



**Martin-Luther-Universität
Halle-Wittenberg**

ABSTRACT AND

5. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität

- + Gesundheitsförderung
- + Trainingssteuerung
- + Biofeedback

**Satellitensymposium: Training
und Therapie in künstlicher Höhe**



29. – 30. Oktober 2010 in Halle (Saale)

Tagungsort: Audimax auf dem Universitätsplatz der
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Veranstalter: Prof. Dr. phil. K. Hottenrott,
Department Sportwissenschaft

www.hrv-sport.de



Deutsche Vereinigung
für Sportwissenschaft e.V.

5. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität

Gesundheitsförderung, Trainingssteuerung, Biofeedback

Die Herzfrequenzvariabilität als Marker der autonomen Regulation ist seit den 1990er Jahren in der Kardiologie und Diabetologie etabliert. Seit einigen Jahren rückt sie zunehmend ins Blickfeld von Sportwissenschaftlern, Psychologen und Biologen. Vor allem neuere Mess- und Analyseverfahren ermöglichen es, die HRV-Analyse auch auf anspruchsvolle angewandte Fragestellungen auszudehnen. Das 5. Int. HRV-Symposium setzt daher auf eine interdisziplinäre Ausrichtung und widmet sich besonders der Bedeutung der Herzfrequenzvariabilität bzw. der autonomen Regulation im Kontext von Gesundheitsförderung, Trainingssteuerung und Biofeedback. Die Stärkung physischer Gesundheitsressourcen und die Verminderung von Risikofaktoren erfordert ein auf die individuelle Belastbarkeit abgestimmtes Herz-Kreislauf-Training. Aktuelle Studien zeigen, welchen Input hierzu ein HRV-kontrolliertes Training leisten kann. Auch in der Steuerung eines leistungssportlichen Trainings scheint die HRV zunehmend einen festen Platz einzunehmen. Sie kann als sensibler Marker der Individualisierung und Feinabstimmung der Trainingsbelastungen fungieren. Ein sehr großes HRV-Anwendungsfeld entwickelt sich derzeit im Bereich des systematischen Biofeedbacks, welches die enge Wechselbeziehung zwischen Atmung und Herzfrequenzmodulation gezielt ausnutzt. Diese Biofeedback-Methode findet nicht nur in der psychosomatischen Behandlung von Stress, Depression und Angst Einsatz, sondern zunehmend auch im betrieblichen Gesundheitsmanagement und im Sport, also überall dort, wo die innere Balance zwischen den gestellten Anforderungen und den eigenen Fähigkeiten der Bewältigung `aus dem Lot` geraten kann. Gezieltes kardiorespiratorisches Biofeedback leistet in diesem Kontext einen Beitrag, um Nervosität und Anspannung zu reduzieren und im entscheidenden Augenblick konzentriert und fokussiert zu sein.

Ziele des Symposiums sind, den aktuellen Stand zu den drei Forschungsfeldern darzustellen und Schnittstellen zur praktischen Anwendung sowohl in der Inneren Medizin und der Rehabilitation als auch in der Sportmedizin und den Trainingswissenschaften aufzuzeigen.

Satellitensymposium: Training und Therapie in künstlicher Höhe

In einem weiteren Schwerpunkt wird der Einfluss künstlicher Höhenexposition auf die autonome Regulation anhand jüngster Studienergebnisse thematisiert. Eingebettet ist dieser Teil durch ein vorgeschaltetes Satellitenprogramm zum Thema „Training und Therapie unter künstlicher Höhe“.

Trainieren unter künstlichen Höhenbedingungen wird von immer mehr Menschen in Anspruch genommen. Nicht nur Sportler, sondern vor allem auch chronisch kranke Menschen führen ihre Therapie unter Sauerstoffmangelbedingungen durch. Die Regulationen, die durch ein Hypoxietraining ausgelöst werden, haben in den letzten Jahren zu einem völlig neuen Verständnis auf den verschiedenen Wirkungsebenen geführt. In vier Hauptvorträgen werden die komplexen molekularen Zusammenhänge, der Einsatz und die Wirkungen intermittierender Hypoxie in Sport und Training, akute Umstellungsreaktionen an Hypoxieexpositionen und die Möglichkeiten der Gewichtsreduktion bei Adipösen unter künstlichen Höhenbedingungen referiert.

Alle Abstracts zu den Vorträgen und Postern, sind in diesem Abstractband abgedruckt. Die Reihenfolge orientiert sich am zeitlichen Programmablauf. Haupt- und Kurzvorträge sowie Poster werden anschließend in einer ausführlichen Fassung in einem Symposiumsband in den Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft (Feldhaus Verlag, Edition Czwalina) veröffentlicht.

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



Prof. Dr. Kuno Hottenrott

Halle (Saale) im Oktober 2010

Tagungsprogramm

Freitag 29. Oktober 2010

Satellitensymposium: Training und Therapie in künstlicher Höhe

17:00-17:15 Uhr Eröffnung des Symposiums
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

17:15-20:00 Uhr (HS XXII)

Hauptvorträge

Moderation: Prof. Dr. med. M. Bartscher,
Prof. Dr. med. G. Neumann

17:15-18:00 Uhr

Die systemische Wirkung der Hypoxie auf den Organismus als Grundlage der Anwendung als Therapieform bei ausgewählten Krankheiten
Buhl, H. (Dresden)

18:00-18:30 Uhr

Einsatz intermittierender Hypoxie in Sport und Training
Bartscher, M. (Innsbruck)

18:30-19:00 Kaffeepause

19:00-19:30 Uhr

Akute Umstellungsreaktionen an Hypoxieexpositionen
Neumann, G., Hottenrott, K. (Leipzig, Halle)

19:30-20:00 Uhr

Gewichtsreduktion unter künstlicher Höhe
Netzer, N.C. (Bad Aibling)

Poster:

Heart rate variability and acute mountain sickness during an 8 hour acute exposure to simulated altitude (5500m)

Wille, M., Mairer, K., Gatterer, H., Philippe, M., Faulhaber, M. & Bartscher, M. (Innsbruck)

Autonomic cardiac response to normobaric hypoxia and exercise in acute mountain sickness

Mairer, K., Wille, M., Göbl, M. & Bartscher, M. (Innsbruck)

Tagungsprogramm

Samstag 30. Oktober 2010

5. Int. Symposium Herzfrequenzvariabilität: Gesundheitsförderung, Trainingssteuerung, Biofeedback

9:00-9:15 Uhr Eröffnung des Symposiums
Prof. Dr. Kuno Hottenrott

9:15-12:15 Uhr (HS XXII)

Hauptvorträge

Moderation: Prof. Dr. med. U. Müller-Werdan,
Prof. Dr. med. K. Werdan

9:15-9:45 Uhr

Autonome Fitness – Physiologische Basis eines neuen Paradigmas
Esperer, H.D. (Magdeburg)

9:45-10:15 Uhr

Autonome Fitness als Zielgröße von Training und Gesundheitsförderung
Hottenrott, K. (Halle-Wittenberg)

10:15-10:45 Uhr Kaffeepause

10:45-11:15 Uhr

Autonome Funktionsstörungen bei Herzinsuffizienz und Hypertonie
Schmidt, H. (Magdeburg)

11:15-11:45 Uhr

Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei sportlicher Belastung
Hoos, O. (Würzburg)

11:45-12:15 Uhr

HRV-Biofeedback: Bewährte Methodik in der Medizin – Neue Ansätze in Sport und Stressmanagement
Löllgen, D. (Dresden)

12:15-13:00 Mittagspause

13:00-13:45 Industrieworkshop (HS XXII)

Session A: 13:45-15:00 Uhr (HS XXII)

Thema: Höhe und HRV

Moderation: Dr. med. A. Berbalk

13:45-14:00 Uhr

Höhenprofil und Anstiegsgeschwindigkeit als Reizmodulatoren für die autonome kardiale Regulation beim Bergwandern
Rosenhagen, A., Vogt, L., Banzer, W. (Frankfurt)

14:00-14:15 Uhr

Effekte eines 4-wöchigen Ausdauertrainings unter Normoxie und normobarer Hypoxie auf die Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit
Hottenrott, K., Schulze, S. (Halle-Wittenberg)

14:15-14:30 Uhr

Veränderung der peripher - hypoxischen Chemoreflexsensitivität durch Training unter normobarer Hypoxie
Schulze, S., Schmidt, H., Hottenrott, K. (Halle-Wittenberg, Magdeburg)

14:30-14:45 Uhr

Einfluss von Intervall-Hypoxie-Therapie-Plus auf mitochondriale Stoffwechsel Parameter und Herzfrequenzvariabilität
Löffler, B.-M., Egorov, E., Goytia, R., Schuetz, B. (Berlin, Schorndorf, Limburg)

14:45-15:00 Uhr

Korrelation der HRV mit dem Lake-Louise-Score im Rahmen einer Elbrus-Besteigung

Boehm, H. (Lauingen)

Session B: 13:45-15:15 Uhr (HS XXIII)

HRV und Biofeedback

Moderation: Dr. D. Löllgen

13:45-14:00 Uhr

Trait Emotional Intelligence in Sport: an influence on HRV during exposure to competitive stressor?

Laborde, S. (Köln)

14:00-14:15 Uhr

Akupunktur, Regeneration und kardiale Regulation nach Ausbelastung

Gonzalez-Rivera, J., Vogt, L., Thiel, C., Hübscher, M., Rosenhagen, A., Banzer, W. (Frankfurt)

14:15-14:30 Uhr

Multimodales Biofeedback physiologischer Zustandsgrößen während Entspannungsübungen

Mockenhaupt, J., Maschke, T., Meister K., Putschke, B. (Bonn-Rhein-Sieg)

14:30-14:45 Uhr

Herzfrequenzvariabilität bei der Anwendung der PMR und suggestiver Entspannung

Nitzsche, N., Ludorf, N., Schulz, H. (Chemnitz)

14:45-15:00 Uhr

Effektivität von HRV-Biofeedback im Stressmanagement am Arbeitsplatz

Raaf, S., Hermann, H.D., Löllgen, D., Mayer, J. (Berlin, Dresden)

15:00-15:15 Uhr

Geistige Anstrengung – Auswirkungen auf kardio-respiratorische Beanspruchungsparameter und Herzratenvariabilität

Weippert, M., Stielow, J., Kreuzfeld, S., Preuss, M., Stoll, R. (Rostock)

15:15-15:45 Kaffeepause

Session C: 15:45-17:00 Uhr (HS XXII)

HRV und Ausdauerbelastung

Moderation: Prof. Dr. O. Hoos

15:45-16:00 Uhr

Lineare und nichtlineare Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) in der unmittelbaren Erholungsphase nach Dauerbelastungen

Hoos, O. (Würzburg)

16:00-16:15 Uhr

Herzfrequenzvariabilität (HRV) in Ruhe und Fettoxidation bei Ausdauerbelastung im Laufen

Ochentel, O., Braun, A., Reim, D., Hoos, O. (Würzburg)

16:15-16:30 Uhr

Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektives Belastungsempfinden (RPE) bei erschöpfender Ausdauerbelastung

Böselt, T., Hoos, O. (Marburg, Würzburg)

16:30-16:45 Uhr

Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektives Belastungsempfinden (SBE) während sportspezifischer Ausdauerbelastung

Gerhard, J., Lott, C., Hoos, O. (Würzburg)

16:45-17:00 Uhr

Zusammenhang von Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektiv empfundener Gesamtbeanspruchung (sRPE) bei Sportlern

Megerle, F., Reim, D., Giewekemeyer, H., Hoos, O. (Würzburg)

Session D: 15:45-17:00 Uhr (HS XXIII)

Klinische und technische Anwendung der HRV

Moderation: PD Dr. med. H.D. Esperer

15:45-16:00 Uhr

Effekte eines kombinierten Ausdauer-Kraft-Trainings auf die sympathikovagale Balance von Personen mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko

Kreuzfeld, S., Preuss, M., Weippert, M., Stoll, R. (Rostock)

16:00-16:15 Uhr

Autonome kardiale Regulation und alpiner Skilauf mit herzkranken Kindern

Rosenhagen, A., Höhn, R., Vogt, L., Hofstetter, R., Banzer, W. (Frankfurt)

16:15-16:30 Uhr

Herzfrequenzvariabilität als Indikator von Belastungen bei Ziegen

Waiblinger, S., Nordmann, E., von Hof, J., Schmied, C., Keil, N.M., Aschwanden, J., Langbein, J. (Wien, Reckholz-Tänikon)

16:30-16:45 Uhr

Validierungsstudie zum Einsatz eines funktionslosen Brustgürtes

Sammito, S., Darius, S., Böckelmann, I. (Augustdorf, Magdeburg)

16:45-17:00 Uhr

Individuell unterschiedliche Vergleichbarkeit von R-R-Detektionen mit verschiedenen Messgeräten

Weippert, M., Rieger, A., Stoll, R. (Rostock)

Validität eines mobilen Multi-Sensorsystems für die R-R-Intervall-Messung und HRV-Analyse bei psychophysiologischen Fragestellungen

Weippert, M., Arndt, D., Stoll, R. (Rostock)

17:00 Uhr Abschlussveranstaltung

Die systemische Wirkung der Hypoxie auf den Organismus als Grundlage der Anwendung als Therapieform bei ausgewählten Krankheiten

Buhl, H.
Dresden

Hintergrund & Zielsetzung

Hypoxie als Faktor mit systemischer Wirkung auf den Organismus wird im allgemeinen Sprachgebrauch einseitig mit Extrembergsteigen oder dem Höhentaining der Leistungssportler in Verbindung gebracht. Hypoxie ist aber mehr und weist Regulationen auf, die erst in den letzten Jahren zu einem völlig neuen Verständnis auf den verschiedenen Wirkungsebenen führten. Mit der Beschreibung des Transkriptionsfaktors HIF – 1 α durch Semenza (1992) wurden die molekular – genetischen Bedingungen dargestellt, die zu einer langfristigen Kompensation der Hypoxie einzelner Gewebe oder des gesamten Organismus führen. Die zentrale Rolle spielt dabei die gesteigerte Proteinsynthese. Die nächst wichtigen Substrukturen sind die Mitochondrien, das Gefäßendothel und die damit verbundenen Veränderungen des Kapillarnetzes in Form der Angiogenese sowie die Rolle der Mikrozirkulation unter hypoxämischen Bedingungen. Insbesondere wird auf die Leistungsfähigkeit der Endothelzellen unter Hypoxie hingewiesen, die mit der Expression von Stickoxid (NO), den Gefäßwachstumsfaktor VEGF und Nervenwachstumsfaktor BDNF zu Regulationen führen, die als Grundlage für einen therapeutischen Ansatz zur Behandlung der Hypertonie, der Arteriosklerose, Diabetes Typ 2 und Fettstoffwechselstörungen dienen könnten.

Die Kompensation der Hypoxie findet gleichzeitig auch auf der kardiopulmonalen Ebene statt, wobei die Chemo- u. Drucksensoren im arteriellen Gefäßbaum und deren nervale Signalkette zur Medulla oblongata bzw. zum ZNS wichtige Stellglieder sind. Die Verbesserung der Ventilation und der Herzkreislauffunktion durch Höhengaufenthalte wurden schon in vielfacher Weise als therapeutische Form genutzt. Und schließlich sind es die Einflüsse des autonomen Nervensystems, und hier besonders die Veränderungen der sympatho – parasympathischen Balance, die Ansätze für eine Therapieform enthalten.

Schlussfolgerungen

Hypoxie bietet mit den neuen Erkenntnissen zu Sensoren und Rezeptoren der Zellmembran, zu den genetischen Faktoren sowie physiologischen Regulationen reale Ansätze als Therapieform entwickelt zu werden. Entscheidend ist jedoch zu verstehen, dass der therapeutische Effekt nicht während der durch Dauer und Intensität gekennzeichneten Hypoxiephase erfolgt, sondern durch die dadurch ausgelösten Adaptationen.

Einsatz intermittierender Hypoxie in Sport und Training

Burtscher, M.

