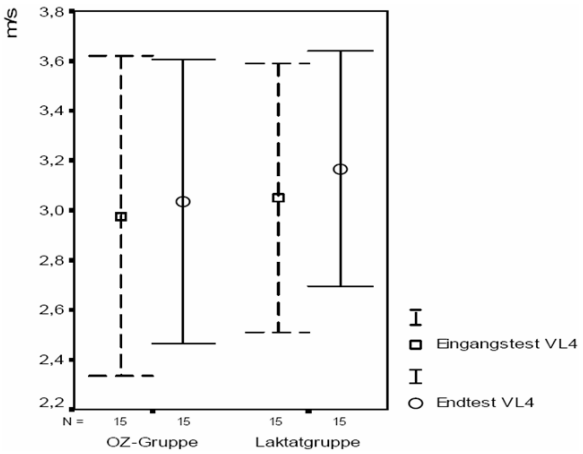


Abb. 1: Laufgeschwindigkeit an der 4 mmol Laktatschwelle.

Schlussfolgerung
Die geringe Leistungsverbesserung beider Gruppen ist möglicherweise auf die zu kurze Trainingsdauer zurückzuführen. Aus dem Vergleich beider Gruppen ergeben sich keine Unterschiede hinsichtlich der Effektivität der beiden Belastungssteuerungsverfahren. Somit erscheint der Einsatz der Polar Ownzone zur Belastungssteuerung im breitensportlich ausgerichteten Marathontraining als durchaus zweckmäßig. Weitere Längsschnittstudien über längere Trainingsperioden sind jedoch notwendig.

Herzratenvariabilität (HRV) – eine Messgröße zur Überwachung der physiologischen Beanspruchung während eines Moorbades in der Rehabilitationsmedizin

Janik H, Nowack N, Kraft K

Lehrstuhl für Naturheilkunde, Universität Rostock

Hintergrund und Zielstellung
Moorbäder werden in der Rehabilitationsmedizin u. a. zur Behandlung von Schmerzen eingesetzt. Durch die auftretende Körperkerntemperaturerhöhung von 1 - 1.5 °C wird das Herz-Kreislauf-System erheblich belastet. Der Einfluss des Moorbades auf das vegetative Nervensystem soll deshalb untersucht werden.

Methodik
Von 21 jungen gesunden nicht sehr sportlichen Frauen (27.05±6.85 Jahre, BMI: 21.21 kg/m^2±1.70) wurden mit einem 24 h-EKG Ela medical® (Sorin group) die RR-Abstände in einer Ruheperiode P1 (s. Abb.1), während eines 20 min Moorbades (2a-2c, Badetemperatur: 40.5±0.2 °C, Raumtemperatur: 22.6±0.7 °C) und einer 20 min Nachruhephase P2 (3a-3c) erfasst und die Herzratenvariabilität (HRV) nach Niskanen et al. (2004) berechnet.

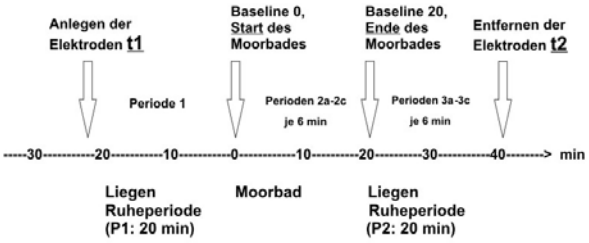


Abb. 1: Datenerfassungsprozedur.

Ergebnisse
Die Anteile von LF und HF waren während der anfänglichen Ruheperiode P1 gleich (45.5 %; 46.0 %). Während des Bades (2a-2c) erhöhten sich die Anteile LF (53.0 %; $p<0.05$), das Verhältnis von LF zu HF (LF/HF, $p<0.01$) und die Herzfrequenz ($p<0.001$) im Vergleich zu P1. Der Anteil von HF verringerte sich kontinuierlich während des Moorbades (2a bis 2c) (letzte 6 min, 2c: 29.7 %; $p<0.01$).

Während der Ruhephase P2 war die Herzfrequenz höher als der Ausgangswert in P1 ($p<0.05$). LF und LF/HF lagen unterhalb der Initialgrößen von P1 ($p<0.05$; $p<0.01$), erhöhten sich aber wieder in den letzten 6 min (3c, $p<0.05$). HF erreichte gleich zu Beginn von P2 (3a) wieder den Ausgangswert.

Schlussfolgerungen
Bei jungen gesunden Frauen erhöht ein 20 min Moorbad leicht die Aktivität des Sympathikus aber verringert die parasympathische Aktivität wesentlich. Das kann für Patienten mit ernsten kardiovaskulären Erkrankungen kritisch sein! Die parasympathische Aktivität normalisierte sich unmittelbar nach dem Moorbad, während die Aktivität des Sympathikus vorübergehend etwas gedämpft blieb.

Literatur
Niskanen, J.-P. et al. (2004). *"Software for Advanced HRV Analysis", Comput Meth Programs Biomed, 76* (1), 73-81.

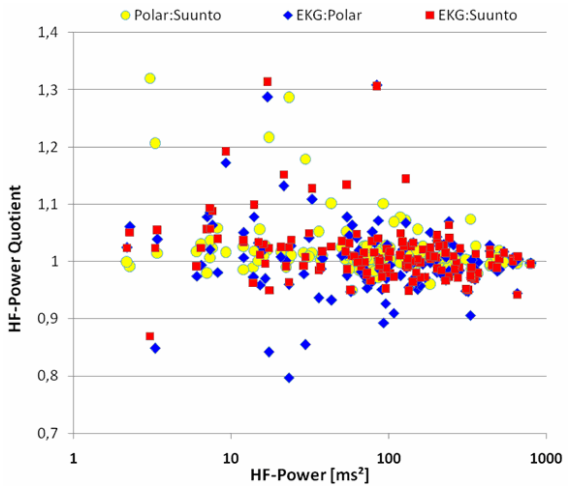
Herzfrequenzmessung mit unterschiedlichen mobilen Geräten – Auswirkungen auf das HRV-Frequenzspektrum

Weippert M[1], Arndt D[2], Stoll R[1]
[1]*Institut für Präventivmedizin, Universität Rostock*
[2]*Celisca - Center for Life Science Automation, Rostock*

Hintergrund und Zielstellung
Die Herzratenvariabilität (HRV) wird immer häufiger als Beanspruchungsparameter bei sport- und psychophysiologischen Fragestellungen eingesetzt. Die Verfügbarkeit von preiswerten mobilen Messgeräten ermöglicht dabei die leichte nichtinvasive und rückwirkungsarme Erfassung der Herzzeitintervalle (RR-Intervalle) als Grundlage für die HRV-Frequenzanalyse. Neben dem Einfluss unterschiedlicher Analysemethoden ist bereits hardwareseitig durch unterschiedliche Signalabtastung und R-Zackendetektierung mit Unterschieden bei den Ergebnissen der HRV-Analyse zu rechnen. Ziel der Studie war ein diesbezüglicher Vergleich zwischen einem mobilen EKG-Gerät (cardiolight, Fa. Medset) und zwei mobilen Herzfrequenzmessern (S810i Fa. Polar und t6,Fa. Suunto).

