

das höchste Risiko für 20–39 Jahre und in der Veröffentlichung von 2015 hatten Hardell und Carlberg festgestellt, dass Nutzung von Funktelefonen vor dem Alter von 20 Jahren das höchste Risiko birgt. Das passt als Latenzzeit zu dem jetzigen Ergebnis. In der Fall-Kontroll-Studie von 2014 mit Astrozytom-IV-Patienten, die vor dem 20. Lebensjahr ein Funktelefon benutzten, wurden geringere Überlebensraten mit höherem Risikofaktor als bei älteren Patienten festgestellt. Das Gehirn ist in diesem Alter noch in der Entwicklung und daher empfindlicher.

Zusammengefasst bedeuten die Ergebnisse, dass die auf Schwedischen Registern beruhende Studie steigende Tumorraten unbekanntem Typs im Zentralnervensystem zeigt, mit höheren Raten zwischen 2007 und 2015, vor allem in der Altersgruppe 20–39 Jahre. Das könnte damit erklärt werden, dass junge Menschen ein höheres Risiko für Hirntumore haben, wenn sie mit dem mobilen Telefonieren beginnen, bevor sie 20 Jahre alt sind. Die zu geringe Erfassung der Hirntumorfälle im Krebsregister lassen eine genaue Bewertung der Trends nicht zu, deshalb sind diese Daten mit Vorsicht zu behandeln. Aber trotz der zu niedrigen auf das Alter bezogenen Zahlen im Krebsregister ist klar, dass die Hirntumorraten von 1998 bis 2015 in beiden Geschlechtern zugenommen haben, bei den Männern statistisch signifikant.

Quelle: Hardell L, Carlberg M (2017): Mobile phones, cordless phones and rates of brain tumors in different age groups in the Swedish National Inpatient Register and the Swedish Cancer Register during 1998–2015. PLoS ONE 12 (10), e0185461

Elektrobiologie

Elektromagnetische Felder in biologischen Systemen

Endogene elektromagnetische Felder in biologischen Systemen haben sehr geringe Intensitäten und lassen sich nach sehr kurzer Entfernung vom Entstehungsort schwer nachweisen. Aber die stark beweglichen geladenen Anteile in Makromolekülen innerhalb und außerhalb von Zellen zeugen von elektrischen Strömen und Magnetfeldern. Die Kommunikation in den Zellen und zwischen Zellen bildet über elektrische Signale ein Informationsnetzwerk, das den Stoffwechsel reguliert. Diese elektromagnetische Homöostase kann durch immer stärkere Felder in unserer Umgebung gestört werden und sich auf die Gesundheit auswirken.

Elektromagnetische Homöostase ist die Fähigkeit von Organismen oder Einzelzellen, das Gleichgewicht trotz der vielen elektromagnetischen Einflüsse von außen aufrechtzuerhalten. Die Stabilisierung ist unerlässlich für die Erhaltung der Funktionen und räumlichen Strukturen von Zellen und Geweben. Elektromagnetische Felder werden innerhalb der Zellen erzeugt und sie haben sicher eine wichtige Funktion im gesamten Stoffwechsel. Wenn Änderungen eintreten kann das Auswirkungen auf physiologische Prozesse haben. Menschen sind untrennbar mit vielen Arten von Mikroorganismen vergesellschaftet, die mit dem Körper und untereinander kommunizieren und zur Homöostase beitragen. Bakterien nutzen zur Kommunikation untereinander Signalmoleküle, die extrem empfindlich auf chemische und elektromagnetische Änderungen reagieren. Vor diesem Hintergrund erscheint das Konzept der elektromagnetischen Homöostase, das ist die Fähigkeit des menschlichen Körpers, das Gleichgewicht dieses hoch komplexen elektromagnetischen Zusammenspiels

aufrechtzuerhalten trotz der elektromagnetisch zunehmend stark belasteten Umgebung. Elektronentransfer zwischen Molekülen und sich schnell bewegende Teilchen von Makromolekülen in intra- und extrazellulären Flüssigkeiten könnten elektrische Ströme erzeugen und geschlossene Leiterschleifen Magnetfelder.