Institut für Sportwissenschaft, Bereich Medizin, Universität Innsbruck, Austria

Während intermittierende Hypoxie (IH), wie sie bei Schlafapnoe auftritt, generell mit negativen Auswirkungen verbunden ist, werden einige klar definierte IH-Protokolle in Sport und Training erfolgreich eingesetzt.

- (1) Hypoxieexpositionen in Ruhe, die einer Höhe zwischen 2000 und 2700 m entsprechen, für mindestens 14 Stunden pro Tag über einen Zeitraum von 3 Wochen oder länger (live high – train low) bewirken eine Zunahme der Gesamthämoglobinmasse und der Sauerstofftransportkapazität bei Spitzenathleten.
- (2) Hypoxieexpositionen in Ruhe (3000 m und höher) für 1 – 4 Stunden pro Tag über 1 – 5 Wochen wurden erfolgreich zur Vorakklimatisation von Höhenbergsteigern und zur Verbesserung der Laufökonomie bei Läufern eingesetzt.
- (3) Wiederholte Kurzzeit-Hypoxie in Ruhe (~ 5 min, 4 – 5000 m) mit normoxischen Pausen, für etwa 1 Stunde pro Tag über 3 Wochen, führten zu einer Verbesserung der Belastungstoleranz von Patienten mit koronarer Herzkrankheit oder chronisch obstruktiven Lungenerkrankungen.
- (4) Training in Hypoxie (täglich 2 Stunden in ~ 2500 m über 10 Tage) führte besonders zu einer Verbesserung der anaeroben Leistungsfähigkeit.

Der Einsatz spezifischer IH-Formen hat das Potential, traditionelle Trainingsprogramme erfolgreich zu erweitern.

Akute Umstellungsreaktionen an Hypoxieexpositionen

Neumann, G.¹ & Hottenrott, K.²

¹*Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung an der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*

²*Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg*

Fragestellung

Überprüft sollten relevante leistungsdiagnostische Steuergrößen unter normobarer Hypoxie bei erschöpfender Fahrradergometerstufenbelastung und Laufbandstufenbelastung. Geprüft wurde, ob die zur Belastungssteuerung genutzten Messgrößen unter Hypoxie zu korrigieren sind. Aus den Ergebnissen sollten mögliche Folgerungen für die Trainingssteuerung unter Hypoxietraining oder Eignung dieser Belastungsform für leistungsförderndes Training oder präventives Hypoxietraining abgeleitet werden.

Methodik

Untersucht wurden gut trainierte männliche Läufer (n = 12) und Radsportler (n = 18) bei Normoxie (NN) und akuter normobarer Hypoxieexposition in einer Höhenkammer der Fa. Höhenbalance bei 1.800 m und 2.700 m (17% bzw. 15 % Sauerstoffgehalt) auf dem Laufband bzw. Fahrradergometer.

Ergebnisse

Bei vergleichbarer Geschwindigkeit zwischen Flachland (NN) und 1.800 m und 2.700 m Höhe wurde die kardiopulmonale und metabolische Beanspruchung bei Ergometerbelastungen (Stufentest bis Abbruch) geprüft. Nachgewiesen wurde, dass die Sauerstoffabnahme in den untersuchten Höhen nicht mehr durch die glykolytische Kapazität (Laktatanstieg) und erhöhte Atmung kompensiert wurde. Die Stoffwechselschwellen (IAS, vL2-4, PL2-4) wurden in den untersuchten Höhen bei signifikant niedriger Ergometerleistung erreicht (Linksverschiebung der Laktat-Leistungskurven). Die untersuchten Höhen bewirkten, dass der verminderte Sauerstoffpartialdruck durch erhöhte Ventilation nicht ausgleichbar war und demnach die Sauerstoffsättigung des Blutes signifikant abnahm. Die Maximalleistungen auf den Ergometern nahmen erst bei 15% Sauerstoffgehalt signifikant ab. Von den untersuchten Messgrößen zeigte sich die Herzfrequenz (HF) als relativ unempfindlich bei Hypoxie. Die HF veränderte sich bei beiden Ergometerbelastungen unter Hypoxie nur im Zufallsbereich. Die untersuchten Messgrößen zeigten eine deutliche Abhängigkeit von der Belastungsintensität, so zeigten sie bei niedrigen Laufgeschwindigkeiten kaum Veränderung unter Hypoxie. Erst bei höheren Laufgeschwindigkeiten (13 km/h bzw. 3,6 m/s) erfolgt eine signifikante Zunahme der Messgrößen gegenüber NN.

Schlussfolgerungen

Die unter normobarer Hypoxie beanspruchten leistungsdiagnostischen Messgrößen und damit leistungsrelevanten Funktionssysteme sind signifikant höher als unter Normoxie. Das bedeutet, dass bei geringerer motorischer Beanspruchung unter Hypoxie analoge Effekte wie unter NN erreichbar sind. Diese Erkenntnis könnte in der Gesundheitsprävention genutzt werden. Die Hypoxie unter 17% Sauerstoffgehalt führte zu einem vorzeitigen Leistungsabbruch auf den Ergometern und demnach bei geringerer Muskelbeanspruchung als unter NN. Daraus würden sich therapeutische Nutzungsmöglichkeiten zum Training bei Übergewicht (Adipositas) oder chronisch ischämischer Herzkrankheit (KHK) ergeben. Die HF an der aeroben und anaeroben Schwelle ist eine geeignete Steuergröße. Die auf den Laktatspiegel bezogenen Werte sind unter Normoxie und Hypoxie etwa gleich.

Gewichtsabnahme unter Hypoxie

Netzer, N.

Hermann Buhl Institut, Paracelsus Medizinische Universität Salzburg

Physiologische Untersuchungen in den letzten drei Dekaden bei Bergsteigern und Personen die sich arbeitsbedingt über längere Zeit in größeren Höhen aufgehalten haben zeigten signifikante Gewichtsabnahmen in Belastung und Ruhe in Hypoxie (griech. „Wenig Sauerstoff“) ab einem Sauerstoffanteil von 15% und darunter in der Atemluft. Eine Gewichtsabnahme ist auch bei Personen mit chronischen Lungenerkrankungen und einer respiratorischen Insuffizienz Partialinsuffizienz bekannt (1-4).

Studien mit Patienten mit metabolischen Syndrom in natürlicher Höhe (AMAS 2000, Projekt der UMIT Innsbruck) zeigten deutliche Verbesserungen hinsichtlich der Stoffwechsellaage mit einer Reduktion der Insulinresistenz (HOMA Index), sobald die Patienten über mittlere Zeiträume von bis zu drei Wochen sich in Höhen über 2000 m bewegt und aufgehalten haben (5).

Eigene Studien konnten eine signifikant höhere Gewichtsabnahme adipöser Personen mit einem BMI über 30 bei leichtem Training in normobarer (Normaler Umgebungsdruck von 450m Höhe in Bad Reichenhall) Hypoxie entsprechend einer Höhe von 2500m (15 Volumen%) gegenüber einer Kontrollgruppe in normaler Atemluft mit einem Sauerstoffanteil von 20% über einen Trainingszeitraum von drei Wochen zeigen (6).

In dieser Studie kam es auch zu einer Verschiebung der LDL/HDL Ratio zugunsten des HDL, die jedoch bei einer Probandenzahl von 10/10 kein Signifikanzniveau erreichte.

Der Grund für die Gewichtsabnahme und die Veränderung der Lipidratio dürfte ein unter Sauerstoffmangel veränderter Fettstoffwechsel sein. Auf diesen Umstand haben bereits mehrere hochrangig publizierte Studien sowohl am Berg als auch in künstlich hergestellter Höhe aufmerksam gemacht (7,8).

Ebenfalls schon seit längerer Zeit hat man die Vermutung, dass Leptin der Vermittlerstoff zwischen dem unter Sauerstoffmangel von den verschiedenen Körperzellen, darunter auch den Fettzellen, produzierten „Hypoxie induzierten Faktoren“ (HIF alpha 1, u.a.) und dem Fettstoffwechsel ist, der hinter den Veränderungen im Fettstoffwechsel steckt. Denn mehrere Studien, sowohl bei Zucker-Ratten als auch bei Untersuchungen am Menschen haben einen Anstieg von Leptin als direkte Antwort auf die Bildung von HIF festgestellt (9,10,11,12). Normalerweise steuern sich die Fettstoffwechsel Hormone Leptin und Ghrelin derartig, dass eine höhere Produktion des einen Hormons automatisch auch durch eine höhere Produktion des anderen zur Down-Regulation führt und sich dadurch keine wesentlichen Änderungen am Fettstoffwechsel ergeben, es sei denn durch eine deutlich veränderte Nahrungsaufnahme oder veränderte Intensität körperlicher Bewegung. Unter Sauerstoffmangel könnte diese Balance der Hormone jedoch zu Gunsten von Leptin verändert sein, spekulativ weil

eine Energiegewinnung durch körpereigenes Fett ökonomischer ist. Überlegungen dazu gibt es seit längerem bei schwer erkrankten COPD (Chronisch obstruktive Lungenerkrankungen) - Patienten, die bei erschöpfter Atempumpe Kohlenhydrate nicht mehr zur Energiegewinnung nutzen können und daher auf fettreiche Nahrung umgestellt werden sollten.

Literatur

1. Kayser, B. (1992). Nutrition and high altitude exposure. *Int J Sports Med*, 13, 129-132.
2. Rose, M.S. (1988). Operation Everest II: Nutrition and body composition. *J Appl Physiol*, 65, 2545-2551.
3. Hannon, J.P., Klain, G.J. & Sudman, D.M. (1976). Nutritional aspects of high-altitude exposure in women. *Am J Clin Nutr*, 29, 604-613.
4. Kayser, B. (1994). Nutrition and energetics of exercise at altitude. Theory and possible practical implications. *Sports Med*, 17, 309-332.
5. Schobersberger, W., Schmid, P., Lechleitner, M. et al. (2003). Austrian Moderate Altitude Study 2000 (AMAS 2000). The effects of moderate altitude (1700 m) on cardiovascular and metabolic variables in patients with metabolic syndrome. *Eur J Appl Physiol*, 88, 506-5148.
6. Netzer, N.C., Chytra, R., Küpper, T. (2008). Low Intense physical exercise in normobaric hypoxia leads to more weight loss in obese people than low intense physical exercise in normobaric sham hypoxia. *Sleep Breath*, 12 (2), 129-134.
7. Armellini, F. et al. (1997). The effects of high altitude trekking in body composition and resting metabolic rate. *Horm Metabol Res*, 29, 458-461.
8. Boyer, J. & Blume, F.D. (1984). Weight loss and changes in body composition at high altitude. *J Appl Physiol*, 57, 1580-1585.
9. Simler, N., Grosfeld, A., Peinequin, A. et al. (2006). Leptin receptor -deficient obese Zucker Rats reduce their food intake in response to hypobaric hypoxia. *Am J. Physiol Endocrinol Metab*, 290 (3), 591-597.
10. Tschopp, M. et al. (1998). Raised leptin concentrations at higher altitude associated with loss of appetite. *Lancet*, 352, 1119-1120.
11. Yingzhong, Y., Droma, Y., Rili, G. & Kubo, K. (2006). Regulation of body weight by leptin with special referenceto hypoxia induced regulation. *Intern Med*, 45 (16), 941-946.
12. Grosfeld, A., Andre, J. et al. (2002). Hypoxia inducible factor 1 transactivates the human leptin gene promoter. *J Biol Chem*, 277 (45), 42953-42957.

Heart rate variability and acute mountain sickness during an 8 hour acute exposure to simulated altitude (5500m)

Wille, M., Mairer, K., Gatterer, H., Philippe, M., Faulhaber, M. & Burtcher, M.

Institute of Sports Science, Medical Section, University of Innsbruck

Background and Objectives

Heart rate variability (HRV) as a marker of the activity of the autonomic nervous system has been shown to be reduced at high altitude due to increased sympathetic activity (1, 2). This phenomenon might or might not be more pronounced in subjects with acute mountain sickness (AMS) (3, 4). Thus, the objectives of the present study are 1) to investigate the early responses to acute hypoxia on HRV and development of AMS and 2) to examine if differences in HRV between those who develop AMS (AMS+) and those who do not (AMS-) are already prominent in the early hours at high altitude.

Methods

Thirty-one male participants spent 8 hours at simulated altitude (5500m), normobaric hypoxia. Five minute short term recordings of HRV were obtained with Polar S810i at baseline and after 30 min, 2, 4, 6 and 8 hours in hypoxia. Power spectral analyses were performed. Additionally, arterial oxygen saturation values (SpO₂) were recorded by finger pulse oximetry and the incidence and severity of AMS was assessed using the Lake Louise Score (LLS). AMS was diagnosed when the symptom headache was present plus at least one other symptom, with a total score of ≥ 4 .

Results

During the exposure 77.4% (n=24) of the participants developed AMS. Heart rate (HR) increased from 63.0 ± 8.8 b/min at baseline to 83.4 ± 11.9 b/min at the end of the hypoxic exposure ($p < 0.001$). The HRV components, e.g. total power, HF and LF and HF in normalized units decreased significantly over time, whereas LF component in normalized units increased ($p < 0.05$). LF:HF ratio increased but the changes did not reach statistical significance. None of the HRV components showed significant differences between AMS+ and AMS-. The HF component (ms²) and SpO₂ after 30 min correlated positively ($r = 0.356$; $p = 0.049$). AMS+ had significantly lower SpO₂ values than AMS- ($p = 0.014$) and a negative correlation between SpO₂ values after 30 min and the highest LLS reached during the 8 hour hypoxic exposure was found ($r = -0.400$; $p = 0.026$).

Discussion

These findings indicate increased sympathetic and decreased parasympathetic activity during the 8 hour hypoxic exposure at simulated altitude, but no differences in AMS+/AMS- could be detected. This is in accordance to the findings of Loeppky et al. (5). It seems as if HRV measurements in the early hours at high altitude do not discriminate between subjects

who are going to develop AMS or those who stay well.

Literature

1. Hainsworth, R. et al. (2007) Clin Auton Res, 17, 13-19.
2. Cornolo, J. et al. (2004) J Appl Physiol, 97, 935-940.
3. Huang, H. et al. (2010) Clin J Sport Med, 20, 58-63.
4. Lanfranchi, P. et al. (2005) Am J Physiol Heart Circ Physiol, 289, H2364-72.
5. Loepky, J et al. (2003) High Alt Med Biol, 4, 367-373.

Autonomic cardiac response to normobaric hypoxia and exercise in acute mountain sickness

Mairer, K., Wille, M., Göbl, M. & Burtscher, M.
Institute of Sports Science, Medical Section,
University of Innsbruck, Austria

Introduction

The decreasing partial pressure of oxygen during the ascent to high altitude is known to trigger acute mountain sickness (AMS) in susceptible individuals. The hypoxic impact is even more pronounced during strenuous exercise resulting in an enhanced risk for AMS. Both, the exposure to hypoxic environments as well as exhausting exercise are associated with alterations in the autonomic nervous system. However, whether these established patterns are maintained during exercise in hypoxia and in subjects suffering from AMS remains unclear. Therefore, the aim of the present study was to investigate the effects of 8 hours of simulated altitude (5500 m) on the cardiac autonomic function and the development of AMS, both during rest and exercise.

Methods

Twenty male volunteers were recruited for this study consisting of two testing days, including a passive (PHE) and an active (AHE) hypoxic exposure. PHE and AHE involved an 8 hour hypoxic exposure to simulated altitude of 5500 m ($F_{iO_2} = 11.0\%$). Whereas the PHE was spent sedentary, the AHE included one 30-min exercise test in normoxia and three tests in hypoxia at 50 % of the subjects' individual maximal altitude-specific performance. Measurements of heart rate (HR), heart rate variability (HRV) using Polar S810i and the assessment of AMS were performed before, after 2, 4, 6, and 8 hours in hypoxia. A diagnosis of AMS was based on the presence of headache, another symptom and a total Lake Louise Score of ≥ 4 .

Results

Ten subjects (50 %) suffered from AMS during PHE, whereas the proportion was 70 % during AHE. We found a significant decrease in HF, LF, TP, HF in normalized units (HFnu), pNN50 and RMSSD as well as an increase in the ratio of LF:HF, LF in normalized units (LFnu) and HR, both during rest and exercise. However, there were no differences between passive and active hypoxia regarding HRV

variables. RMSSD and HR during AHE were the only variables that differed significantly between subjects with and without AMS.

