

Die validierte und evaluierte Messung der Herzfrequenzvariabilität (HRV)



## **White Paper**

# Wissenschaftliche Qualitätssicherung der VNS Analyse

Evidenzbasierte Analyse des vegetativen Nervensystems  
mit Hilfe der Kurzzeitmessung der Herzfrequenzvariabilität  
herausgegeben von der COMMIT GmbH, Salzgitter

# VNS Analyse

## Wissenschaftliche Qualitätssicherung und Qualitätsstandards

Für das gesamte Team der COMMIT GmbH, Mitarbeiter, Vertriebspartner und wissenschaftliche Berater sind die Erfüllung wissenschaftlicher Kriterien und Anforderungen eine unabdingbare Voraussetzung um die Qualität der VNS Analyse für alle Anwender und potenziellen Nutzer sicher zu stellen.

Die Analyse des vegetativen Nervensystems ist ein Verfahren, das im therapeutischen Bereich immer mehr Anwender findet. Für einen evidenzbasierten, diagnostisch und therapeutisch angemessenen Einsatz sind Qualitätsstandards im Bereich der Datenerhebung, der Datenverarbeitung, der Klassifizierung von Normbereichen und der Dateninterpretation entscheidend.

Zur Qualitätssicherung des Produktes und um die größtmögliche Sicherheit für den Therapeuten zu garantieren, haben wir in Zusammenarbeit mit unseren wissenschaftlichen Beratern für die Herzfrequenzvariabilität (HRV) und das vegetative Nervensystem (VNS) im folgenden White Paper den aktuellsten Stand der HRV-Forschung beschrieben, um damit aufzuzeigen, dass die VNS Analyse höchsten wissenschaftlichen Ansprüchen gerecht wird.

## Klinischer und therapeutischer Hintergrund

Die Analyse des vegetativen Nervensystems mit Hilfe der Herzfrequenzvariabilität (heart rate variability = HRV) ist ein etabliertes klinisch-diagnostisches Verfahren mit langer Historie (Billman, 2011) und aktuell mehr als 1.000 themenbezogenen Publikationen im Jahr (Sassi et al., 2015). Die HRV misst die aufeinanderfolgenden R-Zacken-Abstände aus dem Elektrokardiogramm über einen definierten Zeitraum. Sie gilt seit 20 Jahren als etablierter und evidenzbasierter Marker der Funktionalität kardiovaskulärer Regelkreise und der Adaptabilität des vegetativen Nervensystems (VNS) (Task Force, 1996; Berntson, 1997). Mit Hilfe der VNS Analyse lässt sich anhand von geeigneten HRV-Parametern valide und reliabel der vegetative Regulationszustand bestimmen und die Wirkung einer therapeutischen Intervention auf das VNS überprüfen. Die Anwendungsfelder der VNS Analyse mit Hilfe der HRV umfassen alle medizinischen und therapeutischen Bereiche, in denen eine nicht-invasive Analyse des Aktivierungszustands des VNS relevant erscheint (Kleiger et al., 2005). Ein Screening des vegetativen Aktivitätsstatus eignet sich besonders zur Einschätzung einer kardiovaskulären Risikoprognose für unterschiedliche klinische und therapeutische Adressatengruppen (Thayer et al., 2007, 2010).

