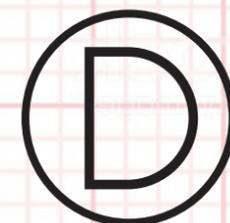




SCHLAG AUF SCHLAG

HRV – DAS MESSSYSTEM DER WAHL

KAUM EIN ANDERES DIAGNOSTIKTOOL KANN MIT EINER EINZIGEN MESSUNG SO VIELE UMFASSENDE PHYSIOLOGISCHE ZUSAMMENHÄNGE DARSTELLEN WIE DIE HERZRATENVARIABILITÄT (HRV). MIT DEN ERGEBNISSEN KÖNNEN RÜCKSCHLÜSSE AUF DEN LEISTUNGSZUSTAND UND DIE ALLGEMEINE GESUNDHEIT EINES MENSCHEN, DESSEN REGENERATION UND DESSEN SCHLAF GEZOGEN WERDEN. DR. RONALD BURGER, DIAGNOSTIK- UND HRV-EXPERTE, ZEIGT ANHAND AUSGEWÄHLTER BEISPIELE, WIE VIELSEITIG DIE EINSATZMÖGLICHKEITEN FÜR SPORTLER, TRAINER UND COACHES SIND, UND MACHT DEUTLICH, WIESO EINE HRV-MESSUNG EINE DER AUSSAGEKRÄFTIGSTEN MESSMETHODEN ÜBERHAUPT IST.



Die Messung und die Interpretation der Herzratenvariabilität ist die ökonomischste Art, umfassende Einflüsse auf das autonome Nervensystem (ANS) festzustellen. Jede Veränderung, die auf den Körper und seine einzelnen Systeme und somit auf den Herzschlag wirkt – Genetik, Körpergewicht, Schadstoffe, Stress oder Entspannung, Medikamente, Nahrungsaufnahme und -verarbeitung, Atmung, Krankheit, Hormonsituation, Körpertemperatur, Tageszeit, Belastung und Beanspruchung, Trainingszustand, Geschlecht, Alter sowie Körperlage –, kann mit der HRV registriert und so durch den Trainer bewertet werden.

Die Messung und die Interpretation der HRV zählen zu den umfassendsten Methoden, die Trainern zur Verfügung stehen. Aufgrund der Vielzahl der körperlichen Prozesse, die resultierend als Steuergröße in den Kreislauf des ANS als elektromagnetischer Impuls für den Herzschlag bzw. als Regelgröße im Sinne eines Feedbacks vom Körper zurückgegeben werden, sind die gewonnenen Ergebnisse in den meisten Fällen nicht direkt mit einer bestimmten Übung bzw. mit einer einfachen Lösung in den Trainingsprozess integrierbar. Es bedarf daher vielmehr einem bestimmten Maß an Erfahrung, um die geeigneten Interventionen auszuwählen und auf den Sportler individuell anzupassen.

PHYSIOLOGISCHE ASPEKTE

Ein denerviertes Herz, also ein Herz, das beispielsweise während einer Herztransplantation außerhalb des Körpers autonom schlägt, besitzt eine Herzfrequenz zwischen 90 und 110 Schlägen pro Minute (S/min). Das Herz innerviert sich selbst ab der 10. Schwangerschaftswoche.

Weicht die Herzfrequenz von den 90 bis 110 S/min ab, ist dies das Resultat der erforderlichen Anpassungen eines antagonistischen Vorgangs zwischen den verschiedensten äußeren Einflüssen und den körperinternen Regulationsmechanismen.

Die Anpassung der Schlagfrequenz, der Kraftentwicklung und der Erregungsleitungsgeschwindigkeit sowie die Erregbarkeit der Herzmuskelzellen wird über die Fasern des sympathischen und des parasympathischen Nervensystems gesteuert. Eine Aktivierung des Sympathikus durch Sport bzw. Stress erhöht die Herzleistung, wohingegen die Aktivierung des Parasympathikus eine Verringerung der Herzleistung hervorruft. Eine gute Anpassungsfähigkeit des Herzens zeigt sich somit in einer erhöhten Herzfrequenzvariabilität. Diese kommt dadurch zustande, dass in einem gesunden Körper jedes Organ – eingebettet in gut organisierte Feedbackschleifen – vergleichbar ist mit einem Instrument in einem Orchester: Jedes einzelne Organsystem trägt mit einer bestimmten Information dazu bei, dass der Rhythmus, hier der Herzschlag, an die Melodie, sprich die organischen Erfordernisse, angepasst wird. Eine reduzierte Herzratenvariabilität ist immer ein Zeichen von fehlender Fitness oder Gesundheit.

Wenn in diesem Beitrag von „Stress“ die Rede ist, dann meint dieser Begriff nicht die umgangssprachliche Bedeutung des Wortes, sondern die psycho-neuro-endokrino-immunologische Reaktion auf eine komplexe Situation, die nicht aus dem unbewussten Erfahrungswissen heraus direkt gelöst werden kann, sondern komplexe Problemlösungsmechanismen erfordern, die zu maladaptiven Lösungen führen.