Discussion

In agreement with Cornolo et al. (2004) [1], our findings indicate that the cardiac autonomic balance during acute normobaric hypoxia shifts significantly towards sympathetic dominance, which mainly results from a relatively more pronounced vagal withdrawal. The autonomic cardiac response during AHE was more distinctive compared to resting conditions, however without reaching statistical significance. Additionally, we found a significantly reduced vagal activity during AHE in subjects suffering from AMS, which may explain the higher risk for the development of AMS when exercising in acute hypoxia. However, the relationship between AMS and HRV remains a topic of discussion [2,3].

References

1. Cornolo, J. et al. (2004). *J. Appl. Physiol.* 97 (3): 935-940.
2. Lanfranchi, P.A. (2005). *Am. J. Physiol Heart Circ. Physiol.* 289 (6): 2364-2372.
3. Loepky, J.A. et al. (2003). *High Alt. Med. Biol.* 4 (3): 267-373.

Autonome Fitness – Physiologische Basis eines neuen Paradigmas

Esperer, H.D.

Zentrum Innere Medizin, Otto-von-Guericke-Universität, Magdeburg

Das kardiale autonome Nervensystem (KANS) ist in letzter Zeit zunehmend in das Interesse nicht nur von klinischen Medizinern, vor allem von Kardiologen und Diabetologen, sondern auch von Präventologen sowie Sport- und Trainingswissenschaftlern gerückt. Dies beruht einerseits auf den Ergebnissen von Langzeitstudien, die die Bedeutung einer intakten KANS- Funktion gezeigt haben, andererseits darauf dass durch die Verfügbarkeit der verschiedenen Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) und der Herzfrequenzdynamik (HRD) ein nichtinvasives Fenster zur qualitativen und quantitativen KANS-Charakterisierung zur Verfügung steht.

Unter Bezug auf klinische und trainingswissenschaftliche Studien definieren wir als „Autonome Fitness“ das Vorliegen oder die Wiederherstellung einer, bezogen auf Alter und Geschlecht, normalen KANS-Variabilität und –Dynamik. Auf der Effektorebene (Sinusknoten, Myokard) ist die autonome Fitness, wie sie hier definiert ist, gleich bedeutend mit einer normalen Modulation der elektrischen Aktivität des funktionell intakten Sinusknotens, wie sie sich als HRV bzw. HRD elektrokardiographisch erfassen und quantifizieren lässt.

Aus physiologischer Sicht ist das HRV- bzw. HRD-Signal das Ergebnis des komplexen Zusammenspiels multipler Regelkreise und Biooszillatoren, die bei der Regulation der kardialen, respiratorischen und vaskulären Hämodynamik involviert sind, wie etwa die arteriellen und venösen

Baro- sowie kardiokardiale und kardiopulmonale Reflexe. Weitere bedeutsame HRV- und HRD-Modulatoren, die besonders bei körperlicher Aktivität und Belastung zum Tragen kommen, sind lokomotorische sowie humorale und immunologische Systeme. Schließlich sind die autonom ablaufenden Regelmechanismen jederzeit behavioralen Determinanten im Sinne von Störgrößenaufschaltungen unterworfen, wobei die psychosomatischen Einflussgrößen, die über Feed-Forward-Mechanismen wirken, das Bild zusätzlich komplizieren.

Die klinische bzw. praktische Bedeutung der „Autonomen Fitness“ liegt darin, dass sie als Surrogatparameter der körperlichen Fitness bzw. der körperlichen Trainiertheit angesehen werden kann. So wurde in zahlreichen Untersuchungen gezeigt, dass die kardiorespiratorische Fitness, gemessen z.B. als VO_2max , positiv mit der HRV bzw. HRD korreliert ist. Darüber hinaus erscheint eine normale „Autonome Fitness“ auch kardioprotektiv im Sinne einer erhöhten elektrischen Stabilität des Herzens zu wirken und es vor potentiell tödlichen Tachyarrhythmien zu schützen. Dafür sprechen die Befunde sowohl experimenteller als auch epidemiologischer Studien, die zeigen dass eine normalisierte im Gegensatz zu einer reduzierten „Autonomen Fitness“ nach Myokardinfarkt vor Arrhythmieereignissen schützen kann bzw. mit einer verbesserten Prognose einhergeht.

Autonome Fitness als Zielgröße von Training und Gesundheitsförderung

Hottenrott, K.

Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Trainingsbelastungen wirken komplex auf den Organismus. Die einzelnen Funktionssysteme zeigen auch bei gleichen Trainingsbelastungen keine identischen Reaktionen, d. h. die Dosis-Wirkungs-Beziehung ist nicht eindeutig und vorhersagbar. Der Organismus hat vielfältige Möglichkeiten der Reizverarbeitung. Selbstregulation und Selbstorganisation spielen hierbei eine enorme Rolle. Um Trainingsprozesse individuell auf die Leistungsvoraussetzungen und die Belastbarkeit des Sportlers abzustimmen, benötigen wir Informationen der übergeordneten Kontroll- und Regelungssysteme, des Endokrins sowie des vegetativen (autonomen) und somatischen Nervensystems, deren Verschaltung in höher gelegenen Zentren des ZNS stattfindet. Die Funktionalität des autonomen Nervensystems (ANS) nimmt hierbei eine Vermittlerfunktion ein und kann über die HRV-Analyse im Sinne einer sympathiko-vagalen oder *autonomen Fitness* zugänglich gemacht werden.

Anhand von mehreren Beispielen wird im Vortrag aufgezeigt, welche Informationen aus dem ANS durch Analyse der HRV gewonnen werden können. Am Beispiel der lokomotorisch-kardio-respiratorischen Systemkopplung wird der Zusammenhang zwischen endogenen und exogenen Oszillatoren verdeutlicht. Informationen aus dem ANS können dazu

beitragen, die Kommunikation und Interaktion zwischen Umwelt und Organismus besser zu verstehen.

Autonome Fitness korreliert vor allem mit Entspannungsfähigkeit und Herzkohärenz und steht in Zusammenhang mit Selbstregulationsprozessen und organismischer Systemkopplung. *Autonome Fitness* hat im Trainingsprozess eine Voraussetzungs-funktion für die Optimierung der Wirksamkeit von Trainingsinterventionen. Trainingsanpassungen werden im Kontinuum von Belastungsstress und organismischer Entspannung erzielt. Plastizität und Adaptabilität des ANS, eine hohe Vagusaktivität, das Herbeiführen von Herzkohärenz und Synchronisation fördern die Entspannungsfähigkeit und führen zu mehr Wohlbefinden. Dies stellt zugleich eine Ressource für die Gesundheit dar.

Im praktischen Training kann *autonome Fitness* vor allem dann wirksam erreicht werden, wenn die tägliche HRV für die Festlegung der Trainingsmaßnahmen bzw. für die Verordnung des Trainings mit einbezogen wird. Die *autonome Fitness* ist in jedem Alter trainierbar.

Autonome Funktionsveränderungen bei Herzinsuffizienz und arterieller Hypertonie

Schmidt, H.

*Klinikum Magdeburg GmbH, Magdeburg
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Halle*

Herz-Kreislauf-Erkrankungen bleiben trotz aller Behandlungsfortschritte eine der führenden Todesursachen in der westlichen Welt. Aufgrund der Alterung der Bevölkerung steigt die Inzidenz kardio-vaskulärer deutlich Erkrankungen an.

Veränderungen in der autonomen Funktion spielen bei der Pathogenese, Diagnostik, Perpetuierung und Behandlung von kardiovaskulären Krankheitsbildern eine entscheidende Rolle. Typische Beispiele sind hier die chronische Herzinsuffizienz und die arterielle Hypertonie. Im klinischen Alltag werden zur Evaluierung der sympathisch-parasympathischen Balance hauptsächlich die Herzfrequenzvariabilität, die Baroreflexsensitivität und Chemoreflexsensitivität eingesetzt.

Die Standardtherapieprinzipien der o.g. Krankheitsbilder greifen auch in die autonome Regulation unter der Intention einer Normalisierung dieses Parameters ein.

Der vorliegende Artikel beschreibt die pathophysiologischen Veränderungen der autonomen Funktion bei chronischer Herzinsuffizienz und arterieller Hypertonie und geht auf die positiven Veränderungen durch die Standardmedikation ein.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) bei sportlicher Belastung

Hoos, O.

Institut für Sportwissenschaft, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Physiologischer Hintergrund

Der physiologische Hintergrund der autonomen Regulation der Herzfrequenz unter sportlicher Belastung lässt sich als komplexes, kontextsensitives sympathiko-vagales Wechselspiel charakterisieren. Dabei wird der zu Belastungsbeginn einsetzende drastische Herzfrequenzanstieg maßgeblich durch eine Vagusinhibition bestimmt, die vor allem zentral durch den Central Command, aber auch mit zunehmender Belastungsdauer durch den mechanischen Anteil des Exercise-Pressor-Reflexes bedingt ist (Coote & Bothams, 2001). Unter sukzessivem Resetting des Baroreflexes erfolgt ein Weiteranstieg der Herzfrequenz mit zunehmender Intensität, der vor allem mit einer sympathischen Einflussnahme in Verbindung gebracht und wiederum integrativ durch zentrale (Central Command) und periphere (muskulärer Metaboreflex) Anteile vermittelt wird (Coote & Bothams, 2001).

Lineare und nichtlineare HRV-Befunde unter Belastung

Die diesbezüglichen HRV-Befunde im Zeit- und Frequenzbereich sind im Detail relativ inkonsistent, vor allem bedingt durch methodische Probleme wie Nicht-Stationarität und Vielfalt der Analysemethoden und Testprotokolle (Sandercock & Brody, 2006). Evident erscheint dennoch, dass unter dynamischer sportlicher Belastung mit zunehmender Intensität sowohl die Gesamtvariabilität als auch die meisten amplitudenabhängigen Zeit- und Frequenzbereichsparameter in exponentieller Weise abnehmen und einen asymptotischen Trend, ggf. mit einer Tendenz zu einem Wiederanstieg aufweisen. Aktuelle Befunde deuten diesbezüglich bei intensiver Belastung auf eine relativ und absolut höhere Leistung im HF-Band im Vergleich zum LF-Band hin, die sich insbesondere beim Übergang zur verstärkt anaeroben Energiebereitstellung manifestiert (u.a. Cottin et al., 2004). Befunde zu nichtlinearen Kenngrößen belegen einen intensitätsbedingten drastischen Komplexitätsverlust der HRV, der den Amplitudenverlust begleitet (Casties et al., 2006; Platasa et al., 2008). Insbesondere alpha1 der trendbereinigten Fluktuationsanalyse (DFA) zeigt sich in bisherigen Befunden durchweg diskrepanzfähig für das komplette Intensitätsspektrum mit konsistenter sukzessiver Reduktion bei moderater bis hochintensiver Belastung.

Perspektiven für Leistungsdiagnostik und Trainingssteuerung

Jüngste Erkenntnisse deuten bei adäquater Analysemethodik Perspektiven für eine HRV-gestützte Bestimmung ventilatorischer Schwellen (Cottin et al., 2006), eine individualisierte Trainingssteuerung (u.a. Kiviniemi et al. 2007)

sowie ein Beanspruchungsmonitoring im Trainingsprozess an (Manzi et al., 2009), die es durch weitere Studien mit unterschiedlichen Populationen zu verifizieren gilt.

Literatur

- Casties, J. et al. (2006). *Int J Sports Med*, 27(10), 780-5.
Coote, J. H. & Bothams, V. F. (2001). *Exp Physiol*, 86(6), 811-5.
Cottin, F. et al. (2004). *Med Sci Sports Exerc*, 36(4), 594-600.
Kiviniemi, A. M. et al. (2007). *Eur J Appl Physiol*, 101(6), 743-51.
Manzi, V. et al. (2009). *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 296(6), H1733-40
Platasa, M.M. et al. (2008). *Physiol Meas*, 29(4), 439-50
Sandercock, G. R. H. & Brodie, D. A. (2006). *Scand J Med Sci Sports*, 16(5), 302-13.

HRV-Biofeedback: Bewährte Methodik in der Medizin – Neue Ansätze in Sport und Stressmanagement

Löllgen, D.

Klinik und Poliklinik für Psychotherapie und Psychosomatik, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus der TU Dresden

Biofeedback als altbewährte Lern- und Übungsmethode dient der Wahrnehmung und Beeinflussung unbewusst ablaufender körperlicher Vorgänge und wird mit der Ableitung verschiedener körperlicher Parameter möglich. Die Methode des Biofeedbacks wird verhaltenstherapeutischen und lerntheoretischen Ansätzen zugeordnet.

Einen zunehmend bedeutenden Platz nimmt das Biofeedback-Training auf Basis der Herzratenvariabilität (HRV) als einfach messbare Größe ein, zum Beispiel in der Behandlung chronischer Erkrankungen und psychischer Störungen. Umfangreiche Untersuchungen als auch kleinere Pilotstudien weisen in zunehmendem Maße auf die positiven Ergebnisse und Erfahrungen in der Behandlung verschiedenster Erkrankungen und gesundheitlicher Einschränkungen hin.

Biofeedback, vor allem HRV-Biofeedback, wird mittlerweile auch erfolgreich im allgemeinen Stressmanagement, d.h. auch im präventiven Rahmen eingesetzt, zum Beispiel in der betrieblichen Gesundheitsförderung. Erste erfolgsversprechende Studien liegen vor.

Auch im Sport, vor allem im Leistungsbereich, setzen Trainer und Sportpsychologen zunehmend auf HRV-Biofeedback. Die Einsatzmöglichkeiten hier sind vielfältig und beinhalten u.a. das Stressmanagement, das mentale und das Entspannungstraining und die Verbesserung von Konzentrations- und Regenerationsfähigkeit. Untersuchungen dazu liegen bisher allerdings kaum vor und sollten angestrebt werden.

Unterstützt wird der wirkungsvolle Einsatz des Biofeedbacks als therapeutische und gesundheitsfördernde Methode dadurch, dass Patienten, Mitarbeiter und Sportler mittlerweile auch nach Anleitung durch den Therapeuten oder Trainer

mit einfachen Patientensystemen zu Hause oder an jedem beliebigen Ort, und damit regelmäßiger und eigenverantwortlich üben können.

Literatur

- Del Pozo JM. et al. (2004). *Am Heart J*, 147(3):E11.
Karavidas MK. et al. (2007). *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32(1):19-30.
Hassett AL. et al (2007). *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 32(1):1-10.
Rosengård-Bärlund M. et al. (2009). *Diabetologia*. 52(6):1164-72.
Siepmann M. et al. (2008). *Appl Psychophysiol Biofeedback*, 33(4):195-201.

A practical system for daily monitoring of HRV in health and sport

Wegerif, S.

Hants, UK

Background & Objective

HRV research has produced more than 3000 papers in the past 30 years, however, studies have used an assortment of measurement parameters, making standardisation and inter study comparison problematic. In order to apply the insights that HRV can give us into the health of an individual, a simple methodology & parameters that are robust for use in daily life are required.

Selection of parameters & conditions for the daily test

Although many questions relating to the physiological significance of HRV components remain unanswered, multiple studies have confirmed the correspondence between parameters that measure high frequency variability, and cardiac parasympathetic modulation. Of these, time domain measures of the differences between adjacent RR intervals, such as pNN50, (r)MSSD, and Poincare plot SD1 are easy to compute, and robust against non-stationarity of underlying heart-rate in ambulatory conditions. These measures can also be calculated reliably from RR interval sequences of less than 1 minute, making them suitable for a daily test where subject voluntary compliance is needed. Performing a daily test first thing in the morning avoids the impact of food, caffeine, stress and physical activity on autonomic balance. A morning assessment also allows the optimisation of the day's activities such as physical training. Since breathing frequency and depth influence parasympathetic HRV measurements, it is preferred to standardize these via the use of paced breathing, which has been shown to give improved reproducibility with only minor influence on autonomic balance.

