

Der neueste Stand in der Forschung zur Herzfrequenzvariabilität und sozialen Kohärenz: Techniken, Technologien und Implikationen zur Verbesserung der Gruppendynamik und -Resultate

Von Rollin McCraty, Forschungsdirektor am HeartMath Institute, Boulder Creek, CA, USA

Synthese

Konzepte, die unter dem Begriff der Kohärenz zusammengefasst sind, haben sich in Fachgebieten wie der Quantenphysik, der Physiologie und in den Sozialwissenschaften als zentral herausgestellt. Obwohl es verschiedene Arten von Kohärenz gibt, impliziert der Begriff in jedem Fall eine harmonische Beziehung, Korrelationen und Verbindungen zwischen den unterschiedlichen Teilen eines Systems. Ein aus der Herzfrequenzvariabilität (HRV) abgeleitetes Maß ermöglicht es, die physiologische Kohärenz zu messen. Eine andere Art der Kohärenz, die soziale Kohärenz, bezieht sich auf die harmonische Abstimmung aller Parteien in Beziehungen, Paaren, Familieneinheiten, kleinen Gruppen oder größeren Organisationen, in denen ein Beziehungsnetzwerk von Individuen mit gemeinsamen Zielen und Interessen besteht. Ein hohes Maß an sozialer Kohärenz ist in stabilen und harmonischen Beziehungen vorzufinden und ermöglicht den effizienten Fluss sowie die zweckdienliche Nutzung von Energie und Kommunikation, die für einen optimalen kollektiven Zusammenhalt und optimales Handeln erforderlich sind. Soziale Kohärenz erfordert, dass die Gruppenmitglieder aufeinander eingestimmt und emotional miteinander verbunden sind und dass die emotionale Energie der Gruppe durch die Gruppe als Ganzes organisiert und reguliert wird. Eine Reihe von Studien, in denen die verschiedenen Arten der Synchronisation bei Säuglingen, Paaren und Gruppen untersucht wurden, zeigen, dass Gefühle der Zusammenarbeit, des Vertrauens, des Mitgefühls und ein erhöhtes prosoziales Verhalten weitgehend von der Etablierung einer spontanen Synchronisation verschiedener physiologischer Rhythmen zwischen den Individuen abhängen. Dieser Artikel diskutiert eine neue Anwendung des HRV-Monitorings in der sozialen Kohärenzforschung sowie die Bedeutung der physiologischen Synchronisation in Gruppenentwicklungsprozessen und in der Gruppendynamik. Auf Grundlage der umfangreichen Forschungsergebnisse, die zeigen, dass Feedback zum Grad der HRV-Kohärenz auf individueller Ebene die Selbstregulierung verbessern kann, stellen wir die folgenden Hypothesen auf: (1) Feedback zur individuellen und kollektiven HRV-Kohärenz und zum Grad der Herzrhythmus-Synchronisation verbessert die Gruppenkohärenz und die Herzrhythmus-Synchronisation der Gruppenmitglieder. (2) Training in Techniken zur Erhöhung der Gruppenkohärenz und der Herzrhythmus-Synchronisation korreliert mit erhöhtem prosozialem Verhalten wie Entgegenkommen und der Kooperation der Individuen, einer verbesserten Kommunikation und der Abnahme von Zwietracht und kontradiktorischer Interaktionen. (3) Die vom Herzen erzeugten biomagnetischen Felder könnten einen primären Mechanismus zur Vermittlung der HRV-Synchronisation unter den Gruppenmitgliedern darstellen. In dieser Arbeit sollen Daten diskutiert werden, die die erwähnten Hypothesen unterstützen.

Einleitung

Studien der evolutionären Anthropologie deuten darauf hin, dass einer der Hauptantriebsfaktoren der Evolution der menschlichen Spezies unsere fortgeschrittenen Fähigkeiten im Bereich der sozialen Interaktion und Kooperation sind (1, 2). Dieselben Studien legen außerdem nahe, dass der Mensch - unabhängig seines Alters und seiner Kultur - darauf ausgelegt ist, soziale Kontakte und sichere Bindungen anzustreben (3). Die meisten Menschen verbringen viel Zeit damit, mit anderen zu kommunizieren, zu interagieren und Aufgaben mit ihnen zu erledigen. In der Tat ist Mitglied verschiedener Gruppen zu sein, ein unausweichlicher und häufig angestrebter Aspekt unseres Lebens. Einige unserer wohl kostbarsten Momente sind die, die mit einer intimen Bindung verknüpft sind. Begriffe wie soziale Kohärenz, soziale Unterstützung, soziale Beziehungen, soziales Funktionieren, Einsamkeit und soziale Isolation werden verwendet, um verschiedene Aspekte des sozialen Funktionierens des Menschen zu beschreiben. Die Weiterentwicklung von Fähigkeiten und Verhaltensweisen sowie die Fähigkeit, eine Bindung zu anderen aufzubauen und erfolgreich mit ihnen zu kooperieren, ist daher von großer Bedeutung.

Probleme im Bereich der sozialen Kohärenz wirken sich nicht nur auf die Art und Weise aus, wie wir uns fühlen, mit anderen in Kontakt treten und mit ihnen kommunizieren, sondern auch auf physiologische Prozesse, die die Gesundheit stören. Geht es um die öffentliche Gesundheit, dann könnten die soziale Kohärenz und das Zusammengehörigkeitsgefühl zu den wichtigsten Prioritäten zählen. Die Bedeutung sozialer Beziehungen wurde auch durch die ernüchternde Arbeit von James Lynch betont, der feststellte, dass Einsamkeit ein höheres Risiko für Herzerkrankungen darstellt als Bewegungsmangel, Rauchen, übermäßiger Alkoholkonsum und Adipositas zusammengefasst (4). Zahlreiche Studien haben ergeben, dass Personen, die soziale oder kulturelle Veränderungen erleben oder mit sozialer Instabilität, in zerrütteten Verhältnissen oder in Isolation leben, einem erhöhten Risiko ausgesetzt sind, an zahlreichen Krankheiten zu erkranken (5-9). Eine Meta-Analyse sozialer Beziehungen bestätigte, dass, sofern das Sterblichkeitsrisiko auf Grundlage etablierter Risikofaktoren kontrolliert wird, die Überlebenschancen für Menschen mit gesunden sozialen Beziehungen um 50% erhöht sind (10). Darüber hinaus haben zahlreiche Studien verschiedener Populationen – unabhängig von Geographie und Kultur – ergeben, dass sich Individuen, die enge und bedeutende Beziehungen haben, durch ein niedrigeres Sterblichkeitsrisiko, eine geringere Anfälligkeit für chronische und infektiöse Krankheiten sowie bessere Ergebnisse bei Schwangerschaft und Geburt auszeichnen (11-13) und ein glücklicheres und gesünderes Leben führen (10). Die Bedeutung der sozialen Kohärenz für die Gesundheit, die Leistung von Teams und Organisationen und die gesellschaftliche Harmonie weist deutlich auf die Notwendigkeit von Programmen hin, die die Fähigkeit der Menschen zum mentalen und emotionalen Selbstmanagement stärken und sich auf die Steigerung der sozialen Kohärenz konzentrieren. Glücklicherweise gibt es praktische Schritte und Praktiken, die Probleme von Individuen und Gruppen in Situationen sozialer Inkohärenz ansprechen und so dazu beitragen können, die Kohärenz und Belastbarkeit von Organisationen, Teams, Schulen und Gemeinschaften zu erhöhen und zu stabilisieren.

Im Rahmen der Förderung der sozialen Kohärenz, stellen wir (Kollegen und Kooperationspartner) folgende Hypothesen auf: (1) Feedback zur individuellen und kollektiven Herzfrequenzvariabilitäts- Kohärenz (HRV-Kohärenz) und zum Grad der Herzrhythmus-Synchronisation der Gruppenmitglieder wird die Verbesserung der Kohärenz der Gruppe und der Herzrhythmus-Synchronisation erleichtern. (2) Training in Techniken zur Steigerung der Gruppenkohärenz und der Herzrhythmus-Synchronisation korreliert mit erhöhtem prosozialem Verhalten, wie dem gegenseitigen

Entgegenkommen und der Kooperation der Individuen, einer verbesserten Kommunikation und der Abnahme sozialer Zwietracht und kontradiktorischer Interaktionen. (3) Die vom Herzen erzeugten biomagnetischen Felder könnten einen primären Mechanismus zur Vermittlung der HRV-Synchronisation unter den Gruppenmitgliedern darstellen.

Um unsere Hypothesen zu untermauern, werden wir verschiedene Arten von Kohärenz betrachten, die für physiologische Prozesse und die soziale Kohärenz relevant sind und deren dynamisches Zusammenspiel diskutieren. Wir werden uns zudem neuen Techniken und Technologien zur Verbesserung der sozialen Kohärenz widmen. Genauer gesagt, werden wir uns mit einer neuen Anwendung des HRV-Monitorings im Bereich der sozialen Kohärenzforschung beschäftigen und die Bedeutung der physiologischen Synchronisation für Entwicklungsprozesse und interaktionale Gruppendynamiken erforschen. Unsere Haupthypothesen basieren auf umfangreicher Forschung, die zeigt, dass die Bereitstellung von HRV-Kohärenz-Feedback zur Erleichterung des Erwerbs von Selbstregulierungstechniken die Gesundheit und Leistung auf vielfältige Weise verbessert. Siehe Ref. (14, 15) für eine Zusammenfassung.

Kohärenz

Als übergreifendes Konzept umfasst Kohärenz mehrere verwandte Phänomene, auf die wir im gesamten Artikel eingehen werden: Kreuzkohärenz, Entrainment, Autokohärenz und Synchronisation (14). Kohärenz bedeutet immer Korrelationen, Verbundenheit, Konsistenz und eine effiziente Energienutzung und bezieht sich typischerweise auf eine übergreifende Ordnung, in der das Ganze mehr als die Summe der Einzelteile wiegt.

In der Physik wird der Begriff Kreuzkohärenz verwendet, um die Menge der synchronisierten Aktivität in einzelnen oszillierenden Systemen auszudrücken. Haben zwei oder mehrere Systeme den gleichen Frequenzbereich, so können sie phasen- oder frequenzgekoppelt werden, was auch im menschlichen Körper der Fall sein kann, wenn Atmung, Blutdruck und Herzrhythmus in einen optimalen Zustand in der Resonanzfrequenz des Herz-Kreislauf-Systems übergehen (14). In diesem Fall sprechen wir von Entrainment. Unterschiedliche Rhythmen können jedoch auch zu unterschiedlichem Grad synchronisiert sein, sodass nicht von Entrainment gesprochen werden kann. Synchronisation ist ein Aspekt der Kohärenz, der die Koordination von verschiedenen Ereignissen beschreibt, die entweder gleichzeitig oder sequentiell in einer Organisation mit dauerhaften Mustern zwischen zwei oder mehr Ereignissen agieren. Im Rahmen der sozialen Kohärenz können verschiedene mathematische Maße der Kreuzkohärenz verwendet werden, um den Grad der paarweisen Synchronisation physiologischer Rhythmen wie den Herzrhythmen oder Gehirnwellen von zwei oder mehr Individuen (16) festzustellen.