EINE GUTE ANPASSUNGSFÄHIGKEIT DES HERZENS ZEIGT SICH IN EINER ERHÖHTEN HERZFREQUENZVARIABILITÄT.

ENTWICKLUNGSBEDINGTE EINFLÜSSE AUF DIE HRV

Die Ursachen für eine negative Adaptation von äußeren Einflüssen können in der Entwicklung des Sportlers weiter zurückliegen oder auch durch gerade Erlebtes ausgelöst worden sein.

Die neunmonatige Schwangerschaft reicht nicht aus, die mannigfaltigen Kompetenzen des Menschen auszubilden. Einige Prozesse, die in den Körper integriert sind und wesentliche Bestandteile unseres Individuums ausmachen, werden in den ersten Lebensmonaten und -jahren ausgebildet. Beispielsweise ist unser Verdauungssystem bei der Geburt noch so flexibel, dass es an die typisch regionalen Lebensmittel angepasst werden kann – ob roher Fisch wie bei den Inuit oder gemüse- und fleischlastige Speisen wie in Mitteleuropa den Kern der aufgenommenen Nahrung widerspiegeln, die Variationen sind groß. Die Adaptation des Verdauungssystems geschieht über den parasympathischen Anteil des zentralen Nervensystems.

WIE BEWERTEN WIR SITUATIONEN?

Wenn ein unbekannter Reiz auf uns einwirkt, wird er über die Amygdala und über den Nucleus accumbens in unserem Gehirn dahingehend bewertet, inwieweit uns dieser Reiz gefährlich werden kann bzw. ob und wie angenehm er auf uns wirkt. Je nach Bewertung durch diese beiden Zentren werden die Nervenstränge (Sympathikus und Parasympathikus) in Abhängigkeit von der Erfahrung gleichzeitig aktiviert. Bei tendenziell negativer Bewertung wird der Sympathikus mehr aktiviert, bei tendenziell positivem Ergebnis wird der Parasympathikus mehr aktiviert.

Da der Vagusnerv (parasympathisch) myelinisiert ist, geht die Informationsverarbeitung schnell; das System reagiert in Millisekunden. Alle sympathischen Reaktionen (Kampf und Flucht) benötigen 1 bis 2 Sekunden länger, da die unmyelinisierten Nerven langsamer sind. Somit ist jede aktuelle Herzfrequenz auch immer als Kompromiss eines komplexen Zusammenwirkens unterschiedlichster Organsysteme zu verstehen. Bei Tieren bedeutet eine hohe sympathische Aktivierung, dass entweder Flucht oder Kampf als Mobilisationslösung gewählt wird. Bei extremer Überforderung, wenn die Möglichkeiten des Sympathikus nicht mehr ausreichen, wird dann bei Tieren der Totstellreflex (Schock, Ohnmacht, Erstarrung) über den Vagusnerv (parasympathisches System) aktiviert.

Dass bei uns Menschen neben diesen reflektorischen Möglichkeiten noch andere Verhaltensmuster im zwischenmenschlichen Bereich gewählt werden können, hat Porges (2010) in seinen Ausarbeitungen zur nicht unumstrittenen Polyvagalthese erklärt. Das emotionale Lernen wird in einer sensitiven Phase im Kleinkindalter angeboten, wenn noch keine Sprache als Kommunikationsmittel zur Verfügung steht. Über die neuronale Spiegelung des Lachens der Mutter wird die Grundfunktion zur Verfügung gestellt, damit ein Kleinkind bei positiver Umsorgung durch die Mutter bindungsstark und selbstsicher seine Emotionen ausbildet. Die dafür notwendige Integration geschieht über die Voraussetzungen des vagalen (parasympathischen) Anteils und seiner Kopplung an den Nervus facialis, der die Mimik steuert, und den Nervus trigeminus, der für weite Teile der Motorik am Kopf zuständig ist. Wenn die Emotionen der Mutter zu ihrer Mimik und zu ihrem Handeln passen, werden diese positiven Erfahrungen beim Kleinkind gelernt, wenn ein Teil des Vagusnervs myelinisiert und damit übertragungsschnell wird. Der heranwachsende Mensch ist durch diese Erfahrung emotional gefestigt. Passen die Mimik (Lächeln) der Mutter und ihre Handlungen nicht zusammen, wird das Kind bindungsunsicher und emo-

tional labil. Dies zeigt sich darin, dass seine Herzfrequenzvariabilität niedriger ausgeprägt ist, es in seinem späteren Leben weniger stressresistent ist und die Motorik, um sich aufrecht zu bewegen – die parallel ausgebaut wird –, durchaus Einschränkungen erfährt.