Implementation

For reasons of cost and convenience, the equipment chosen has been the Apple iPhone

(though other mobile platforms will follow) combined with a regular analog chest strap and a dedicated ECG receiver. A requirement for reliable HRV calculation is precise RR interval measurements. In practice, a resolution of ~1ms is obtainable using modern audio Analog to Digital converters. Once converted, the processing of the signal is entirely digital, and results in an RMSSD / SD1 measure of parasympathetic modulation after 55s of breathing paced using an on-screen animation that is designed to be slow and relaxing. The raw RMSSD is log converted and scaled in order to produce an intuitive ~100 point scale, where athletes with a very high VO₂ max may reach 100 points in a well recovered state. On the other hand, sedentary people with chronic health problems including heart disease may read below 50. Daily readings are stored and also converted into a moving average baseline from which significant daily deviations and longer term trends can be detected.

Applications

In a sports-related context, autonomic imbalance can be used to detect persistent overreaching, with the aim to prevent overtraining syndrome from developing. The athlete is given a warning on the first day that their parasympathetic HRV is significantly below baseline, progressing to a 'Rest' instruction if the imbalance persists for a 2nd day. As well as sympathetic dominance, parasympathetic overreaching can be detected if resting heart rate is also stored and compared to baseline. A sudden drop in resting heart rate can be interpreted as improved fitness but can equally well signify neuro-endocrine exhaustion, for which immediate rest is required.

Longer term upward trends in the baseline can signify improving aerobic fitness, such as may be expected during base building periods of training. Declining trends indicate excessive total training or competition load, or lifestyle factors such as poor nutrition, insufficient rest, excessive mental stress, and give athletic and non-athletic people alike an early warning that lifestyle changes are required to achieve and maintain excellent health.

Höhenprofil und Anstiegsgeschwindigkeit als Reizmodulatoren für die autonome kardiale Regulation beim Bergwandern

Rosenhagen, A., Vogt, L. & Banzer, W.

Abteilung für Sportmedizin, Universität Frankfurt, Frankfurt am Main

Einleitung

Die zahlreichen, im Rahmen des Bergtourismus in mittleren Höhen (1500-2500m) durchgeführten Touren stellen einen profunden Reiz für die Kreislaufregulation dar. Die vorliegende Feld-Studie

untersucht den Einfluss eines moderaten Höhengewinns auf die Herzfrequenzvariabilität (HRV) als Kenngröße für die autonome Regulationsfähigkeit, gegenüber dem Gehen in der Ebene, bei energetisch identischer körperlicher Belastung.

Methodik

8 männliche Probanden ($27,5 \pm 4,4$ J.) absolvierten im Abstand von 2 Tagen crossover-kontrolliert eine Gipfeltour über 10,15km (1298m–2228m ü.NN) und Talwanderung über 17,1km (1140m–1266m).

Durch tourprofilangepasste Zeit-/Distanzvorgaben wurde das Gehtempo durch mehrere Zeit-Zielvorgaben standardisiert um eine in Höhe und Ebene energetisch vergleichbare Belastung (VO_{2rel}) zu erzielen (Formel 1). Zur Evaluation der HRV wurden Herzfrequenz (HR), SDNN und RMSSD morgens nach dem Aufwachen (Baseline), nach halber Distanz und am Endpunkt der Tour im Liegen 5 Minuten nach Ende der Belastung als Kurzzeit-HRV-Registrierungen (Lifecard CF Flashcard Holter, Fa. Reynolds) erfasst. Die Streckenprofile wurden präexperimentell kartenunterstützt mittels Höhenmesser (Fa. Polar, Kempele-Finnland) analysiert.

$$VO_{2rel} = 5v + 0,115 (L \times H) - 13,5$$

Formel 1: Berechnung der VO_{2rel} für Anstiege am Berg

v = Geschwindigkeit [km/h]

L = Weglänge [km]

H = Höhengewinn [m]

(nach Burtcher, M. (1999) in Berghold, F.

Lehrskriptum Alpin- und Höhenmedizin der Österr. Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin)

Ergebnisse

Während Baseline- und Halbstrecken-Ergebnisse der Höhen- und Talwanderung keine signifikanten Rangsummenunterschiede aufweisen, zeigen sich am Tour-Ende signifikant reduzierte HRV-Parameter bei erhöhter HR ($106,7 \pm 24,1$ vs $87,9 \pm 26,5$ bpm) in der Höhe (Tabelle 1).

Tab. 1: Prozentuale Abweichungen ausgesuchter HRV-Parameter an drei Messpunkten in Abhängigkeit des Höhenprofils.

	Baseline		Halbstrecke		Ziel	
	SDNN	RMSSD	SDNN	RMSSD	SDNN	RMSSD
Höhentour	100% ± 20%	100% ± 27%	89% ± 20%	63% ± 20%	83% ± 8%	76% ± 8%
Taltour	100% ± 11%	100% ± 17%	55% ± 16%	65% ± 16%	35% ± 17%	35% ± 17%

Schlussfolgerung

Die in der vorliegenden Studie ermittelte kardiale Regulationsveränderung entspricht dem für moderate Höhen beschriebenen Ausmaß. Die Verminderung der SDNN (als weitgehend HR-unabhängiges HRV-Globalmaß) und der RMSSD (Äquivalent schnelfrequenter Variabilität) deuten auf eine Reduktion des autonomen Einflusses und Verschiebung zu ungunsten parasympathischer Anteile hin. Der höheninduzierte Reiz ist im Rahmen der sportmedizinischen Trainings- und Bewegungsplanung angemessen zu berücksichtigen.

Effekte eines 4-wöchigen Ausdauertrainings unter Normoxie und normobarer Hypoxie auf die Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit

Hottenrott, K.^{1,2} & Schulze, S.^{1,2}

¹ Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

² Institut für Leistungsdiagnostik und Gesundheitsförderung e.V.

Problemstellung

Die Herzfrequenzmessung ist im Ausdauersport weit verbreitet und hat sich als feste Größe zur Trainingssteuerung etabliert. Die vorliegende Studie thematisiert in diesem Zusammenhang potentielle Unterschiede bei der Entwicklung der Ausdauerleistungsfähigkeit in Normoxie und normobarer Hypoxie (NH) unter Anwendung herzfrequenzgesteuerter Trainingseinheiten (TE) im Rahmen eines 4-wöchigen Lauf-Ausdauertrainings.

Methodik

Für die Studie wurden 24 Ausdauersportler (20-35 Jahre) eingeschlossen. Sie absolvierten einen Laufbandstufentest unter Aufzeichnung der Sauerstoffaufnahme (VO_2) und Herzfrequenz (HF) sowie Laktatbestimmung bis zur subjektiven Ausbelastung. Im Anschluss wurden die Probanden randomisiert in eine Versuchsgruppe (VG: Training unter NH, FiO_2 15%, N = 12) oder Kontrollgruppe (KG: Training unter Normoxie, N = 12) eingeteilt. Es folgte eine 4-wöchige Trainingsintervention mit 20 Laufband-TE unter Laborbedingungen à 60min Dauer. Die VG trainierte in einem Hypoxie-Kammersystem (Fa. Höhenbalance, Köln). Als Belastungsvorgaben dienten die HF an der aeroben (HF_{LT} , 11 TE) und anaeroben Laktatschwelle (HF_{LAT} , 5 TE) sowie die Geschwindigkeit (v) an der 3mmol/l Laktatschwelle (v_{La3} , 4 TE). Drei Tage nach der letzten TE wurde der Stufentest wiederholt. Die Daten wurden mit SPSS statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

VG und KG unterschieden sich in Bezug auf die erreichten Leistungen beim Prä-Test (v_{max} : VG $16,33 \pm 1,39$ km/h, KG $16,26 \pm 1,48$ km/h; VO_{2peak} : VG $52,77 \pm 5,39$ ml*(min*kg)⁻¹, KG $52,26 \pm 5,82$ ml*(min*kg)⁻¹) nicht voneinander. Der Vergleich von Prä- und Posttest zeigte in beiden Gruppen eine signifikante Zunahme der VO_{2peak} sowie der Geschwindigkeit an der 2- und 4 mmol/l Laktatschwelle ($p \leq 0,05$). Ein Interaktionseffekt konnte nicht nachgewiesen werden. Bezogen auf die absolvierten Trainingskilometer war der Gesamt-TU bei der VG signifikant niedriger ($p=0,003$).

Schlussfolgerung

Bei einer herzfrequenzgesteuerten Trainingsintervention unter normobarer Hypoxie ist mit einer vergleichbaren Leistungsentwicklung wie unter normoxischen Trainingsbedingungen zu rechnen. Jedoch ist der Trainingsumfang unter Hypoxie deutlich vermindert.

Veränderung der peripher - hypoxischen Chemoreflexsensitivität durch Training unter normobarer Hypoxie

Schulze, S.^{1,2}, Schmidt, H.³ & Hottenrott, K.^{1,2}

¹ Department Sportwissenschaft, Martin-Luther-
Universität Halle-Wittenberg

² Institut für Leistungsdiagnostik und
Gesundheitsförderung e.V.

³ Klinikum Magdeburg

Problemstellung

Die peripher hypoxische Chemoreflexsensitivität beeinflusst unter Hypoxiebedingungen die ventilatorische Antwortreaktion auf Sauerstoffmangelzustände und ist an der Akklimatisierung bei Höhenaufhalten beteiligt. Noch nicht abschließend geklärt ist ihr Einfluss auf weitere regulative Prozesse, jedoch scheint die Stärke ihrer Ausprägung in indirekter Beziehung zur Entstehung von höhenbedingten Erkrankungen zu stehen. Die vorliegende Studie beschäftigt sich daher mit der Fragestellung, ob ein regelmäßiges Ausdauertraining unter künstlichen Höhenbedingungen die Ausprägung des peripher hypoxischen Chemoreflexes verändert.

Methodik

Für die Studie wurden 24 gesunde moderat trainierte Ausdauersportler (20-35 Jahre) eingeschlossen. Bei Studienbeginn absolvierten sie einen Laufbandstufentest sowie einen Provokationstest unter wiederholter Einatmung von reinem Stickstoff für 3-8 Atemzüge. Die Aufzeichnung von Ventilator (Metamax 3b, Cortex, Leipzig) und Sauerstoffsättigung (SaO₂) (PM60 Oxyflex, Mindray) erfolgte kontinuierlich. Nach Testende wurden die Wertepaare für die maximale Ventilation (V'E, l*min⁻¹) und minimale SaO₂ (%) eines Durchgangs gegenüber gestellt und der Anstieg ($\Delta V'E / \Delta SaO_2$) mittels linearer Regression bestimmt. Im Anschluss wurden die Probanden randomisiert in Versuchsgruppe (VG: Training unter NH, FiO₂ 15%, N = 12) und Kontrollgruppe (KG: Training unter Normoxie, N = 12) aufgeteilt. Es folgte eine 4-wöchige Intervention mit 20 Laufband-Trainingseinheiten à 60min unter Laborbedingungen. Die VG trainierte in einer Hypoxie-Kammer (Höhenbalance, Köln). Nach der Intervention wurde der Provokationstest wiederholt. Die statistische Prüfung erfolgte mit SPSS 17.

Ergebnisse

Der Vergleich der Gruppen bei Studienbeginn zeigte ein vergleichbares Leistungsniveau (v_{max}: VG 16,33 ± 1,39 km/h, KG 16,26 ± 1,48 km/h; VO_{2peak}: VG 52,77 ± 5,39 ml*(min*kg)⁻¹, KG 52,26 ± 5,82 ml*(min*kg)⁻¹). Die Ausgangswerte für die Chemoreflexsensitivität waren für VG und KG nahezu identisch (VG: 0,33 ± 0,07 l*min⁻¹/%; KG: 0,34 ± 0,09 l*min⁻¹%). Im Post-Test zeigte sich eine signifikante Zunahme der Chemoreflexsensitivität in der VG (0,48 ± 0,16 l*min⁻¹%; p=0,008), aber nicht in der KG (0,32 ± 0,15 l*min⁻¹%; p=0,706).

Schlussfolgerung

Die Zunahme der Chemoreflexsensitivität in der VG spricht dafür, dass die Trainingsintervention unter sauerstoffreduzierter Atmosphäre den peripher hypoxischen Chemoreflex erhöht und in autonom regulative Prozesse bei akuter Sauerstoffmangelsituation eingreift.

Einfluss von Intervall-Hypoxie- Therapie-Plus auf mitochondriale Stoffwechsel Parameter und Herzfrequenzvariabilität

Löffler, B.-M.¹, Egorov, E.¹, Goytia, R.² &
Schuetz, B.³

¹ Institut für ästhetische und präventive Medizin,
Berlin

² Take Shape, Schorndorf

³ Institut Biovis, Limburg

Hintergrund & Zielstellung

Der Einfluss von Intervall-Hypoxie-Therapie (IHT) auf kardiovaskuläre Parameter, wie [Hb] (g/l), Sauerstoff Kapazität^[1], Systolischen- und Diastolischen Blutdruck und Belastungsfähigkeit^[2-4] ist bekannt. Zielsetzung diese doppelblind-placebo-kontrollierten Studie war es, zu untersuchen, welchen Einfluß IHT-Plus (Hypoxie-Intervalle intermittiert von Hyperoxie-Intervallen) auf den mitochondrialen Energiestoffwechsel und Herzfrequenzvariabilität (HRV) Parameter hat.

Methodik

Eine Gruppe von 18 Männern und Frauen, mittleres Alter 51,0 ± 10,3 Jahre (M±SD) durchlief innerhalb von 3 Wochen 10 IHT-Plus Therapie Einheiten von 35 Minuten Dauer (5 Min. Hypoxie, Baseline SpO₂ 80%; 2 Min. Hyperoxie 38% O₂). Die Teilnehmer wurden nach der Eingangsuntersuchung in 2 Gruppen aufgeteilt: 10 Verum, 8 Kontrollen. In der Kontrollgruppe wurde normale Raumluft mit 21% O₂ geatmet. Das Design des Studienprotokolls war Doppelblind. Zu Beginn und am Ende der Studie wurden folgende Messwerte erhoben: Blutbild (groß), Plasma Q10, NPE, MMS, Citrullin, mitochondriale Aktivität, forcierte 1-Minuten HRV, Body-Impedanz Messung. Die Datenauswertung erfolgte mittels paired / unpaired T-Test.

Ergebnisse

In der Kontroll-Gruppe gab es keine signifikanten Veränderungen. In der Verum Gruppe stieg nach 10 Behandlungen der [Hb] (g/l) 14,3±1,3 vs. 14,8±1,3 p=0,01; sanken Triglyceride (mg/dl) 151,3±76,8 vs 124,5±54,7 p=0,07; BU (cm) 95,5±17,7 vs. 93,3±17,3 p=0,009; BMI (kg/m²) 26,6±5,1 vs 26,3±4,8 p=0,07. Die mitochondrialen Stoffwechselparameter Coenzym Q₁₀ (mg/l) 1,0±0,3 vs. 1,4±0,3 p<0,0001 und mitochondriale Aktivität (%) 84,7±6,6 vs. 94,6±4,3 p=0,004 stiegen signifikant. Die HRV Parameter: E-I Differenz (1/min) 14,4±8,1 vs. 18,1±7,2 p=0,02; E/I Quotient 1,2±0,1 vs. 1,4±0,1 p<0,001 und RMSSD (ms) 59,3±38,7 vs. 94,1±25,9 p=0,02 verbesserten sich signifikant. In der Body-Impedanz Messung zeigte der Phasen-Winkel eine Verbesserung von 5,0±0,7

auf $5,1 \pm 0,8$ $p=0,07$. In der gesamten Gruppe der Probanden zeigte sich eine signifikante inverse Korrelation zwischen Q_{10} und Methylmalonsäure Ausscheidung im 1. Morgenurin, als Maß für einen funktionellen mitochondrialen B_{12} Mangel: $MMS = -1,18Q_{10} + 1,73$ $r^2=0,304$.

