

Standardisierte 24-Stunden-Hautleitwertmessung – Einsatzmöglichkeiten in der Praxis für die Stressmessung am Tag und im Schlaf aufgrund von Parallelen zu chronobiologischen Rhythmen

Standardised 24-hour measurement of electrodermal level (EDL) – practical implications for stress assessment during the day and sleep with respect to chronobiological rhythms

Silvia Noetzel

FA Allgemeinmedizin, Biofeedbacktherapeutin, Psychotherapeutin

– Niedergelassen in eigener Praxis, Berlin

Datenerhebung der Studie 2011:

Studie der Firma Psyrecon research & consulting – Institut für angewandte Psychophysiologie GmbH, Wuppertal durchgeführt im Auftrag der Firma Porta Bio Screen GmbH

Aktualisierte Fassung Berlin 2016

Zusammenfassung

Die mobile standardisierte 24-Stunden-Langzeitmessung des Hautleitwerts (EDL) mit palmarer und plantarer Parallelableitung wurde 2011 bei 20 gesunden Probanden an je zwei vergleichbaren Messtagen durchgeführt. Veränderungen des vegetativen Arousals am Tag konnten in Beziehung zu chronobiologischen BRAC-Zyklen gebracht werden. Im Schlaf zeigten sich erhebliche Unterschiede zwischen dem palmareren und dem plantaren Ableitort, besonders bei Auftreten des EDA-Stormings. Der Beitrag macht Vorschläge zu Richtgrößen in der Hautleitwertmessung und deren Bedeutung für die mobile Stressmessung anhand des vegetativen Arousals am Tag und in der Nacht. Der Einsatz der 24-Stunden-Hautleitwertmessung als Diagnostikum im Praxisalltag bei Patienten mit psychischen Erkrankungen oder psychosomatischen Störungen zur Beurteilung der vegetativen Dysbalance wird dargestellt.

Die Ergebnisse ermutigen zu weiteren Studien mit den Schwerpunkten Hautleitwerterfassung und erholsamer Schlaf, Unterschiede der Richtgrößen unter Medikamenteneinfluss und bei ausgewählten Krankheitsbildern (Depressionen, Burnout, CFS, Insomnie, Schizophrenie, ADHS) sowie Interpretation unterschiedlicher Ableitorte in der Mehrkanalmessung.

Stichwörter: Hautleitwertmessung, Richtgrößen, Chronobiologie, Stressmessung, Vegetatives Arousal, Burnout, CFS, Insomnie, Storming-EDA

Summary

A mobile standardised 24-hour long-time measurement of skin conductance level (SCL) with palmar and plantar electrode placements was obtained 2011 from 20 healthy subjects on two comparable days each. Changes in autonomic arousal during the day could be related to chronobiological BRAC cycles. In the night, significant differences between the palmar and plantar electrode placements were found, especially in relation to the pattern of EDA storming. The article makes proposals for SCL guideline values and their implications for the mobile stress measurement on the basis of autonomic arousal during the day and night.

Furthermore, the use of 24-hour long-time measurement of skin conductance level as a diagnostic measurement in daily practice in patients with mental illness or psychosomatic disorders to assess the autonomic imbalance is outlined.

These results are encouraging for further studies with a focus on skin conductance measurements and recreative sleep, guideline values in relation to the influence of drugs and certain clinical conditions (depression, burnout, CFS, insomnia, schizophrenia, ADHD) and interpretation of different measurement locations in the multi-channel measurement.

Keywords: SCL measurement, guideline values, chronobiology, stress measurement, autonomic arousal, burnout, CFS, insomnia, storming-EDA

Korrespondenzadresse:

Dr. med. Silvia Noetzel

FA für Allgemeinmedizin, Biofeedbacktherapeutin, Psychotherapeutin

Kaiserdamm 20, 14057 Berlin

Tel.: (030) 265 407 52; Fax: 0322 213 226 93

Mobil: 0179 3969275

E-Mail: praxis@dr-noetzel.de

Einleitung

In der Literatur wurde die Messung der elektrodermalen Aktivität bislang als mit großen präexperimentellen interindividuellen Unterschieden in der Ausprägung behaftet beschrieben (4). Balzer und Hecht (3) begannen, mit dem Hautleitwertmessgerät HIMEM den Stress noninvasiv zu messen. Zusammenhänge zwischen chronobiologischen Rhythmen und EDA-Messungen wurden von Hecht erstmals beschrieben (6).