Der Begriff Autokohärenz, der in der Mathematik auch als Autokorrelation bezeichnet wird, beschreibt entweder die Ordnung in einer einzelnen Wellenform, die von einem oszillierenden System erzeugt wird oder den Output mehrerer komplexer interagierender Systeme. Weist der Rhythmus des Herzens beispielsweise einen Sinus-ähnlichen Output auf, so gilt Folgendes: Je stabiler die Amplitude, Frequenz und Form der Welle, desto höher ist auch der Grad der Autokohärenz. Weist ein oszillierendes System einen hohen Grad an Autokohärenz auf und ist mit anderen Systemen gekoppelt, so kann es in den anderen Systemen eine erhöhte Synchronisation oder ein stärkeres Entrainment bewirken, was wiederum ein energieeffizienteres und gesünderes System widerspiegelt (17). Wir werden den Begriff der Kohärenz somit im weiteren Sinne nutzen, um den

Grad der Ordnung, der Harmonie und der Stabilität in verschiedenen rhythmischen Aktivitäten zu beschreiben, was die Regulation miteinander verbundener biologischer, sozialer und ökologischer Netzwerke aufzeigt. Die Bewertung der physiologischen Kohärenz (die auch als Herzkohärenz, Resonanz, kardiale Kohärenz oder persönliche Kohärenz bezeichnet wird) bezieht sich auf die Autokohärenz (die Stabilität einer einzelnen Wellenform wie beispielsweise der Atmung oder der HRV-Muster) und die Systemresonanz (18). Im Zusammenhang mit diesem Artikel, werden wir den Begriff Synchronisation verwenden, um zu unterscheiden, wo wir uns auf Maßnahmen beziehen, die zur Beurteilung der Kreuzkohärenz von Paaren von Individuen genutzt werden.

HRV-Kohärenz

Das primäre Maß zur Beurteilung der physiologischen oder persönlichen Kohärenz ist die HRV. Die gebräuchlichsten Methoden der HRV-Analyse sind der Frequenzbereich (Leistungsspektren) und die zeitstatistischen Maße der Varianz in den Intervallen zwischen den Herzschlägen (Zeitbereich), die fast ausschließlich zur Quantifizierung der über einen bestimmten Zeitraum aufgetretenen HRV verwendet werden. Da es zahlreiche Rezensionen zu den verschiedenen Maßen der HRV und ihren zugrunde liegenden physiologischen Mechanismen und Interpretationen gibt, werden wir darauf verzichten, sie hier zusammenfassen (19-22).

Wichtig ist jedoch, dass sich bestimmte emotionale Zustände im Gegensatz zu Veränderungen der Stärke der HRV in den Mustern des HRV-Rhythmus widerspiegeln und dass Emotionen wie Wertschätzung oder Mitgefühl im Gegensatz zu Emotionen wie Angst, Frustration und Ungeduld mit einem kohärenteren Rhythmus verbunden sind. „Ein kohärenter Herzrhythmus ist als ein relativ harmonisches (sinusförmiges) Signal mit einem sehr schmalen, hohen Amplituden-Höchstwert im niederfrequenten Bereich (typischerweise um 0,1 Hz) des Leistungsspektrums ohne größere Höchstwerte in den anderen Frequenzen definiert (18). Die Kohärenz wird ermittelt, indem der maximale Höchstwert im Bereich von 0,04-0,26 Hz des HRV-Leistungsspektrums festgestellt, das Integral in einem 0,030 Hz breiten Fenster berechnet wird, das mit dem höchsten Wert in diesem Bereich zentriert ist und anschließend die Gesamtleistung des gesamten Spektrums ermittelt wird. Das Kohärenzverhältnis ist wie folgt formuliert: $(\text{Spitzenleistung} / [\text{Gesamtleistung} - \text{Spitzenleistung}])^2$ “ (22), S. 55. Der Zusammenhang zwischen Herzrhythmusmustern und emotionalen Zuständen wurde in Studien, die sowohl in der Natur als auch im Labor durchgeführt wurden, nachgewiesen (23-25). Um die physiologische Kohärenz im Kontext des Herzrhythmus beurteilen zu können, muss der Algorithmus also Veränderungen im Muster oder in der Struktur der HRV-Wellenform erkennen; unabhängig davon, wie viel HRV eine Person haben kann.

HRV- und Selbstregulierung

Porges (26) schlug vor, dass die Entwicklung des autonomen Nervensystems (ANS), oder genauer gesagt des Vagusnervs, für die Entwicklung des Selbstbewusstseins und eines umfassenden Spektrums an emotionalen Erfahrungen von wesentlicher Bedeutung ist. Er vermutet, dass der vagale Zweig des ANS beim Menschen eine entscheidende Rolle im System für soziales Engagement spielt. Er geht zudem davon aus, dass uns das, was er als "Social Engagement System" bezeichnet, die Fähigkeit zur Selbstregulierung verleiht und uns ermöglicht, prosoziales Verhalten zu initiieren, wenn wir mit Stressoren, Herausforderungen oder Meinungsverschiedenheiten konfrontiert werden. Er ist weiterhin der Ansicht, dass wir nicht auf Kampf-, Flucht- oder Einfrier-

Reaktionen beschränkt sind und nimmt an, dass das "Social Engagement System" als "vagale Bremse" fungiert und die Beurteilung der vagalen Aktivität als Indikator für die Fähigkeit zur Selbstregulierung von Emotionen und Verhaltensweisen dient. Eine niedrigere vagal vermittelte HRV für das entsprechende Alter einer Person spiegelt somit einen niedrigen Funktionsstatus des "Social Engagement Systems" wider (26). Dies wird durch Untersuchungen gestützt, die zeigen, dass eine höhere HRV mit psychischer Resilienz, Verhaltensflexibilität und der Fähigkeit zur Anpassung an veränderte soziale Anforderungen verbunden ist (27). Darüber hinaus korreliert eine höhere HRV im Ruhezustand mit einer besseren kognitiven Leistung bei Aufgaben, die exekutive Funktionen erfordern (28).

Soziale Kohärenz

Soziale oder Gruppenkohärenz bezieht sich auf Paare, Familien, Gruppen oder größere Organisationen, die sich durch eine stabile und harmonische Ausrichtung der Beziehungen auszeichnen, was einen effizienten Fluss und die Nutzung von Energie und Kommunikation ermöglicht, die für ein optimales gemeinsames Handeln erforderlich sind (14). Wichtige Aspekte der Gruppenkohärenz sind der Grad der physiologischen Synchronisation, die Fähigkeit zu koordiniertem Handeln und die Anzahl und Qualität positiver emotionaler Verbindungen sowie die harmonische Zusammenarbeit in den Beziehungen der Gruppenmitglieder.

Personen in einer Arbeitsgruppe, einem Sportteam, einer Familie oder einem Unternehmen können sich an einem gemeinsamen Ziel orientieren und eine natürliche Tendenz zu guter Kommunikation, Kooperation und Effizienz aufweisen (14). Sie können außerdem gemeinsame, umfassendere Gruppenidentitäten wie kulturelle, religiöse oder politische Parteizugehörigkeiten teilen und mit Personen interagieren, die verschiedenen Gruppen, d.h. Gruppen, mit denen sie nicht verbunden sind, angehören. Eine der großen Herausforderungen in Organisationen und Gesellschaften ist jedoch, dass Menschen zu kognitiven Verzerrungen neigen und zwischen Mitgliedern der Eigengruppe und Fremdgruppen unterscheiden, was Spannungen, Feindseligkeiten und eine ungesunde Konkurrenz innerhalb der größeren Gruppe schüren kann (29). Eine solche Dynamik kann sich, in geringerem oder größerem Maße, auch auf Familien auswirken. Ist die soziale Organisation inkohärent und sind die Beziehungen nicht harmonisch, so wird ein optimales oder gar grundlegend koordiniertes Handeln nicht möglich sein. Die möglichen Folgen sind psychosoziale Instabilität und Dysfunktion (30).

Physiologische Synchronisation in sozialen Interaktionen

Die Reibungslosigkeit sozialer Interaktionen hängt weitgehend von der spontanen Synchronisation der Individuen ab. Sind Menschen in eine Konversation vertieft, so beginnen sie unbewusst, ihre Bewegungen, Stimmlage, Haltung, Sprechgeschwindigkeit und die Länge der Pausen zwischen den Antworten zu synchronisieren (31). Wir entdecken zudem, dass auch wichtige Aspekte ihrer Physiologie synchronisiert werden. Eine Reihe von Studien hat verschiedene Arten der physiologischen Synchronisation bei Säuglingen, Paaren und Gruppen untersucht.

Damit sich die physiologische Aktivität einzelner Personen synchronisieren kann, muss ein Signal (wie Licht, Schall, ein elektromagnetisches, taktiles oder chemisches Signal) Informationen zwischen ihnen übermitteln. So erhöht beispielsweise die visuelle Synchronisation körperlicher Bewegungen das Zugehörigkeitsgefühl (32), das Selbstwertgefühl (33), das Mitgefühl, altruistisches

Verhalten (34), den Rapport (35) und das prosoziale Verhalten (36), während die Synchronisation während Auseinandersetzungen abnimmt (37). In Gruppen hat sich gezeigt, dass die Synchronisation die Konformität (38), die Kooperation und das Vertrauen (39) verbessert und die soziale Bindung der Gruppenmitglieder (39) stärkt.

Die Bedeutung der Synchronisation der Gehirnaktivität von Individuen und Gruppen hat vor Kurzem das Interesse der sozialen Neurowissenschaften geweckt. Allerdings ist die Kapazität zur Untersuchung der Synchronisation von Gehirnen während einer realen sozialen Interaktion begrenzt. Entsprechende Untersuchungen neigen zudem dazu, methodisch ungeschickt zu sein, was vor allem auf das Fehlen geeigneter Aufzeichnungssysteme für gleichzeitige Aufzeichnungen von zwei oder mehr Personen und auf das Fehlen von Werkzeugen für eine multithematische Analyse zurückzuführen ist.

Die grundlegende Überlegung zur Synchronisation von Gehirnen ist, dass das Wahrnehmungssystem eines Gehirns mit einem anderen Gehirn gekoppelt werden kann (40). Bei der funktionellen Magnetresonanztomographie (fMRT) beispielsweise zeigt die Synchronisation der Gehirne von Sprecher und Zuhörer während einer Kommunikation gemeinsame, vorübergehend gekoppelte Reaktionsmuster. Wichtig dabei ist, dass die Kommunikation umso erfolgreicher war, je stärker die neuronale Kopplung zwischen Sprecher und Zuhörer ausfiel (41). Der Einsatz der Magnetoenzephalographie (MEG), die sich durch eine höhere kurzfristige Auflösung als eine fMRT auszeichnet, zeigte bei der Interaktion außerdem schnellere Veränderungen in der Kopplung der kortikalen Signale des Zuhörers und des Sprechers (42).

Durch den Einsatz einer Elektroenzephalographie (EEG) in der Gruppe, die praktischer als eine fMRT oder MEG ist, war es möglich, die Gehirnsynchronisation und -Konnektivität mehrerer interagierender Teilnehmer aufzuzeichnen. Beispielsweise wurden zahlreiche EEGs von Musikern, die gemeinsam Instrumente spielen (43), während spontanen, nonverbalen Interaktionen aufgezeichnet (44). Mit Hilfe von EEGs wurde außerdem die paarweise Synchronisation der Schüler in einem Klassenzimmer ermittelt (45). So zeichnete die Dikker Studie über einen Zeitraum von 11 Tagen die gleichzeitige EEG-Aktivität von 12 Schülern auf, die sich mit natürlichen Klassenaktivitäten und sozialen Interaktionen beschäftigten und kam zu dem Ergebnis, dass die Gehirnsynchronisation der Schüler stets mit einem erhöhten Klassenengagement und einer verbesserten sozialen Dynamik verbunden war.