Schlussfolgerung

IHT-Plus ist ein effektives und sicheres Verfahren, um die mitochondriale Stoffwechsel Aktivität schon nach kurzer Anwendung signifikant zu steigern. Wir konnten erstmals zeigen, dass damit körpereigenes Q_{10} ohne Substitution gesteigert werden kann. Q_{10} ist von zentraler Bedeutung für den mitochondrialen Energie und den zellulären ROS und RNS Oxidationsstoffwechsel.

Literatur

1. Dyba, T.G. (1999) in : Young Sports Science in Ukraine Issue 3, Lviv, pp. 394-398.
2. Ishnuk V.O. (2007). J Acad Med Sci Ukraine 13(2), 374-384.
3. Shatilo V.B. et al. (2008). High Alt Med Biol 9, 43-52.
4. Korkushko O.V. et al. (2007) Bulletin of Hygiene and Epidemiology 11(1), 14-17.

Korrelation der HRV mit dem Lake-Louise-Score im Rahmen einer Elbrus-Besteigung

Boehm, H.
Lauingen

Hintergrund und Zielsetzung

Im Rahmen einer Elbrus-Besteigung, ohne vorherige Akklimatisierung, sollte anhand eines aggressiven Höhenprotokolls eine akute Bergkrankheit (AMS) provoziert, und anhand des Lake-Louise-Scores (LLS) deren Ausmaß abgeschätzt, und auf eine potentielle Korrelation mit der HRV hin untersucht werden.

Methodik

Zur Bestimmung der HRV wurde ein mit integriertem Speicherchip versehener Brustgurt („Memory-Belt“) der Marke „Suunto“ verwendet, auf dem etwa 5-minütige Herzfrequenzphasen gespeichert wurden. Parallel wurde die O_2 -Sättigung (SaO_2) mit Hilfe eines „Nonin“ Pulsoxymeters (Oxymeter 9500) bestimmt.

Ergebnisse

Gut erkennbar ist der gegenüber dem LLS gegenläufige Trend der weitgehend parallel verlaufenden HRV-Parameter, sowie der nahezu spiegelbildliche Verlauf des Stressindex zur SDNN. Eine Zunahme des LLS geht stets mit einer Erhöhung der Herzfrequenz und einer niedrigen SaO_2 einher. Nächtliche Ruhephasen (■) sowie Abstiegsphasen (▨) zeigen sich in einer deutlichen Verbesserung der HRV-Parameter und der SaO_2 bei simultanem Abfall des LLS und des Stressindex, was in der größeren Höhe jedoch diskreter ausfällt, wo hingegen Aufstiegsphasen (▩) erwartungsgemäß reziproke Kurvenverläufe aufweisen.

Schlussfolgerungen

Die Ergebnisse zeigen eine gute Korrelation zwischen den gemessenen HRV-Parametern und dem Lake-Louise-Score. An einer sequenziellen Verbesserung der HRV-Parameter während der Ruhephasen/Abstiege sind Adaptationsprozesse zu erkennen; die Kurvenverläufe bestätigen die Eingangs geäußerte Vermutung, dass die HRV nicht nur mangelnde Adaptationsprozesse, sondern Anpassungsprozesse ganz allgemein sehr sensitiv abzubilden in der Lage ist.

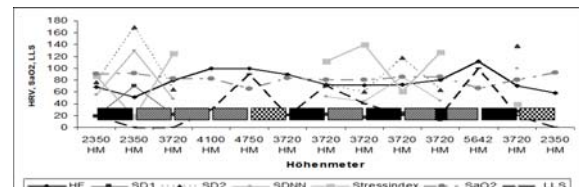


Abb. 1: HRV-Parameter, SaO_2 und Lake-Louise-Score in unterschiedlicher Höhe.

Literatur

- Küpper, T. et al. (2009). *Moderne Berg- und Höhenmedizin*. Stuttgart: Gentner Verlag.
Berghold, F. & Schaffert, W. (2008). *Handbuch der Trekking- und Expeditionsmedizin*. München: DAV Summit Club GmbH.

Trait Emotional Intelligence in Sport: an influence on HRV during exposure to competitive stressor?

Laborde, S.

UFR STAPS Caen, Institute of Psychology, German Sport University Cologne, Germany

Introduction

Trait emotional intelligence (Trait EI; Petrides, 2009) refers to a constellation of emotional self-perceptions at the lower levels of personality hierarchies (Petrides, Pita, & Kokkinaki, 2007). Trait EI has been related to a more efficient way to cope with stress (Mikolajczak, Menil, & Luminet, 2007), however it has never been explored in sport, a domain known for its high pressure. Therefore, the purpose of this study was to analyze the influence of trait EI on the evolution of an indicator of mental stress, the LF / HF ratio, when the athlete is exposed to a competition-like stressor.

Method

The study involved 30 male handball players ($M_{Age} = 22.5$; $SD = 1.7$). Their trait EI was measured with the Trait Emotional Intelligence Questionnaire (TEIQue; Petrides, 2009). Afterwards, in the lab, they were exposed to the following stressor during 20 minutes: negative imagery together with a crowd hissing. Their HR was recorded using the Nexus 4 device.

Results

Regression analysis showed that trait EI predicted significantly negatively the evolution of the ratio LF / HF (FFT) during the exposure to the stressor ($R^2 = .20$, $\beta = -.45$, $p = 0.013$).

Discussion

Through its influence on the LF / HF ratio, trait EI might help athletes to cope with stress and therefore help them to withstand the pressure of the competition.

References

- Mikolajczak, M., Menil, C., & Luminet, O. (2007). Explaining the protective effect of trait emotional intelligence regarding occupational stress: Exploration of emotional labour processes. *Journal of Research in Personality*, 41, 1107-1117. doi: 10.1016/j.jrp.2007.01.003
- Petrides, K. V., Pita, R., & Kokkinaki, F. (2007). The location of trait emotional intelligence in personality factor space. *British Journal of Psychology*, 98, 273-289. doi: 10.1348/000712606X120618
- Petrides, K. V. (2009). *Technical manual for the Trait Emotional Intelligence Questionnaire (TEIQue)*. London: London Psychometric Laboratory.

Akupunktur, Regeneration und kardiale Regulation nach Ausbelastung

Gonzalez-Rivera, J., Vogt, L., Thiel, C., Hübscher, M., Rosenhagen, A. & Banzer, W.
Abteilung Sportmedizin, Goethe Universität Frankfurt/Main

Hintergrund & Zielstellung

Studien zum Erholungsverhalten und zur Regeneration nach körperlicher Belastung sind in der Sportmedizin von wesentlicher Bedeutung. Erste Ergebnisse belegen die positiven Einflüsse der Akupunktur auf die körperliche und mentale Verfassung in der Nachwettkampfphase (Akimoto et al. 2003). Ziel dieser Studie war die Evaluation unmittelbarer Effekte der Nadelakupunktur auf die HRV in der Regenerationsphase.

Methodik

Sieben Freizeitsportler (25,8±2,3 J.) absolvierten im Abstand einer Woche zwei max. Fahrradergometerstufentests (50 W Start + 25 W alle 2 Min.) mit anschließender Akupunkturbehandlung. Die Nadelung erfolgte im Cross-Over-Design an Akupunktur- (TCM-Punkte) bzw. Nichtakupunkturpunkten (Sham-Behandlung). Die HRV wurde vor und nach Belastung kontinuierlich erfasst (Polar S810) und softwaregestützt analysiert (HRV-Analysis 1.1). Für die Frequenzparameter wurden die relativen Anteile des Ausgangswerts 2,5, 7,5 und 12 Minuten nach Belastung berechnet.

Ergebnisse

Durch Akupunktur zeigt sich 7,5 und 12 Minuten nach Belastung eine ca. 2- bzw. 3-mal höhere Total Power im Vergleich zur Sham-Akupunktur ($p < 0,05$) (Abb. 1). Für die übrigen Frequenzparameter wurden keine signifikanten Unterschiede ermittelt.

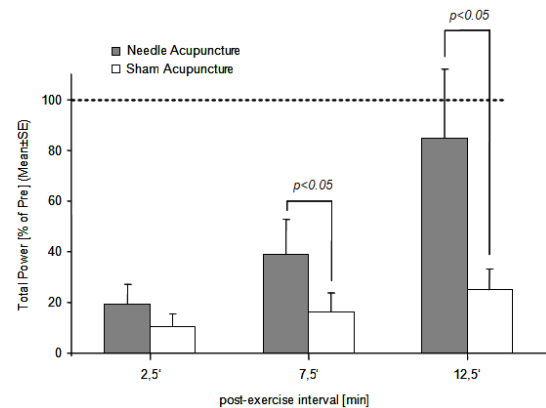


Abb. 1: Veränderungen der Total Power in der Nachbelastungszeit.

Schlussfolgerung

Registrierungen der HRV erscheinen zur Beschreibung vegetativer Regulationsvorgänge in der Nachbelastungsphase geeignet. Insgesamt sprechen die ermittelten Resultate für eine modulierende Wirkung der Akupunktur in der Regeneration. Weiterführend sind Effekte akupunkturinduzierter Veränderungen der kardialen Regulationslage in der Regeneration auf die sportliche Leistung zu evaluieren.

Literatur

- Akimoto, L. et al. (2003). *Med Sci Sport Exerc*, 35(8), 1296-302.

Multimodales Biofeedback physiologischer Zustandsgrößen während Entspannungsübungen

Mockenhaupt, J., Maschke, T., Meister, K. & Putschke, B.

Fachbereich Sozialversicherung, Hochschule Bonn-Rhein-Sieg

Hintergrund & Zielstellung

Entspannungsübungen bilden einen wertvollen Grundstein in der medizinischen Prävention und stellen eine ubiquitär verfügbare Methode der Gesundheitsförderung dar. Das Erlernen von Entspannungsübungen erfolgt gewöhnlich unter Anleitung eines Trainers/ Trainerin mit Hilfe suggestiver Sprachformeln, deren Wirkung vom Probanden subjektiv wahrgenommen wird und auch durch Messparameter wie HRV oder Hauttemperatur objektivierbar ist. Wir beschäftigen uns mit der Fragestellung, ob eine Rückführung dieser Messgrößen im Sinne eines Biofeedbacks das Erlernen bestimmter Entspannungsübungen erleichtern kann. Dabei gehen wir insbesondere auf die Form des Biofeedbacks ein.

Methodik

Ausgehend von einem normal konfigurierten Windows-Notebook erfolgen Hardware-Erweiterungen zur Aufnahme von Hauttemperatur, elektrodermalen Aktivität und der Herzaktionen. Die Messgrößen werden von einem AD-Wandler mit 10 Bit Signaltiefe quantifiziert und per USB-Schnittstelle zum Notebook übertragen. Die

Rückführung der erhobenen Messgrößen kann optisch, akustisch oder durch Vibration erfolgen. Die optische Rückführung ist durch großflächiges Einfärben des Bildschirms oder durch Anzeigen der aktuellen Messwerte möglich. Die akustische Rückführung nutzt Dissonanz- und Rausch-Effekte als symbolische Repräsentation des Anspannungsgrades. Mit der Vibration kann der Entspannungsgrad vermittelt tiefer Frequenzen auf der Körperoberfläche angezeigt werden.

Ergebnisse

Erste Ergebnisse zeigen, dass der optische Kanal nur bedingt als Biofeedback nutzbar ist, da viele Entspannungsübungen mit geschlossenen Augen der Probanden durchgeführt werden. Auch das Gehör ist i. d. R. mit der Aufnahme von Ansagen oder der Wahrnehmung von begleitender Musik belegt und eignet sich daher weniger als Medium. Die Vibration erwies sich von den drei Feedback-Kanälen als am besten geeignet zur Rückführung und Anzeige der Messgrößen. Die Untersuchungen zum Einfluss des Biofeedbacks auf die Entspannungsübungen selbst werden in diesem Sommer abgeschlossen und auf dem Symposium vorgestellt werden.

Schlussfolgerung

Die Vibration hat sich von allen drei untersuchten Biofeedback-Kanälen am besten bewährt. Welche Frequenzen und Modulationen das Biofeedback optimieren, müssen weitere Untersuchungen zeigen.

Literatur

Löllgen, D. et al. (2009). *Forum Stressmedizin*, 1, 1-11.
Mück-Weymann, M. et al. (2005). *Forum Stressmedizin*, 1, 1-5.

Herzfrequenzvariabilität bei der Anwendung der PMR und suggestiver Entspannung

Nitzsche, N., Ludorf, N. & Schulz, H.
Institut für Sportwissenschaft, Technische Universität Chemnitz

Hintergrund & Zielstellung

Im Rehabilitations- und Gesundheitssport werden je nach Indikation und Zielstellung Entspannungsverfahren eingesetzt. Grundsätzlich kann zwischen aktiven und passiven Methoden unterschieden werden. Ziel ist es mittels Entspannung eine physiologische und psychologische Stressreaktion zu reduzieren und damit den Vagotonus zu beeinflussen. Ziel der Studie war es, den Einfluss einer passiven und aktiven Entspannungsmethode auf messbare HRV Parameter zu überprüfen.

Methodik

Zehn weibliche Probanden wurden nach Prüfung der Einschlusskriterien randomisiert und mit Crossover-Design in zwei Gruppen eingeteilt (1. Woche: G1=PMR, G2=Phantasiereise/ 2. Woche: G1=Phantasiereise, G2=PMR). Jede Gruppe führte

über zwei Wochen dreimal wöchentlich eine vom Datenträger geleitete Entspannung durch. Dies erfolgte immer zur selben Tageszeit und in der gleichen Räumlichkeit (konst.Temp.) für 30 Minuten. Die HRV wurde mittels Suunto Memory Belts erfasst und mit dem Programm HRV-Analysis ausgewertet (256 RR-Intervalle im Endteil der Sitzung). Die statistische Auswertung erfolgte mittels ein- und zweifaktorieller ANOVA mit Messwiederholung. Post-hoc Analysen wurden nach Bonferroni Korrektur durchgeführt. Das Signifikanzniveau lag bei 5%.

Ergebnisse

Über die Untersuchungstage lagen innerhalb der Gruppen keine signifikanten Unterschiede in den HRV Parametern vor ($p>0,05$). Zwischen den Gruppen zeigten die HRV Parameter (SD1,SD2, Mean RR) keine signifikante Unterschiede ($p>0,05$). Im Verlauf einer Entspannung nahm bei der Phantasiereise die Mean RRSD um 3,4% zu und in der PMR 8,68% ab ($p<0,05$).

Schlussfolgerung

Aus den Ergebnissen lässt sich schließen, dass zwischen beiden Entspannungsverfahren keine Unterschiede bestehen. Es führen beide zu charakteristischen Verläufen der Entspannung, jedoch scheint die Anwendung passiver Methoden zu höheren parasympatischen Anteilen an der Gesamtvariabilität zu führen.

Literatur

Brennan, M., Palaniswami, M., Kamen, P. (2001): *Do existing measures of Poincare plot geometry reflect nonlinear features of heart rate variability?* IEEE Trans Biomed Eng 48: S. 1342-1347.
Hottenrott, K., Lauenroth, A., Schwesig, R. (2003): *Der Einfluss eines achtwöchigen Walkingtrainings auf die Herzfrequenz und die Herzfrequenzvariabilität bei über 60-Jährigen.* dvs, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Band 142, S. 191-197.
Mück-Weymann, M. (2003): *Anwendungen der Herzfrequenzvariabilität in Medizin und Psychologie.* dvs, Schriften der Deutschen Vereinigung für Sportwissenschaft Band 142, S. 55-64.

Effektivität von HRV-Biofeedback im Stressmanagement am Arbeitsplatz

Raaf, S.¹, Hermann, H.D.¹, Löllgen, D.² & Mayer, J.¹

¹Fachbereich Sportpsychologie, H:G Hochschule für Gesundheit und Sport Berlin

²Klinik und Poliklinik für Psychotherapie und Psychosomatik, Universitätsklinikum Carl Gustav Carus Technische Universität Dresden

Hintergrund & Zielstellung

Stress ist heute eine der Hauptursachen für krankheitsbedingten Arbeitsausfall und reduziertes Leistungsvermögen. Ziel sollte deshalb sein, stressassoziierte seelische Erkrankungen zu reduzieren, bzw. Arbeitnehmern Präventionsmaßnahmen anzubieten. Biofeedback-

Training auf Basis der Herzratenvariabilität (HRV) gewinnt an Bedeutung und soll sich durch individuelles und flexibles Training der Entspannungsfähigkeit auszeichnen. Die Methode des HRV-Biofeedbacks (EG) wurde hier der klassischen Atementspannung (KG) gegenüber gestellt und auf Effektivität überprüft.