Längere EDA-Auswertungen benötigen bislang spezielle Softwareprogramme, die die Daten überarbeiteten, um Aussagen zu erhalten; die Standardableitung erfolgt mit Napfelektroden an Daumen und Kleinfingerballen (8), einige Autoren verwenden eine Ableitung am Handgelenk (2). Der in der Chronobiologie bekannte BRAC-Zyklus (*Basic Rest Activity Cycle*) nach Kleitman (7) beschreibt einen genetisch determinierten biologischen Rhythmus auf der Grundlage des neuronalen und endokrinen autonomen Nervensystems in Zusammenhang mit kognitiven und perzeptiven Leistungen. Dieser ultradiane Rhythmus besagt, dass sich während des Tages Aktivitätsphasen von 90 bis 120 Minuten mit Ruhephasen von 15 bis 20 Minuten abwechseln sollten (11). Diese Rhythmen wurden aus dem 90-Minuten-Zyklus des NREM-/REM-Schlafs abgeleitet, der sich in der Regel fünfmal während des Schlafens wiederholt, wobei der NREM-Schlaf 75 % beträgt.

Die elektrodermale Aktivität (EDA) als komplexes Phänomen, das auf neuronalen Verschaltungen des ANS basiert und durch übergeordnete Kontrollinstanzen wie den Hypothalamus, den Hippocampus und weitere Anteile des limbischen Systems gesteuert wird, ist ebenfalls biologischen Rhythmen unterworfen (4). Auch die Ausschüttung von Cortisol, welches als peripheres Stresshormon im Speichel bestimmbar ist, unterliegt circadianen chronobiologischen Gesetzmäßigkeiten. In vorangegangenen Studien wurde bereits versucht, Korrelationen zwischen EDA-Werten und Plasmacortisolwerten aufzuzeigen (12), mit der Empfehlung, in weiteren Studien Zusammenhänge zwischen der EDA und Hormonen auf allen Ebenen der Hypothalamus-Hypophysen-Nebennieren-Achse zu untersuchen. Mit Cortisolsalivetten konnte eine signifikante Korrelation zwischen der EDA, den Cortisolwerten und schlechtem Schlaf bei ASD-Kindern gezeigt werden (10). Lester, Burch und Dossett (8) fanden während des Schlafs temporär typische Erhöhungen des Hautleitwerts in Nächten nach stressreichen Erlebnissen. Die besonders hohe Anzahl elektrodermalen Reaktionen von im Mittel 10 bis 12 EDRs pro Minute führte zur Bezeichnung dieses Phänomens als „EDA-Storming“ bei der Handableitung. Polysomnographische Paralleluntersuchungen mit der Ableitung der EDA am Handgelenk von Akane, Picard und Stickgold (1) zeigten, dass 80% der sogenannten „Storming EDA“ während der SWS Phasen auftraten.

Fragestellungen

Empirische 24 Stunden Messungen an ambulanten psychotherapeutischen Patienten mit dem in der Studie eingesetzten Messgerät in eigener Praxis zeigten vorab, dass der Hautleitwerttonus reproduzierbar in Abhängigkeit von vorgegebenen Tätigkeiten steht und während des Schlafs in einigen Fällen eindeutige Unterschiede im Verlauf des EDLs an Hand und Fuß sichtbar werden.

In der Studie sollte durch die mobile Langzeit-EDL-Messung mit normierten Ableitkriterien an Hand und Fuß der Einsatz der Hautleitwertmessung im Alltag als 24-Stunden-Diagnostikum für die Stressmessung überprüft werden und inwieweit unter der normierten Messung Richtgrößen (μS) benannt werden können.

Des weiteren sollte untersucht werden, ob es unter den oben genannten Voraussetzungen Parallelen zu chronobiologischen Rhythmen, insbesondere dem BRAC-Zyklus am Tag und während des Schlafes geben kann und inwieweit sich Hand- und Fußableitungen der EDA unterscheiden.

Studienaufbau

Die Studie wurde 2011 im Auftrag der Firma Porta Bio Screen GmbH von der Firma Psyrecon research & consulting – Institut für angewandte Psychophysiologie GmbH, Wuppertal durchgeführt.

Die Studie befasst sich mit dem Vergleich des EDL, gemessen an der linken Hand und am linken Fuß, an 20 gesunden Probanden im Alter zwischen 20 und 57 Jahren (Altersdurchschnitt: 30 Jahre). Die Probanden nahmen keine Medikamente und wurden zu Beginn der Studie durch den TICS Test (Trierer Inventar Chronischer Stress) normwertig getestet.

Im ersten Untersuchungsteil wurden unter kontrollierten Laborbedingungen parallele Messungen des EDL an Hand und Fuß vorgenommen, während unterschiedliche Versuchsbedingungen absolviert wurden.

Im zweiten Untersuchungsteil erfolgte ein 24-Stunden-Monitoring des EDL an beiden Ableitorten. Beide Untersuchungsteile wurden im Abstand von einer Woche zur gleichen Tageszeit für alle Probanden wiederholt, wobei die Schlafenszeit, die Arbeitszeit und die Haupt-Essenszeit zeitlich protokolliert wurden.