Methodik
Für die vorliegende Studie wurden 21 gesunde, männliche Probanden in Ruhe sowie bei leichter und moderater körperlicher Aktivität untersucht. Die Aufzeichnung der RR-Intervalle erfolgte synchron mit allen drei Geräten. Insgesamt wurden für den Vergleich der ermittelten RR-Abstände über 80000 Intervalle ausgewertet. Für die HRV-Frequenzanalyse mittels kontinuierlicher Wavelettransformation (CWT) wurden jeweils 136 artefaktfreie dreiminütige RR-Aufzeichnungen verwendet. Es wurden die Differenzen der für die mit unterschiedlichen Geräten ermittelten RR-Intervallaufzeichnungen berechneten Total Power, VLF-, LF- und HF-Power statistisch ausgewertet.

Ergebnisse
Die Unterschiede bei der Messung der RR-Anstände sind zwar hoch signifikant, jedoch nur sehr gering, insbesondere zwischen den beiden mobilen Herzfrequenzmessern. Dies widerspiegelt sich in nur geringen durchschnittlichen Abweichungen der Power in allen Frequenzbereichen (<3,0%). Allerdings sind die Standardabweichungen der Differenzen insbesondere im HF-Bereich groß (bis ca. 13% zwischen S810i und t6). Außerdem zeigt sich eine Abhängigkeit der Differenzen von der mittleren Frequenzpower.



Schlussfolgerung
Die Vergleichbarkeit von HRV-Frequenzdaten bei der Verwendung unterschiedlicher Geräte ist nur bedingt möglich. Insbesondere bei der Betrachtung des HF-Bandes und unter körperlicher Belastung zeigen sich starke Streuungen der Werte.

Recurrance Quantification Analysis (RQA) der Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei sportlicher Belastung mit unterschiedlicher Intensität

Hoos O[1], Kratzsch A[1], Hottenrott K[2], Esperer H D[3]
[1]*Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Philipps-Universität Marburg*
[2]*Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle*
[3]*Universitätsklinikum, Abteilung Innere Medizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg*

Hintergrund und Zielstellung
Die RQA charakterisiert eine nicht-lineare Methode zur Klassifizierung von Determinismus und Komplexität kurzer nicht-stationärer Zeitreihen (Webber & Zbilut 1994), die in der klinischen HRV-Diagnostik erste viel versprechende Ansätze aufzeigen konnte (Javorka et al., 2008). Ziel dieser Studie war es, mit Hilfe der RQA Komplexität und Determinismus der HRV bei zwei Belastungsintensitäten auf dem Fahrradergometer zu erfassen und zu bewerten.

Methodik
n=14 sportlich aktive Männer (Alter: 25,9±4,7a; VO_2max: 50,7±9,1ml/kg/min) absolvierten zwei 20minütige Dauerbelastungen (B1, B2) auf dem Radergometer (B1: Laktat ~ 1,5-2mmol/l; B2: Laktat ~ 3mmol/l). Neben Laktatkonzentration und VO_2 wurde die HRV kontinuierlich erfasst (Polar s810i). Die jeweils letzten 1500 konsekutiven RR-Intervalle wurden anschließend mittels RQA (VRA5.0, Belaire-Franch & Contreras 2002) ausgewertet und für die Parameter

MeanRR, SDNN, DET, REC, LMax, ENT (Zbilut & Webber, 1994) inferenzstatistisch geprüft.

Ergebnisse
MeanRR (B1: 500,8±44,7ms vs. B2: 410,0±42,2ms) und SDNN (B1: 12,1±3,8ms vs. B2: 7,7±3,4ms) nahmen hochsignifikant ($p<0,01$) ab, während die metabolische Beanspruchung (Blutlaktat: B1: 1,6±0,4mmol/l vs. B2: 3,2±0,3mmol/l; VO_2: B1: 51,3±7,0%VO_2max vs. B2: 70,5±10,2%VO_2max) hochsignifikant ($p<0,01$) zunahm. Die RQA-Parameter DET, REC, Lmax, LnENT waren nicht signifikant mit MeanRR und SDNN korreliert. REC (B1: 1,0±1,2% vs. B2: 0,6±0,8%; $p=0,34$), Lmax (B1: 35±32 vs. B2: 25±20; $p=0,31$) und LnENT (B1: 1,04±0,16 vs. B2: 0,92±0,34; $p=0,24$) unterschieden sich nicht zwischen den beiden Belastungsstufen, wobei alle REC-Werte im methodisch notwendigen Toleranzbereich von 0,1-5,0% blieben (Javorka et al. 2008). DET (B1: 87,2±5,2% vs. B2: 81,4±10,8%) nahm mit zunehmender Beanspruchung signifikant ($p<0,05$) ab.

Schlussfolgerung
Die Ergebnisse deuten auf eine Determinismusabnahme/Komplexitätszunahme von niedriger zu mittlerer Belastungsintensität hin und bestätigen Ergebnisse anderer nicht-linearer Verfahren (Casties et al. 2006). Ferner zeigt sich auch für niedrig bis mittelintensive sportliche Belastungen, dass die RQA-Parameter weitgehend unabhängig von der Gesamtvariabilität (SDNN) und der mittleren RR-Amplitude sind (Javorka et al. 2008). Dies macht die RQA für HRV-Belastungsuntersuchungen grundsätzlich attraktiv, wobei die Daten auch deutlich die Notwendigkeit von weiteren methodisch ausgerichteten RQA-Studien aufzeigen.

Literatur
Belaire-Franch, J. & Contreras, D. (2002). *J Stat Soft, 7* (9), 1-18.
Casties, J. et al. (2006). *Int J Sports Med, 27* (10), 780-5.
Javorka, M. et al. (2008). *Clin Physiol Funct Imaging, 28* (5), 326-31.
Webber, C. L. J. & Zbilut, J. P. (1994). *J Appl Physiol, 76* (2), 965-73.

Fraktales Skalierungsverhalten der Herzfrequenz bei fahrradergometrischer Stufentestung sportlich aktiver Männer

Hoos O[1], Mörchen F[2], Ultsch A[3]
[1]*Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Philipps-Universität Marburg*
[2]*Siemens Corporate Research, Princeton/USA*
[3]*Institut für Informatik, AG Datenbionik, Philipps-Universität Marburg*

Hintergrund und Zielstellung
Lineare Kenngrößen der Herzfrequenzvariabilität (HRV) liefern zum Teil inkonsistente Ergebnisse zur Charakterisierung der Herzfrequenzregulation unter Belastung. Ziel dieser Studie war es deshalb, mit Hilfe der trendbereinigten Fluktuationsanalyse (DFA) als nichtlinearem Verfahren das fraktale Skalierungsverhalten von sportlich aktiven Männern bei zunehmender Beanspruchung auf dem Fahrradergometer zu erfassen und zu bewerten.