HRV als Maß für die Interaktionssynchronisation

Ein weiterer Ansatz zur Bewertung der Interaktionssynchronisation von Individuen ist die Synchronisation des Herzrhythmus und der HRV. Die HRV bietet die Möglichkeit, die Dynamik des ANS in Echtzeit auszuwerten und schränkt weder praktisch noch technisch die Anzahl der Teilnehmer, die gleichzeitig überwacht werden können, ein. Sie bietet somit einen idealen Ansatz zum Studium der Echtzeitdynamik während Gruppeninteraktionen sowie der physiologischen Synchronisation. Ein wichtiger Vorteil ist, dass die HRV das Potenzial hat, die emotionalen Zustände der Teilnehmer während verschiedenen Arten von Interaktionen widerzugeben. Häufig können wir in den HRV-Wellenformen zustandsabhängige Muster identifizieren, die Emotionen wie Frustration, Wut, Angst und Wertschätzung in Echtzeit widerspiegeln. Diese Muster sind unabhängig von der Stärke der HRV eines Individuums (18). Unabhängige Arbeiten haben kürzlich ergeben, dass der emotionale Zustand durch Untersuchung der HRV-Wellenform mit Hilfe einer

maschinellen Lernmethode zur Mustererkennung mit 75%-iger Genauigkeit identifiziert werden kann (25). Das unmittelbare Widerspiegeln emotionaler Zustände im HRV-Muster ist wahrscheinlich auf Veränderungen im Output der subkortikalen Strukturen zurückzuführen, die an der Verarbeitung von Emotionen beteiligt sind. So haben bereits Pribram und Melges (46), Porges (26) und Thayer et al. (28) beschrieben, dass die subkortikalen Strukturen den oszillatorischen Output des kardiorespiratorischen Zentrums im Hirnstamm beeinflussen. Verwenden wir die HRV als Maß, dann können wir somit gleichzeitig die physiologische Synchronisation und die während der Interaktionen auftretenden Emotionen messen.

Die Herzfrequenz von Mutter und Säugling und die HRV-Synchronisation

Einige der frühesten Studien, die die HRV zur Beurteilung der interaktiven Synchronisation nutzen, befassten sich mit der Synchronisation von Eltern und Säuglingen und der Co-Regulation der physiologischen Prozesse und emotionalen Zustände von Säuglingen bei sozialer Interaktion. Porges kam zu dem Schluss, dass die Reifung von physiologischen Oszillatoren mit der Regulierung des Schlaf-Wach-Zyklus, den Herzrhythmen, der Erregung und der Echtzeit-Erfassung von Veränderungen innerer Zustände wie Hunger, Blutdruck und Müdigkeit (47) verbunden ist. Studien von Feldman, die die biologische Uhr und die Herzrhythmen von Säuglingen von der Mitte bis zum Ende der Schwangerschaft untersuchten, haben bestätigt, dass die Entwicklung der biologischen Oszillatorsysteme eines Säuglings in der Gebärmutter für die spätere Synchronisation mit dem biologischen Rhythmus seiner Mutter entscheidend ist (48).

Auch nach der Geburt hat die weitere Arbeit von Feldman gezeigt, dass eine Mutter ihren Herzrhythmus bei Interaktionen unbewusst an den ihres Säuglings und der Säugling seinen Herzrhythmus in weniger als einer Sekunde an den der Mutter anpasst, was zu einer biologischen Synchronisation der Beschleunigungen und Verlangsamungen ihrer Herzfrequenz führt (49). Während Phasen der Synchronisation der sozialen Interaktionen der Eltern und des Kindes verstärkte sich auch die Synchronisation der Herzrhythmen, was eine Echtzeit-Koordination der physiologischen und sozialen Prozesse der einzelnen Individuen belegt. Die Ergebnisse seiner Forschung führten Feldman zu dem Schluss, dass biologische Rhythmen die Grundlage für soziale Rhythmen bilden (50).

Von weiterem Interesse ist, dass zwei Formen von Interaktionen für die Synchronisation der HRV von Müttern und Säuglingen am effektivsten waren: Die Stimmsynchronisation und die Synchronisation des emotionalen Zustands. Die stärkste HRV-Synchronisation trat auf, wenn sowohl die emotionale Synchronisation, als auch die Stimmsynchronisation gleichzeitig stattfand. Eine Synchronisation des Blickes konnte die HRV-Synchronisation jedoch nicht erhöhen. Da die Mütter und die Säuglinge keinen Körperkontakt hatten und sich kaum berührten, erforderte die beschriebene Synchronisation weder Körperkontakt, noch taktile Stimulation. Wichtig ist außerdem, dass belegt wurde, dass eine möglichst optimale Ausrichtung oder Kohärenz der biologischen Rhythmen der Eltern sowie die ersten Lebensmonate eines Kindes für die Entwicklung der Selbstregulations- und sozialen Interaktionsfähigkeiten im späteren Leben zuständig ist (48, 51). Feldman et al. vermuteten daher, dass die Fähigkeit, physiologische Rhythmen zu koordinieren, im Zentrum menschlicher emotionaler Verbindungen steht und die Grundlage für die Zusammenarbeit und die Entstehung menschlicher Gesellschaften darstellt (49).

Energetische Felder und HRV-Synchronisation bei Erwachsenen und in Gruppen

Jeder, der schon einmal ein außergewöhnliches Konzert oder ein Sportteam während einer Meisterschaft miterlebt hat, erkennt, dass, wenn eine Gruppe ihre normale Leistung übertrifft, etwas Bemerkenswertes passieren kann. In diesen Momenten scheint es, als wären die Spieler vollkommen synchron und würden auf einer unsichtbaren energetischen Ebene kommunizieren. Viele Teams, wie Profi- und Olympia-Sportmannschaften oder die Spezialeinheiten des Militärs, streben eine stärkere Teamkohärenz an - auch wenn sie es als "Teamgeist" oder "Bonding" bezeichnen - und sprechen häufig von einer spürbaren "Team-Energie".

Wie bereits erwähnt, muss zur Synchronisation der physiologischen Aktivität der einzelnen Personen ein Signal Informationen unter ihnen übertragen. Im vorangegangenen Abschnitt wurde die Rolle von visuellen, akustischen und taktilen Signalen in der Vermittlung verschiedener Arten der Synchronisation von Paaren beschrieben. Es gibt zahlreiche Studien, die darauf hindeuten, dass Gruppenmitglieder durch ein energetisches Feld verbunden sind, das den einzelnen Gruppenmitgliedern Informationen vermittelt. Wir vermuten somit, biologisch erzeugte Magnetfelder könnten als Trägerwelle für den Informationstransfer unter Individuen und Gruppenmitgliedern dienen (52). Das durch das schlagende Herz erzeugte Magnetfeld, das außerhalb des Körpers abgestrahlt wird, stellt einen plausiblen Mechanismus dar, um Informationen an Orte außerhalb des Körpers zu übermitteln und so dafür zu sorgen, dass Menschen die Anwesenheit einer anderen Person "fühlen" oder "spüren" (53) und den emotionalen Zustand ohne die Einbeziehung von Körpersprache oder anderen Faktoren einschätzen können (16).

Eine interessante Studie, die zudem auf ein die Gruppenmitglieder verbindendes Informationsfeld hinweist, untersuchte während einer Feuerlauf-Zeremonie die Synchronisation der Herzrhythmen der Feuerläufer und Zuschauer (54). Während der 30-minütigen Zeremonie wurde ein hohes Maß an synchronisierter Aktivität der HRV bei den Feuerläufern und den Zuschauer festgestellt, die eine emotionale Verbindung zu ihnen hatten. Die Zuschauer, die dagegen keine emotionale Verbindung zu den Feuerläufern hatten, wiesen auch keine HRV-Synchronisation mit ihnen auf. Die Forscher kamen daher zu dem Schluss, dass es sich bei dem Vermittlungsmechanismus um Informationen handeln muss, die den Gruppenmitgliedern auf bislang unbekannte Weise vermittelt wurden. Eine Reihe weiterer Wissenschaftler kam zu Ergebnissen, die diese Hypothese unterstützen. So fand beispielsweise eine Studie, die die HRV-Synchronisation und Kohärenz in 10 Gruppen mit jeweils vier Individuen untersuchte, heraus, dass ein kohärenter HRV-Zustand anderen half, einen kohärenteren Zustand zu erlangen (55). Sie kam zudem zu dem Ergebnis, dass die HRV-Synchronisation der Teilnehmerpaare während Perioden mit einer starken individuellen HRV-Kohärenz ebenfalls stärker war und mit dem Grad der emotionalen Bindung der Teilnehmerpaare korrelierte. Die Autoren kamen zu dem Schluss, dass "Belege für eine Synchronisation der Herzen der Teilnehmer gefunden wurden, was der Möglichkeit einer Biokommunikation von Herz zu Herz Glaubwürdigkeit verleiht".

Im Verlauf einer Studie, die die physiologische Synchronisation während nonverbaler mitfühlender Kommunikation untersuchte, stellten Kemper und Shaltout darüber hinaus signifikante Veränderungen im ANS des Empfängers (56) fest, die mit denen des Senders korrelierten. Eine Studie von Russek und Schwartz ergab zudem, dass zwischen Individuen ein kardialer Informationsaustausch stattfindet und dass die physiologische Synchronisation von Paaren, die in einer liebevollen Umgebung aufgewachsen sind, stärker ist. Sie stellten zudem fest, dass sich das EEG einer Person mit den Herzschlägen (EKG) einer anderen, ihr gegenüber sitzenden Person synchronisiert.

Teilnehmer, die selbst angegeben hatten, 40 Jahre vor der Studie in einer liebevollen Umgebung aufgewachsen zu sein, wiesen in den Paaren eine deutlich stärkere Herz-Gehirn-Synchronisation als Personen auf, die angaben, nicht in einer liebevollen Umgebung aufgewachsen zu sein (57).

In unserem Labor (16) haben wir beobachtet, dass das Entrainment (die Phasen- oder Frequenzkopplung) der HRV-Muster von Individuen während normalen Wachzuständen selten ist und dass Menschen, die eine enge Arbeitsbeziehung pflegen oder in einer festen Beziehung zusammenleben, die besten Kandidaten für diese Form der HRV-Synchronisation sind. Abbildung 1 zeigt ein Beispiel des Herzrhythmus-Entrainments von zwei Frauen, die eine enge Arbeitsbeziehung haben und mit geschlossenen Augen in einem Abstand von 1 Meter mit dem Rücken zueinander saßen, während sie gegenseitige Wertschätzung empfanden.

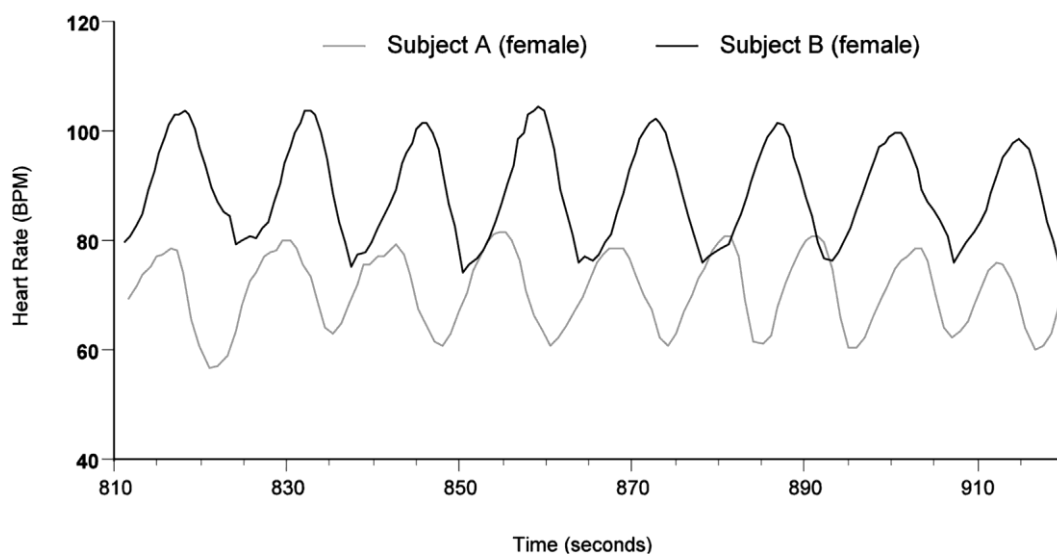


Abbildung 1 | Herzrhythmus-Entrainment von zwei Frauen. Die Daten wurden während eines Zeitraums aufgezeichnet, in dem sich beide Teilnehmerinnen bewusst auf ihre Wertschätzung füreinander konzentrierten.