Die Datenaufzeichnung der elektrodermalen Aktivität erfolgte mit dem MentalBioScreen K3 der Firma Porta Bio Screen GmbH mit integrierter Protokollfunktion, Zweikanalableitung und einer Abtastrate von 1 Hz. Die Auswertung erfolgte direkt mit den Rohdaten, die sekundlich aufgezeichnet wurden.

Als Elektroden wurden handelsübliche EKG-Strukturvlies-Elektroden mit isotonischer Gelscheibe und Ag/AgCl-Sensor mit Druckknopf verwendet. Es wurden jeweils zwei Elektroden hypothenar und am Fuß lateral unter dem Caput metatarsale befestigt, wobei die Abstände der Elektroden zueinander ebenfalls normiert waren.

Ergebnisse

Während der 24-Stunden-Langzeitmessung zeigten sich unterschiedliche Tonusverläufe während der Laborphase, der Arbeitszeit, der Essenszeit und während des Schlafs sowie an den Ableitorten palmar und plantar, vor allem während des Schlafs.

Abb. 1 Beispiel einer 24-Stunden-Messung in der graphischen Übersicht (VP21 2)
Handableitung rot, Fußableitung blau Phase Sonstiges = Laborzeiten

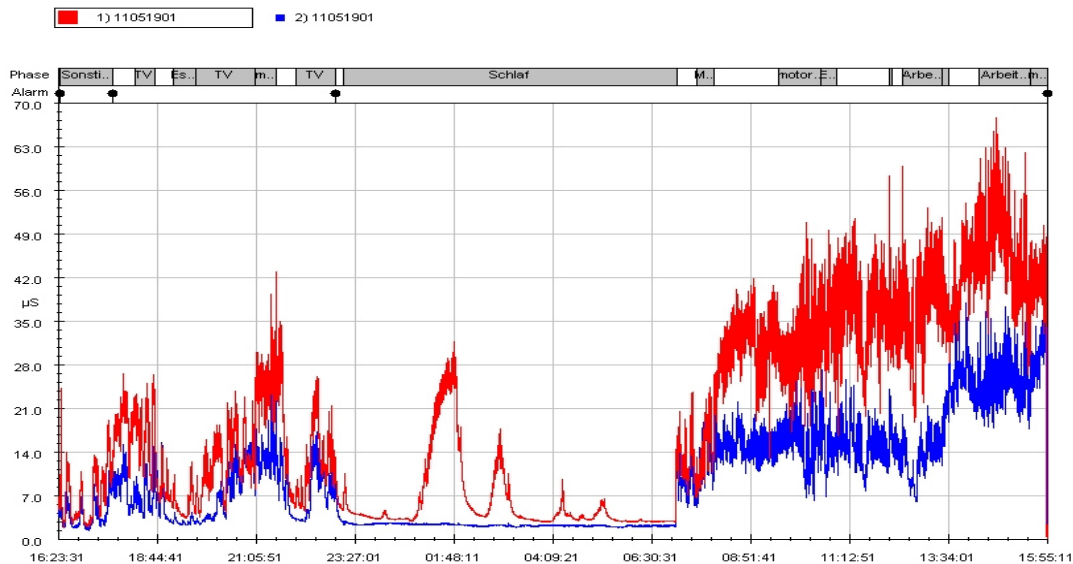
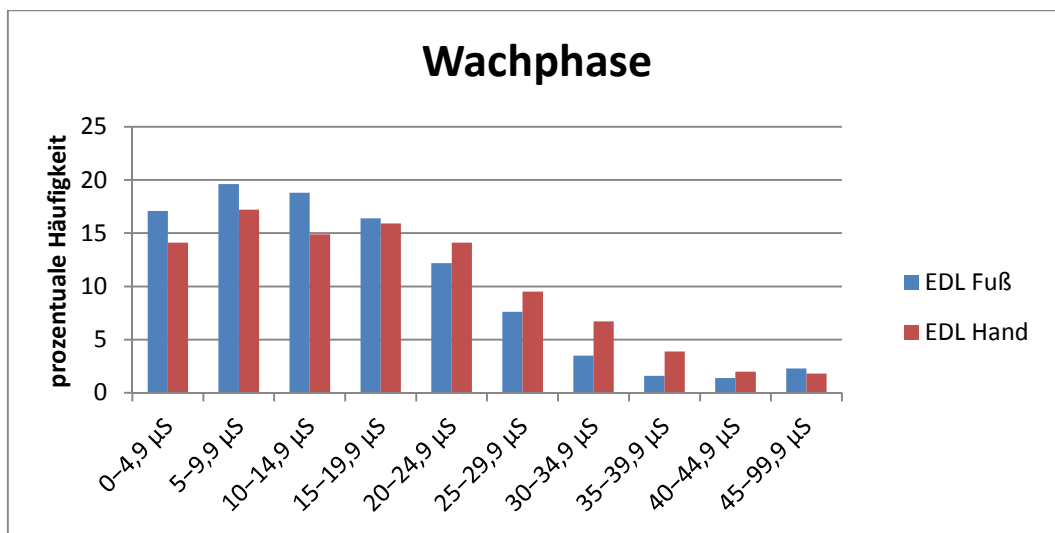