Wenn Elektromagnetismus in der Physiologie der Zellen eine Rolle spielt, heißt das, dass eine Änderung der bestehenden Verhältnisse innerhalb des Lebewesens physiologische Prozesse verändern könnte. Durch die elektromagnetische Homöostase kann die optimale Funktion von Zellen, Proteinstoffwechsel und DNA-Verdoppelung, die Gesundheit des gesamten Organismus aufrechterhalten werden. Störungen von außen können dann die Zellfunktionen und die Gesundheit beeinträchtigen.

Alle Arten von Molekülen und Zellbestandteilen mit ihren Schwingungsfrequenzen sind durch Einwirkung von außen betroffen, Proteine, DNA usw., Enzyme, Membranen, zudem die Zell-Zell-Kommunikation (auch zwischen Bakterien der Körperflora und Mikroorganismen, die von außen kommen), Enzymfunktionen und andere grundlegende Informationsnetzwerke, die den Zellstoffwechsel mit verschiedenen Frequenzen kontrollieren.

Die Komplexität im biologischen System Mensch und die Rolle des endogenen elektromagnetischen Feldes wird deutlich, wenn man bedenkt, dass der Körper aus etwa 10^{13} Zellen besteht, und die Mikroorganismen, die uns besiedeln, das Mikrobiom aus Bakterien, Pilzen, Viren usw., haben etwa die gleiche Anzahl. Zusammen bilden sie alle eine Art Superorganismus, in dem mit elektromagnetischen Signalen kommuniziert und reguliert wird, um das Überleben der Arten zu sichern. Bei der Komplexität der Wechselwirkungen spielt Elektronentransfer eine entscheidende Rolle, dabei werden ca. $2-3 \times 10^6$ Elektronen pro Zelle pro Sekunde als Strom aus der Zelle heraus transportiert. Die Kommunikation zwischen Zellen über Liganden und Rezeptoren ist eine langsame Reaktion auf kurzen Strecken, es gibt aber auch schnelle Langstreckentransporte. Und auch DNA und RNA sind nicht nur Codierungen für Proteine, sondern auch ein System, das kommuniziert und Prozesse koordiniert über piezoelektrische Eigenschaften. Bei den Prozessen muss ein Magnetfeld existieren, an dem unter natürlichen Bedingungen das Erdmagnetfeld (die Schumann-Frequenzen spielen eine Rolle bei physiologischen Prozessen) und die Ionosphäre beteiligt sind. Damit hängen auch biologische Rhythmen wie der Tag-Nacht-Rhythmus und Hormonregulationen zusammen. Im Körper werden auch elektromagnetische Felder durch verschiedene Stoffwechselprozesse gebildet, in Gehirn und Herz werden Pulse für Regulationen im gesamten Körper gesetzt. Die Schumann-Resonanzen haben eine Feldstärke von etwa $300 \mu\text{V/m}$ und viele Experimente haben gezeigt, dass sehr schwache Feldstärken Einfluss auf Calciumkonzentrationen im Nervengewebe haben oder dass das Säure-Basen-Gleichgewicht in Richtung basischer pH-Wert verschoben wird. Letzteres scheint mit der Wasserhülle der Moleküle zusammenzuhängen. Die störende Wirkung von Magnetfeldern auf die Wasserhülle der Moleküle könnte der entscheidende Punkt für die nicht-thermische Wirkung von elektromagnetischen Feldern sein. Die Struktur des Wassers könnte auch entscheidend für die effiziente Übertragung von Energie sein. Flüssiges Wasser kann in 2 Energie-Zuständen hin und her schwingen (Grund- und Erregungszustand). Im Grundzustand sind alle Elektronen fest gebunden, im Erregungszustand sind die Elektronen nur $0,54 \text{ eV}$ unterhalb der Ionisationsschwelle, also fast frei oder sehr locker gebunden. Je nach Temperatur gibt es kohärente oder nicht-kohärente Phasen in

flüssigem Wasser. Der Zustand des Wassers an der Oberfläche von biologischen Makromolekülen wirkt sich auf deren Eigenschaften aus, z. B. auf die Faltung von Proteinen. Die klassische Physik betrachtet nur den trivialen Mechanismus der Energieabsorption mit Erwärmung des Gewebes. Andere Mechanismen sollten auch in die Überlegungen einbezogen werden, um den Energietransfer in biologischen Systemen zu erklären und Homöostase erreichen will.