Die Synchronisation der Herzfrequenzvariabilität kann auch dann im Schlaf bei einem Paar auftreten, das sich in einer stabilen und liebevollen Beziehung befindet, wenn kein Entrainment der beiden Rhythmen wie in Abbildung 1 festzustellen ist. Abbildung 2 zeigt ein Beispiel eines 3-minütigen Daten-Segmentes eines solchen Paares. Beachten Sie, wie sich die HRV-Rhythmen gleichzeitig ändern und sich die Herzfrequenzen annähern.

Wie bei den Feuerläufern, legen diese Beispiele nahe, dass eine positive emotionale Bindung der Menschen einen wichtigen Faktor für die Herzrhythmus-Synchronisation darstellt. Weitere Hinweise auf eine energetische Verbindung von Gruppenmitgliedern und die Bedeutung positiver emotionaler Bindungen ergaben sich auch aus der Forschung von Raymond Bradley und Karl Pribram. Sie entwickelten eine Theorie der sozialen Kommunikation, die die Regelung der sozialen Organisation erklärt, die viele Gruppen unabhängig von Größe, Kultur und dem Grad der formalen Organisation gemeinsam haben (58). Durch das Studium zahlreicher Gruppen fanden sie heraus, dass die meisten Gruppen eine umfassende Organisation aufweisen, die als ein kohärentes Netzwerk emotionaler Bindungen strukturiert ist. Als sie die selbstberichteten Beziehungen der gesamten möglichen Kombinationen von Paaren in einer bestimmten Gruppe erfassten, stellten

sie einen starken Zusammenhang zwischen der Anzahl und Struktur der erwiderten positiven emotionalen Bindungen und der Struktur der Kontrollbeziehungen unter den Gruppenmitgliedern fest, wodurch sich die Stabilität und Leistung der Gruppe zwei Jahre später vorhersagen ließ (59). Die Theorie, die am besten zu den Daten passte, war ein Feldkonzept, bei dem Informationen über die Struktur der gesamten Gruppe gleichzeitig an alle Gruppenmitglieder übermittelt wurden ein kollektives Bewusstsein, das sie als "soziales Hologramm" bezeichneten (58).

Das Magnetfeld des Herzens

Die verschiedenen oben diskutierten Untersuchungen deuten darauf hin, dass es ein biomagnetisches Kommunikationssystem geben könnte, das dazu dient, die Mitglieder stabiler Gruppen miteinander zu verbinden und Informationen unter ihnen zu verteilen. Das größte rhythmische Magnetfeld im menschlichen Körper, mit einer 100-mal so großen Amplitude wie im Gehirn, wird im Herzen erzeugt. Dieses Feld, das im Nanotesla-Bereich gemessen wird, kann mit Hilfe von SQUID-basierten Magnetometern noch mehrere Fuß außerhalb des Körpers gemessen werden (60). Wir haben festgestellt, dass Informationen, die den emotionalen Zustand widerspiegeln, nicht nur in den Mustern der HRV-Wellenform kodiert, sondern auch im elektromagnetischen Feld des Herzens enthalten sind, das in die Umgebung abgestrahlt wird (16, 18). Befindet sich eine Person in einem kohärenten Zustand des Herzens, so hat auch das Magnetfeld des Herzens eine kohärentere Struktur (Abbildung 3). Es besteht ein direkter mathematischer Zusammenhang zwischen den HRV-Mustern und den im Magnetfeld kodierten spektralen Informationen (18).

Das Herz strahlt eine Reihe von pulsierenden Magnetwellen aus, bei denen das Zeitintervall zwischen den einzelnen Impulsen der magnetischen Energie auf komplexe Weise variiert. Diese pulsierenden Wellen magnetischer Energie erzeugen bei der Interaktion mit magnetisch polarisierbaren Geweben und Substanzen Interferenzmuster. (18). Zum Beispiel haben wir gezeigt, dass das Magnetfeld des Herzens durch das Nervensystem von sich in der Nähe befindenden Menschen oder Tieren wahrgenommen werden kann (16).

Unsere Hypothese ist, dass vom Herzen erzeugte biomagnetische Felder ein primärer Mechanismus für die Vermittlung der HRV-Synchronisation unter den Gruppenmitgliedern ist. Diese Perspektive wird durch die Arbeit der Quantenphysiker Larissa Brizhik und Emilio Del Giudice unterstützt. Sie haben vorgeschlagen, dass Magnetfelder der wahrscheinlichste physikalische Faktor sind, der innerhalb des größeren Ökosystems einen kontinuierlichen Informationsaustausch zwischen lebenden Systemen ermöglichen kann. Sie weisen ausdrücklich darauf hin, dass magnetische Potentiale die Erzeugung von Selbstkonsistenz, Kohärenz und Komplexität sowie einen nicht lokalen Informationsaustausch ermöglichen, der in jedem lebenden System und Ökosystem stattfindet (61, 62).

"Die Boten sollten dabei die elektromagnetischen Felder sein, die von allen kohärenten Teilen des Organismus erzeugt werden. Wir erinnern uns daran, dass ein kohärentes System ein System ist, in dem die Phase (nämlich der Rhythmus der Schwingung der gekoppelten Materie und des elektromagnetischen Feldes) scharf definiert ist. Hier wenden wir diesen Ansatz auf größerem Maßstab an und zeigen, dass nach der Quantenfeldtheorie das elektromagnetische Feld der Bote ist, der, *mittels* seines elektromagnetischen Potentials, nicht nur die Dynamiken der Individuen, sondern auch die des gesamten Ökosystems reguliert, dem diese angehören.

Diese Generalisierung beruht auf der Tatsache, dass das Feld die Entstehung der kohärenten Strukturen bewirkt, die aufgrund ihrer Kohärenz, Offenheit und Nichtlinearität in der Lage sind, sich selbst zu organisieren und eine Kette hierarchischer Ebenen von Ökosystemen zu bilden (61) (S. 1856).

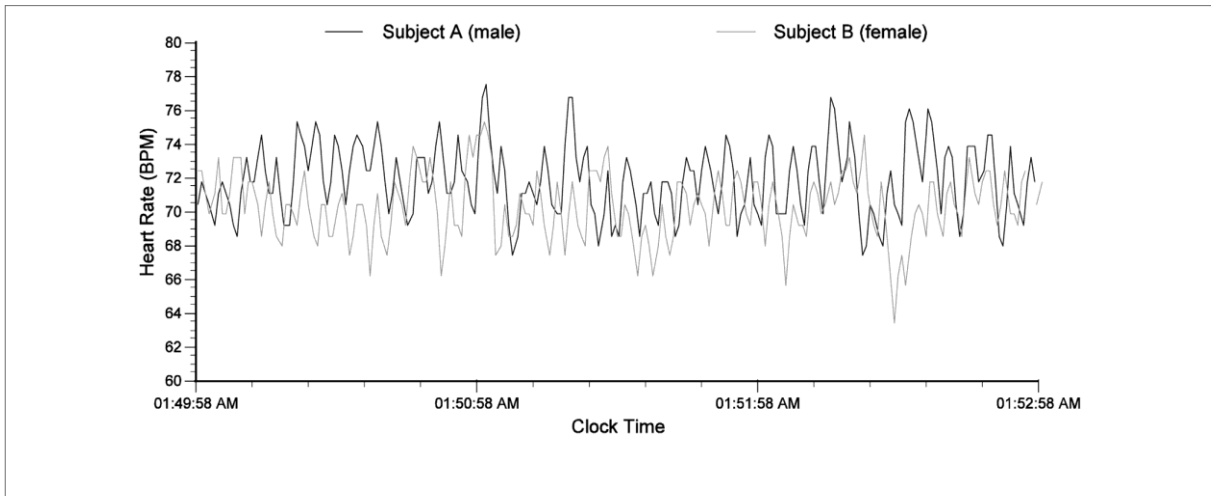


Abbildung 2 | Herzrhythmus-Synchronisation eines schlafenden Ehepaars

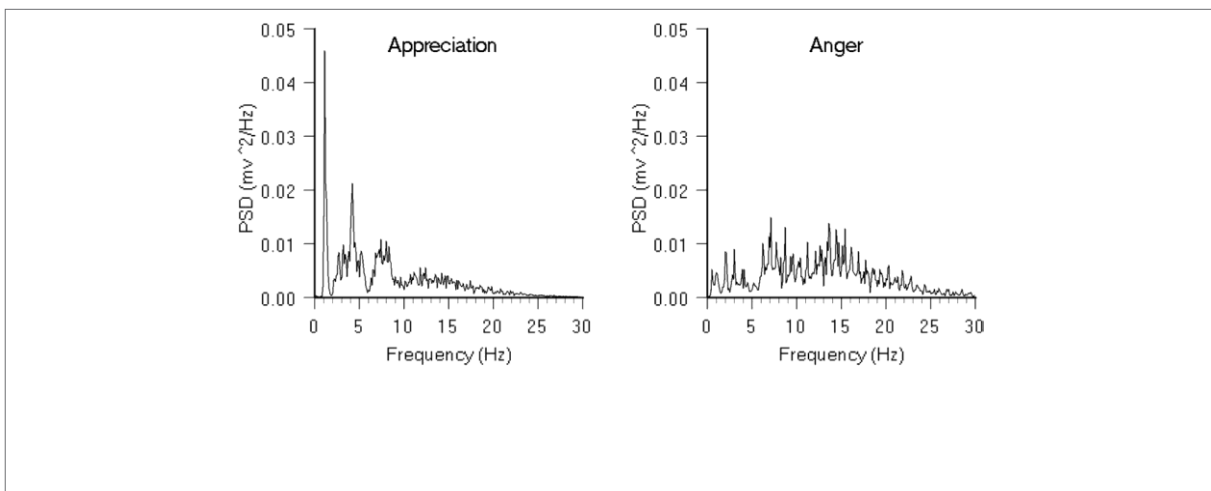


Abbildung 3 | EKG-Spektren bei unterschiedlichen emotionalen Zuständen Die oben abgebildeten Grafiken zeigen das durchschnittliche Leistungsdichtespektrum (LDS) von 12 einzelnen 10-s-Epochen von EKG-Daten. Die Grafik auf der linken Seite ist ein Beispiel für ein Spektrum, das während einer Periode hoher Herzrhythmuskohärenz zustande kam, die wiederum während einer anhaltenden, tief empfundenen Wertschätzung entstanden ist. Die Grafik auf der rechten Seite zeigt das Spektrum eines gestörten Herzrhythmus, der in einem wütenden Zustand aufgezeichnet wurde. Man erkennt deutlich, dass die spektralen Muster in den vom Herzen abgestrahlten Magnetfeldern unterschiedliche Strukturen und Informationsinhalte aufweisen.

AUSBLICK

Entwicklung einer Plattform zur Bewertung der Gruppen-HRV

Zahlreiche Studien haben gezeigt, dass die Bereitstellung von HRV-Kohärenz-Feedback zur Erleichterung des Erwerbs von Selbstregulierungstechniken die Gesundheit und Leistung in vielerlei Hinsicht verbessern (15, 63-86).

Wie bereits im Abschnitt "Einführung" dargelegt, ist eine unserer Hypothesen, dass Feedback zur individuellen und kollektiven HRV-Kohärenz und dem Grad der paarweisen Herzrhythmus-Synchronisation eine Erhöhung der Kohärenz der Gruppe und der Herzrhythmus-Synchronisation der Gruppenmitglieder ermöglicht. Wir schlagen ferner vor, dass die Bereitstellung von Feedback zur HRV-Kohärenz einer Gruppe die einzelnen Gruppenmitglieder zu einer besseren Selbstregulierung und mehr prosozialem Verhalten anregen wird. Darüber hinaus empfehlen wir, Gruppenmitglieder in Familien, Schulen, Organisationen und Gemeinschaften zu ermutigen, zu lernen, wie sie - beispielsweise vor und während Meetings und Konversationen, für wichtige Entscheidungen oder um einen Konflikt zu lösen - für eine stärkere Synchronisation sorgen können.