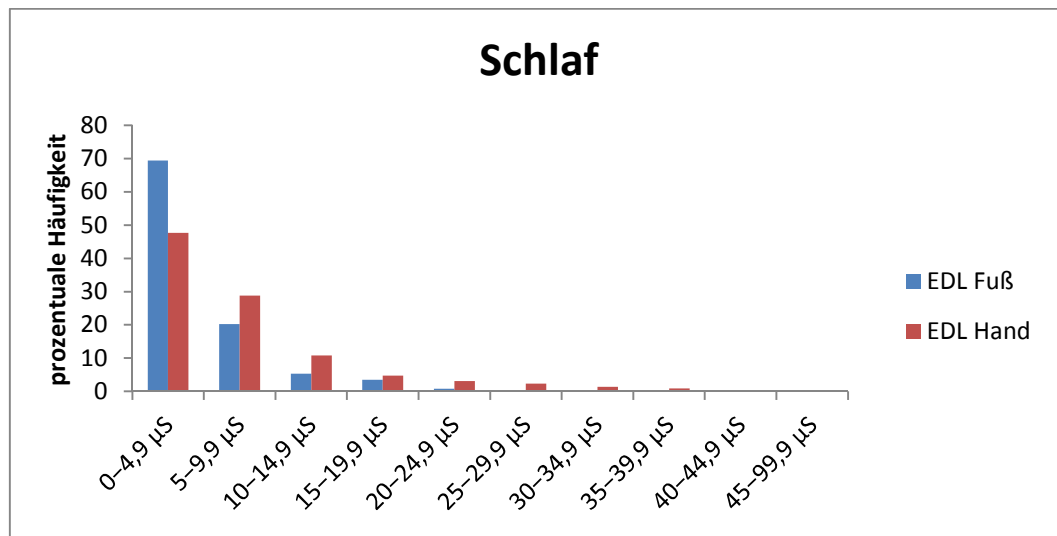
Abb. 2 Mittelwerte am Tag palmar und plantar nach den prozentualen μS -Verteilungen



Während des **Tages** zeigten die EDL-Werte an Hand und Fuß im Bereich 15–19,9 μS vergleichbare Häufigkeiten (15,9 % respektive 16,4 %).

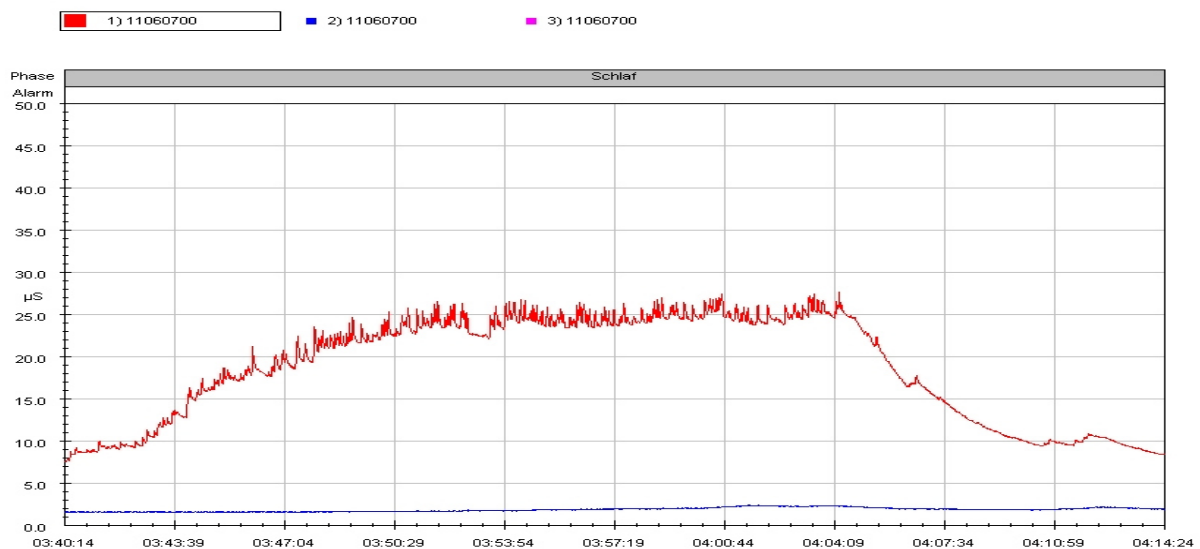
In den unteren μS -Bereichen lag der Fußwert bis zu vier Prozentpunkte häufiger, in den Bereichen über 20 μS waren die Handwerte bis zu vier Prozentpunkte häufiger vertreten als die Fußwerte. Im Verlauf nahmen bei beiden Ableitungen die Häufigkeiten mit steigendem Wertebereich zunächst zu und dann wieder ab.