Methodik

An der 8-wöchigen Untersuchung nahmen 40 Probanden (14 M/26 F) teil. Die Probanden wurden zwei Trainings-Methoden (EG, KG) randomisiert zugeteilt. Anhand der Parameter HRV (RSA –u. RMSSD-Wert), chronisches Stressempfinden (TICS) und Arbeitsleistung (WAI) wurde die Effektivität der Methoden untersucht. Die Probanden wurden jeweils vor, während und nach der Intervention getestet. Beide Gruppen trainierten 2x3 Minuten pro Arbeitstag entweder mit dem Biofeedbacksystem oder mit einer Atementspannungs-CD/MP3.

Ergebnisse

In der EG zeigten sich nach 8 Wochen signifikante Verbesserungen der HRV-Werte (RMSSD: $p=0.000$ und RSA: $p=0.000$). Auch beim SOZS- und SOZI-Skalen-Wert (TICS) zeigten sich signifikante Veränderungen (SZOS: $p=0.012$ und SOZI: $p=0.009$). In der KG zeigten sich keine signifikanten Veränderungen hinsichtlich der HRV-Werte, lediglich beim WAI konnten bessere Werte als bei der EG festgestellt werden (jedoch nicht signifikant $p=0.216$).

Schlussfolgerung

Die Untersuchung zeigt, dass das HRV-Biofeedback bzgl. der Entspannungsfähigkeit die effektivere Trainingsmethode ist. Die Probanden der EG beherrschten die Parasympathikusaktivierung nach acht Wochen signifikant besser, was als Hinweis gedeutet werden kann, dass diese Personen schneller und bewusster mit der sog. inneren Bremse umgehen können. Das HRV-Biofeedback-Training kann somit eine wirksame Methode für Unternehmen darstellen, Mitarbeitern/innen eine Trainingsmöglichkeit direkt am Arbeitsplatz anzubieten, die helfen kann, Stresszuständen und/oder Erkrankungen vorzubeugen oder sie zu reduzieren. Erfolge lassen sich anhand der physiologischen Werte direkt nachvollziehen, was für Unternehmen interessant ist, die die Wirksamkeit des angebotenen Trainings belegt sehen wollen.

Geistige Anstrengung – Auswirkungen auf kardio-respiratorische Beanspruchungsparameter und Herzratenvariabilität

Weippert, M., Stielow, J., Kreuzfeld, S., Preuss, M. & Stoll, R.

Institut für Präventivmedizin der Universität Rostock

Hintergrund & Zielstellung

Die Interpretation von Untersuchungsergebnissen zum Einfluss psychischer Belastungen auf peripher-physiologische Beanspruchungsparameter wird

oftmals durch das Auftreten von orthostatischen Varianzen, unterschiedlichen Atemmustern oder metabolischen Veränderungen aufgrund verschiedener muskulärer Beanspruchungen erschwert (Perini & Veicsteinas 2003). Dennoch erscheinen insbesondere kardiale Aktivitätsmaße aufgrund ihrer einfachen und relativ robusten Erfassung für die Abschätzung psychischer Beanspruchungen sehr attraktiv.

Methodik

Es wurden 10 junge gesunde Personen (4 Frauen und 6 Männer, Median: 25 Jahre, Range: 22-32 Jahre) während sitzender Ruhe (R), sowie geringer geistiger Belastung (C, Schreiben von Zahlen nach Repräsentation eines visuellen Signals) und hoher geistiger Belastung (A, Kopfrechnen) untersucht. Neben der Erfassung von Herzschlagfrequenz (HF bzw. R-R Intervalle) und deren Variabilität (HRV), erfolgte die synchrone Messung respiratorischer Parameter wie Sauerstoffaufnahme (VO_2), Atemminutenvolumen (AMV) und Atemfrequenz (AF) sowie der Bewegungsaktivität (Accelerometrie). Test auf Signifikanz der Mittelwertunterschiede erfolgte mittels Friedman- bzw. Wilcoxon-Test.

Ergebnisse

Es zeigten sich signifikante Anstiege von HF, VO_2 , AMV, AF sowie eine Abnahme der LF- und HF-Power beim „Rechnen“ (A) verglichen mit „Ruhe“ (R) bzw. „Kontrollsituation“ (C). Die Änderungen der HRV-Parameter sind hoch mit der veränderten metabolisch-respiratorischen Aktivität korreliert.

Tab. 1: Kardiorespiratorische Beanspruchung bei unterschiedlicher geistiger Belastung (^asign. verschieden von (R) $p<0,01$, ^bsign. verschieden von (C) $p<0,01$, ^csign. verschieden von (A) $p<0,01$, ^dsign. verschieden von (C) $p<0,05$, ^esign. verschieden von (R) $p<0,05$, ^fsign. verschieden von (A) $p<0,05$).

	N	(R) MW±SD	(C) MW±SD	(A) MW±SD
durchschnittliches R-R-Intervall [ms]	10	851±126 ^c	864±141 ^c	762±122 ^{ab}
normierte Parameter (= Auslenkung in Relation zum individuellen Mittelwert (Mittelwert entspricht 1))				
LF-Power	10	1,20±0,53 ^c	1,27±0,44 ^c	0,54±0,24 ^{ab}
HF-Power	10	1,25±0,58 ^f	1,20±0,39 ^c	0,55±0,39 ^{ab}
VO_2	10	0,92±0,05 ^c	0,96±0,05 ^c	1,12±0,06 ^{ab}
AMV	10	0,91±0,06 ^c	0,93±0,07 ^c	1,16±0,08 ^{ab}
AF	10	0,81±0,13 ^{ab}	0,99±0,12 ^{ac}	1,20±0,14 ^{ab}

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse belegen einen Anstieg der kardiorespiratorischen Aktivität bei stärkerer geistiger Anstrengung. Dagegen führt die muskuläre Beanspruchung kleiner Muskelgruppen incl. geringer geistiger Beanspruchung (C) zu keiner metabolischen oder kardialen Aktivitätserhöhung, nur für die AF zeigen sich Unterschiede im Vergleich zu Sitzen (R). Die HRV-Parameter weisen die deutlichsten Auslenkungen als Reaktion auf geistige Anstrengung auf. Hierin liegt ein möglicher Informationsgewinn durch die HRV-Analyse.

Lineare und nichtlineare Parameter der Herzfrequenzvariabilität (HRV) in der unmittelbaren Erholungsphase nach Dauerbelastungen

Hoos, O.

Institut für Sportwissenschaft, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Hintergrund & Zielstellung

Ziel dieser Studie war es lineare (RMSSD, SDNN in ms) und nichtlineare (α_1) HRV-Kenngrößen nach Ausdauerbelastungen unterschiedlicher Dauer und Intensität mit etablierten Größen der Gesamtbeanspruchung abzugleichen.

Methodik

n=17 sportlich aktive Männer (Alter: $26,1 \pm 4,3$ a; Gewicht: $79,3 \pm 10,6$ kg) absolvierten nach einem Ausbelastungstest drei fahrradergometrische Dauerbelastungen (B1: 20min „moderat“; B2: 20min „intensiv“; B3: 60min „moderat“) an unterschiedlichen Tagen in randomisierter Reihenfolge. Neben relativer Wattleistung, VO_2 und Blutlaktat während der Dauerbelastungen wurden als weitere Beanspruchungs-kenngrößen der Trainingsimpuls (TRIMP, Banister & Calvert, 1980) und der Sauerstoffmeherverbrauch der 15minütigen Erholungsphase (EPOC, Brooks & Gaesser, 1980), sowie als HRV-Parameter RMSSD, SDNN und α_1 nach 3min Erholung varianz- und regressionsanalytisch ausgewertet.

Ergebnisse

Bei moderat Ausdauertrainierten (VO_{2max} : $49,9 \pm 7,3$ ml/(kg*min); P_{max} : 285 ± 31 Watt) gehen unterschiedliche Gesamtbeanspruchungen mit einer veränderten Vagusreaktivierung nach 3min Erholung einher (vgl. Tab.1). Ferner korrelieren RMSSD und SDNN mit $r=-0,40$ bzw. $r=-0,38$ mit TRIMP und $r=-0,52$ bzw. $r=-0,51$ mit EPOC, während α_1 mit $r=0,40$ mit EPOC korreliert.

Tab. 1: Belastungs- und Beanspruchungs-kenngrößen (MW $\pm$ SD) der drei Dauerbelastungen (B1-B3).

	B1	B2	B3	Statistik
Leistung (Watt/kg)	$1,7 \pm 0,3$	$2,5 \pm 0,5^{aacc}$	$1,7 \pm 0,3$	Einfaktorielles ANOVA mit Mwdh. (Bonferroni) a: $p < 0,05$; aa: $p < 0,01$ B1 vs. B2 b: $p < 0,05$; bb: $p < 0,01$ B1 vs. B3 c: $p < 0,05$; cc: $p < 0,01$ B2 vs. B3
% VO_{2max}	$50,3 \pm 6,6$	$69,9 \pm 10,2^{aacc}$	$48,4 \pm 5,3$	
Laktat (mmol/l)	$1,6 \pm 0,4$	$3,2 \pm 0,4^{aacc}$	$1,7 \pm 0,7$	
TRIMP (a.u.)	$13,7 \pm 2,7$	$30,9 \pm 9,2^{aacc}$	$43,7 \pm 17,4^{bb}$	
EPOC _{15min} (ml/kg)	$31,6 \pm 8,7$	$59,8 \pm 9,7^{aacc}$	$37,0 \pm 9,3$	
RMSSD _{3minEn} (ms)	$35,3 \pm 15,8$	$16,9 \pm 9,3^{aa}$	$22,0 \pm 13,6^{bb}$	
SDNN _{3minEn} (ms)	$49,7 \pm 19,7$	$27,5 \pm 12,3^{aa}$	$35,5 \pm 18,2^{bb}$	
α_1 _{3minEn}	$1,45 \pm 0,20$	$1,58 \pm 0,20^a$	$1,56 \pm 0,16^b$	

Schlussfolgerung

Im Konsens mit aktuellen Studien zur HRV-Erholung (Gladwell et al., 2010; Kaikkonen et al., 2010) könnten sowohl stark vagusassoziierte Zeitbereichsparameter wie RMSSD und SDNN als auch nichtlineare Kenngrößen wie α_1 in der unmittelbaren Erholungsphase Perspektiven für ein Beanspruchungsmonitoring im Ausdauertrainingsprozess bieten.

Literatur

Banister, E. W. & Calvert, T. W. (1980). *Can J Appl Sport Sci*, 5(3), 170-6.
Brooks, G. A. & Gaesser, G. A. (1980). *J Appl Physiol*, 49(6), 1057-69.

Gladwell, V. F. et al. (2010). *Clin Physiol Funct Imaging*, 30(1), 17-22.

Kaikkonen, P. et al. (2010). *Eur J Appl Physiol*, 108(3), 435-42.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) in Ruhe und Fettoxidation bei Ausdauerbelastung im Laufen

Ochentel, O., Braun, A., Reim, D. & Hoos, O.

Institut für Sportwissenschaft, Julius Maximilians Universität Würzburg

Hintergrund & Zielstellung

Das autonome Nervensystem (ANS) ist wesentlich an der neuroendokrinen Gewährleistung der energetischen Homöostase beteiligt (Peterson et al., 1988). Eine hohe Vagusaktivität scheint ferner eine günstige physiologische Voraussetzung für eine optimale biopositive Anpassung an Ausdauertraining zu markieren (Hautala et al., 2009). Ziel dieser Studie war es zu überprüfen, inwiefern Parameter der HRV im Orthostatetest als Marker des ANS einen Zusammenhang mit der Funktionalität und Leistung des Fettstoffwechsels unter körperlicher Belastung aufweisen.

Methodik

n=26 männliche, sportlich aktive Probanden (Alter: $24,5 \pm 3,1$ Jahre, VO_{2max} : $54,7 \pm 4,1$ ml/(min*kg)) unterzogen sich zunächst einer standardisierten Kurzzeit-HRV-Messung mit Lagewechsel vom Liegen zum Stehen (je 3min). Im Anschluss daran erfolgte ein mehrstufiger Lauftest zur spiroergometrischen Bestimmung der maximalen Fettstoffwechselrate (Fatmax, Meyer et al., 2009). Als lineare HRV-Kenngrößen wurden SDNN, RMSSD (in ms), LF, HF (FFT, in ms^2) sowie als Komplexitätsgröße SampEn bestimmt. Diese wurden mit dem Fatmax-Wert, sowie der Leistung und VO_2 an der maximalen Fettoxidationsrate (Fatmax, $P@Fatmax$, $VO_{2@Fatmax}$, $\%VO_{2max@Fatmax}$) korreliert.

Ergebnisse

Die Orthostasereaktion induziert eine typische Verschiebung von der dominant parasympathischen zur verstärkten sympathischen Herzfrequenzmodulation. Im Laufstufentest werden Fatmax-Werte von $40,35 \pm 10,1$ g/h bei Leistungen von $8,48 \pm 0,8$ km/h und einer Beanspruchung von $57 \pm 6\% VO_{2max}$ erreicht. Für die Liegend-Messung zeigen sich keine Zusammenhänge von linearen HRV-Parametern und Fatmax, jedoch moderate signifikante Zusammenhänge zwischen RMSSD und $P@Fatmax$ ($r=0,42$) sowie für SampEn und Fatmax ($r=-0,42$). Im Stehen korrelieren SDNN ($r=0,46$), RMSSD ($r=0,43$), LF ($r=0,42$) und HF ($r=0,48$) allesamt moderat mit $\%VO_{2max@Fatmax}$. Des Weiteren zeigt sich ein mittlerer Zusammenhang zwischen SampEn und $VO_{2@Fatmax}$ ($r=0,55$) bzw. $P@Fatmax$ ($r=0,45$).

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse belegen einen Zusammenhang von vagusassoziierten und komplexen HRV-Parametern im Stehen und der Leistung bzw. Beanspruchung an der maximalen Fettstoffwechselrate. Eine hohe Komplexität der autonomen Regulation bzw. eine ausgeprägte Vagusaktivität bei leichter Stressbelastung (Orthostasereaktion) könnten somit auf eine günstige Fettstoffwechselleistung bei nachfolgender Ausdauerbelastung hindeuten. Diesbezügliches Potential der HRV für eine Optimierung des Fettstoffwechseltrainings im Ausdauersport gilt es in künftigen Studien weiter abzuklären.

Literatur

Hautala A, J. et al. (2009). *Neurosci Biobehav Rev*, 33(2), 107-15.
Meyer, T. (2009). *Scand J Med Sci Sports*, 19(2), 213-21
Peterson H.R. et al. (1988). *N Engl J Med*, 318(17), 1077-83.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektives Belastungsempfinden (RPE) bei erschöpfender Ausdauerbelastung

Böselt, T.¹ & Hoos, O.²

¹ Institut für Sportwissenschaft, Universität Marburg

² Institut für Sportwissenschaft, Universität Würzburg

Hintergrund & Zielstellung

Ziel der Studie war die Analyse des Zusammenhangs zwischen linearen und nichtlinearen Parametern der HRV und des subjektiven Belastungsempfindens (RPE) während erschöpfender fahrradergometrischer Dauerbelastung.

Methodik

n=19 Radsportler (Alter: 25,1±3,8a, Gewicht: 77,3±8,4kg; VO₂max: 55,4±5,4ml/(kg*min)) absolvierten auf dem Radergometer eine submaximale Dauerbelastung mit IANS-Leistung bis zum Belastungsabbruch. Die Erfassung der HRV erfolgte über SDNN und RMSSD (in ms), sowie die nichtlinearen Kenngrößen α_1 und α_2 der DFA. Additiv wurden das subjektive Belastungsempfinden (RPE, CR-10), Blutlaktat und Sauerstoffaufnahme (VO₂) alle fünf Minuten erhoben und relativ zur Gesamtbelastungszeit auf 10%-Schritte interpoliert. Neben der Korrelation mit dem RPE wurden die Verläufe mittels ANOVA mit Messwiederholung überprüft.