Wir arbeiten daher darin, neue Techniken, Übungen und Prozesse für den Aufbau und die Aufrechterhaltung der Gruppenkohärenz zu entwickeln, die auf den im nächsten Abschnitt diskutierten Selbstregulierungstechniken beruhen.

Wie bereits erwähnt, sind die experimentellen Paradigmen zur Bewertung der physiologischen Aspekte der sozialen Interaktion begrenzt. Typische Experimente neigen dazu, Menschen von ihrer natürlichen Umgebung zu isolieren, indem sie in einem Raum platziert werden, in dem Interaktionen durch Computerspiele, über Video- oder Auditor-Links stattfinden.

Viele, wenn nicht sogar die meisten sozialen Interaktionen, wie Treffen, Konversationen und andere Gruppeninteraktionen, finden von Angesicht zu Angesicht statt und hängen von der Echtzeitwahrnehmung sozialer Signale und verschiedener Formen der physiologischen Synchronisation ab. Angesichts der praktischen Anwendbarkeit der Aufzeichnung der HRV während Gruppeninteraktionen und ihres Nutzens für das Verständnis der Echtzeit-ANS-Dynamik, des Stresslevels und der emotionalen Zustände sowie der paarweisen Synchronisation der Gruppenmitglieder, haben wir ein neues Forschungssystem zur gleichzeitigen Messung der HRV von Gruppenmitgliedern entwickelt. Die experimentelle Steuerungssoftware liefert Echtzeit-Feedback zum Grad der kollektiven Kohärenz der Gruppe und der HRV-Synchronisation der möglichen Paar-Kombinationen. Jeder Teilnehmer erhält Feedback zu seiner eigenen HRV-Kohärenz und gleichzeitig eine Darstellung der Gesamtkohärenz der Gruppe. Mit anderen Worten: es gibt somit zwei Arten von Kohärenz, die bewertet und den Gruppenmitgliedern angezeigt werden. Es wird der durchschnittliche Kohärenz-Wert der Gruppe (berechnet mit dem im Abschnitt über physiologische Kohärenz beschriebenen Algorithmus) und der Grad der paarweisen HRV-Synchronisation der Gruppenmitglieder, die in verschiedene Cluster gruppiert sind, dargestellt. Wir testen derzeit mehrere analytische Ansätze zur Beurteilung der paarweisen Synchronisation sowie die effektivsten Ansätze, um den Gruppenmitgliedern Feedback zu geben. So haben wir beispielsweise mit Hilfe von nahezu optimalen Chaos-Attraktor-Einbettungstechniken eine Methode entwickelt und validiert, um spezifische Muster und Cluster der HRV-Synchronisation unter Menschen zu identifizieren, die an anderer Stelle beschrieben wird (87). Wir haben zudem maßgeschneiderte Pulswellen-Datenerfassungsmodule zur Pulswellenanalyse entwickelt, die Informationen liefern, die die durch die

Analyse der HRV-Wellenform gelieferten Informationen wie Veränderungen der Steifheit der Arterienwand, die durch die Aktivierung des sympathischen Systems beeinflusst werden, stützen (88, 89). Obwohl das System derzeit zur gleichzeitigen Überwachung von 20 Teilnehmern konfiguriert wurde, ist es so entwickelt worden, dass es problemlos auf eine beliebige Anzahl von Kanälen erweitert werden kann. Der Kapazität sind somit keine Grenzen gesetzt. Das System nutzt eine Ethernet-Verbindung, um die Host-Computer miteinander zu verbinden, und es wurde viel Aufwand in die Zeitstempel jedes einzelnen Datenkanals investiert, um ein genaues Timing der von den einzelnen Teilnehmern erhobenen Daten zu gewährleisten. Sofern der Host-Computer über eine Internetverbindung verfügt, ermöglicht dies, dass sich die Gruppenmitglieder überall auf der Welt befinden können.

Eine der geplanten zukünftigen Erweiterungen des Systems ist die Ergänzung einer Sprachanalyse für eine detailliertere Analyse der Ereignisse, die während verbaler Interaktionen in Umgebungen wie Geschäfts- oder Klassenzimmern mit Änderungen der HRV verbunden sind. Eine Sprachanalyse ermöglicht u.a. zu bestimmen, wenn die Teilnehmer eines Meetings durcheinanderreden und durch eine Spektralanalyse Informationen zum emotionalen Zustand der einzelnen Sprecher zu erfassen. Auf diese Weise kann der erfassbare emotionale Inhalt erweitert werden, von dem bereits bei Analyse der HRV ein erheblicher Anteil festgestellt werden kann (25). Wir planen zudem ein auf maschinellem Lernen beruhendes Assessment der Erkennung und Erfassung des emotionalen Zustandes mit Hilfe der HRV und den Sprachsignalen zu implementieren, um die Erkennung von Mustern in der Gruppendynamik zu unterstützen.

Das Gruppen-HRV-Kohärenzforschungssystem wurde für die Anbindung an das leicht erhältliche Laptop-basierte emWave Pro (HeartMath, Inc., Boulder Creek, CA, USA) HRV-Kohärenz-Trainingsgerät konzipiert, welches eine kostengünstige Option für Forscher darstellt, die an gruppenbezogenen HRV-Experimenten interessiert sind. Des Weiteren planen wir die Fähigkeit des Systems zu verbessern, sich mit Bluetooth-Geräten wie dem Inner Balance Trainer für mobile Geräte zu verbinden und mindestens ein Spiel zu entwickeln, bei dem Erfolge durch die Fähigkeit der Mitglieder einer Gruppe erzielt werden, kohärente HRV-Zustände aufrechtzuerhalten.

Seit Sommer 2017 erfassen wir während unterschiedlicher Arten von Gruppeninteraktionen, wie Geschäftstreffen, interaktiven Spielen und verschiedenen Herz-basierten Meditationen, Daten. Die Forschung erfüllt alle anwendbaren ethischen Grundsätze der Deklaration von Helsinki. Vor der Teilnahme hielten die Teilnehmer zudem ihre schriftliche Zustimmung für die Teilnahme an der Datenerhebung fest. Abbildung 4 zeigt ein Beispiel von Daten, die von einer Gruppe aus fünf Personen erhoben wurden, die an einem Konferenztisch saßen und eine neu entwickelte Technik einsetzten, die Teil des Trainingsprogramms "Shift and Lift" zur Erhöhung der sozialen Kohärenz ist und die vor der Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern verwendet werden soll.

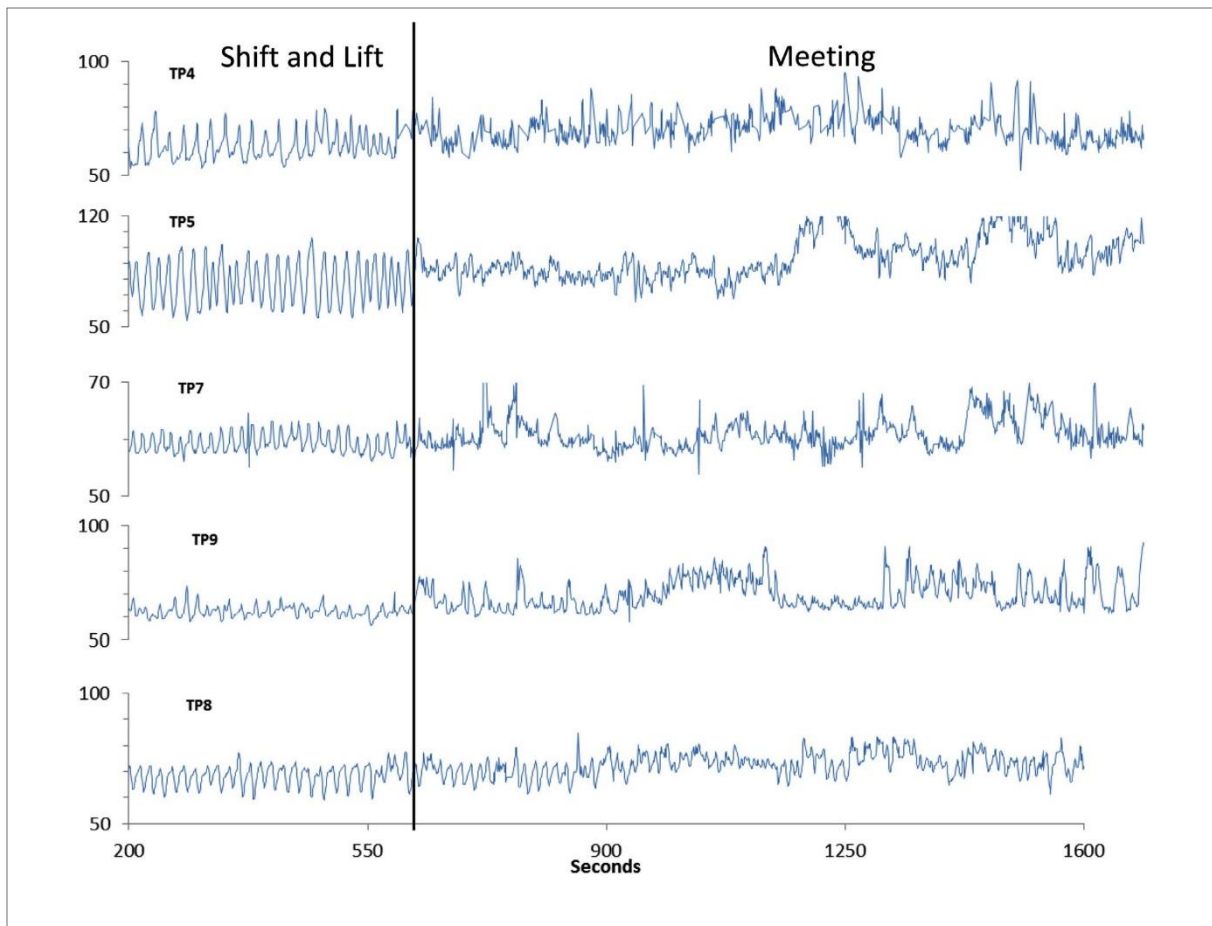


Abbildung 4 zeigt ein Beispiel von Daten, die von einer Gruppe aus fünf Personen erhoben wurden, die an einem Konferenztisch saßen und eine neu entwickelte Technik einsetzten, die Teil des Trainingsprogramms "Shift and Lift" zur Erhöhung der sozialen Kohärenz ist und vor der Kommunikation mit den anderen Gruppenmitgliedern verwendet werden soll.

Das Beispiel dient lediglich der Veranschaulichung des Unterschieds zwischen einem kohärenten Herzrhythmus, der im ersten Segment mit der Bezeichnung "Shift and Lift" auftrat und einer verhältnismäßig niedrigen HRV-Kohärenz wie im folgenden Segment, in dem die Personen an einem Meeting teilnahmen. Es ist deutlich zu erkennen, dass während des Business-Meeting-Segmentes eine wesentlich niedrigere HRV-Kohärenz bestand und keine offensichtliche paarweise Synchronisation der Individuen stattgefunden hat.

Abbildung 5 zeigt ein Beispiel von 12 gleichzeitig aufgezeichneten Teilnehmern.