Abb. 3 Mittelwerte während des Schlafs palmar und plantar nach den prozentualen μS -Verteilungen



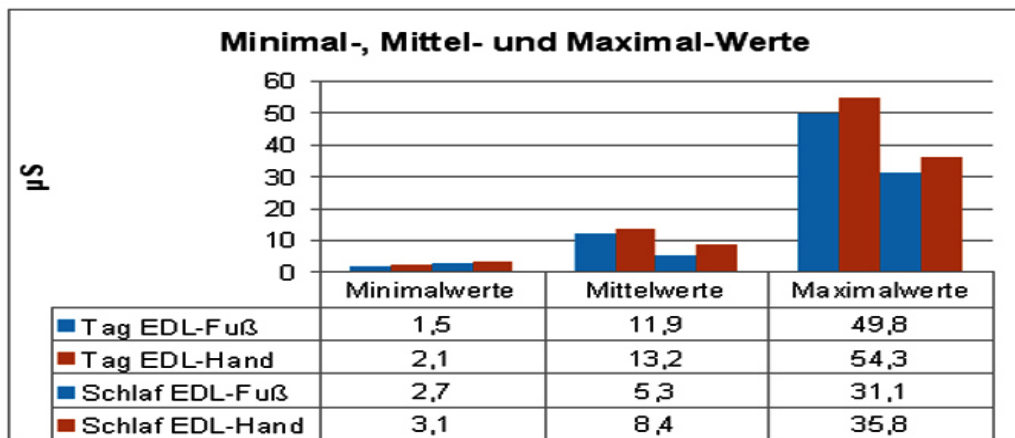
Im **Schlaf** waren die Unterschiede an Hand und Fuß ausgeprägter, wobei die Fußwerte zu 69,4 % im Bereich bis 4,9 μS lagen und im Bereich über 20 μS unter 1 % fielen. Die Handwerte lagen zu 47,7 % im Bereich bis 4,9 μS und sanken ab 35 μS unter 1 %.

Abb. 4 Abbildung der Storming-EDA im Schlaf mit palmarer (rote Kurve) und plantarer (blaue Kurve) Ableitung



Es zeigte sich temporär ein völlig unterschiedliches Verteilungsmuster der EDL-Werte von Hand und Fuß im Schlaf; die Storming-EDA zeigte sich nur an der Handableitung, während die Fußableitung im Tonus um 2 μS persistierte.

Abb. 5 Minimal-, Mittel- und Maximalwerte am Tag und während des Schlafs palmar und plantar

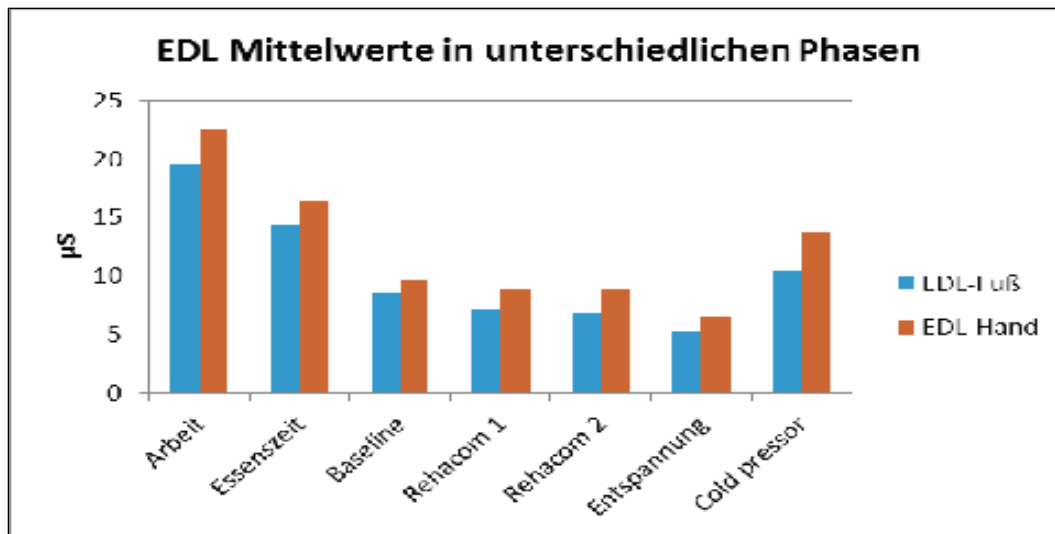


Im **Vergleich von Tag und Nacht** lagen die Tageswerte stets höher als die Nachtwerte. Der Handwert lag stets höher als der dazugehörige Fußwert.