# Methodischer Hintergrund

## Datenerhebung und -verarbeitung

Die Rohdatenerhebung der VNS Analyse erfolgt mit Hilfe etablierter, hochauflösender HRV-Brustgurtsysteme, die grundsätzlich eine sehr gute Validität im direkten Vergleich mit zeitlich hochauflösenden EKG-Systemen für unterschiedliche Settings, Adressatengruppen und HRV-Parameter aufweisen (u.a. Loimaala et al., 1999; Chellakumar et al., 2005; Nunan et al., 2008, 2009; Weippert et al., 2010). Die in der VNS Analyse eingesetzte bipolare Brustwandableitung besitzt einen validen RR-Detektionsalgorithmus mit einer Messgenauigkeit von  $\pm 1$  ms (Ruha et al., 1997) und genügt damit auch den Richtlinien zur Detektion von geringen RR-Fluktuationen (Task Force, 1996; Berntson et al., 1997). Die VNS Analyse berechnet mit der mittleren Herzfrequenz (S/min), der Standardabweichung der einem Sinusrhythmus entstammenden RR-Intervalle (SDNN, Kenngröße der Gesamtvariabilität), der Quadratwurzel des Mittelwertes der quadrierten Abweichungen benachbarter RR-Intervalle (RMSSD, Kenngröße der parasympathischen Aktivität), dem Stressindex (SI, Kenngröße der sympathischen Aktivität) sowie dem Kurzzeitindex alpha1 der trendbereinigten Fluktuationsanalyse (Kenngröße der fraktalen Organisation des VNS) etablierte Kernparameter, die für eine Kennzeichnung der Regulationsfähigkeit des VNS prognostisch relevant und für unterschiedlichste angewandte Settings der Kurz- und Langzeitanalyse besonders geeignet sind (Pentilla et al., 2001; Kleiger et al., 2005; Perkiomäki et al., 2005; et al.; Banzer et al., 2006; Al Haddad et al., 2011; Saboul et al., 2013; Buchheit, 2014).

Im Sinne eines Qualitätssicherungszirkels wird die Genauigkeit der Parameterberechnungen (inklusive Artefaktkorrektur) in der VNS Analyse Software regelmäßig mit der wissenschaftlichen Referenzsoftware Kubios HRV 2.1 (Tarvainen et al., 2014) abgeglichen. Eine Analyse von mehr als 150 Probanden beider Geschlechter aus unterschiedlichen klinischtherapeutischen Bereichen (Alter: 20-80 Jahre, Herzfrequenzbereich: 40-120 S/min) ergibt für alle Anwendungsfelder zu vernachlässigende mittlere Abweichungen der Hauptparameter Herzfrequenz (Hf), SDNN, RMSSD und alpha1 (<0,4%) sowie einen sehr hohen Zusammenhang des Stressindex (SI) mit dem triangulären Index aus der Referenzsoftware ( $r^2=0,75$ ).

## Klassifizierung von Normbereichen

Die Klassifizierung von Normbereichen erfolgt evidenzbasiert auf Studienbasis der letzten 20 Jahre. Ausgehend von einer Meta-Analyse zur Normwerterstellung bei gesunden Erwachsenen mittleren Alters mit mehr als 20.000 Personen (Nunan et al., 2010) werden dabei zusätzlich weitere Referenz-, Reliabilitäts- und Verteilungsdaten (Pikkujamsa et al., 2001; Kleiger et al., 2005; Sandercock et al., 2005; Sandercock, 2007; Buchheit, 2014), Befunde zur Altersabhängigkeit (Antelmi et al., 2004; De Meersman & Stein, 2007) und zur evidenzbasierten klinischen Bedeutung von absoluten und relativen Risiko-Cut-Off-Werten der Hauptparameter bei unterschiedlichen kardiovaskulären Erkrankungen, Lebensstilfaktoren und körperlicher Leistungsfähigkeit (Kuperi et al., 1993; Liao et al., 1996, 2002; Aubert et al., 2003; Schroeder et al., 2003; Buchheit et al., 2005; Thayer et al., 2007, 2010; Sandercock et al., 2008; Pivatelli et al., 2012) einbezogen, so dass die Normwerte für ein breites Anwendungsfeld herangezogen werden können.