Methodik
n=20 sportlich aktive Männer (Alter: 25,8±4,2a; VO_2max: 49,8±7,9ml/kg/min) absolvierten einen Radstufentest (Beginn: 60Watt; alle 3min +20Watt) bis zur individuellen Ausbelastung. Neben Blutlaktatkonzentration und Sauerstoffaufnahme wurde die HRV kontinuierlich vor, während und nach der Stufentestung erfasst (Polar s810i). Das Skalierungsverhalten der RR-Intervalle wurde anschließend mittels des Kurzzeitskalierungsexponenten α_1 der DFA (Peng et al. 1995) bestimmt und varianz- und regressionsanalytisch in Bezug zur Beanspruchungsintensität ausgewertet.

Ergebnisse
Ausgehend von körperlicher Ruhe wies α_1 mit zunehmender Beanspruchung (%VO_2max) einen biphasischen Verlauf auf, der mittels polynomieller Regression 3. Grades adäquat beschrieben werden konnte ($R^2=0,74$, $p<0,01$). Nach einem zunächst signifikanten ($p<0,05$) Anstieg von α_1 erfolgte eine Plateaubildung mit einem charakteristischen Maximum bei niedriger Intensität ($\alpha_1 \geq 1,5$ bei 30-50%VO2max). Dies deutet auf ein stark korreliertes Verhalten der HRV bei niedriger Beanspruchung hin und könnte im Zusammenhang mit dem Erreichen der intrinsischen Herzfrequenz stehen (Platisa et al. 2008). Nachfolgend nahm α1 sukzessive signifikant ($p<0,05$) bis zur Ausbelastung ab ($\alpha_1 \leq 0,5$ bei ≥85%VO2max), was für ein unkorreliertes/stochastisches bzw. antikorreliertes Verhalten bei hochintensiver Beanspruchung spricht.

Schlussfolgerung
Die Ergebnisse bestätigen für nicht spezifisch ausdauertrainierte Männer die Eignung des nicht-linearen HRV-Parameters α_1 zur stufenweisen Differenzierung zwischen niedriger und hochintensiver Beanspruchung (Hautala et al. 2003, Hoos et al. 2007, Platisa et al. 2008). Ferner deutet das Skalierungsverhalten der HRV auf eine qualitative Veränderung der selbstorganisierten Regulation des Herzrhythmus unter Belastung hin, die sich von einer komplexen Regulation in Ruhe bis hin zu einer isolierten, dominant nicht-neuralen, intrinsischen Herzfrequenzregulation bei hochintensiver Belastung zu entwickeln scheint (Platisa et al. 2008).

Literatur
Hautala, A.J. et al. (2003). *Clin Physiol Funct Imaging 23 (4)*, 215–223.
Hoos, O. et al. (2007). *Dtsch Z Sportmed 58 (7-8)*, 13.
Peng, C.K. et al. (1995). *Chaos, 5 (1)*, 82-87.
Platisa, M. M. et al. (2008). *Physiol Meas, 29* (4), 439-450.

Trainingsintervention im Ausdauersport mittels HRV - eine Feldstudie

Kesselbacher A
Salzburg

Einleitung
Sportliche Höchstleistung bedingt den richtigen Um-

gang mit physischen und psychischen Ressourcen und nur ein optimales Timing von Be- und Entlastung ermöglicht die Leistungsentwicklung! Die HRV-Diagnostik könnte diesbezüglich unter Beachtung einiger Grundbedingungen ein sehr effizientes Interventionsmedium repräsentieren. In mehrjähriger Zusammenarbeit mit Ausdauersportlern und deren Trainern wurde daher versucht ein Verfahren (HRV-Coaching) zu entwickeln, dass Rückschlüsse auf vegetative Veränderungen nach trainingsinternen oder externen Einflüssen ermöglicht. Der Fokus lag dabei auf der Entwicklung einer Methodologie zur Gewinnung personenspezifischer HRV-Leistungskennzahlen und Interventionsindikatoren.

Methodik

An der dargestellten Feldstudie nahmen 16 männl. u. 4 weibl. Ausdauerathleten (Alter 27 ±6,4) der Sportarten Triathlon, Rad und Langlauf mit Landeskader bis Nationalteamniveau teil. Die Probanden waren angewiesen, täglich am Morgen nach dem Erwachen unter standardisierten Bedingungen eine 5min dauernde HF-Liegendmessung (RR-Modus) mit Messsystemen der Fa. Polar (RS800 und S810i) vorzunehmen. Weiters wurden die Einflussfaktoren (EFF) in Form von Trainingsumfang (min), Intensität, subjektives Empfinden und Mentalstatus in skalierter Form (1-5) und externe Beanspruchungen (h) erhoben. Ca. 4-6 Wochen nach Messbeginn wurden Zusammenhangsprüfungen zwischen HRV-Zeit- und Frequenzbereichsparametern und den Kennzahlen der erfassten EFF vorgenommen. Mit Filterungsprozessen (HRV-Analysis 3.4) wurden aus den Ergebnissen HRV-basierende Indikatoren, die Rückschlüsse auf den ermüdeten bzw. überlasteten Organismus vermuten ließen, generiert. Die Analyse wurde alle 4-8 Wochen wiederholt. Nach der ersten Analyse erhielten die Probanden, nach womöglich täglich erfolgten Datenupload über eine Onlinesoftware (web4research - web4trainer) die Information über den Verlauf bzw. den aktuellen Stand ihres HRV-Indikators. Aus den, für jeden Probanden individuell voreingestellten „Indikatorzonen“ wurden von der Software nach erfolgtem HRV-Datenupload Steuerindikatoren berechnet. Ausgabeinfo z.B.: *Ihr Indikator ist seit 6 Tagen steigend und weist auf einen erholten Allgemeinstatus hin! (aktueller Wert = 87%)*. Mittelfristig (3-6Monate) wurde versucht, detailliertere Indikatorzonen „überlastet, ermüdet, normal, und erholt“ zu erheben und in die Intervention zu implementieren.

Ergebnisse

Die Ergebnisse der Studie basieren auf einem Auswertungskollektiv von 5100 Messtagen. Im Untersuchungskollektiv konnten im Querschnittsvergleich keine allgemeingültigen Standardisierungsgrößen der erfassten HRV-Parameter festgemacht werden. In der Längsschnittsbetrachtung zeigte sich jedoch, dass die HRV-Zeitbereichsparameter pNN50, RMSSD, RRSD, SD1 sowie HF_{max}, HF_{min} und HF_{mean} statistisch relevante Zusammenhänge mit den EFF aufwiesen. Nach der ersten Analyse zeigten sich vermehrt negative Abhängigkeiten zwischen den vorausgegangenen Beanspruchungen (EFF) und den versetzt gemessenen HRV-Kenndaten. In der nachfolgenden Trainingsintervention wurden Athleten und Trainer angewiesen, sich in der Mikrozyklisierung der Trainingsinhalte an den Steuerindikatoren zu orientieren. Eine Berücksichtigung dieser Vorgaben führte vorwiegend zu einem raschen Wiederanstieg (1-2Tage) der HRV-Parameter der meist mit der positiven Bewertung des subjektiven Empfindens (Trainingsfeeling) einherging. Neben diesen Erfahrungen ließ die Analyse der Wettkampfergebnisse in Abhängigkeit der HRV- und EFF-Parameter den Schluss zu, einen „HRV-Optimalbereich“ zu definieren, der bei ca. 73% (±16%) des gemessenen HRV-Spektrums liegt.