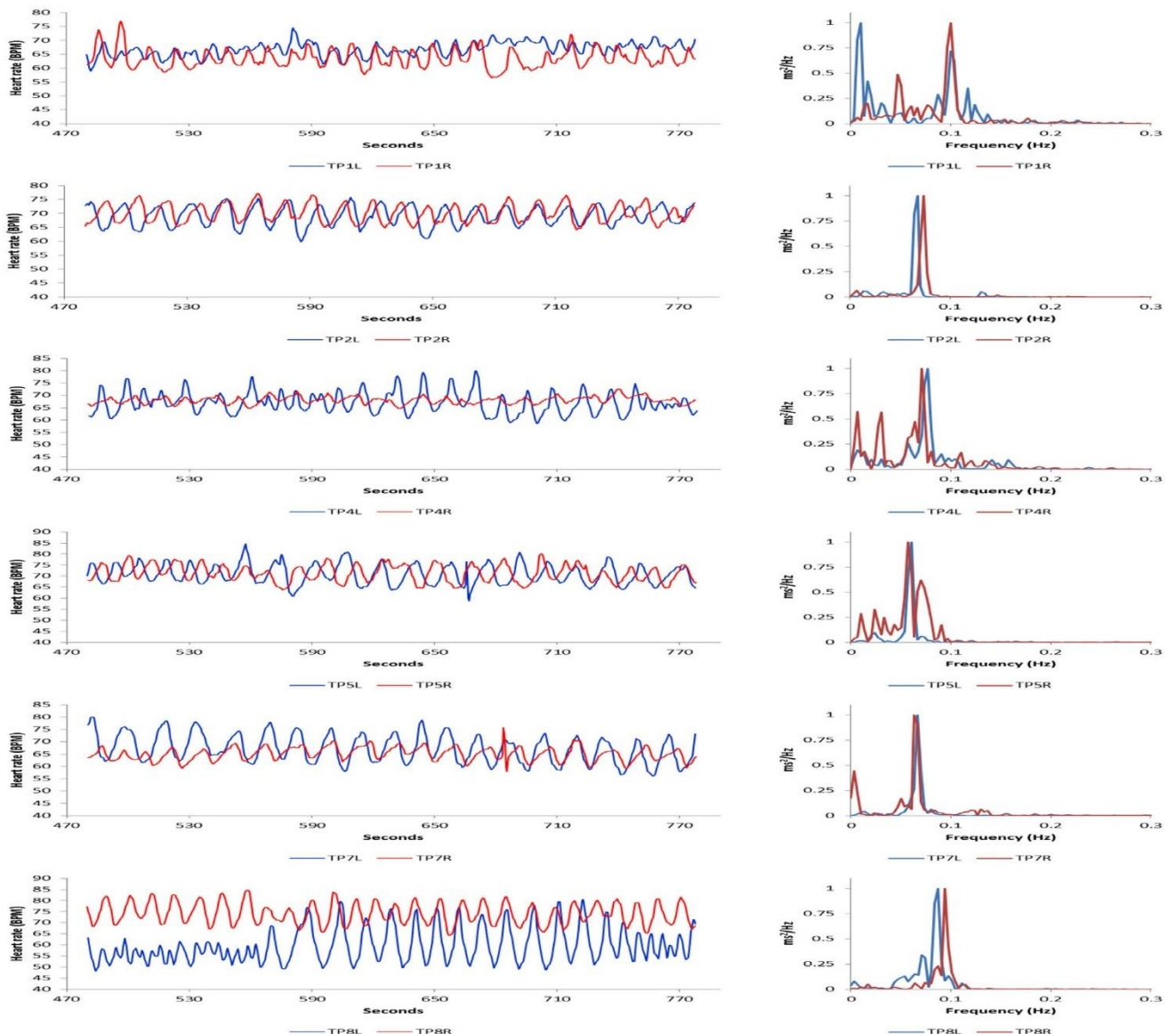


Abbildung 5 | Ein Beispiel von 12 Teilnehmern, die während der 5-minütigen Anwendung der "Heart Lock-In" Technik aufgezeichnet wurden. Die Paare wurden angewiesen, sich aktiv darauf zu konzentrieren, dem jeweiligen Partner aktiv Gefühle der Wertschätzung entgegenzubringen. Die linke Seite zeigt eine Darstellung der HRV-Wellenformen der einzelnen Teilnehmerpaare, während die rechte Seite deren HRV-Leistungsspektren abbildet.

Die Datenerfassung fand statt, während sie an einem langen Konferenztisch saßen und angewiesen wurden, 5 Minuten lang die "Heart Lock-In"-Technik anzuwenden, bei der es sich um eine auf das Herz konzentrierte, einer Meditation ähnelnden Technik handelt. Alle Teilnehmer hatten in der Anwendung der Technik bereits Erfahrung und es war aus früheren Experimenten bekannt, dass sie in der Lage waren, sich in einen kohärenten HRV-Rhythmus zu versetzen und diesen aufrecht zu erhalten. Während des Experiments wurden die Paare durch die Forscher eingeteilt. Sie wurden anschließend angewiesen, ihre Augen während der "Heart Lock-In"-Technik geschlossen zu halten und sich darauf zu konzentrieren, dem Partner aktiv Gefühle der Wertschätzung entgegenzubringen. Die linke Seite der Abbildung zeigt eine Darstellung der HRV-Wellenformen der einzelnen Teilnehmerpaare. Die rechte Seite der Abbildung stellt die HRV-Leistungsspektren der einzelnen Paare dar. Vorläufige Ergebnisse deuten darauf hin, dass eine erhöhte HRV-

Synchronisation der Teilnehmerpaare auftritt, wenn sie sich darauf konzentrieren, dem jeweiligen Partner positive Gefühle entgegenzubringen, statt einen allgemeineren Fokus darauf zu legen, positive Gefühle für Menschen an einem anderen Ort oder für die gesamten Gruppenmitglieder zu empfinden. Die Abbildung dient lediglich als Beispiel dafür, wie die Plattform eine problemlosere Erfassung der Daten mehrerer Testpersonen ermöglicht, als es zuvor möglich war. Dabei soll jedoch angemerkt werden, dass einige der einzigartigen Funktionen der Plattform, wie das Echtzeit-Gruppenkohärenz-Feedback oder Feedback zur paarweisen HRV-Synchronisation, in diesem Beispiel nicht zum Einsatz kamen.

Trainingsprogramme zur Steigerung der sozialen Kohärenz

In den meisten sozialen Kontexten können Individuen Vorurteile entwickeln und an Gefühlen festhalten, die meist unausgesprochen bleiben, aber zu einer schlechten Kommunikation und anderen schädlichen sozialen Dynamiken führen, die eine optimale Team- oder Gruppenleistung verhindern. Unsere zweite Hypothese ist, dass ein Training in Techniken zur Steigerung der Gruppenkohärenz und der Herzrhythmus-Synchronisation mit einem erhöhten prosozialem Verhalten, wie Mitgefühl und der Kooperation der Individuen, einer verbesserten Kommunikation und einem Rückgang sozialer Zwietracht und kontradiktorischer Interaktionen einhergeht.

Zahlreiche Implementierungen von Trainingsprogrammen zur Steigerung der persönlichen Selbstregulierungsfähigkeit und Belastbarkeit in Krankenhäusern, Militär- und Strafverfolgungsbehörden, Bildungs- und Geschäftsumgebungen, die HRV-Kohärenz-Feedback einbezogen, unterstützen diese Hypothese. Es hat sich gezeigt, dass die Verbesserung emotionaler Selbstregulierungsfähigkeiten in Kombination mit einem Training der Herzrhythmus-Kohärenz zu signifikanten Verbesserungen der Kommunikation, Mitarbeiterzufriedenheit, Produktivität und der Fähigkeit Probleme zu lösen sowie zu reduzierten Fluktuationen und einer signifikanten Rendite, in finanzieller und sozialer Hinsicht, führt (15, 67, 73, 86, 90-92). Nach unserer Erfahrung sind die Selbstregulierungs- und Belastbarkeits-Trainingsprogramme am erfolgreichsten, wenn das Management die Programme selbst einsetzt und unterstützt (93). Die Programme konzentrieren sich vor allem darauf, die Selbstregulierungskapazität und die physiologische Kohärenz zu verbessern. Eine weitere wichtige - und vielleicht sogar die wichtigste - Lektion ist die Notwendigkeit, eine robuste Nachhaltigkeitsstrategie zu implementieren. So effektiv die Techniken, Übungen, Prozesse oder Technologien zur Selbstregulierung und Gruppenkohärenz auch sein mögen, ihre Effektivität lässt sich nur dann ausschöpfen, wenn sie konsequent eingesetzt werden. Wie bei jeder neuen Fähigkeit, braucht es Wiederholung und Übung, bevor sie zur Routine wird. Dies gilt besonders in herausfordernden Situationen, wenn sie am meisten gebraucht wird. Unserer Erfahrung nach besteht die effektivste Herangehensweise zur Erleichterung der langfristigen Nutzung und Vertiefung der Fähigkeiten in der dauerhaften Unterstützung der Teilnehmer durch einen Team-Mentor oder -Coach. Das Hauptziel des Mentorings ist es, den Teammitgliedern und Führungskräften langfristige Unterstützung, Wissen und Taktiken zur Verfügung zu stellen, um die Fähigkeiten und Praktiken der Selbstregulierung und der sozialen Kohärenz effektiv auszubauen und auch langfristig einzusetzen.

Wir arbeiten daher daran, neue Techniken, Übungen und Prozesse zur Etablierung und Aufrechterhaltung der Gruppenkohärenz zu entwickeln, die auf den Selbstregulierungstechniken zum Erreichen der persönlichen Kohärenz beruhen. Beispiele hierfür sind die "Heart Lock-In"- und die "Freeze Frame"-Technik (94-96). Eine inkohärente Gruppe in einen kohärenteren Modus zu

versetzen, erfordert viel Mühe und Energie. Ein wichtiger Punkt ist die Etablierung positiverer emotionaler Bindungen und die Auflösung negativer emotionaler Spannungen, zwischenmenschlicher Konflikte und anderer Stressoren der Individuen, aus denen sich die Gruppe zusammensetzt. Die neu entwickelten Techniken und Prozesse konzentrieren sich beispielsweise auf die Auflösung historisch bedingter Vorurteile und Missverständnisse, darauf Unterschiede wertzuschätzen, sich auf zentrale Werte zu einigen, eine kohärente Kommunikation zu erreichen, das emotionale Klima zu verbessern, energetische Felder verstehen zu lernen, die Fallstricke des "Gruppendenkens" zu vermeiden und die Kraft der "Ansteckung mit positiven Gefühlen" zu nutzen. Die meisten der Techniken, die wir zur Etablierung sozialer Kohärenz einsetzen, sind so konzipiert, dass sie in dem Moment genutzt werden, in dem man "getriggert" wird, bestimmte Emotionen durchlebt oder Stress empfindet. Einige der Techniken sind darauf ausgelegt, von Gruppen angewendet zu werden, um sich in einen kohärenten Zustand zu versetzen und sich so besser auf bevorstehende herausfordernde Ereignisse wie Meetings oder Interaktionen mit Kunden oder Lieferanten, die als schwierig gelten, vorzubereiten.

Wir werden zudem eine Reihe von Feldforschungen in verschiedenen Gruppen durchführen, um das Soziale-Kohärenz-Training weiter zu verbessern und die Effektivität der HRV-basierten Gruppenkohärenzplattform zur Steigerung der sozialen Kohärenz zu evaluieren. Die Essenz der Hypothese ist, dass die Kombination der Bewertung der HRV-Kohärenz, eines Feedbacks auf Gruppenebene und eines Bildungsprogramms, das sich auf die Erhöhung der Kohärenz einer Gruppe konzentriert, zu einer Reihe von Vorteilen führen wird. Wir vermuten, dass eine Zunahme der positiven Energie und Bindung, der Fürsorge, des Mitgefühls und der Kooperation der einzelnen Individuen, der Kreativität und Entscheidungsfindung, der Wertschätzung der Unterschiede der einzelnen Gruppenmitglieder und eine Verbesserung der Kommunikation sowie eine Abnahme der sozialen Zwietracht und der kontradiktorischen Interaktionen festgestellt werden wird, was zu kürzeren Meetingzeiten, weniger Fehlern, einer höheren akademischen Leistung in Schulen und einem gesteigertem Wohlbefinden sowie zur Verfolgung gemeinsamer Ziele führen wird. Um diese Ergebnisse zu bewerten, entwickeln wir zudem eine psychometrische Bewertung der Schlüsselkonstrukte der Gruppenharmonie und -kohärenz.