Am **Tag** unterschieden sich die Toni (μS) der Minimalwerte (MinMW), Mittelwerte (MW) und Maximalwerte (MaxMW) deutlich voneinander. Die Differenzen bei den MW und den MaxMW für Hand und Fuß befanden sich jedoch in ähnlichen Bereichen (MW H 4,8 μS respektive F 6,6 μS (Diff. 1,8 μS); MaxMW H 18,5 μS respektive F 18,7 μS (Diff. 0,2 μS)). Bei den MinMW differierten die Werte kaum (1–1,2 μS). Die Hand- und Fußwerte waren im Mittel tagsüber vergleichbar (Diff. 1,3 μS), die Differenz der MaxMW lag höher (Diff. 4,5 μS).

Während des **Schlafs** waren die Unterschiede von Hand und Fuß in den MaxMW ausgeprägter als in den MW (Diff. 4,7 μS respektive 3,1 μS), wobei auch die Wachphasen in der Statistik mit enthalten sind.

Abb. 6 Mittelwerte während protokollierter Tätigkeiten – Arbeitszeit, Essenszeit, Laborphasen



Die Mittelwerte ausgewählter Tätigkeiten zeigten stets höhere Handmesswerte als Fußmesswerte (Diff. Arbeitszeit 2,9 μS – Essenszeit 2,1 μS – Baseline 1,2 μS – Rehacom 1 1,7 μS – Rehacom 2 1,9 μS – Entspannung 1,4 μS – Cold Pressor 3,3 μS) und unterschieden sich teilweise signifikant.

Diskussion

Die vorliegenden Studienergebnisse sollten den zuverlässigen Einsatz in der Praxis unter Alltagsbedingungen nachweisen, eine Aussage über Richtgrößen in der Hautleitwertmessung überprüfen, Unterschiede an den Ableitorten Hand und Fuß aufzeigen sowie Korrelationen zu chronobiologischen Rhythmen hinterfragen.

Da die Daten als Rohdaten ausgegeben wurden, konnten Artefakte ausgeschlossen werden und alle Werte zur Datenerhebung herangezogen werden.

Die Kurvenverläufe unterschieden sich an beiden Ableitorten eindeutig in der Wach- und Schlafphase (Abb. 1). Die Toni waren morgens am höchsten und nahmen im Verlauf des Tages und während der Nacht – analog der circadianen Rhythmik des Cortisolspiegels – ab. Dies stützt die Annahme, dass mit der Langzeit-EDL-Messung auch die circadianen Rhythmen dargestellt werden können.

Nach den ultradianen Rhythmen (BRAC) beinhalten die gesamten Pausenzeiten am Tag ca. 150 Minuten (2,5 Std.) sowie Aktivitätsphasen ca. 840 Minuten (14 Std.). Prozentual sind dies rund 15 % Ruhephasen und 85 % Aktivitätsphasen.

Im Sinne der Salutogenese ist ein Wechsel von Entspannung und „Herausforderung“ sinnvoll (5). Daher ist vorstellbar, dass – analog der Ruhephasen – am Tag zu 15 % auch eine „Herausforderung“ in der Aktivitätsphase vorhanden sein darf. Damit befindet sich rechnerisch der „Alltag“ mit rund 70 % in einem moderaten Arousal und weist damit weder Herausforderungs- noch Entspannungswerte auf.

Am Tag fanden sich diese Prozentsätze – 15 % Ruhephase, 70 % Alltag, 15 % Herausforderung – in den gerundeten Mittelwerten der prozentualen Verteilung (Abb. 2) wieder:

Dem Prozentsatz der Ruhephasen (15 %) entspricht die prozentuale Häufigkeit von 14 % bei der Handableitung und von 17 % bei der Fußableitung zwischen 0 und 4,9 μS (Diff. 3 %).

Die „Alltagsphase“ (70 %) entspricht der prozentualen Häufigkeit von 72 % bei der Handableitung und von 75 % bei der Fußableitung zwischen 5 und 29,9 μS (Diff. 3 %).

Die „Herausforderungsphase“ (15 %) entspricht der prozentualen Häufigkeit von 15 % bei der Handableitung und 9 % bei der Fußableitung $> 30 \mu\text{S}$ (Diff. 6 %).

Die vorliegenden Werte (Abb. 2) zeigen somit auch Parallelen zu den ultradianen Rhythmen während des Tages, wobei sich Hand- und Fußableitung nur geringfügig unterscheiden.