In weiterführenden Feldstudien gilt es zu klären, in wie weit die vorliegenden Erkenntnisse, die auch zur Entwicklung einer HRV-Coaching-Software geführt haben, in einem größeren Untersuchungskollektiv zur Trainingsintervention eingesetzt werden können.

Zunahme der Korrelationsdimension durch Nordic Walking bei älteren Männern und Frauen

Esperer H D[1], Hottenrott K[2], Hoos O[1]

[1]Universitätsklinikum, Abteilung Innere Medizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg
[2]Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg
[3]Institut für Sportwissenschaft, Abteilung Sportmedizin, Philipps-Universität Marburg

Hintergrund und Zielstellung

Körperliche Aktivität gilt als wichtige Komponente in der Primär- und Sekundärprävention von kardiovaskulären Erkrankungen. Als bedeutsamer kardialer Schutzfaktor werden dabei eine Verbesserung der Dynamik und eine Zunahme der Fraktalität der Herzfrequenz diskutiert. Ein Maß dafür ist die Korrelationsdimension (CD). Ziel der vorliegenden Untersuchung war es, zu untersuchen, ob ein moderates Nordic Walking Training (NWT) bei älteren Frauen und Männern zu einer CD-Zunahme führt.

Methodik

40 gesunde, untrainierte Personen (23 Frauen, 17 Männer) im Alter von 62,1 ± 6,4 Jahren (Spanne: 45-75 Jahre) nahmen 8 Wochen lang an einem einstündigen NWT dreimal pro Woche teil. Bei allen Probanden wurde vor und nach dem Training zur kontrollierten Stimulierung des autonomen Nervensystems ein 15-minütiger Lagewechseltest durchgeführt und währenddessen kontinuierlich das EKG mit einem digitalen Rekorder (Abtastrate 1000 Hz) aufgezeichnet. Daraus wurden mittels eines speziellen Analyse - Programms neben weiteren nichtlinearen HRV-Indizes auch die CD berechnet. Insgesamt eigneten sich dazu die EKG-Aufzeichnungen von 25 Personen (15 Frauen u. 10 Männern).

Ergebnisse

Tab. 1: Veränderungen der Ruhe-HF und der Korrelationsdimension (CD) nach 8 Wochen NWT.

	Vor NWT	Nach NWT	p (U-Test)
HF [1/min] (n = 25)	70,5 ± 11,4	62,9 ± 8,2	0,0001

CD	Vor NWT	Nach NWT	p (U-Test)
Frauen und Männer (n=25)	3,42 ± 2,98	5,56 ± 2,00	0,009
Frauen (n=15)	2,62 ± 2,99	5,89 ± 2,42	0,003
Männer (n=10)	3,98 ± 2,97	5,11 ± 1,08	n.s.

Nach 8 Wochen NWT waren die Probanden nachweisbar körperlich leistungsfähiger und zeigten eine signifikante HF-Abnahme in Ruhe sowie eine signifikante CD-Zunahme:

Schlussfolgerung
Bereits nach 8 Wochen bewirkt ein moderates Nordic Walking -Training bei älteren untrainierten Gesunden eine signifikante Abnahme der Ruhe – HF und eine Zunahme der Korrelationsdimension. Allerdings war nur bei den Frauen die CD-Zunahme statistisch signifikant, so dass zumindest bei den Frauen davon ausgegangen werden kann, dass es unter NWT zu einer Zunahme der Fraktalität des HRV-Signals kommt. Welche prognostische Bedeutung diesem Befund zukommt, bedarf weiterer Untersuchungen.

Pilot-Studie zu der Wirkung von Herzratenvariabilitäts-gestütztem Biofeedback bei Patienten mit Depression und gesunden Probanden

Siepmann M[1,2], Aykaç V[1], Unterdörfer J[2], Siepmann T[2], Mück-Weymann M[1]

[1] Klinik für Psychotherapie und Psychosomatik, Universitätsklinikum
[2]Institut für Klinische Pharmakologie, Medizinische Fakultät, Technische Universität Dresden

Verminderte Vagusaktivät und erhöhter Sympathikotonus können das kardiovaskuläre Mortalitätsrisiko bei Patienten mit Depression erhöhen. Ziel der vorliegenden Studie war es, die therapeutische Wirksamkeit von Herzratenvariablitäts (HRV)-gestütztem Biofeedback bei mittel- bis schwergradig ausgeprägter Depression zu erfassen. Es handelt sich um eine offene nicht-verblindete Studie, in die 14 Patienten (13 Frauen, 1 Mann) mit verschiedenen Schweregraden einer Depression in einem medianen Alter von 30 Jahren (18 bis 47 Jahre) und 12 gesunde Probanden (6 Frauen, 6 Männer) in einem medianen Alter von 25 Jahren (19 bis 40 Jahre) eingeschlossen wurden. Diese Studienteilnehmer erhielten 3x/Woche Trainingseinheiten von HRV-gestütztem Biofeedback über 2 Wochen. Weitere 12 gesunde Probanden (6 Frauen, 6 Männer) in einem medianen Alter von 25 Jahren (19 bis 40 Jahre) wurden unter den Bedingungen einer aktiven Kontrollsituation untersucht. Zum Zeitpunkt der Nachuntersuchung nach Durchführung von Biofeedbacktraining war der BDI-Score bei Patienten mit Depression signifikant niedriger im Vergleich zu der Ausgangsuntersuchung (6; 2-20; Median; 25-75 % Quartil versus 22; 15-29). Bei depressiven Patienten konnten darüber hinaus Angstverminderung, Herzfrequenzreduktion und HRV-Erhöhung festgestellt werden ($p<0,05$). Demgegenüber zeigten Gesunde keine Veränderungen. Dieses trifft sowohl für Versuchspersonen, die Biofeedback erhielten als auch für Probanden, die unter einer aktiven Kontrollsituation untersucht wurden, zu.

Schlussfolgernd kann gesagt werden, dass HRV-gestütztes Biofeedback bei depressiven Patienten die HRV erhöht und als Zusatzbehandlung geeignet ist.