Somit kann ein junger Mensch, der in den ersten Monaten seines Lebens vernachlässigt wurde, eine Bindungsschwäche aufgrund einer fehlgeleiteten Entwicklung davontragen, die mittels der HRV nachgewiesen werden kann. Wird diesem Problem nicht früh genug entgegengewirkt, besteht die Wahrscheinlichkeit, dass dauerhafter Stress auch zu einer Immun- und Haltungsschwäche in der Adoleszenz führt. Jede darauf aufbauende Korrekturmaßnahme kann mittels der umfassenden Methoden der HRV begleitet werden (Buchhorn, 2015). Solche Sportler, die es durchaus auch im Profibereich gibt, weisen Schlafprobleme und oftmals auch Lernschwierigkeiten auf. Durch den hohen Ehrgeiz und Trainingsfleiß kann das kompensiert werden – kann jedoch auch zu noch mehr Stress führen.

PHYSIOLOGISCHE EINFLÜSSE AUF DIE HRV

Zu den physiologischen Einflüssen zählen vor allem jene Faktoren, die nicht bzw. kaum über eine bewusste Veränderung beeinflussbar sind. Neben dem Geschlecht (Frauen haben gegenüber Männern eine eingeschränkte HRV) ist es natürlich das Alter, das dazu führt, dass die HRV eingeschränkt und somit weniger adaptiv ist.

Darüber hinaus gibt es Hinweise, dass die Ethnienzugehörigkeit einen Einfluss auf die Variabilität des Herzschlages hat. Unbestreitbar hat der circadiane Rhythmus, also der Tag-Nacht-Wechsel, einen Einfluss. Schlaf- und Wachphasen werden über Hormone und das Licht gesteuert. Diese Einflüsse sind über Korrelate zur HRV abschätzbar.

Zur Abschätzung der Alters- und Geschlechtsabhängigkeit werden hier ein paar der am einfachsten messbaren Parameter der HRV abgebildet.

WEITERE EINFLÜSSE AUF DIE HRV

Eine mittelfristige Veränderung erfährt die HRV durch lebensstilbedingte Einflüsse. Darunter fällt, wie sportlich bzw. fit jemand ist, ob er zu viel oder zu wenig Nahrung zuführt, ob jemand viel und gut oder eher schlecht und zu kurz schläft. Kurz- bis langfristige Veränderungen sind vor allem durch Krankheiten verursacht. Angststörungen, Depressionen, Diabetes mellitus, Epilepsie, Herzinfarkt und eine Vielzahl weiterer Störungen bewirken eine Einschränkung der HRV. Äußere Faktoren wie Hitze und Kälte, Lärm, Schichtarbeit und Umgang mit Schad- und Gefahrenstoffen können ebenso Grund für eine reduzierte HRV sein, wobei die letztgenannten Faktoren natürlich umkehrbar sind.

Das bedeutet für den Sportler, dass Stress im familiären Umfeld, eine zu hohe Kohlenhydrataufnahme in den Abendstunden, eine Schimmelpilzbelastung durch unhygienische Feuchträume, eine Belastung durch eine frühere Epstein-Barr-Erkrankung und exzessive Bildschirmarbeit oder Computerspielerei am Abend zu Einschränkungen in der HRV führen und somit in dieser Feedbackschleife auch Auswirkungen auf die sensomotorische Integration während der Bewegungsausführung im Training besitzt. In diesem Zusammenhang erschrecken Aussagen, dass Fußballnationalspieler bei Computerspielen während der Weltmeisterschaft 2018 auf deutschem oder sogar europäischem e-Sport-Niveau mitspielen!

MESSVORAUSSETZUNGEN FÜR EINE AUSSAGEKRÄFTIGE HRV

Es ist unerlässlich, die HRV mit einer hohen Messqualität aufzunehmen, da geringfügige Abweichungen im Eingangssignal zu großen Fehlern in den daraus berechneten Kennwerten führt.

Man unterscheidet das gemessene Elektrokardiogramm mit Messfrequenzen von mindestens 500 Hz, die EKG-genaue (durch die Werbung geprägter Begriff) Ableitung und die Abschätzung über die Pulswelle.



Nach Vergleichsmessungen von Epson kann davon ausgegangen werden, dass die unterschiedlichen Messtechniken ihre Fehler mit zunehmender Herzfrequenz, bedingt durch eine Aktivität, reduzieren. Als korrekter Wert gilt die Messwertaufnahme mit einem Elektrokardiogramm (EKG). Bei EKG-genauen Aufnahmetechniken, in der Regel mit Brustgurt, wird mit einer bestimmten Frequenz versucht, den prominenten Zacken im EKG-Verlauf, die R-Zacke, zu detektieren. Dies geschieht in relativer Ruhe mit einer Abweichung von ca. 5 Prozent. Wenn mit den neueren LED-Techniken versucht wird, die Pulswelle am Handgelenk als Indikator für den Herzschlag zu erfassen, muss man mit einem Fehler von bis zu 8 Prozent kalkulieren. Nachvollziehbar wird dann, dass Werte, die aus diesem Fehler berechnet werden, nach dem Fehlerfortpflanzungsgesetz größer werden und damit diese Ableittechniken für weitere Analysen nicht bzw. äußerst eingeschränkt in Betracht gezogen werden sollten.