FAZIT

Soziale Kohärenz wurde als stabile, harmonische Ausrichtung der Beziehungen definiert, die den effizienten Fluss und die Nutzung von Energie und Kommunikation ermöglicht, die für einen optimalen kollektiven Zusammenhalt und ein optimales Handeln erforderlich sind. Verschiedene Studien, die die Synchronisation von Müttern und Säuglingen, Paaren und Gruppen untersuchen, zeigen, dass Gefühle des Zusammenhalts, des Vertrauens und des Mitgefühls sowie prosoziales Verhalten durch die physiologische Synchronisation von Individuen erleichtert wird. Aufbauend auf den umfangreichen Forschungsergebnissen, die zeigen, dass die Bereitstellung von Feedback zum Grad der eigenen HRV-Kohärenz auf individueller Ebene die Selbstregulierung verbessern kann, schlagen wir vor, dass das Angebot von Feedback zur individuellen und kollektiven HRV-Kohärenz und zum Grad der Herzrhythmus-Synchronisation die Gruppenkohärenz und die Herzrhythmus-Synchronisation der Gruppenmitglieder erhöhen wird.

Die Entwicklung eines neuen HRV-Erfassungssystems ermöglicht die Echtzeit-Bewertung während Gruppeninteraktionen und somit Echtzeit-Feedback zur Gruppendynamik sowie zum Grad der kollektiven Gruppenkohärenz und HRV-Synchronisation der möglichen paarweisen Kombinationen. Es wurde das Auftreten von HRV-Synchronisation in Clustern von Gruppenmitgliedern nachgewiesen und es konnte ein Zusammenhang mit positiven emotionalen Bindungen der Gruppenmitglieder belegt werden.

Darüber hinaus wurden Argumente für die Hypothese diskutiert, dass die Selbstregulierungstechniken zur Erhöhung der Gruppenkohärenz und der paarweisen HRV-Synchronisation mit erhöhtem prosozialem Verhalten wie Entgegenkommen, der Kooperation der Individuen, einer verbesserten Kommunikation und dem Rückgang sozialer Zwietracht und kontradiktorischer Interaktionen korrelieren. Unsere Hoffnung ist, dass die neue Technologie und das Trainingsprogramm soziale Zwietracht verringern und positive emotionale Bindungen, Entgegenkommen, Kooperation, das allgemeine soziale Wohlbefinden und die Verfolgung gemeinsamer Ziele fördern.

Literatur

1. Tomasello M, Carpenter M, Call J, Behne T, Moll H. Understanding and sharing intentions: the origins of cultural cognition. *Behav Brain Sci* (2005) 28(05):675–91. doi:10.1017/S0140525X05000129
2. Csibra G, Gergely G. Natural pedagogy as evolutionary adaptation. *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci* (2011) 366(1567):1149–57. doi:10.1098/rstb. 2010.0319
3. Bugental DB. Acquisition of the algorithms of social life: a domain-based approach. *Psychol Bull* (2000) 126(2):187. doi:10.1037/0033-2909.126.2.187
4. Lynch JJ. *A Cry Unheard: New Insights into the Medical Consequences of Loneliness*. Baltimore, MD: Bancroft Press (2000).
5. Naser W, Tyroler H, Cassel J. Social disorganization and stroke mortality in the black population of North Carolina. *Am J Epidemiol* (1971) 93(3): 166–75. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a121243
6. Marmot MG, Syme SL. Acculturation and coronary heart disease in Japanese-Americans. *Am J Epidemiol* (1976) 104(3):225–47. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a112296
7. Berkman LF, Syme SL. Social networks, host resistance, and mortality: a nine- year follow-up study of Alameda County residents. *Am J Epidemiol* (1979) 109(2):186–204. doi:10.1093/oxfordjournals.aje.a112674
8. Ornstein R, Sobel D. *The Healing Brain*. New York: Simon and Schuster (1987).
9. Hermes GL, Delgado B, Tretiakova M, Cavigelli SA, Krausz T, Conzen SD, et al. Social isolation dysregulates endocrine and behavioral stress while increasing malignant burden of spontaneous mammary tumors. *Proc Natl Acad Sci U S A* (2009) 106(52):22393–8. doi:10.1073/pnas.0910753106
10. Holt-Lunstad J, Smith TB, Layton JB. Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review. *PLoS Med* (2010) 7(7):e1000316. doi:10.1371/journal. pmed.1000316
11. Cohen S, Syme S, editors. *Social Support and Health*. Orlando: Academic Press (1985).
12. Uchino BN, Cacioppo JT, Kiecolt-Glaser JK. The relationship between social support and physiological processes: a review with emphasis on underlying mechanisms and implications for health. *Psychol Bull* (1996) 119(3):488–531. doi:10.1037/0033-2909.119.3.488
13. Ornish D. *Love and Survival: The Scientific Basis for the Healing Power of Intimacy*. New York: HarperCollins Publishers (1998).
14. McCraty R, Childre D. Coherence: bridging personal, social and global health. *Altern Ther Health Med* (2010) 16(4):10–24.
15. McCraty R. *Science of the Heart*. (Vol. 2). Boulder Creek, CA: HeartMath Institute (2016).
16. McCraty R. The energetic heart: bioelectromagnetic communication within and between people. In: Rosch PJ, Markov MS, editors. *Bioelectromagnetic Medicine*. New York: Marcel Dekker (2004). p. 541–62.
17. Ho M-W. *The Rainbow and the Worm: The Physics of Organisms*. Singapore: World Scientific Publishing Co (2005).
18. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Bradley R. The coherent heart: heart- brain interactions, psychophysiological coherence, and the emergence of system-wide order. *Integr Rev* (2009) 5(2):10–115.
19. Malik M, Camm AJ, editors. *Heart Rate Variability*. Armonk, NY: Futura Publishing Company (1995).
20. Cygankiewicz I, Zareba W. Heart rate variability. *Handb Clin Neurol* (2013) 117:379–93. doi:10.1016/B978-0-444-53491-0.00031-6
21. Shaffer F, McCraty R, Zerr C. A healthy heart is not a metronome: an integrative review of the heart's anatomy and heart rate variability. *Front Psychol* (2014) 5:1040. doi:10.3389/fpsyg.2014.01040
22. McCraty R, Shaffer F. Heart rate variability: new perspectives on physiological mechanisms, assessment of self-regulatory capacity, and health risk. *Glob Adv Health Med* (2015) 4(1):46–61. doi:10.7453/gahmj.2014.073
23. McCraty R, Atkinson M, Tiller WA, Rein G, Watkins AD. The effects of emotions on short-term power spectrum analysis of heart rate variability. *Am J Cardiol* (1995) 76(14):1089–93. doi:10.1016/S0002-9149(99)80309-9

24. Tiller WA, McCraty R, Atkinson M. Cardiac coherence: a new, noninvasive measure of autonomic nervous system order. *Altern Ther Health Med* (1996) 2(1):52–65.
25. Leon E, Clarke G, Callaghan V, Dotor F. Affect-aware behavior modelling and control inside an intelligent environment. *Pervasive Mob Comput* (2010) 6(5):559–74. doi:10.1016/j.pmcj.2009.12.002
26. Porges SW. The polyvagal perspective. *Biol Psychol* (2007) 74(2):116–43. doi:10.1016/j.biopsycho.2006.06.009
27. Beauchaine T. Vagal tone, development, and Gray's motivational theory: toward an integrated model of autonomic nervous system functioning in psychopathology. *Dev Psychopathol* (2001) 13(2):183–214. doi:10.1017/S0954579401002012
28. Thayer JF, Hansen AL, Saus-Rose E, Johnsen BH. Heart rate variability, prefrontal neural function, and cognitive performance: the neurovisceral integration perspective on self-regulation, adaptation, and health. *Ann Behav Med* (2009) 37(2):141–53. doi:10.1007/s12160-009-9101-z
29. Balliet D, Wu J, De Dreu CK. Ingroup favoritism in cooperation: a meta-analysis. *Psychol Bull* (2014) 140(6):1556–81. doi:10.1037/a0037737
30. Pribram KH, Bradley RT. The brain, the Me and the I. In: Ferrari M, Sternberg R, editors. *Self-Awareness: Its Nature and Development*. New York: The Guilford Press (1998). p. 273–307.
31. Hatfield E. *Emotional Contagion*. New York: Cambridge University Press (1994).
32. Hove MJ, Risen JL. It's all in the timing: interpersonal synchrony increases affiliation. *Soc Cogn* (2009) 27(6):949–60. doi:10.1521/soco.2009.27.6.949
33. Lumsden J, Miles LK, Macrae CN. Sync or sink? Interpersonal synchrony impacts self-esteem. *Front Psychol* (2014) 5:1064. doi:10.3389/fpsyg.2014.01064
34. Valdesolo P, DeSteno D. Synchrony and the social tuning of compassion. *Emotion* (2011) 11(2):262. doi:10.1037/a0021302
35. Vacharkulksemsuk T, Fredrickson BL. Strangers in sync: achieving embodied rapport through shared movements. *J Exp Soc Psychol* (2012) 48(1):399–402. doi:10.1016/j.jesp.2011.07.015
36. Fischer R, Callander R, Reddish P, Bulbulia J. How do rituals affect cooperation? *Hum Nat* (2013) 24(2):115–25. doi:10.1007/s12110-013-9167-y
37. Paxton A, Dale R. Argument disrupts interpersonal synchrony. *Q J Exp Psychol* (2013) 66(11):2092–102. doi:10.1080/17470218.2013.853089
38. Dong P, Dai X, Wyer RS Jr. Actors conform, observers react: the effects of behavioral synchrony on conformity. *J Pers Soc Psychol* (2015) 108(1):60. doi:10.1037/pspi0000001
39. Wiltermuth SS, Heath C. Synchrony and cooperation. *Psychol Sci* (2009) 20(1):1–5. doi:10.1111/j.1467-9280.2008.02253.x
40. Tylén K, Allen M, Hunter BK, Roepstorff A. Interaction vs. observation: distinctive modes of social cognition in human brain and behavior? A combined fMRI and eye-tracking study. *Front Hum Neurosci* (2012) 6:331. doi:10.3389/fnhum.2012.00331
41. Stephens GJ, Silbert LJ, Hasson U. Speaker-listener neural coupling underlies successful communication. *Proc Natl Acad Sci U S A* (2010) 107(32):14425–30. doi:10.1073/pnas.1008662107
42. Bourguignon M, De Tieghe X, de Beeck MO, Ligot N, Paquier P, Van Bogaert P, et al. The pace of prosodic phrasing couples the listener's cortex to the reader's voice. *Hum Brain Mapp* (2013) 34(2):314–26. doi:10.1002/hbm.21442
43. Babiloni C, Buffo P, Vecchio F, Marzano N, Del Percio C, Spada D, et al. Brains "in concert": frontal oscillatory alpha rhythms and empathy in professional musicians. *Neuroimage* (2012) 60(1):105–16. doi:10.1016/j.neuroimage.2011.12.008
44. Tognoli E, Lagarde J, DeGuzman GC, Kelso JS. The phi complex as a neuromarker of human social coordination. *Proc Natl Acad Sci* (2007) 104(19):8190–5. doi:10.1073/pnas.0611453104
45. Dikker S, Wan L, Davidesco I, Kaggen L, Oostrik M, McClintock J, et al. Brain-to-brain synchrony tracks real-world dynamic group interactions in the classroom. *Curr Biol* (2017) 27(9):1375–80. doi:10.1016/j.cub.2017.04.002
46. Pribram KH, Melges FT. Psychophysiological basis of emotion. In: Vinken PJ, Bruyn GW, editors. *Handbook of Clinical Neurology*. Amsterdam: North-Holland Publishing Company (1969). p. 316–41.