HRV - Veränderung unter physiologischem, psychologischem und mentalem Stress

Löllgen D[1,2], Mück-Weymann M[2,3], Beise R D[3,4]

[1]Biocomfort Diagnostics GmbH & Co. KG, Neuhausen auf den Fildern
[2]Klinik und Poliklinik für Psychotherapie & Psychosomatik, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Dresden an der Technischen Universität Dresden
[3]Private Universität für Gesundheitswissenschaften, medizinische Informatik und Technik, Institut für Verhaltensmedizin und Prävention, Hall, Österreich
[4]Biosign GmbH, Ottenhofen

Hintergrund und Zielstellung
Kontext-Informationen während Langzeit-Monitoring können wertvolle ergänzende Aussagen über den Zustand einer Person ermöglichen. Vor allem psychoemotionale Marker sind neben physiologischen Daten von großem Interesse. Das Ziel dieser Vorstudie war herauszufinden, ob und in welchem Umfang es möglich ist, psycho-physiologische Muster, die aufgrund physischer, psychologischer und mentaler Belastungen entstehen, zu erkennen.

Methodik
Untersucht wurde die Auswirkung verschiedener Stresssituationen (Lagewechsel, Schmerzapplikation, Rechenaufgabe, negativ emotionale Bilder, statischer Krafteinsatz) auf Atmung, Pulswellenlaufzeit (PWL) und Herzratenvariabilität (HRV) bei Spontan- und Taktatmung bei 20 gesunden Probanden.

Ergebnisse
Mentale und physische Belastung zeigten die stärksten Effekte auf Atmung, PWL und HRV. Lagewechsel, Schmerzapplikation und emotionale Bilder riefen keine charakteristischen Muster hervor.

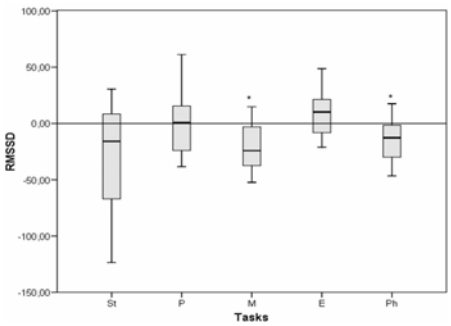


Abb. 1: Relative Veränderung des RMSSD während der Stresssituationen verglichen mit der jeweils vorangegangen Ruhephase (*p<0.01).

Schlussfolgerung
Möglicherweise können während des herkömmlichen Langzeit-Monitorings Phasen mit mentaler oder physischer Belastung (statisch) anhand physiologischer Parameter erkannt werden. Voraussetzung ist eine gleichzeitige Erfassung der allgemeinen körperlichen Belastung und Position durch z.B. Bewegungssensoren. Lagewechsel, Schmerz und negative Emotionen zeigten unter Laborbedingungen keine einheitlichen

Muster. Weitere Untersuchungen außerhalb des Labors sind notwendig.

Literatur

Butler, E. A. et al. (2006). *Psychophysiol, 42*, 612-622.
Eckberg, D. L. (1983). *J Appl Physiol: Respirat Environ Exercise Physiol, 54* (4), 961-966.
Grossmann, P. et al. (1990). *Psychophysiol, 27* (4), 404-16.
Porges, S. W. (1995). *Neurosci. Biobehav Rev, 19* (2), 225-33.
Wilson, G. F. & Russel, C. A. (2003). Hum. Factors, 45 (4), 635-43.

Effekte eines einwöchigen geführten Urlaubsaufenthaltes in moderater Höhenlage auf ausgewählte HRV-Parameter (AMAS II)

Leichtfried V[1], Humpeler E[1,2], Hoffmann G[1], Mück-Weymann M[3], Schobersberger W[1]

[1]*Institut für Urlaubs-, Reise- und Höhenmedizin, UMIT Hall/Tirol, Austria*
[2]*Institut Humpeler Schobersberger (IHS), Bregenz, Austria*
[3]*Institut für Verhaltensmedizin und Prävention, UMIT Hall/Tirol, Austria*

Einleitung

Anpassungserscheinungen des ANS (autonomes Nervensystem) Um die Veränderungen der autonomen Kontrolle infolge körperlicher Aktivität festzustellen, als auch um die Auswirkungen moderater Hypoxie auf das autonome Nervensystem zu untersuchen gewann die Messung der Herzfrequenzvariabilität in den letzten Jahren zunehmend an Bedeutung. Ein neuerer Ansatz in der HRV-Messung ist die Evaluierung gesundheitlicher Folgen aufgrund von arbeitsbezogenem Stress mittels Messungen des Herzfrequenzverhaltens und der HRV. Durch die Einführung neuer und vereinfachter Messapparaturen und innovativer Darstellungsformen wird die HRV-Messung auch für Feldstudien zunehmend attraktiver. Körperlicher als auch emotionaler Stress führen zu Veränderungen der sympatho-vagalen Balance, wobei insbesondere Veränderungen der parasympathischen Aktivität Aussagen über die Anpassungsfähigkeit an Stresssituationen zulassen. Dabei ist ein erhöhter vagaler Tonus bei der Verarbeitung von Stresssituationen von Vorteil (Porges 1995). Niedrige rMSSD Werte sind beispielsweise assoziiert mit Krankheitsbildern wie Depression und stehen in Zusammenhang mit dem Risiko für kardiovaskuläre Erkrankungen (Mück-Weymann et al. 2002). Veränderungen der HRV durch akute körperliche Aktivität aufgrund von sind hinreichend bekannt, wobei zuerst eine Abnahme des parasympathischen Tonus beobachtet wird und die sympathische Aktivität erst mit zunehmender Belastung auftritt (Iellamo 2001). Die Größe der Anpassungen ist stark von der Belastungsintensität abhängig. So ergeben sich beispielsweise bei höheren Belastungsintensitäten eine Zunahme von LF_{nu} und der LF/HF-Ratio, bei submaximalen Belastungen (50% VO_{2max}) hingegen sind sogar eine Abnahme der LF_{nu} Werte und eine Zunahme des normalisierten hochfrequenten Spektralanteiles (HF_{nu}) zu beobachten (Hottenrott et al. 2006). Nach Belastungsende kommt es zu einer raschen Regeneration auf Ausgangswerte, wobei die Dauer der Regeneration wiederum stark von der Intensität der vorhergehenden Belastung als auch vom Leistungszustand abhängt (Arai et al. 1989; Takahashi & Miyamoto 1998). Hypoxie moduliert das HRV-Verhalten ebenfalls, wobei in Ruhebedingungen neben einer Abnahme der Gesamten Power (TP) ein Shift in Richtung sympathischer Dominanz beobachtet wird (Hughson et al. 1994).

Ziel war es die kumulierten Effekte einer beaufsichtigten Urlaubsintervention mit abgestimmten aktiven Bewegungs- und passiven regenerativen Inhalten in moderater Höhe (1700 m) bei Gesunden mit erhöhten Stressleveln auf die autonome Kontrolle zu untersuchen.