ZIELE UND HANDHABUNG DER MESSPARAMETER

Zum einen gibt es die originären Parameter der HRV sowohl im Zeit- als auch im Frequenzbereich und zum anderen gibt es Indizes, die Korrelate zu Parametern der parasympathischen und der sympathischen Aktivität sind und somit Abschätzungen beispielsweise des Stressniveaus, des Schlafverhaltens etc. zulassen.

Grundsätzlich kann mit jedem direkt aus der HRV-Kurve über Kurz- (bis 5 Minuten) oder Langzeitmessungen (24 Stunden) extrahierten statistischen Kennwert individuell bewertet werden, ob jemand mehr sympathische oder mehr parasympathische Anteile in seiner HRV besitzt. Da Leistungssportler nicht vergleichbar sind mit Nichtleistungssportlern, empfiehlt es sich, eine individuelle Baseline zu legen und anhand der Abweichungen von der Baseline den aktuellen Zustand zu bewerten. Das heißt, dass – wie bei jedem hochwertigen Diagnose- und Ansteuerungsvorgang – das regelmäßige und valide Monitoring Voraussetzung für eine erfolgreiche Adaption ist.

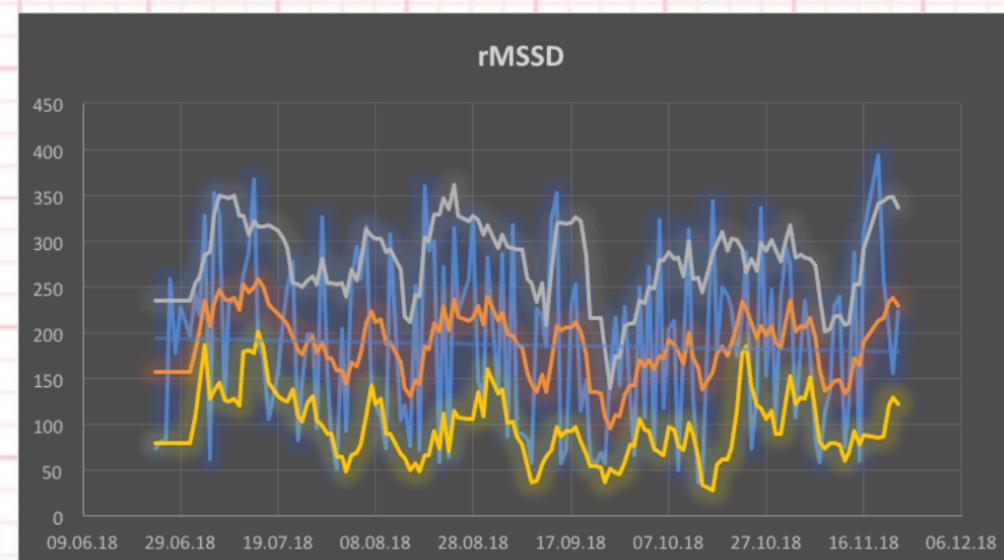
Ein Training sollte als Ziel haben, über eine Verbesserung der Integration einzelner Bestandteile des motorischen Systems (neuromuskulär-faszial-lymphatischen System, propriozeptiv-vestibulär-visuellen System) eine höhere Funktionalität in der Bewegungsausführung zu erzielen. Die Basis für einen solchen Prozess ist eine individuell optimale sympathisch-parasympathische Ausgeglichenheit zum Zeitpunkt des Trainings und vor allem zum Zeitpunkt des Wettkampfs.

Diese kann über die Parameter der HRV bestimmt werden. Die individualisierte Ansteuerung funktioniert am besten über eine Baselinelegung der zentralen Parameter der HRV im Zeitbereich. Am ökonomischsten ist hier ein Test, der regelmäßig und schnell durchgeführt werden kann. Hier eignet sich entweder ein reiner Ruhetest, der direkt nach dem Aufwachen durchgeführt wird, ein Atemrhythmustest, der Lagewechseltest (Hottenrott & Hottenrott, 2018) oder eine regelmäßige Nachtmessung. Die erstgenannten Tests können mit einem Zeitaufwand von zwei bis maximal neun Minuten (Lagewechseltest) durchgeführt werden.