Ergebnisse

Tab. 1: Leistungs-, und Beanspruchungskenngrößen (RPE, VO₂, Laktat) und HRV-Parameter (MW±SD) bei 20%, 50% und 100% Belastungsdauer der erschöpfenden Dauerbelastung.

Parameter	20%	50%	100%	r mit RPE	Statistik
Leistung (Watt)	239±28	239±28	239±28	-	* p<0,05, ** p<0,01
% VO ₂ max	73,6±5,8	75,7±5,6**	79,2±6,5***	r=0,31	20% vs. 50%;
Laktat (mmol/l)	2,4±0,8	2,8±1,1**	4,4±1,7***	r=0,45**	* p<0,05, ** p<0,01
Hf (1/min)	150±12	167±12**	182±10***	r=0,75**	20% vs. 100%;
SDNN (ms)	13,6±8,8	4,9±1,5**	3,4±0,7***	r=-0,63**	* p<0,05, ** p<0,01
RMSSD (ms)	3,1±1,1	3,1±0,9	3,7±1,1*	n. s.	50% vs. 100%
alpha1 (α_1)	0,97±0,3	0,58±0,24**	0,34±0,13***	r=-0,73**	n. s. nicht signifikant
alpha2 (α_2)	1,52±0,16	1,44±0,17	1,18±0,28**	r=-0,56**	* <0,01
RPE (CR-10)	2±2	5±2**	9±1***	-	** <0,05

Bei hochsignifikant steigender Beanspruchung und Abbruchzeiten von 77,5±15,3min korreliert RPE neben der Hf vor allem mit SDNN, α_1 und α_2 (vgl. Tab. 1).

Schlussfolgerung

Analog zu ansteigender Belastungsintensität zeigen unsere Ergebnisse für eine erschöpfende Dauerbelastung einen drastischen Amplituden- und Komplexitätsverlust der HRV, welcher in der Abnahme verschiedener Systemregulatoren und/oder der Reduktion auf intrinsische Regulationsmechanismen begründet sein könnte (Casties et al., 2006; Platisa & Gal, 2008). Ein Verlust der Komplexität der Hf-Regulation scheint dabei eng mit steigenden RPE-Werten assoziiert und könnte so eine leistungslimitierende Wirkung bei erschöpfender Ausdauerbelastung vermitteln (Marcora & Staiano, 2010).

Literatur

Casties, J. et al. (2006). *Int J Sports Med*, 27(10), 780-5.
Platisa, M. M. & Gal, V. (2008). *Eur Biophys J*, 37(7), 1247-52.
Marcora, S. M. & Staiano, W. (2010). *Eur J Appl Physiol*, 109(4), 763-70.

Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektives Belastungsempfinden (SBE) während spielsportspezifischer Ausdauerbelastung

Gerhard, J., Lott, C. & Hoos, O.

Institut für Sportwissenschaft, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Hintergrund & Zielstellung

Ausdauerbelastungen mit zunehmender Intensität gehen einerseits mit einem ansteigenden Belastungsempfinden (Borg et al., 1985) und andererseits mit einer stark reduzierten HRV und einem Komplexitätsverlust der RR-Zeitreihe einher (Casties et al., 2006; Platisa et al., 2008). Ein direkter Zusammenhang zwischen HRV und SBE ist bis dato allerdings nicht gezeigt worden. Ziel dieser Studie war es deshalb, die Relation von HRV und SBE während spielsportspezifischer Ausdauerbelastung zu analysieren.

Methodik

n=23 sportlich aktive Männer und Frauen (Alter: 23,3±6,4 a; Gewicht: 67,6±12,2 kg) absolvierten einen modifizierten Yo-Yo intermittent recovery test level 1 (Yo-YoIR1mod) (Krustrup et al., 2003). Neben Hf und HRV wurden das SBE (7-stufig) erfasst. Als HRV-Kenngrößen für jede Belastungsstufe wurden RMSSD, SDNN (jeweils in ms), LF (0,04-0,15Hz), HF (0,15-1,0Hz) mittels FFT (jeweils in ms²) sowie alpha1 und SampEn berechnet und mit dem SBE regressionsanalytisch in Verbindung gebracht.

Ergebnisse

Bei einer YoYo-Laufleistung von 2192 ± 747 m sind mit steigendem SBE von 2 auf 7 signifikant abnehmende Werte von SDNN ($6,2 \pm 3,0$ vs. $3,2 \pm 1,0$ ms), LF ($9,6 \pm 10,7$ vs. $4,5 \pm 3,5$ ms²) und alpha1 ($1,04 \pm 0,29$ vs. $0,49 \pm 0,19$) zu verzeichnen. Demgegenüber steigen Hf (167 ± 16 vs. 195 ± 9 S/min), HF ($1,7 \pm 0,7$ vs. $2,6 \pm 1,5$ ms²) und SampEn ($1,04 \pm 0,16$ vs. $2,12 \pm 0,21$) signifikant an, während RMSSD ($4,8 \pm 1,8$ vs. $4,3 \pm 1,1$ ms) stabil bleibt. Neben der Hf ($r=0,68$) weisen mit Ausnahme von RMSSD (n.s.) alle linearen HRV-Kenngrößen einen moderaten signifikanten Zusammenhang mit SBE auf ($r=-0,59$ für SDNN, $r=-0,40$ für LF, $r=0,45$ für HF), während die nichtlinearen Kenngrößen alpha1 ($r=-0,76$) und SampEn ($r=0,70$) starke Korrelationen zeigen.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse bestätigen vorhandene Literaturbefunde zur HRV unter kontinuierlicher Stufentestung (Casties et al., 2006; Platasa et al., 2008) und zeigen auch für intermittierende, sportspezifische Ausdauerbelastung einen intensitätsbedingten drastischen Amplituden- und Komplexitätsverlust. Steigendes Anstrengungsempfinden scheint dabei eng verbunden mit einem Komplexitätsverlust der Herzfrequenzregulation, was der HRV innerhalb von komplexen perzeptionsbasierten Ermüdungsmodellen (Noakes et al., 2005) eine bedeutsame Rolle beimessen könnte, die es in zukünftigen Studien weiter zu beleuchten gilt.

Literatur

Borg, G. et al. (1985). *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 54(4), 343-9.
Casties, J. et al. (2006). *Int J Sports Med*, 27(10), 780-5.
Krustrup, P. et al. (2003). *Med Sci Sports Exerc*, 35(4), 697-705
Platasa, M.M. et al. (2008). *Physiol Meas*, 29(4), 439-50
Noakes, T. et al. (2005). *Br J Sports Med*, 39(2), 120-4

Zusammenhang von Herzfrequenzvariabilität (HRV) und subjektiv empfundener Gesamtbeanspruchung (sRPE) bei Spisportlern

Megerle, F., Reim, D., Giewekemeyer, H. & Hoos, O.
Institut für Sportwissenschaft, Julius-Maximilians-Universität Würzburg

Hintergrund & Zielstellung

Jüngste Untersuchungen deuten anhand des Zusammenhangs von Trainingsbelastung einerseits und der autonomen Antwort in Ruhe bzw. beim Orthostasetest andererseits Potentiale für die HRV im Beanspruchungsmonitoring an (Buchheit & Gindre, 2006; Gilder & Ramsbottom, 2008; Manzi et al., 2009). Ziel der Studie war es, den Zusammenhang zwischen subjektiv empfundener Gesamtbeanspruchung und Kenngrößen der HRV

während einer 8-wöchigen Saisonvorbereitung von semiprofessionellen Spisportlern zu untersuchen.

Methodik

n=5 Basketballer der zweiten Bundesliga (Alter: $25,4 \pm 2,2$ a; Gewicht: $90,4 \pm 12,1$ kg) nahmen über 8 Trainingswochen zu jeder Trainingseinheit eine individuelle subjektive Einschätzung (Skala 1-7) der Beanspruchung vor. Daraus wurden in Anlehnung an Foster et al., (2001) jeweils vierwöchige Gesamtbeanspruchungs-Scores (sRPE-Scores) berechnet. Zusätzlich erfolgte vor (t1), nach 4 Wochen (t2) und nach 8 Wochen (t3) der Trainingsphase eine HRV-Messung mit Orthostasetest (je 3min liegend/stehend). MeanRR, RMSSD und SDNN (in ms) wurden im Trainingsverlauf analysiert und mit dem sRPE-Score in Verbindung gebracht.

Ergebnisse

Nach den ersten vier Trainingswochen (t2) bleiben alle HRV-Parameter nahezu unverändert bei sRPE-Scores von 195 ± 28 . Nach dem zweiten vierwöchigen Trainingsblock (t3), der eine zweiwöchige Taperingphase unter Reduktion des Trainingsumfanges umfasst, erhöhen sich MeanRR ($+10\%$; $p=0,08$, $\eta^2=,287$), RMSSD ($+36\%$; $p=0,09$, $\eta^2=,235$) und SDNN ($+20\%$; $p=0,06$, $\eta^2=,300$) tendenziell bei ähnlichen bzw. leicht erhöhten sRPE-Scores von 231 ± 22 . Ferner zeigen sich für die zweite Trainingsphase klar identifizierbare invers-parabelförmige Zusammenhänge zwischen RMSSD, SDNN und meanRR im Stehen und den sRPE-Scores ($R^2>0,64$), die für den ersten Trainingsblock nicht nachweisbar sind.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse belegen einen grundsätzlichen Zusammenhang von Trainingsbelastung und HRV im Orthostasetest (Gilder & Ramsbottom, 2008). Auch die Ausprägung eines invers-parabelförmigen Zusammenhangs von subjektiv empfundener Gesamtbeanspruchung und vagusdominierten HRV-Kenngrößen im Trainingsverlauf ergänzt den Befund von Manzi et al. (2009), der einen Zusammenhang zwischen Trainingsimpuls und HRV belegt. Unsere Untersuchung spricht ferner für eine Angleichung von subjektiver Anstrengungswahrnehmung und objektiver biopositiver Anpassung der autonomen Funktion, dessen Potential für ein Beanspruchungsmonitoring im Leistungssport in weiteren Studien abzuklären ist.

Literatur

Buchheit, M. & Gindre, C. (2006). *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 291(1), H451-8.
Foster, C. et al. (2001). *J Strength Cond Res*, 15(1), 109-15.
Gilder, M. & Ramsbottom R. (2008). *Auton Neurosci*, 143(1-2), 73-6
Manzi, V. et al. (2009). *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 296(6), H1733-40

Effekte eines kombinierten Ausdauer-Kraft-Trainings auf die sympathikovagale Balance von Personen mit erhöhtem kardiovaskulärem Risiko

Kreuzfeld, S., Preuss, M., Weippert, M. & Stoll, R.
Institut für Präventivmedizin der Medizinischen
Fakultät der Universität Rostock

Hintergrund & Zielstellung

Körperliche Inaktivität gilt als separater Risikofaktor für Herz-Kreislauf-Erkrankungen (HKE). Überprüft werden soll die Eignung verschiedener Parameter der Herzfrequenzvariabilität, kurz- und mittelfristige, positive Effekte von Gesundheitsförderungsprogrammen bei über 50-jährigen, bisher inaktiven Personen abzubilden und einen Zusammenhang zur 10-Jahres-Gesamtmortalität aufgrund kardiovaskulärer Ereignisse herzustellen.

Methodik

Im Rahmen einer arbeitsmarktintegrativen Maßnahme nahmen 24 Langzeiterwerbslose (15 Männer, 9 Frauen, Alter: $53,6 \pm 1,1$ J.) freiwillig über 8 Wochen an einem angeleiteten Kraft-Ausdauer-Training teil. Anschließend bestand die Möglichkeit, das Training selbständig für 6 Monate fortzusetzen. Erfasst wurden die kardiopulmonale Leistungsfähigkeit (VO_2max , Rampentest) und Risikofaktoren für Herz-Kreislauf-Erkrankung vor Trainingsbeginn (t1) sowie 8 Wochen (t2) und 8 Monate (t3) danach. Die HRV-Analysen (Kubios HRV 2.0, Finnland¹) basieren auf 40-minütigen Ruhephasen im Liegen (POLAR S810i, Finnland) zu den o.g. Messzeitpunkten.

Ergebnisse

Neben der Steigerung der körperlichen Leistungsfähigkeit zeigten sich bezogen auf t1 signifikante Erhöhungen diverser HRV-Parameter im Sinne einer Verbesserung der sympathikovagalen Balance und eine Reduktion des kardiovaskulären Risikos (PROCAM Score), allerdings nur für die Gruppe derjenigen, die das Training freiwillig fortsetzten. Die höchsten, signifikanten Zusammenhänge (Korrelationen nach Spearman) zeigten sich für den PROCAM Score und NN50 ($r = 0,59$ $p < 0,05$).

Tab. 1: Gruppe der Sportfortsetzer ($n=14$), signifikante Verbesserungen in Bezug auf t1 sind gekennzeichnet: * $p < 0,05$; ** $p < 0,01$

Parameter MW(SD)	t1	t2	t3
rel VO_2max ($\text{ml/kg} \cdot \text{min}^{-1}$)	22,7 (3,6)	25,79 (6,0) *	24,77 (6,3)
RMSSD (ms)	17,23 (8,3)	21,98 (11,4) *	21,87 (7,5) **
NN50 (Anzahl)	48,57 (83,6)	97,57 (140,3) *	76,43 (83,1) *
HF (ms^2)	150,0 (148,6)	237,9 (247,7) *	193,2 (139,8) *
SD 1 (ms)	12,18 (5,9)	15,54 (8,1) *	15,46 (5,3) **
PROCAM Score	10,4 (7,9)	8,5 (7,2) **	7,1 (6,9) **

Schlussfolgerung

Auch bei Personen mit diversen Risikofaktoren für HKE ist die HRV-Analyse geeignet, kardioprotektive Effekte körperlicher Aktivität nachzuweisen.

Literatur

¹Niskanen, J.P. et al. (2004). *Comput Meth Programs Biomed*, 76, 73-81.

Autonome kardiale Regulation und alpiner Skilauf mit herzkranken Kindern

Rosenhagen, A.¹, Höhn, R.², Vogt, L.¹, Hofstetter, R.² & Banzer, W.¹

¹ Abteilung Sportmedizin, Goethe Universität, Frankfurt am Main

² Klinik für pädiatrische Kardiologie, Goethe Universität, Frankfurt am Main

Einleitung

Sportliche Betätigung beeinflusst das vegetative Nervensystem. Ein hoher vagaler Tonus wird dabei übereinstimmend als protektiver Faktor für kardiale Arrhythmien und plötzlichen Herztod angesehen. Untersucht wird der Einfluss einer einwöchigen Skifreizeit auf die Regenerations-HRV herzkranker Kinder und Jugendlicher ($n=20$).

Methodik

Häufigste Diagnosen in der Stichprobe ($n=20$; $13,6 \pm 4,3$ Jahre; $M=15$, $W=5$) waren totale cavopulmonale Verbindung (8) sowie Stenosen der Aorten- und Pulmonalklappe (3 bzw. 4). Die Messungen fanden am Morgen des zweiten (A) und des letzten (E) Skitages statt. Die HRV-Veränderungen in einem standardisierten Orthostase-Test (HF und LF) wurden mit einer vier Stunden vorher gemessenen Nachtaufzeichnung (TP) verglichen. Die Kurzzeit-HRV-Registrierungen erfolgten im Schlaf mittels Lifecard CF compact Flashcard Holter (Reynolds). Die Messungen fanden auf einer Höhe von 1140m statt, das Skigebiet liegt zwischen 1300m und 2000m.

Ergebnisse

85% der Kinder zeigten eine Verstärkung der HF (2 Spalte, Tabelle 1) und 75% einen Anstieg der TP nachts zwischen 15 und 88% (1. Spalte). In mehr als 80% fand sich eine gleichsinnige Veränderung zwischen HF (morgens) und TP (nachts) (grau markiert, Spalten 1+2). 55% zeigten eine geringere LF und fast 60% eine Verschiebung der LF im Gegensatz zur TP (grau, Spalte 3).