Im **Schlaf** (Abb. 3) lagen die Fußwerte mit 70 % im Bereich $< 5 \mu\text{S}$. Da die Wachphasen in den Nächten in der Auswertung rechnerisch mit enthalten sind, ist jedoch von einem höheren Prozentsatz im Schlaf auszugehen. Die deutlich niedrigere prozentuale Verteilung der Handwerte im Bereich $< 5 \mu\text{S}$ (48 %) – wie auch die Unterschiede in den übrigen prozentualen μS -Bereichen – zeigt, dass sich die Differenzen der EDL-Messwerte von Hand und Fuß im Schlaf deutlicher unterscheiden als am Tag.

Diese Unterschiede fanden sich fast ausschließlich im Schlaf in den Perioden der Storming-EDA (Abb. 4), die in der palmaren Ableitung auftritt, jedoch nicht in der Fußableitung.

Studien mit Vergleichsmessungen von Polysomnographieaufzeichnungen mit palmarer und plantarer EDL-Ableitung zur Differenzierung dieser unterschiedlichen Messergebnisse an Hand und Fuß während des Schlafs stehen bislang noch aus.

Die **Differenzen der Hand- und Fußableitungen** lassen vermuten, dass die verschiedenen Ableitorte verschiedene Teilbereiche des ANS abbilden; besonders während der Essenszeiten und des Schlafes sind die Unterschiede auffallend. Ein Erklärungsmodell könnte sein, dass die Handableitung am Dermatome C8 bevorzugt das sympathische Nervensystem (C8 – L2/3) darstellt, während mit der Fußableitung am Dermatome S1 eher das parasympathische Nervensystem (S2 – S4 sowie Hirnnerven) abgebildet wird.

In den **Mittelwerten der einzelnen Phasen** (Abb. 6) zeigte sich, dass die Messwerte in den **Laborphasen** – unabhängig von der Tageszeit – bei mentalen Stimuli durchgängig im niedrigen Arousalbereich lagen und erst der Alltag zu einem erhöhten Arousalniveau führte. Dies macht deutlich, dass die Aktivierung im Alltagsleben im Allgemeinen bedeutend höher ist als unter den relativ isolierten Laborbedingungen. Auch ein vergleichsweise starker Stressor wie der Cold-Pressor-Test (Eiswassertest) (H 13,7 μ S respektive F 10,4 μ S) löste weniger hohe EDL-Werte aus als z. B. ein normaler Arbeitsalltag (H 22,4 μ S respektive F 19,5 μ S). Die Phase der Baseline während der Labortestungen, die eine zweiminütige Messung am Anfang ohne vorgegebene Stimuli beinhaltet, zeigte höhere Messwerte als die Phasen mit vorgegebenen Stimuli. Die Entspannungszeiten während der Laborphase zeigten erwartungsgemäß an Hand und Fuß die geringsten μ S-Mittelwerte (H 6,6 μ S, F 5,2 μ S).

Im **Alltag** (Abb. 6) lag der Hand-MW der Arbeitszeiten am höchsten (22,4 μ S), der Hand-MW der Essenszeit, die in der Regel in Gesellschaft und damit im Gespräch verbracht wurde, lag bei 16,4 μ S. Werte > 30 μ S sowie die MaxMW um die 50 μ S fanden sich bei den Probanden außerhalb der Arbeits- und Essenszeit, was nahelegt, dass die „Herausforderungen“ am Tag bei dieser Klientel überwiegend im Privatbereich lagen.

Unter Einbeziehung der vorliegenden prozentualen Verteilungen und Mittelwerte können daher für eine gesunde Klientel in Anlehnung an chronobiologische Rhythmen richtungsweisend folgende Richtgrößen angenommen werden:

Wachphase

Palmare sowie plantare Ableitung

< 5 μ S Entspannungszeiten

5-15 μ S Neutralwerte im mittleren Arousalbereich

> 15-30 μ S Aktivitätswerte im höheren Arousalbereich

> 30 μ S „Herausforderungswerte“ im hohen Arousalbereich

Schlafphase

Palmare Ableitung

> 50 % im Bereich 0-4,9 μ S und < 30 % im Bereich 5-10 μ S mit stetig abfallender Tendenz

Plantare Ableitung

> 70 % im Bereich 0-4,9 μ S und < 20 % im Bereich 5-10 μ S mit stetig abfallender Tendenz

Für **nachfolgende Studien** wird die Bedeutung der Erfassung des Hautleitwerts als Indikator für erholsamen Schlaf maßgeblich sein – wie auch die Frage, inwieweit Faktoren wie Medikamente oder psychische Erkrankungen bei einer 24-Stunden-Messung zu systematischen Abweichungen von den hier berichteten Messwerten führen. Empirische Daten zeigten bislang, dass Patienten mit CFS und Burnout am Tag – auch bei Aktivität – wesentlich höhere prozentuale Messwerte im Bereich 0-4,9 μ S und analog dazu im Schlaf einen erhöhten Anteil der Storming-EDA aufweisen. Bei „gestressten“ Patienten ohne diese Diagnosen fanden sich sehr geringe prozentuale Messwerte im Bereich 0-4,9 μ S und dafür hohe Anteile im Bereich > 30 μ S; der Nachtschlaf zeigte bei diesen Patienten ebenfalls erhöhte Storming-EDA-Anteile.