Der regelmäßige Nachtttest ist etwas aufwendiger, aber auch genauer, da hier auch die absolute Ruheherzfrequenz zwischen vier und sechs Uhr in der Nacht erhoben werden kann. Nach zehn Tagen sollte die Baseline (Mittelwertbildung) stabil genug sein. In der Folge werden die Abweichungen von der Baseline interpretiert – entweder als Zugewinn im Sinne einer Verbesserung oder aber auch als Signale für eine anstehende ausgiebigere Regenerationsphase. Nach der zehntägigen Baselinelegung wird der Test nur noch in der Folge von signifikanten Tagen jeweils morgens gemessen. Dies sind der Morgen nach dem Wettkampf, der Morgen nach dem intensivsten Training und der Morgen nach dem Ruhetag. In einem Trainingslager kann bis zu täglich gemessen werden, da dies auch die Möglichkeit bietet, bis maximal zweimal im Jahr eine Sollwertbestimmung im Extrembereich zu haben. Im Sinne einer antifragilen Belastungsgestaltung können somit die Ausläufer der Verteilung bestimmt werden (Taleb, 2013).

BEISPIEL: EIN MANAGER MIT CHRONISCHER STOFFWECHSELERKRANKUNG

Exemplarisch wird hier der Verlauf einer fast täglichen Messung der rMSSD über ein halbes Jahr bei einem Manager in Führungsposition interpretiert. Die rMSSD bildet die Entspannungsfähigkeit gut ab und ist robust bei Kurzzeitmessungen. Zu berücksichtigen ist, dass die Daten von einer handelsüblichen App stammen. Die eingesetzte App versucht, die Stabilität des Parameters dadurch zu erhöhen, dass der natürliche Logarithmus des Wertes rMSSD mit 20 multipliziert wird.



Exemplarische Abbildung der Baselinelegung und Interpretation der rMSSD über fast ein halbes Jahr bei einem Kunden

In der Grafik wird der täglich gemessene Rohwert durch die blaue Kurve abgebildet. Die orangene Kurve repräsentiert die dynamische Baseline über 10 Messwerte (Moving Average). Die gelbe und die graue Kurve begrenzen den Mittelwert mit einer standardisierten Abweichung nach oben und unten. Folgende ausgewählte Interpretationsmöglichkeiten können hier getätigt werden: In Abhängigkeit von der vorauslaufenden Trainingsbelastung oder einem anderen signifikanten Ereignis wird in der Folge von maximal drei Tagen die Veränderung der Kurve in Bezug auf das subjektive Empfinden und die Trainingsbelastung beobachtet. Zeigt der Trend trotz einer Reduktion der Belastungsparameter nach unten, wird ein Arzt oder ein vergleichbarer Fachmann zu Rate gezogen. Bei positiven Ausschlägen wird vor allem darauf geachtet, ob diese Form gehalten werden kann oder ob von den Voraussetzungen (Schlaf, Ernährung, etc.) eine Anpassung notwendig ist, um die Form zu stabilisieren. Alle Werte, die größer oder kleiner gleich einer Standardabweichung sind, werden besonders beachtet und mit dem Kunden diskutiert.



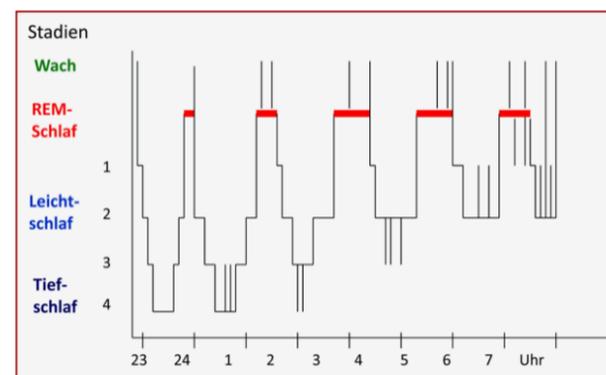
TROTZ TRAINING KEINE HRV-ANPASSUNGEN

Jahrelang habe sich Kunden von HRV-Uhren darüber beschwert, dass sich ihre Trainingszone kaum verändere, obwohl sie trainierten. Das liegt oftmals daran, dass Amateur-Leistungssportler auf einem hohen Niveau ohne großartige Belastungsvariationen trainieren. Eine HRV verändert sich aber nur, wenn etwas Besonderes passiert bzw. die Steigerung der Belastung stark verändert wird. Der Manager (s. Beispiel) muss aufgrund einer Erbkrankheit ständig Anpassungen der Ernährung ausprobieren und ist im Laufe des Jahres von der Elternzeit zurück in den Job gegangen und dann noch eine Position aufgestiegen. Dies ging zu Lasten der Erholungs- und Trainingszeit.

SAURER UND NICHT ERHOLSAMER SCHLAF

Jedes moderne EKG-Gerät hat neben der Möglichkeit, das EKG-Signal zu erfassen, auch einen Beschleunigungsmesser zur Registrierung von Bewegung bzw. einer Ortsveränderung; damit können Beziehungen zur Aktivität und zur Lage der Person hergestellt werden.