## Literatur

- Al Haddad, H., Laursen, P. B., Chollet, D., Ahmaidi, S., & Buchheit, M. (2011). Reliability of resting and postexercise heart rate measures. *Int J Sports Med*, 32(8), 598-605.
- Antelmi, I., de Paula, R. S., Shinzato, A. R., Peres, C. A., Mansur, A. J., & Grupi, C. J. (2004). Influence of age, gender, body mass index, and functional capacity on heart rate variability in a cohort of subjects without heart disease. *Am J Cardiol*, 93(3), 381-385.
- Aubert, A. E., Beckers, F., & Ramaekers, D. (2001). Short-term heart rate variability in young athletes. *J Cardiol*, 37 Suppl 1, 85-88.
- Aubert, A. E., Seps, B., & Beckers, F. (2003). Heart rate variability in athletes. *Sports Med*, 33(12), 889-919.
- Banzer, W., Lucki, M., Bürklein, M., Rosenhagen, A., & Vogt, L. (2006). Sportmedizinische Aspekte kardialer Risikostratifizierung - Herzfrequenzvariabilität und physische Leistungsfähigkeit. *Herzschr Elektrophys*, 17(4), 197-204.
- Berntson, G. G., Bigger, J. T., Jr., Eckberg, D. L., Grossman, P., Kaufmann, P. G., Malik, M., Nagaraja, H. N., Porges, S. W., Saul, J. P., Stone, P. H., & van der Molen, M. W. (1997). Heart rate variability: origins, methods, and interpretive caveats. *Psychophysiology*, 34(6), 623-648.
- Billman, G.E. (2011). Heart rate variability - a historical perspective. *Front Physiol*, Nov 29;2:86.
- Buchheit, M. (2014). Monitoring training status with HR measures: do all roads lead to Rome? *Front Physiol*, Feb 27;5:73.
- Buchheit, M., Simon, C., Charloux, A., Doutreleau, S., Piquard, F., & Brandenberger, G. (2005). Heart rate variability and intensity of habitual physical activity in middle-aged persons. *Med Sci Sports Exerc*, 37(9), 1530-1534.
- Chellakumar, P. J., Brumfield, A., Kunderu, K., & Schopper, A. W. (2005). Heart rate variability: comparison among devices with different temporal resolutions. *Physiol Meas*, 26(6), 979-986.
- De Meersman, R.E. & Stein, P. K. (2007). Vagal modulation and aging. *Biol Psychol*, 74(2), 165-173.
- Kang, M. G., Koh, S. B., Cha, B. S., Park, J. K., Woo, J. M., & Chang, S. J. (2004). Association between job stress on heart rate variability and metabolic syndrome in shipyard male workers. *Yonsei Med J*, 45(5), 838-846.
- Kleiger, R. E., Stein, P. K., & Bigger, J. T. Jr. (2005). Heart rate variability: measurement and clinical utility. *Ann Noninvasive Electrocardiol*, 10(1), 88-101.
- Kupari, M., Virolainen, J., Koskinen, P., & Tikkanen, M. J. (1993). Short-term heart rate variability and factors modifying the risk of coronary artery disease in a population sample. *Am J Cardiol*, 72(12), 897-903.
- Liao, D., Cai, J., Barnes, R. W., Tyroler, H. A., Rautaharju, P., Holme, I., & Heiss, G. (1996). Association of cardiac autonomic function and the development of hypertension: the ARIC study. *Am J Hypertens*, 9(12Pt1), 1147-1156.
- Liao, D., Carnethon, M., Evans, G. W., Cascio, W. E., & Heiss, G. (2002). Lower heart rate variability is associated with the development of coronary heart disease in individuals with diabetes: the atherosclerosis risk in communities (ARIC) study. *Diabetes*, 51(12), 3524-3531.
- Loimaala, A., Sievanen, H., Laukkanen, R., Parkka, J., Vuori, I., & Huikuri, H. (1999). Accuracy of a novel real-time microprocessor QRS detector for heart rate variability assessment. *Clin Physiol*, 19(1), 84-88.
- Nunan, D., Jakovljevic, D. G., Donovan, G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2008). Levels of agreement for RR intervals and short-term heart rate variability obtained from the Polar S810 and an alternative system. *Eur J Appl Physiol*, 103(5), 529-537.
- Nunan, D., Donovan, G., Jakovljevic, D. G., Hodges, L. D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2009). Validity and reliability of short-term heart-rate variability from the Polar S810. *Med Sci Sports Exerc*, 41(1), 243-250.
- Nunan, D., Sandercock, G. R. H., & Brodie, D. A. (2010). A quantitative systematic review of normal values for short-term heart rate variability in healthy adults. *Pacing Clin Electrophysiol*, 33(11), 1407-1417.