Methodik

Bei 13 gesunden (6 männliche und 7 weibliche) Probanden (Alter 37,5 ± 5 Jahre (MW ± STD), Body Mass Index 22,8 ± 3,2) wurden im Zuge eines einwöchigen Urlaubsaufenthaltes auf 1700 m Seehöhe täglich HRV-Messungen während eines Atemtests mit metronomischer Atmung (6 Atemzüge pro Minute) und bei submaximalen Steptests mit drei Stufen (70, 80 und 90 bpm, je eine Minute Bealstungszeit) mittels StressBall© (BioSign GmbH, Ottenhoffen, Germany) bzw. Polar S810i© (Firma Polar, Finnland) durchgeführt.

Statistik

Die statistische Auswertung der Herzfrequenzdaten erfolgte mittels SPSS 15.0 Softwarepaket ausgewertet. Die Auswertung der Fragestellungen erfolgte mittels nicht-parametrischer Verfahren für verbundene Stichproben. Für die Untersuchung etwaig auftretender Veränderungen über den Zeitverlauf wurde die Varianzanalyse (Friedman) angewendet, für den Paarvergleich einzelner Tage mit Baseline und Follow-up der Wilcoxon Test.

Ergebnisse

Atemtest: rMSSD Werte zeigten signifikante Veränderungen in der Zeit während des einwöchigen Aufenthaltes erst bei einer Miteinbeziehung des Follow-ups. Beim Paarvergleich der Nachuntersuchung mit jedem einzelnen Urlaubstag zeigten sich signifikant höhere Werte für rMSSD und die mittlere Länge des Herzschlagintervalls (NNmean) an den Tagen 2, 4 und 6 sowie höhere TP Werte an Tag 6, höhere HF_{nu} und LF/HF-Ratio an den Tagen 4, 5 und 6 verglichen zur Nachuntersuchung.

Submaximaler Steptest: Alle HRV-Parameter zeigten erwartete Verläufe während der ansteigenden Belastung. TP Werte sanken signifikant im Verlauf der Belastung ab und stiegen wieder signifikant innerhalb der ersten Minute nach Beendigung der Belastung an. Der Vergleich der einzelnen Urlaubstage mit der Nachuntersuchung resultierte teilweise in signifikanten Unterschieden der spektralen HRV-Parameter und des mittleren Herzschlagintervalls auf Level 1 und 2 and den Tagen 2, 3 und 6.

Schlussfolgerungen
Bereits ein einwöchiger Urlaubsaufenthalt mit individuell abgestimmten aktiven und passiven Regenerationsmaßnahmen in moderater Höhe kann zu positiven Effekten der bio-psychologischen Gesundheit gemessen an der Herzfrequenzvariabilität beitragen. Interessanter Weise ergeben sich Hinweise, dass es an einzelnen Tagen vermehrt Anpassungserscheinungen an die Urlaubsintervention gibt.

Literatur
Arai, Y., Saul, J. P., Albrecht, P., Hartley, L. H., Lilly, L. S., Cohen, R. J. & Colucci, W. S. (1989). Modulation of cardiac autonomic activity during and immediately after exercise. *Am J Physiol, 256*, H132-H141.
Hottenrott, K., Hoos, O. & Esperer, H. D. (2006). Heart rate variability and physical exercise. Current status. *Herz, 31*, 544-552.
Hughson, R. L., Yamamoto, Y., McCullough, R. E., Sutton, J. R. & Reeves, J. T. (1994). Sympathetic and parasympathetic indicators of heart rate control at altitude studied by spectral analysis. *J Appl Physiol, 77*, 2537-2542.
Iellamo, F. (2001). Neural mechanisms of cardiovascular regulation during exercise. *Auton Neurosci, 90*, 66-75.
Muck-Weymann, M., Moesler, T., Joraschky, P., Rebensburg, M. & Agelink, M. W. (2002). Depression modulates autonomic cardiac control: a physiopsychological pathway linking depression and mortality? *German J of Psychiatry*, 67-69.
Porges, S. W. (1995). Cardiac vagal tone: a physiological index of stress. *Neurosci Biobehav Rev, 19*, 225-233.
Takahashi, T. & Miyamoto, Y. (1998). Influence of light physical activity on cardiac responses during recovery from
exercise in humans. Eur. J Appl Physiol Occup Physiol, 77, 305-311.

Reliabilität und Validität von Herzratenvariabilitäts-Parametern eines sportspezifischen Stresstests

Finkenzeller T, Amesberger G

IFFB Sport- und Bewegungswissenschaft, Paris Lodron Universität Salzburg

Hintergrund und Zielstellung
In der sportpsychologischen Diagnostik werden vorwiegend Fragebögen und Leistungstests eingesetzt. In jüngerer Zeit versucht man auch mit psychophysiologischen Messungen die Selbstregulationskompetenzen von Sportlern und Sportlerinnen zu erfassen. Bisher eingesetzte Stresstests sind allerdings weder sportspezifisch noch auf Gütekriterien geprüft. In einer ersten Studie konnte gezeigt werden, dass die HRV ein sensitiver Indikator von Stress ist (Finkenzeller, Doppelmayr & Amesberger, 2007). Ziel dieser Studie ist es, zu prüfen, ob die HRV ein reliabler und valider Parameter in einem sportspezifischen Stresstest ist.

Methodik
Es wurde ein sportspezifischer Stresstest entwickelt, der aus vier Stressbedingungen besteht: Video-Wahrnehmungstest, Memory, Sport-Quiz und Balancetest auf die jeweils eine zweiminütige Entspannungsphase folgt. In einer experimentellen Studie wurden 75 Probanden zufällig 4 Gruppen zugeteilt. Gruppe 1 (N=15) führte ein HRV-Biofeedbacktraining durch, Gruppe 2 (N=15) wurde instruiert, die Atmung geräteunterstützt mit der Herzrate zu synchronisieren, Gruppe 3 (N=15) und Gruppe 4 (N=30) erhielten keine Intervention. Die Gruppen 1 bis 3 hatten 6 Wochen zwischen Eingangs- und Ausgangstest, während Gruppe 4 nur einen Abstand von 2 Wochen zwischen den Testungen hatte.

Ergebnisse
Die Retestreliabilitäten (siehe Tab. 1) der Gruppe 4 liegen zwischen .07 und .78.

Tab. 1: Retestreliabilitäten (2 Wochen) ausgewählter Parameter (N=30).

Bedingung	pNN50	LF/HF	Bedingung	pNN50	LF/HF
Entspannung 1	-.07	.08	Video	.29	.02
Entspannung 2	.46*	.76**	Memory	.09	-.07
Entspannung 3	.41*	.74**	Quiz	.04	-.06
Entspannung 4	.34	.78**	Balance	-.04	.36
Entspannung 5	.50**	.60**	* signifikant	**hochsignifikant	

Korrelationen (N=70) zwischen behavioralen Daten und HRV Parametern ergeben Koeffizienten zwischen -.28 und .35. Das HRV-Training der Gruppe 1 bewirkt Veränderungen in der respiratorischen Sinusarrhythmie (RSA), im LF-Bereich und in der SDNN. Eine zweifaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung zeigt eine Interaktion von Zeit und Gruppe (Gruppe 1 bis 3) in der RSA ($F(2,27)=3,45$, $p=.04$; $eta^2=.024$) hinsichtlich der Entspannungsbedingungen.