Im Idealfall geht man davon aus, dass ein gesunder junger Mensch ca. fünf vollständige Schlafzyklen aufweist. In einem solchen Schlafzyklus durchläuft er verschiedene Schlaftiefen bis zum Tiefschlaf und wieder zurück. Am Ende eines solchen Zyklus schließt sich der Rapid-Eye-Movement-(REM)Schlaf an. Hier findet die Traumsequenz statt. Tagsüber Erlebtes wird hier verarbeitet. Findet diese Phase nicht oder unzureichend statt, ist der Schlafzyklus nicht vollständig. Das Cortisol, das nachts gebildet und morgens als Wachmacher benötigt wird, wird in diesem Fall bereits in der Nacht gebraucht. Die Person wacht dann am nächsten Morgen gerädert auf und hat das Gefühl, gerade erst eingeschlafen zu sein.



Exemplarische Abbildung der Schlafphasen und -zyklen eines jungen gesunden Erwachsenen

BEISPIEL: MESSUNGEN DER SCHLAFPHASEN DIE ABBILDUNGEN ZEIGEN REALE GEMESSENE SCHLAFSTADIEN UND -ZYKLEN.

Abb. 1: 33-jährige Lehrerin. Sie geht erschöpft ins Bett, ist aber so gesund, dass dies mit sehr langen Tiefschlafphasen (N3) kompensiert wird. Dadurch, dass sich nach der letzten abgebildeten Tiefschlafphase (dunkelblau) eine lange REM-Phase ohne große Störung anschließt, ist davon auszugehen, dass der Schlaf sehr erholend wirken muss.

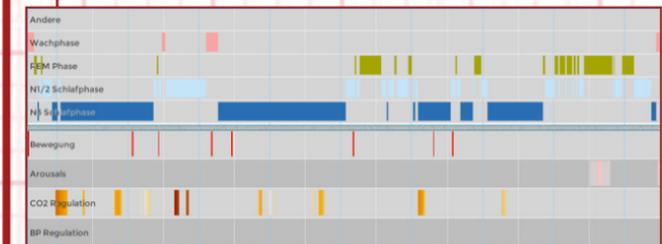


Abb. 2: 800-Meter-Läufer der erweiterten deutschen Spitze, der an diesem Tag ein anstrengendes Training (5 x 1 000 m mit näherungsweise 93 Prozent der HFmax) hinter sich hat. Durch die Übersäuerung des Muskels muss das vegetative Nervensystem durch Regulationsmechanismen versuchen, das angehäuften CO2 abzuatmen. Der Sportler ist sehr müde, wird aber von einem erholsamen Schlaf durch Arousals (Aktivierungen des Nervensystems) abgehalten. Die REM-Phasen sind durchweg gestört und es kann davon ausgegangen werden, dass die Schlafzyklen unvollständig sind. Von einem Training am nächsten Tag sollte abgesehen werden. Nach einem intensiven Training am nächsten Tag ein Techniktraining oder ein koordinatives Training anzusetzen, sollte aus diesem Grund nicht geschehen, da das zentrale Nervensystem (ZNS) nicht stressfrei angesprochen werden kann (vgl. Functional Training Magazin, Ausgabe 4/2018 mit dem Schwerpunkt „Neuroathletik“).

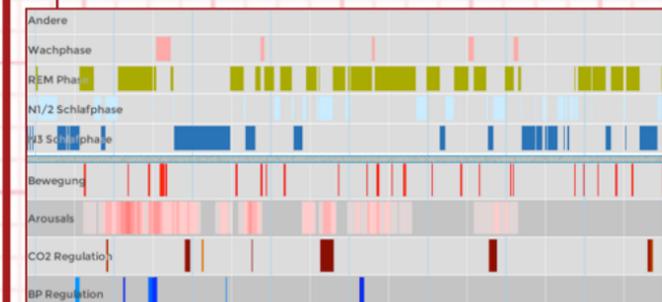


Abb. 3: Gesunder, sportlicher 40-Jähriger, der regelmäßig aktiv ist, sich gesund ernährt und nicht von überdurchschnittlichem Stress berichtet. In der Detektion werden keine Tiefschlafphasen registriert. Ab einem mittleren Lebensalter ist davon auszugehen, dass eher weniger als mehr Tiefschlafphasen registriert werden. Die vollständige Erholung durch Schlaf ist nicht mehr gegeben. Führt das zu einer Minderung des Immunsystems und der Erholungsfähigkeit, sodass ein Alltag nicht mehr bewältigt werden kann, sollten Maßnahmen ergriffen werden, die dazu führen, dass der Schlaf wieder an Erholungsqualität gewinnt. Wird dies nicht erreicht, muss damit gerechnet werden, dass der Sportler über kurz oder lang Anzeichen von chronischen Stoffwechsel- und/oder Herz-Kreislauf-Krankheiten aufweist.