Tab. 1: Änderung der HRV-Parameters während einer einwöchigen Skifreizeit:

- a total power (TP) Tiefschlaf;
- b high frequency (HF) liegend, nach 5 min Stehen;
- c low frequency (LF) Orthostase nach Aufwachen
- d Datenverlust, technischer Problem

Pat	TP (nachts) ^a	HF (liegend) ^b	LF (stehend) ^c
1	↑	↑	↑
2	↑	↑	↓
3	↓	↑	↑
4	↑	↑	↓
5	↓	↑	↑
6	↑	↑	↑
7	↑	↓	↓
8	↑	↑	↑
9	↓	↓	↓
10	↑	↑	↑
11	↑	↑	↑
12	↑	↑	↓
13	↓	↓	↓
14	↑	↑	↑
15	↑	↑	↑
16	↑	↑	↓
17	Ø d	↑	↑
18	Ø d	↑	↓
19	Ø d	↑	↓
20	Ø d	↑	↑

Diskussion und Schlussfolgerung

Es konnte gezeigt werden, dass es während einer einwöchigen Skifreizeit mit herzkranken Kindern zu einer Verstärkung der Gesamtvariabilität und einer verstärkten parasympathischen Einflussnahme auf das Herz nach Kreislaufstress kommt. Die Ergebnisse können im Sinne einer Verbesserung der vegetativen Adaptation an mittelfristige sportliche Belastung (Gesamtvariabilität) sowie einen verbesserten Regenerationseffekt nach Kreislaufstress (HF) interpretiert werden. Die Rolle der LF bleibt in diesem Zusammenhang unklar.

Herzfrequenzvariabilität als Indikator von Belastungen bei Ziegen

Waiblinger, S.¹, Nordmann, E.¹, von Hof, J.¹, Schmied, C.¹, Keil, N.M.², Aschwanden, J.² & Langbein, J.³

¹Institut für Tierhaltung und Tierschutz, Veterinärmedizinische Universität Wien

²Zentrum für tiergerechte Haltung von Wiederkäuern und Schweinen, Agroscope Reckenholz-Tänikon ART

³Fachbereich Verhaltensphysiologie, Forschungsinstitut für die Biologie landwirtschaftlicher Nutztiere

Hintergrund & Zielstellung

Verschiedene Typen von Fressgittern für Ziegen unterscheiden sich im Hinblick auf die Leichtigkeit des Betretens und Verlassens, der Sichteinschränkung nach hinten (auf eventuell herannahende dominante Tiere) sowie dem Vorhandensein oder Fehlen fester Fressplätze. Ziel unserer Studie war es, den Einfluss verschiedener Fressgittertypen auf (sozialen) Stress zu untersuchen.

Methodik

An 55 Ziegen in 4 Gruppen (2 behornzte Ziegen, 2 hornlose) wurden 4 Fressgittertypen (FG) verglichen, von 30 Tieren wurden IBI Daten analysiert. Die Gruppen befanden sich rotierend jeweils 4 Wochen an jedem FG. Die RR-Intervalle (IBI) wurden an zwei Tagen pro FG mit Polar™ Horse Trainern gemessen. Daten von ungestörten Liegephasen ($\geq 7,5$ min; maximalen Fehlerrate 5% der IBI) wurden nach erfolgter Korrektur mittels Multidat (© by Mohr 1997) bearbeitet und mit GLMM statistisch ausgewertet.

Ergebnisse

Tab. 1: Geschätzte Randmittel der gemischten Effekte Modelle von HRV-Parametern der Ziegen in den 4 Fressgittertypen.

	Nacken- riegel -n	Palisade Metall -m	Palisade Holz -w	Diagonal- gitter -d
RMSSD - hornlos	22,45	34,59	37,05	17,79
behornt	22,87	20,11	21,54	26,23
Determinism - hornlos	64,90	49,95	60,83	72,60
behornt	64,91	68,00	68,72	64,08

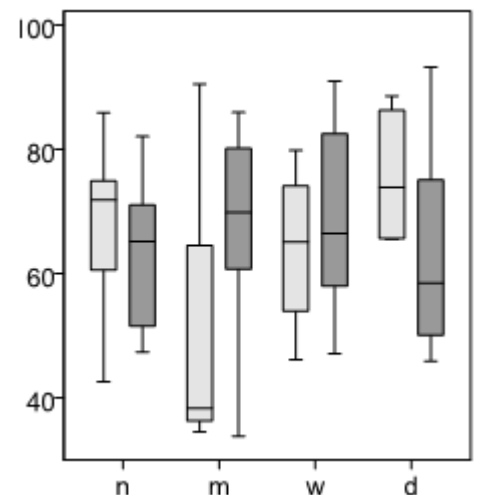


Abb. 1: Boxplots des Determinismus in % für hornlose (hellgrau) und behornzte (dunkelgrau) Tiere in den 4 Fressgittertypen.

Der Fressgittertyp (FG) beeinflusste die Herzfrequenzvariabilität ($p < 0,05$ bis $p < 0,1$) in Abhängigkeit von der Behornung ($p < 0,05$ für Interaktion FG*Hörner). Bei behornzten Ziegen zeigt sich kein Einfluss. Bei hornlosen ist die RMSSD am höchsten und Determinism am niedrigsten in den PalisadeFG, während die Tiere bei Diagonalgitter und Nackenriegel die niedrigste HR-Variabilität aufweisen.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen die geringste Belastung der hornlosen Ziegen in der Bucht mit der Metallpalisade und die höchste beim Diagonalfressgitter, aber auch dem Nackenriegel. Diese Ergebnisse bilden eine wertvolle Ergänzung zu Verhaltensparametern und Messungen der Nebennierenrindenaktivität, so dass klare Aussagen hinsichtlich der Eignung von Fressgittern, bzw. allgemein der Tiergerechtigkeit der Haltung (z.B. auch Hagen et al. 2004), getroffen werden können.

Literatur

Hagen, K. et al. (2005). *Physiology and Behaviour*, 85, 195-204.

Validierungsstudie zum Einsatz eines funklosen Brustgurt

Sammito, S.¹, Darius, S.² & Böckelmann, I.²

¹Fachsanitätszentrum Augustdorf

²Bereich Arbeitsmedizin, Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg

Hintergrund & Zielstellung

Die Herzfrequenzvariabilität (HRV) hat in der jüngsten Vergangenheit zunehmend an Bedeutung im Rahmen verschiedenster Fragestellungen in Forschung und Klinik gewonnen. Dabei ist bei der Vielfalt der Messverfahren wichtig zu beachten, dass jedes von ihnen die Gütekriterien entsprechend der DGAUM-Leitlinie zu erfüllen hat (DGAUM 2006). Beim Einsatz von funkübertragenden Pulsuhrsystemen kommt es aber im Bereich von elektromagnetischen Feldern, Stromleitungen (Hottenrott, 2007) oder auch innerhalb von Fahrzeugen (Sammito 2008) zu massiven Datenartefakten. Ziel unserer Studie war die Validierung eines funklosen Brustgurt (Suunto Memory Belt [SMB]) zur HRV-Analyse unter Laborbedingungen und in Fahrzeugen (Rettungswagen [RTW] bzw. gepanzerter Mannschaftstransportwagen [MTW]) gegenüber einem mittels Kabel übertragenden Systems (Schiller MT-101).

Methodik

27 gesunde freiwillige Probanden ohne kardiale Vorerkrankungen (19 männlich und 8 weiblich; $24,1 \pm 4,1$ Jahre) nahmen an der 40-minütigen Versuchsdurchführung unter Laborbedingungen und/oder in Fahrzeugen RTW und/oder MTW unter Ruhebedingungen (liegend/sitzend) teil. In jeder Versuchsdurchführung wurden vom Probanden beide Messgeräte gleichzeitig getragen. Bei den beiden Fahrzeugversuchen wurde zusätzlich nach den ersten 20 Minuten der zunächst ausgeschaltete Motor angeschaltet, so dass das Fahrzeug im Leerlauf lief.

Ergebnisse

Insgesamt konnten 57 Versuchsdurchführungen (21xLaborbedingungen, 21xRTW, 15xMTW) erfasst werden. Der SMB zeigte insgesamt nur geringe Artefaktaten (0,55% aller Herzaktionen). Die mittlere Abweichung des RR-Intervalls nach manueller Synchronisation betrug zwischen SMB und Schiller-EKG $0,03 \text{ ms} \pm 12,60 \text{ ms}$ (0,004%). Hierbei wurde ein Limit of Agreement (LoA) von 98,19% erreicht. Es konnte keine Beeinträchtigung durch den laufenden Motor festgestellt werden. Ein Vergleich der HRV-Analyseparameter (MeanRR, SDNN, RMSSD, LF, HF, LF/HF, SD1, SD2) zeigten LoA von 91,23 bis 94,74%.

Schlussfolgerung

Die hier vorliegende Studie zeigt erstmalig die Validität eines funklosen Brustgurtssystems zur Messung von RR-Intervallmessungen in

Fahrzeugen. Im direkten RR-Intervallvergleich fand sich eine sehr hohe Übereinstimmung zwischen den beiden untersuchten Systemen. Auch der Vergleich der HRV-Parameter bestätigte eine akzeptable Übereinstimmung. Gerade für medizinische Fragestellungen stellt das hier untersuchte Brustgurtssystem damit eine Alternative für Feldversuche dar. Weitere Untersuchungen müssen jedoch noch die Validität der HRV-Daten unter höheren (z. B. körperlichen) Belastungen zeigen.

Literatur

DGAUM (2006). *Arbeitsmed Sozialmed Umweltmed* 41, 352-355.

Hottenrott K. (2007). *Meyer & Meyer Verlag Aachen*. 2. Auflage.

Sammito S. (2008). 12. *Symposium „Arbeitsmedizin für Nachwuchswissenschaftler“*, Schwerte.

Individuell unterschiedliche Vergleichbarkeit von R-R-Detektionen mit verschiedenen Messgeräten

Weippert, M., Rieger, A. & Stoll, R.

Institut für Präventivmedizin der Universität Rostock

Hintergrund & Zielstellung

Ziel der Studie war die Untersuchung von personenspezifischen Abweichungen bei der Verwendung unterschiedlicher Messgeräte zur Erfassung von R-R-Intervallen.

Methodik

Die R-R-Intervalle von 19 männlichen Personen (22-32 Jahre) wurden bei unterschiedlichen Tätigkeiten mit Hilfe von 3 mobilen Messgeräten (Polar S810i, Suunto t6, Holter-EKG) synchron aufgezeichnet. Aus diesen Daten wurden 300 artefaktfreie, zufällig verteilte R-R-Datenpaare für jeden Probanden ausgewählt. Dabei wurde ein R-R-Bereich von 600-900 ms abgedeckt.

Ergebnisse

Der Intra-Klassen-Koeffizient belegt für die gesamte Untersuchungsgruppe zunächst einen hohen Grad an Übereinstimmung zwischen allen drei Messsystemen (ICC 0,998) hinsichtlich der Erfassung von R-R-Intervallen. Eine Bland-Altman-Analyse zeigt a), dass die ermittelten Abweichungen unabhängig vom Messniveau auftreten und b) geräte- und personenspezifisch streuen (Abb.1).

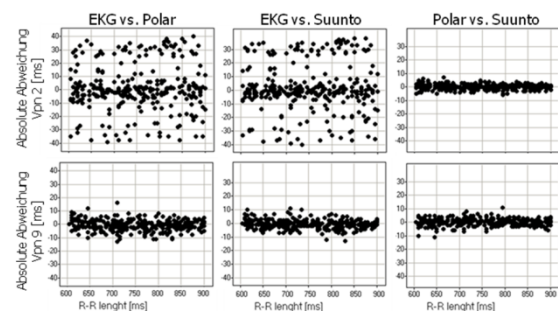


Abb. 1: Personen- und gerätespezifische Abweichungen bei der Messung von R-R-Intervallen.

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse zeigen, dass ein Großteil der bei Gerätevergleichen ermittelten Abweichungen durch individuelle Besonderheiten hervorgerufen wird. In unserer Untersuchungsgruppe wies nur ein Proband Standardabweichungen der relativen Gerätedifferenzen von mehr als 2% auf und dies ausschließlich beim Vergleich der mobilen Herzfrequenzmesser mit dem Holter-EKG. Somit dürften auch die berechneten HRV-Maße nur im Einzelfall in ihrer Vergleichbarkeit eingeschränkt sein.

ungen bei gleichzeitig geringer körperlicher Belastung nahe. Auch die mittlere Abweichung und die dazugehörigen Übereinstimmungsgrenzen für die resultierenden HRV-Parameter liegen in einem akzeptablen Bereich (unter 10%). Die Geräte sind somit hinsichtlich der R-R-Intervall Erfassung mit anschließender HRV-Frequenzanalyse als austauschbar anzusehen.

Validität eines mobilen Multi-Sensorsystems für die R-R-Intervall-Messung und HRV-Analyse bei psychophysiologischen Fragestellungen

Weippert, M., Arndt, D. & Stoll, R.

Institut für Präventivmedizin der Universität Rostock

Hintergrund & Zielstellung

Ziel der Studie war der Vergleich eines mobilen Multi-Sensorsystems (Equivital, Fa. Hidalgo) mit einem hochauflösenden 3-Kanal-EKG (ProComp Infinity, Fa. Thought Technology) hinsichtlich der Erfassung von R-R-Intervallen und der anschließenden HRV-Frequenzanalyse bei psychophysiologischen Untersuchungen

Methodik

Während verschiedener sitzender Tätigkeiten wurden bei 25 gesunden Versuchspersonen die R-R-Intervalle mit dem System Equivital (Abtastrate des EKG-Signals 256 Hz) und dem 3-Kanal-EKG-System ProComp Infinity (2048 Hz) aufgezeichnet. Für jeden Probanden wurden synchrone artefaktfreie R-R-Abschnitte mit jeweils 300 Intervallen einer statistischen Auswertung (Intraklassen-Korrelation, Bland-Altman-Analyse) sowie einer HRV-Frequenzanalyse (Fast Fourier Transformation) unterzogen.

Ergebnisse

Der Intra-Klassen-Koeffizient belegt einen hohen Grad an Übereinstimmung zwischen beiden Messsystemen (>0,75) hinsichtlich der Erfassung der R-R-Daten und den daraus berechneten HRV Frequenzparametern (Tab. 1).

Tab. 1: Intraklassen-Korrelation und Übereinstimmungsgrenzen für die mittels mobilem Sensorsystem und hochauflösendem EKG-System ermittelten Daten.

Parameter	N	ICC (95% CI)	relative Abweichung [%] (95%CI)
Equivital vs. ProComp Infinity R-R-Intervalle	7500	0,995 (0,995-0,9995)	-0,056 (-2,57 – 2,45)
Equivital vs. ProComp Infinity LF-Power (FFT)	25	0,999 (0,999-0,999)	-0,19 (-1,87 – 1,49)
Equivital vs. ProComp Infinity HF-Power (FFT)	25	0,999 (0,999-0,999)	-0,73 (-9,38 – 7,92)

Schlussfolgerung

Die Ergebnisse legen eine sehr gute Vergleichbarkeit der mit beiden Geräten ermittelten R-R-Intervalle bei psychophysiologischen Untersuch-

This image shows a blank sheet of white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and extend across the width of the page. There are no margins, text, or other markings on the paper.



www.airnergy.com



www.amedtec.de

biocomfort

www.stress-pilot.de



www.biosign.de



www.bostonscientific-international.com



www.cellinfomed.de



www.cortex-medical.de



www.hoehenbalance.de



www.multitechmed.de



www.polar-deutschland.de



www.sauerstoffenergietherapie.de



www.hrv-analyse.com

Kongressleitung:

Prof. Dr. phil. Kuno Hottenrott

Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg

Department Sportwissenschaft

Selkestr. 9, 06122 Halle (Saale)

Tel. (0345) 55244-21 (-33)

Email: kuno.hottenrott@sport.uni-halle.de

URL: www.hrv-sport.de



Deutsche Vereinigung
für Sportwissenschaft e.V.