Schlussfolgerung
Die Retestreliabilitäten sind als sehr gering bis mäßig einzuschätzen. Die Beziehungen von HRV-Parametern zu den Leistungsdaten sind ebenfalls sehr gering. Die Ergebnisse der Interventionsgruppen deuten darauf hin, dass der Stresstest geeignet sein könnte Unterschiede in der Selbstregulation anzuzeigen.

Literatur
Finkenzeller, T. Et al. (2007). *Proceeding 12 th Annual Congress of the European College of Sport Science*, 192.

Analyse der Herzfrequenzvariabilität bei Herz-Kreislaufpatienten in mittleren Höhenlagen

Hamacher D[1], Altmann C[2], Schega L[1]

[1]*Institut für Sportwissenschaft, Otto-von-Guericke Universität Magdeburg*
[2]*Klinik Bad Gottleuba*

Einleitung
In wieweit sich der Aufenthalt für Herz-Kreislaufpatienten (HK-Patienten) in mittleren Höhenlagen im Rahmen der Sekundärprävention als Therapie- und Freizeitraum eignet, hängt u. a. von der durch die Höhenlage verursachten Beanspruchung aufgrund einer akuten, hypobaren Hypoxie ab. Studien belegen bei gesunden Probanden eine Ver-

schiebung der sympatho-vagalen-Balance mit zunehmender Höhe (Sevre et al., 2001). Das Ziel dieser Studie bestand deshalb darin, mittels Analyse der Heart Rate Variability (HRV) zu prüfen, ob eine beanspruchungsbedingte Gefährdung für diese Patienten verifiziert werden kann.

Methode
Ausgehend von den unterschiedlichen Höhenlagen 1400m vs. 2400m wurden die RR-Intervalle von 14 HK-Patienten jeweils in Ruhe (RP) und bei symptomlimitierter Ausbelastung (SA) auf der Grundlage einer standardisierten Fahrradergometrie (Stufenbelastung jeweils 2min, 25Watt) mittels Pulsuhr S810 (Polar®) erfasst und anschließend mit dem Programm Polar Precision Performance SW® analysiert. Nach Filterung der Rohdaten und Ermittlung der prozentualen Artefaktmessung durch ein LabVIEW® VI folgte die Berechnung von relevanten HRV- Kennwerten (Zeitbereich: Mean RR, STD, RMSSD; Poincaré-Plot: SD1, SD2; Frequenzbandanalyse: LF-Peak & Power, HF-Peak & Power, LF/HF) mit Hilfe der HRV-Analysis Software®. Zur Kennzeichnung der durch die unterschiedlichen Höhen induzierten Beanspruchungen wurden die RP bzw. die SA statistisch mittels Wilcoxon-Test geprüft (p= <.05).

Ergebnisse
Bei dem Vergleich der RP in 1400m vs. 2400m Höhe können bei keinem HRV- Kennwert statistisch gesicherte Unterschiede festgestellt werden. Gleiches gilt für die SA, ausgenommen dem Median der Mean RR (+0,3% bei 2400m, p= .020). Während bei der Gegenüberstellung der RP bzw. der SA innerhalb der Höhenniveaus die Parameter der Zeitbereichsanalyse und des Poincaré-Plots die in der Literatur beschriebenen Ausprägungen aufweisen, ist bei den Kennwerten der Frequenzbandanalyse keine Änderung nachweisbar.

Diskussion
Die Ergebnisse zeigen, dass die Analyse der HRV im Zeitbereich und mittels Poincaré-Plots zur Kennzeichnung der Beanspruchungssituation von HK-Patienten in mittleren Höhenlagen geeignet ist und im Sinne einer zu empfehlenden Leistungsdiagnostik eingesetzt werden kann.

Literatur
Sevre, K. et al. (2001). *Acta Physiol Scand, 173*, 409-417.

Effekte der Vagus-Nerv-Stimulation auf die Herzratenvariabilität bei Depressiven

Sperling W[1], Reulbach U[1], Bleich S[1], Padberg F[2], Kornhuber J[1], Mück-Weymann M[3]

[1]Klinik für Psychiatrie und Psychotherapie, Universitätsklinik Erlangen
[2]Klinik für Psychiatrie, Ludwig-Maximilians-Universität München
[3]Institut für Verhaltensmedizin und Prävention, Health and Life Sciences University UMIT Hall / Tirol

Bei depressiven Patienten sind oftmals Änderungen der Herzratenvariabilität (HRV) als Ausdruck einer gestörten zentralen autonomen Regulationsfähigkeit nachweisbar. Die Vagus-Nerv-Stimulation (VNS) gilt weltweit als etablierte Methode zur Behandlung ansonst therapieresistenter Epilepsien und Depressionen. Man geht davon aus, dass die VNS stimulierende Effekte auf den Locus Coeruleus ausübt, wobei konsekutiv Projektionen zu Arealen der zentralen autonomen Regulation laufen.

In dieser Pilotstudie haben wir den Effekt der VNS auf Herzfrequenz (HF) und HRV in zehn Patienten mit einer Majoren Depression (nach DSM IV) untersucht. Diese peripher nicht-invasiv ableitbaren autonomen Parameter wurden während “on”- und “off”-Phasen der VNS registriert. Im Vergleich zu stimulationsfreien Intervallen war jeweils bei der Hälfte der Patienten ein Abfall bzw. Anstieg der HF zu beobachten. Während der Stimulationsphasen fand sich in der Mehrzahl der Patienten ein Anstieg der HRV. Ein gewisser Einfluss der Medikation auf dieses heterogene Ergebnis konnte nicht mit letzter Sicherheit ausgeschlossen werden. Weitere kontrollierte Studien sollen folgen.

Wirkungen aktivierter Wassermoleküle in der Atemluft auf die HRV in Ruhe

Hottenrott K[1], Müller S[1], Steiner M[2]

[1]*Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung (ILUG), Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*
[2]*Institut für Sportwissenschaft und Motologie, Philipps-Universität Marburg*

Hintergrund und Zielsetzung
Inhalations-Therapien werden seit vielen Jahren in Praxen unterschiedlicher Fachrichtungen, in Kliniken und von Privatnutzern zur Prävention und Therapie von chronischen Erkrankungen sowie in der postoperativen Phase bei Intensivpatienten eingesetzt. Erfahrungsberichte deuten auf einen zusätzlichen Nutzen der Atmungsergänzungstherapie für Gesunde und Sportler hinsichtlich Energiestatus, Wohlbefinden und Regeneration hin. Ziel dieser Studie war es, mögliche Reaktionen einer Inhalationsanwendung auf der Basis aktivierter Wassermoleküle in der Atemluft auf die autonome Regulation zu erfassen und diese zu evaluieren. Konkret geht es um die Frage, ob eine einmalige 20minütige Inhalationsanwendung mit dem System Airnergy® Veränderungen in der vagalen Regulation hervorruft.