- Penttila, J., Helminen, A., Jartti, T., Kuusela, T., Huikuri, H. V., Tulppo, M. P., Coffeng, R., & Scheinin, H. (2001). Time domain, geometrical and frequency domain analysis of cardiac vagal outflow: effects of various respiratory patterns. *Clin. Physiol*, 21(3), 365-376.
- Perkiomaki, J. S., Makikallio, T. H., & Huikuri, H. V. (2005). Fractal and complexity measures of heart rate variability. *Clin Exp Hypertens*, 27(2-3), 149-158.
- Pikkujamsa, S. M., Makikallio, T. H., Airaksinen, K. E., & Huikuri, H. V. (2001). Determinants and interindividual variation of R-R interval dynamics in healthy middle-aged subjects. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*, 280(3), H1400-1406.
- Pivatelli, F. C., Dos Santos, M. A., Fernandes, G. B., Gatti, M., de Abreu, L. C., Valenti, V. E., . . . de Godoy, M. F. (2012). Sensitivity, specificity and predictive values of linear and nonlinear indices of heart rate variability in stable angina patients. *Int Arch Med*, 5(1), 31.
- Rennie, K. L., Hemingway, H., Kumari, M., Brunner, E., Malik, M., & Marmot, M. (2003). Effects of moderate and vigorous physical activity on heart rate variability in a British study of civil servants. *Am J Epidemiol*, 158(2), 135-143.
- Ruha, A., Sallinen, S., & Nissila, S. (1997). A real-time microprocessor QRS detector system with a 1-ms timing accuracy for the measurement of ambulatory HRV. *IEEE Trans Biomed Eng*, 44(3), 159-167.
- Saboul, D., Pialoux, V., & Hautier, C. (2013). The impact of breathing on HRV measurements: implications for the longitudinal follow-up of athletes. *Eur J Sport Sci*, 13(5):534-42.
- Sandercock, G. R. H., Bromley, P. D., & Brodie, D. A. (2005). The reliability of short-term measurements of heart rate variability. *Int J Cardiol*, 103(3), 238-247.
- Sandercock, G. R. H., Hardy-Shepherd, D., Nunan, D., & Brodie, D. (2008). The relationships between self-assessed habitual physical activity and noninvasive measures of cardiac autonomic modulation in young healthy volunteers. *J Sports Sci*, 26(11), 1171-1177.
- Sandercock, G. (2007). Normative values, reliability and sample size estimates in heart rate variability. *Clin Sci (Lond)*, 113(3), 129-130.
- Sassi, R., Cerutti, S., Lombardi, F., Malik, M., Huikuri, H. V., Peng, C. K., Schmidt, G., Yamamoto, Y. (2015). Advances in heart rate variability signal analysis: joint position statement by the e-Cardiology ESC Working Group and the European Heart Rhythm Association co-endorsed by the Asia Pacific Heart Rhythm Society. *Europace*, 17(9), 1341-1353.
- Schroeder, E. B., Liao, D., Chambless, L. E., Prineas, R. J., Evans, G. W., & Heiss, G. (2003). Hypertension, blood pressure, and heart rate variability: the Atherosclerosis Risk in Communities (ARIC) study. *Hypertension*, 42(6), 1106-1111.
- Tarvainen, M.P., Niskanen, J.P., Lippinen, J.A., Ranta-Aho, P.O. & Karjalainen, P.A. (2014). Kubios HRV-heart rate variability analysis software. *Comput Methods Programs Biomed*, 113(1), 210-220.
- Task Force of the European Society of Cardiology, the North American Society of Cardiology, & Electrophysiology. (1996). Heart rate variability. Standards of measurement, physiological interpretation, and clinical use. *Eur Heart J*, 17(3), 354-381.
- Thayer, J. F., & Lane, R. D. (2007). The role of vagal function in the risk for cardiovascular disease and mortality. *Biol Psychol*, 74(2), 224-242.
- Thayer, J. F., Yamamoto, S. S., & Brosschot, J. F. (2010). The relationship of autonomic imbalance, heart rate variability and cardiovascular disease risk factors. *Int J Cardiol*, 141(2), 122-131.
- Weippert, M., Kumar, M., Kreuzfeld, S., Arndt, D., Rieger, A., & Stoll, R. (2010). Comparison of three mobile devices for measuring R-R intervals and heart rate variability: Polar S810i, Suunto t6 and an ambulatory ECG system. *Eur J Appl Physiol*, 109(4), 779-786.

### Mehr Information zur VNS Analyse unter:

COMMIT GmbH · Dieselstraße 7 · D-38259 Salzgitter  
Telefon: +49 5341 22 54 900 · Fax: +49 5341 22 54 9029  
info@creatinghealth.de · www.creatinghealth.de

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