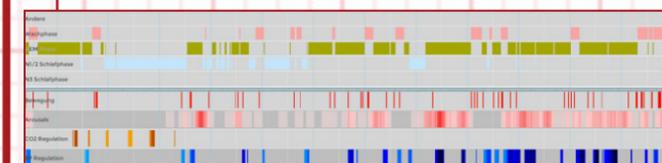


Foto: iStock

EIN WEITERER HRV-INDEX: DAS STRESSKORRELAT

Um einen weiteren Index der HRV abzubilden, wird ein 56-jähriger Kunde vorgestellt, der Diabetes-Typ 1 und erhöhten Blutdruck hat. In Abbildung 4 ist das Lebensfeuer inkl. der Herzfrequenz und seiner Streuung zu sehen. Der Kunde hat eine gute sympathische Aktivität; die ist an der intensiven Farbgebung im unteren Bereich der Grafik zu sehen (Bereich 0 bis 0,15 Hz). Dazu kommt eine reduzierte parasympathische Aktivität, die sich vor allem in der Nacht im oberen Bereich ab 0,15 Hz aufwärts zeigt. Man kann rudimentär ca. fünf Schlafzyklen erkennen. In einer tieferen Analyse zeigt sich auch, dass hier keine N3-Tiefschlafphase erkennbar ist und die REM-Phasen nie störungsfrei sind.

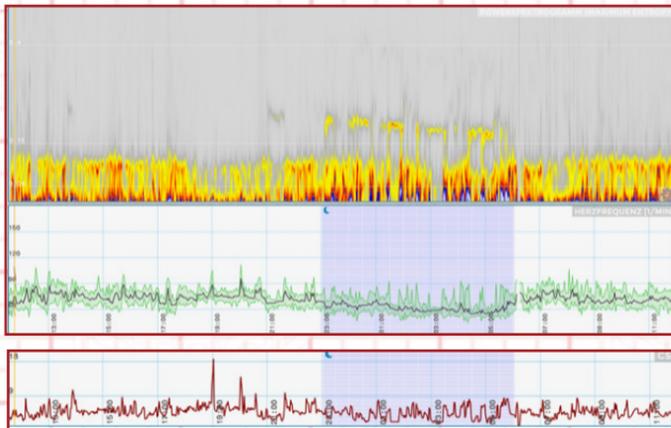


Abb. 4: Lebensfeuer, Herzfrequenz und Cardiac Sympathetic Index (CSI) als Kenngröße der sympathischen Aktivität und entferntes Korrelat zur Cortisolausschüttung bei einem 56-jährigen Diabetiker

Eine weitere Kenngröße, die als Maß für Stress dient, ist der Cardiac Sympathetic Index (CSI) (Toichi, Sugiura, Murai, & Sengoku, 1997). Der CSI wird als Korrelat zum Stresshormon Cortisol diskutiert. Anhand des oben genannten Beispiels ist offensichtlich, dass die Person zwischen 18.00 und 19.00 Uhr durch den Einriss im sympathischen Anteil des Lebensfeuers Stress erfährt; deutlich wird dies durch die CSI-Spitze kurz vor 19.00 Uhr. Um die Interpretationsfähigkeit dieses Parameters zu unterstützen, betrachtet man den CSI-Verlauf über

die Nacht und am nächsten Morgen. Bei dem Kunden fällt die CSI-Kurve während der ganzen Nacht nicht ab und vor allem steigt sie am nächsten Morgen nicht an. Der Kunde bearbeitet seine Probleme in der Nacht weiter, verbraucht Cortisol schon in der Nacht und besitzt keine Reserve am Morgen, um aktiv in den Tag zu starten.

Die vergleichbare Abbildung 5 bei einer Hochleistungssportlerin (29 Jahre) zeigt, dass sowohl das Lebensfeuer als auch die Herzfrequenz wesentlich deutlicher Aktivitäten in den verschiedenen Bereichen des autonomen Nervensystems zeigt und auch die Herzfrequenz tagsüber hoch ist und nachts deutlich in einer Wannenbildung abfällt.

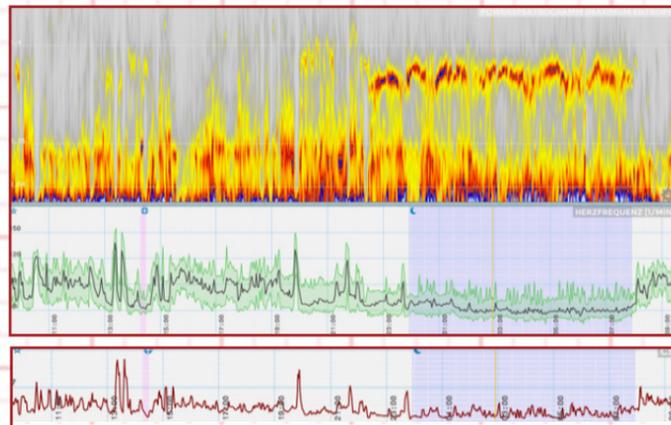
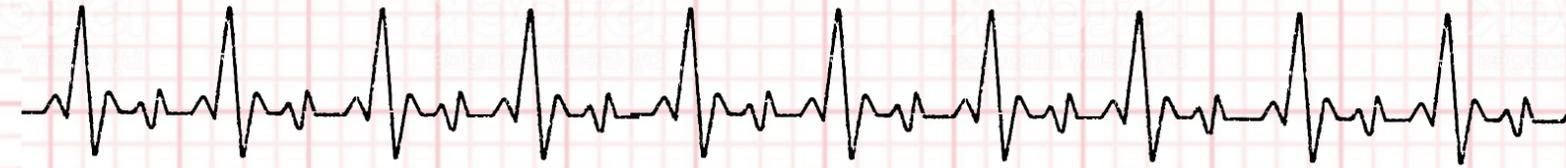