Methodik
Um dieser Frage nachzugehen nahmen 40 Sportstudenten im Alter von 21 bis 31 (23,9 ± 2,7) Jahren an einer randomisierten, Placebo-kontrollierten Doppelblindstudie teil. Dazu wurden zwei identisch aussehende Geräte der Firma Airnergy® im Labor aufgebaut, so dass weder der Untersucher noch die Probanden eine Zuordnung zum Verum- bzw. Placebogerät vornehmen konnten. Die Untersuchung wurde in halb-liegender Position auf einer breiten Massageliege durchgeführt. Die gesamte Messdauer betrug 41 min und wurde in 3 Phasen gegliedert: eine Ruhephase über 10 min (MZP 1), eine Interventionsphase mit dem Verum- oder Placebogerät über 21 min (MZP 2) und eine abschließende Postphase über 10 min (MZP 3). Für die Gesamtzeit wurde kontinuierlich die Herzfre-

quenz im RR-Modus (S810i, Firma Polar®) aufgezeichnet. Zusätzlich erfolgten drei fünfminütige EKG-Ableitungen mit dem System Vicardio (Energy-Lab Technologies) und zwar von der 4.-9. Minute (MZP 1), 24.-29. Minute (MZP 2) und 34.-39. Minute (MZP 3). Aus den RR-Rohdaten wurden die Spektralleistungen im LF- (0,04-0,15 HZ) und HF-Bereich (0,15-0,4 Hz) für jede Messphase berechnet sowie der Cardio-Stress-Index (CSI) bestimmt.

Ergebnisse

Ein signifikanter Interaktionseffekt ergab sich in der Verumgruppe beim Vergleich der Interventionsphase (MZP 2) mit der anschließenden Postphase (MZP 3) für die Parameter LF, HF und LF/HF; kein Unterschied konnte für den CSI festgestellt werden. In der Verumgruppe erhöhte sich LF nach der Interventionsphase hoch signifikant ($p<0{,}001$) von 48,36±17,1 % auf 58,62±15,6 % während HF signifikant ($p=0{,}006$) von 46,9±18,2 (%) auf 36,55±16,5 (%) abnahm. In der Placebogruppe kam es zu keiner nachweisbaren Veränderung für LF [40,4±15,7 % versus 43,1±16,2 %] und HF [56,7±16,4 % versus 53,3±16,2 %]. Die mittlere Hf nahm signifikant in beiden Gruppen von MZP 1 zu MZP 2 ab und blieb in MZP 3 auf dem Niveau von MZP 2.

Schlussfolgerung

Der signifikant höhere HF-Anteil während der Interventionsphase mit dem Verum- im Vergleich zum Placebogerät sowie die anschließende Abnahme des HF-Anteils bei zeitgleicher Abnahme des LF-Anteils in der Postphase, sprechen für einen akuten vagalen Effekt der aktivierten („energetisierten") Atemluft auf die autonome Regulation für die Dauer der Intervention. In weiteren Studien sollten Langzeitwirkungen der Atemanwendung auf das autonome Nervensystem geprüft werden.

Welchen Einfluss hat eine Fastenkur (nach Dr. Franz Xaver Mayr) auf Wohlbefinden und Herzratenvariabilität?

Jacobitsch U[1], Runge J[3], Löllgen D[3], Schobersberger W[2], Mück-Weymann M[1,3]

[1]Institut für Verhaltensmedizin und Prävention
[2]Institut für Urlaubs-, Reise- und Höhenmedizin, UMIT (Hall/Tirol)
[3]Universitätsklinik für Psychosomatik und Psychotherapie, TU Dresden

In einer Pilotstudie sollte der Zusammenhang emotionaler und physiologischer Parameter mittels Fragebögen und HRV-Daten (heart rate variability) während einer moderaten Fastenkur im Kurhotel Lanserhof überprüft werden.
Es wurden Daten von 29 Probanden vor der Kur und nach im Mittel 11 Tagen Kuraufenthalt ausgewertet. Zielgrößen waren verschiedene physiologische Parameter (u.a. Gewicht, Bauchumfang, Rippenwinkel, Blutdruck und HRV) und psychologische Fragebögen (u.a. HADS-D, WHO-5, DS-14). Alle erfassten körperlichen Parameter verbesserten sich in dieser Zeit. Die einfaktorielle Varianzanalyse mit Messwiederholung ergab für die Gesamtgruppe einen signifikanten Zeiteffekt für die Fragebögen zur Depressivität und Ängstlichkeit (HADS-D, Hospital Anxiety and Depression Scale - Deutsche Version), negativer Affektivität (DS-14), Wohlbefinden (WHO-5 Fragebogen zum Wohlbefinden) und FSvR (Ressourcen orientierter Fragebogen, Mück–Weymannn, 2004). Keiner der hier verwendeten standardisierten Fragebögen, konnte eine signifikante Korrelation zu HRV Daten zeigen. Nur für die Selbsteinschätzung auf einer 10 cm Skala zu den Fragen Regenerationsfähigkeit und Merkfähigkeit zeigten sich Korrelationen mit der Einteilung der Probanden nach der HRV in Gut- und Schlecht-Regulierer. Weder in der Gesamtgruppe noch in der Gruppe der schlecht-regulierenden Probanden erreichte einer der HRV-Parameter einen signifikanten Zeiteffekt. Entgegen den Erwartungen zeigte sich bei den initial gut-regulierenden Probanden eine signifikante Reduktion des Regulationswertes und der totalen Power über die Zeit. Mögliche psychophysiologische Erklärungsansätze werden diskutiert.

Insgesamt bestätigt sich die HRV-Messung als guter Globalindikator für bio-psycho-soziale Fitness, wenn gleich die Korrelation zu psychologischen Fragebogendaten in diesem Setting nicht überzeugte. Weitere kontrollierte Untersuchungen über einen dreiwöchigen Kurzeitraum sollten weiterführende Daten liefern.

Notizen

Förderer und Sponsoren des Symposiums

AIRNERGY+ ENERGIE VON INNEN — www.airnergy.com

biocomfort — www.stress-pilot.de

cardioscan find your rhythm — www.cardioscan.de

COMMIT Medizinprodukte — www. commitgmbh.de

MediTECH Electronic GmbH — www.meditech.com

omegawave — www.omegawave.com

POLAR LISTEN TO YOUR BODY — www.polar-deutschland.de

SCHILLER medilog — www.schillermedilog.com

UK Medizintechnik Vertrieb & Service — www.uk-medizintechnik.de

MIND MEDIA — www.mindmedia.nl

Kongressleitung:

Prof. Dr. Kuno Hottenrott,
Tel. 0345-55244-21 (-33)
Email: kuno.hottenrott@sport.uni-halle.de

dvs

Deutsche Vereinigung für Sportwissenschaft e.V. (dvs)