Fazit für die Praxis

Das vegetative Arousal über 24 Stunden – und damit die Stressbelastung – darstellen zu können, war bislang in der Praxis aufgrund fehlender Technik und fehlender Richtgrößen nicht möglich. Über die sekundengenaue Langzeitmessung des Hautleitwerts, der als Messgröße für das vegetative Arousal etabliert ist (4, 5, 11), konnten anhand der Parallelen zu chronobiologischen Rhythmen erstmals Vorschläge zu Richtgrößen in der Hautleitwertmessung dargestellt werden. Vorliegende empirische Daten von 24-Stunden-Messungen zeigten deutlich davon abweichende Richtgrößen bei Patienten mit psychiatrischen Krankheitsbildern, wie sie bereits in der Literatur für Kurzzeitmessungen des EDL beschrieben wurden (9). Die erhobenen Daten machen zudem deutlich, dass sich mit der mobilen EDL-Alltagsmessung das vegetative Arousal und die individuellen Stressoren in Abhängigkeit von unterschiedlichen Tätigkeiten darstellen lassen, die Stressbelastung des Einzelnen überwiegend durch interne Stressoren ausgelöst wird und strukturierte externe Stimuli das vegetative Arousal senken. Die graphische Darstellung der Daten ermöglicht dem Psychiater, Psychotherapeuten und Allgemeinmediziner, seinem Patienten die Zusammenhänge des Stressvulnerabilitätsmodells plausibel darzustellen und damit die Compliance für Therapieinterventionen zu erhöhen. Der Therapieerfolg kann anhand der Regulierung chronobiologischer Rhythmen am Tag und während des Schlafs durch Folgemessungen nachgewiesen werden.

Literaturangaben

1. Akane Sano, W.Picard, Robert Stickgold Quantitative analysis of wrist electrodermal activity during sleep
Published online 2014 Oct 5. doi: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25286449>
2. Anske U. Dissertation Pilotstudie zur Charakterisierung funktioneller Gesundheitszustände mittels Chronopsychobiologischer Regulationsdiagnostik. Institut psychosoziale Gesundheit GbR mbH, Berlin. 2003. <http://edoc.hu-berlin.de/dissertationen/anske-ute-2003-09-25/HTML/chapter2.html#N111FC> (Abruf 03.11.2011).
3. Balzer H-U, Hecht K. Ist Stress noninvasiv zu messen?. Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität Berlin, Reihe Medizin 1989; 38: 456–460.
4. Boucsein W. Elektrodermale Aktivität. Grundlagen, Methoden und Anwendungen. Berlin, Heidelberg, New York: Springer 1988.
5. Boucsein W. Die elektrodermale Aktivität als Emotionsindikator. In: Debus G, Erdmann G, Kallus WK (Hrsg.). Biopsychologie von Streß und emotionalen Reaktionen. Göttingen: Hogrefe 1995; 143-161.
6. Hecht K. Chronopsychobiologische Regulationsdiagnostik (CRD) zur Verifizierung von funktionellen Zuständen und Dysregulationen. In: Hecht K, König O, Scherf HP. Emotioneller Stress durch Überforderung und Unterforderung. Berlin, Milow: Schibri 2001; 193-252.
7. Kleitman N. Basic rest activity cycle - 22 years later. Sleep 1982; 5: 311-317.
8. Lester BK, Burch NR, Dossett RC. Nocturnal EEG-GSR profiles: the influence of presleep states. Psychophysiology 1967; 3: 238-248.
9. Michael L. Dissertation Ereignisbezogene Hautleitfähigkeitsreaktionen als Indikatoren für Aufmerksamkeitswechsel. Fachbereich Erziehungswissenschaft und Psychologie der Freien Universität Berlin. 2009.
10. Reynolds SE, Lane SJ. The Relationship Between Sensory Processing, Physiological Stress, and Sleep Quality in Children with Autism Spectrum Disorder. Virginia Commonwealth University, Richmond, VA. Department of Occupational Therapy. 2011.
<http://imfar.confex.com/imfar/2011/webprogram/Paper8005.html> (Abruf 03.11.2011).

11. Rossi EL, Nimmons D. 20 Minuten Pause. Paderborn: Junfermann 2007.

12. Thorell LH, Kjellman BF, D'Elia G, Kågedal B. Electrodermal activity in relation to cortisol dysregulation in depressive patients. *Acta Psychiatrica Scandinavica* 1988; 78: 743-53.