47. Porges SW. Social engagement and attachment. *Ann N Y Acad Sci* (2003) 1008(1):31–47. doi:10.1196/annals.1301.004
48. Feldman R. From biological rhythms to social rhythms: physiological precursors of mother-infant synchrony. *Dev Psychol* (2006) 42(1):175–88. doi:10.1037/0012-1649.42.1.175
49. Feldman R, Magori-Cohen R, Galili G, Singer M, Louzoun Y. Mother and infant coordinate heart rhythms through episodes of interaction synchrony. *Infant Behav Dev* (2011) 34(4):569–77. doi:10.1016/j.infbeh.2011.06.008
50. Feldman R. Parent-infant synchrony biological foundations and developmental outcomes. *Curr Dir Psychol Sci* (2007) 16(6):340–5. doi:10.1111/j.1467-8721.2007.00532.x
51. Feldman R. The development of regulatory functions from birth to 5 years: insights from premature infants. *Child Dev* (2009) 80(2):544–61. doi:10.1111/j.1467-8624.2009.01278.x
52. McCraty R, Deyhle A. The global coherence initiative: investigating the dynamic relationship between people and earth's energetic systems. 2nd ed. In: Rosch PJ, editor. *Bioelectromagnetic and Subtle Energy Medicine*. Boca Raton, FL: CRC Press (2015). p. 411–25.
53. Radin D. The feeling of being stared at: an analysis and replication. *J Soc Psychical Res* (2004) 68:245–52.
54. Konvalinka I, Xygalatas D, Bulbulia J, Schjodt U, Jegindo EM, Wallot S, et al. Synchronized arousal between performers and related spectators in a fire-walking ritual. *Proc Natl Acad Sci U S A* (2011) 108(20):8514–9. doi:10.1073/pnas.1016955108
55. Morris SM. Facilitating collective coherence: group effects on heart rate variability coherence and heart rhythm synchronization. *Altern Ther Health Med* (2010) 16(4):62–72.
56. Kemper KJ, Shaltout HA. Non-verbal communication of compassion: measuring psychophysiological effects. *BMC Complement Altern Med* (2011) 11:132. doi:10.1186/1472-6882-11-132
57. Russek LG, Schwartz GE. Interpersonal heart-brain registration and the perception of parental love: a 42 year follow-up of the Harvard Mastery of Stress study. *Subtle Energ* (1994) 5(3):195–208.
58. Bradley RT. *Charisma and Social Structure: A Study of Love and Power, Wholeness and Transformation*. New York: Paragon House (1987).
59. Bradley RT, Pribram KH. Communication and stability in social collectives. *J Soc Evol Syst* (1998) 21(1):29–80. doi:10.1016/S1061-7361(99)80005-8
60. Steinhoff U, Schnabel A, Burghoff M, Freibier T, Thiel F, Koch H, et al. Spatial distribution of cardiac magnetic vector fields acquired from 3120 SQUID positions. *Neurol Clin Neurophysiol* (2004): 1–6.
61. Brizhik L, Del Giudice E, Jørgensen SE, Marchettini N, Tiezzi E. The role of electromagnetic potentials in the evolutionary dynamics of ecosystems. *Ecol Modell* (2009) 220(16):1865–9. doi:10.1016/j.ecolmodel.2009.04.017
62. Bischof M, Del Giudice E. Communication and the emergence of collective behavior in living organisms: a quantum approach. *Mol Biol Int* (2013) 2013:987549. doi:10.1155/2013/987549
63. McCraty R, Barrios-Choplin B, Rozman D, Atkinson M, Watkins AD. The impact of a new emotional self-management program on stress, emotions, heart rate variability, DHEA and cortisol. *Integr Physiol Behav Sci* (1998) 33(2):151–70. doi:10.1007/BF02688660
64. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D, Goelitz J, Mayrovitz HN. The impact of an emotional self-management skills course on psychosocial functioning and autonomic recovery to stress in middle school children. *Integr Physiol Behav Sci* (1999) 34(4):246–68. doi:10.1007/BF02688693
65. Lehrer PM, Vaschillo E, Vaschillo B, Lu SE, Eckberg DL, Edelberg R, et al. Heart rate variability biofeedback increases baroreflex gain and peak expiratory flow. *Psychosom Med* (2003) 65(5):796–805. doi:10.1097/01.PSY.0000089200.81962.19
66. McCraty R, Atkinson M, Tomasino D. Impact of a workplace stress reduction program on blood pressure and emotional health in hypertensive employees. *J Altern Complement Med* (2003) 9(3):355–69. doi:10.1089/107555303765551589
67. McCraty R, Atkinson M, Lipsenthal L, Arguelles L. New hope for correctional officers: an innovative program for reducing stress and health risks. *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2009) 34(4):251–72. doi:10.1007/s10484-009-9087-0

68. Ginsberg JP, Berry ME, Powell DA. Cardiac coherence and PTSD in combat veterans. *Altern Ther Health Med* (2010) 16(4):52–60.
69. Lloyd A, Brett D, Wesnes K. Coherence training improves cognitive functions and behavior in children with ADHD. *Altern Ther Health Med* (2010) 16(4):34–42.
70. Thurber MR, Bodenhamer-Davis E, Johnson M, Chesky K, Chandler CK. Effects of heart rate variability coherence biofeedback training and emotional management techniques to decrease music performance anxiety. *Biofeedback* (2010) 38(1):28–39. doi:10.5298/1081-5937-38.1.28
71. Alabdulgader A. Coherence: a novel non-pharmacological modality for lowering blood pressure in hypertensive patients. *Glob Adv Health Med* (2012) 1(2):54–62. doi:10.7453/gahmj.2012.1.2.011
72. Devi A, Sheehy K. Can biofeedback technology help young children “learn” to relax in school? *Ubiquitous Learn* (2012) 4(4):73–88.
73. McCraty R, Atkinson M. Resilience training program reduces physiological and psychological stress in police officers. *Glob Adv Health Med* (2012) 1(5):44–66. doi:10.7453/gahmj.2012.1.5.013
74. Beckham AJ, Greene TB, Meltzer-Brody S. A pilot study of heart rate variability biofeedback therapy in the treatment of perinatal depression on a specialized perinatal psychiatry inpatient unit. *Arch Womens Ment Health* (2013) 16(1):59–65. doi:10.1007/s00737-012-0318-7
75. Kim S, Zemon V, Cavallo MM, Rath JF, McCraty R, Foley FW. Heart rate variability biofeedback, executive functioning and chronic brain injury. *Brain Inj* (2013) 27(2):209–22. doi:10.3109/02699052.2012.729292
76. McCoy KM, Westlake G, Zucker SH, DiGangi SA. Evaluation of a biofeedback intervention in college students diagnosed with an autism spectrum disorder. *DADD Online J* (2013) 1:121.
77. Berry ME, Chapple IT, Ginsberg JP, Gleichauf KJ, Meyer JA, Nagpal ML. Non-pharmacological intervention for chronic pain in veterans: a pilot study of heart rate variability biofeedback. *Glob Adv Health Med* (2014) 3(2):28–33. doi:10.7453/gahmj.2013.075
78. Scolnick B, Mostofsky DI, Keane RJ. Pilot study employing heart rate variability biofeedback training to decrease anxiety in patients with eating disorders. *J Eat Disord* (2014) 2:17. doi:10.1186/2050-2974-2-17
79. Trousselard M, Steiler D, Lebreton A, Van Beers P, Drogout C, Denis J, et al. Stress management based on trait-anxiety levels and sleep quality in middle-aged employees confronted with psychosocial chronic stress. *Psychology* (2014) 5(1):78–89. doi:10.4236/psych.2014.51013
80. Ratanasiripong P, Kaewboonchoo O, Ratanasiripong N, Hanklang S, Chumchai P. Biofeedback intervention for stress, anxiety, and depression among graduate students in public health nursing. *Nurs Res Pract* (2015) 2015:160746. doi:10.1155/2015/160746
81. Sarabia-Cobo C. Heart coherence: a new tool in the management of stress on professionals and family caregivers of patients with dementia. *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2015) 40:75–83. doi:10.1007/s10484-015-9276-y
82. Trousselard M, Canini F, Claverie D, Cungi C, Putois B, Franck N. Cardiac coherence training to reduce anxiety in remitted schizophrenia, a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2015) 41:61–9. doi:10.1007/s10484-015-9312-y
83. Ramey SL, Perkhounkova Y, Hein M, Chung S, Franke WD, Anderson AA. Building resilience in an urban police department. *J Occup Environ Med* (2016) 58(8):796–804. doi:10.1097/JOM.0000000000000791
84. Rijken NH, Soer R, de Maar E, Prins H, Teeuw WB, Peuscher J, et al. Increasing performance of professional soccer players and elite track and field athletes with peak performance training and biofeedback: a pilot study. *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2016) 41(4):421–30. doi:10.1007/s10484-016-9344-y
85. Aritzeta A, Soroa G, Balluerka N, Muela A, Gorostiaga A, Aliri J. Reducing anxiety and improving academic performance through a biofeedback relaxation training program. *Appl Psychophysiol Biofeedback* (2017) 42(3):193–202. doi:10.1007/s10484-017-9367-z
86. Ramey SL, Perkhounkova Y, Hein M, Bohr NL, Anderson AA. Testing a resilience training program in police recruits: a pilot study. *Biol Res Nurs* (2017) 19(4). doi:10.1177/1099800417699879

87. Timofejeva I, McCraty R, Atkinson M, Joffe R, Vainoras A, Alabdulgader A, et al. Identification of a group's physiological synchronization with earth's magnetic field. *Int J Environ Res Public Health* (2017) 14(9):2–22. doi:10.3390/ijerph14090998
88. Virtanen R, Jula A, Huikuri H, Kuusela T, Helenius H, Ylitalo A, et al. Increased pulse pressure is associated with reduced baroreflex sensitivity. *J Hum Hypertens* (2004) 18(4):247–52. doi:10.1038/sj.jhh.1001661
89. Norman GJ, Hawkley L, Ball A, Berntson GG, Cacioppo JT. Perceived social isolation moderates the relationship between early childhood trauma and pulse pressure in older adults. *Int J Psychophysiol* (2013) 88(3):334–8. doi:10.1016/j.ijpsycho.2012.12.008
90. Barrios-Choplin B, McCraty R, Cryer B. An inner quality approach to reducing stress and improving physical and emotional wellbeing at work. *Stress Med* (1997) 13(3):193–201. doi:10.1002/(SICI)1099-1700(199707)13:3<193::AID-SMI744>3.0.CO;2-I
91. Pipe TB, Buchda VL, Launder S, Hudak B, Hulvey L, Karns KE, et al. Building personal and professional resources of resilience and agility in the healthcare workplace. *Stress Health* (2012) 28(1):11–22. doi:10.1002/smi.1396
92. Riley K, Gibbs D. HeartMath in UK healthcare: does it add up? *J Holist Healthc* (2013) 10(1):23–8.
93. Laraway CL, McCraty R. A new perspective on self-regulation and resilience: lessons learned from detainee operations sailors. Naval Center for Combat and Operational Stress Control Conference 2011. San Diego (2011).
94. Childre D, Martin H. *The HeartMath Solution*. San Francisco: HarperSanFrancisco (1999).
95. Childre D, Rozman D. *Transforming Stress: The HeartMath Solution to Relieving Worry, Fatigue, and Tension*. Oakland, CA: New Harbinger Publications (2005).
96. Childre D, Martin H, Rozman D, McCraty R. *Heart Intelligence*. San Francisco: Waterfront Press (2016).