Abb. 5: Lebensfeuer, Herzfrequenz und Cardiac Sympathetic Index (CSI) als Kenngröße der sympathischen Aktivität und entferntes Korrelat zur Cortisolausschüttung bei einer 29-jährigen Skibergsteigerin

Die Interpretationsmöglichkeit des CSI als Korrelat zeigt sich vor allem in der Nacht, da hier deutlich der CSI abfällt und vor allem am Morgen ansteigt und nach einiger Zeit wieder abfällt. Die Herzfrequenz steigt am Morgen und bleibt erhöht, wie es normal ist. Somit kann mit dem CSI das Stressniveau-Korrelat zum Cortisol noch besonders betrachtet werden.



DIE VIELFALT EINER HRV-MESSUNG

Nach diesem Artikel sollte klar sein, dass die HRV-Messung ein umfassendes Werkzeug ist, das bei erfahrenen Trainern Beurteilungen zur Belastungssteuerung, zur Atmung und zum Schlafverhalten sowie zum Körperzustand im Allgemeinen zulässt. Die meisten der aufgeführten Parameter der HRV sind Korrelate, d.h., sie sind keine Messgröße, um Belastungsphänomene direkt zu messen, sondern sie haben eine Ähnlichkeit im Verlauf zu einem wichtigen Trainings-/Gesundheitsparameter und lassen so Interpretationen zu. Das ist im Übrigen ein Fakt, der in der Laktatdiskussion jahrzehntelang vernachlässigt wurde!

Je nach Anspruchsdenken kann man ökonomisch (2-Minuten-Test mit Brustgurt), nebenbei (Morgentest mit dem Smartphone und einer App) oder wissenschaftlich genau (EKG und professionelle Software) die Kennwerte bestimmen. Die Interpretation der Werte und die daraus zu ziehenden Konsequenzen obliegen dem erfahrenen Trainer. Im Gesundheitsbereich und auch im Coaching ist die HRV das Messsystem der Wahl. Im Krankheitsfall sollte die HRV-Messung mit der Interpretation des EKG und weiteren pathologischer Tests von ärztlicher Seite ergänzt werden.

Jeder verhaltenstherapeutische Ansatz sollte mit dieser Methode im Sinne einer Qualitätssicherung begleitet werden. Es ist die einfachste und gleichzeitig direkteste Art, jeden bewusst oder unbewusst erfahrenen Einfluss auf das ANS zu erfassen.

Für komplexe Ansteuerungsprozesse, wie sie im sportlichen Training vorkommen, kann die HRV eine sinnvolle Ergänzung bzw. auch Ablösung verschiedener Tests bedeuten. Vor allem die Forderung nach geplanten Regenerationsmaßnahmen kann sinnvoll mit einer HRV-Messung ergänzt werden.

Die Interpretation der Kenngrößen aus der HRV steht erst am Anfang und wir dürfen gespannt sein, was sich auf dem Markt der Smartwatches tut. Eine Blutdruckmessung mit einer Smartwatch ist gerade von der amerikanischen Zulassungsstelle positiv bewertet worden. Die HRV-Abschätzung mit den Smartwatches wird immer besser. Applikationen, die nicht nur Standardparameter der HRV messen, finden immer mehr Zuspruch. Es bleibt daher also sehr spannend!

Dr. Ronald Burger

ist Trainingswissenschaftler und Biomechaniker. Über 20 Jahre leitete er das Trainings- und Bewegungswissenschaftliche Labor der Johannes-Gutenberg-Universität in Mainz. Er ist Dozent an mehreren Hochschulen und arbeitet als selbstständiger Coach und Trainer für Institutionen, Sportler und Privatpersonen. Er ist nicht nur HRV-Experte, sondern gilt auch als Fachmann für Wissenschafts- und Testtheorie sowie Leistungsdiagnostik und Data-Mining. Mit 20 verfügbaren 1-Kanal-EKG-Geräten ist er in der Lage, Gruppenanalysen bei der HRV zeitgleich durchzuführen.