Das menschliche Gehirn hat ein eigenes sehr schwaches Magnetfeld (10^{-14} T, 10 fT), das durch das Feuern der Nervenzellen und die Wanderung von Ionen durch die Zellmembran entsteht. Es besteht immer ein elektrisches Feld an jedem Axon einer Nervenzelle im Gehirn durch den Ionenfluss. Wenn ein elektrischer Strom fließt, entsteht ein Magnetfeld. Synchrones Feuern der Nervenzellen bei bestimmten Frequenzen im Gehirn ist ein Zeichen für Bewusstsein und Aufmerksamkeit. Schwingung bei 40–80 Hz zeigt stärkere mentale Aktivität und Wahrnehmung an. Das Magnetfeld im Gehirn könnte für das synchrone Feuern und damit für das Bewusstsein verantwortlich oder beteiligt sein. Es könnte die Quelle des Bewusstseins sein oder im Gegenteil eine regulierende Wirkung haben. So wie wir täglich Informationen aus Radio und Fernsehen in Geräusch und Bild umsetzen können, könnten Nerveninformationen elektromagnetisch im Gehirn wiedergegeben werden.

In dieser Übersicht wurde die Komplexität des biologischen Systems Mensch analysiert, und es wurden einige Verbindungen mit der komplexen Welt der Mikroorganismen in uns gezeigt. Alle Zellen wirken mit chemischen und elektromagnetischen Signalen zusammen und die Homöostase des gesamten Systems muss ständig die chemischen Reaktionen, die Konzentrationen der Lösungen und die elektromagnetischen Signale innerhalb und außerhalb der Zellen regulieren, in den pro- und eukaryotischen Bereichen. Diese Komplexität macht das System empfindlich gegenüber allen Agenzien, die die fundamentalen Mechanismen des Austauschs von Informationen in dem komplexen Netzwerk stören können. Menschliche Krankheiten und Heilungsprozesse können in diesem Jahrhundert nicht begriffen werden, ohne dass die chemischen Reaktionen und elektromagnetischen Übertragungswege innerhalb der super-organisierten Zellen und dem Zusammenspiel z. wischen ihnen betrachtet werden. Außerdem könnten neue Therapien oder antimikrobielle Strategien auf der Basis des Wissens des endogenen elektromagnetischen Signalnetzwerks entwickelt werden, die auch die Kommunikation zwischen den Mikroorganismen berücksichtigen.

Quelle: De Ninno A, Pregnotato M (2017): Electromagnetic homeostasis and the role of low-amplitude electromagnetic fields on life organization. *Electromagnetic Biology and Medicine* 36 (2), 115–122

Diagnose Elektrosensibilität

Elektrosensible zeigen Veränderungen in der fMRT

Diese Arbeit aus der Praxis zeigt auf, dass man mit der funktionellen Magnetresonanztomografie (fMRT) bei elektrosensiblen Personen deutliche Unterschiede in den Hirnaktivitäten sehen kann im Vergleich zu einer normalen fMRT. Alle hier vorgestellten elektrosensiblen haben ähnlich veränderte Muster der Hirnaktivität. Die 10 Patienten hatten über Jahre eine Elektrosensibilität (EHS)

entwickelt. Normale Labortests ergaben keine auffälligen Werte. Die fMRT ist eine Möglichkeit zur EHS-Diagnose.

Erfahrungen von mehr als 30 Jahren in klinischer Toxikologie, in denen die Wirkung giftiger Chemikalien auf das Gehirn an über 1000 Patienten mit Krankheiten durch nervenschädigende Chemikalien erworben wurde, veranlassten die Untersuchung von Patienten, ob man mit der fMRT Hinweise auf EHS finden kann. Einige Patienten hatten durch jahrelange Einwirkung von Chemikalien Multiple Chemikalien-Sensitivität (MCS) erworben, die auch nach Ende der Einwirkung bestehen blieb. Alle diese Patienten hatten abweichende Hirn-Scans. Als sich mehr Patienten mit EHS meldeten und dabei auffiel, dass die Symptome denen der MCS ähnelten, wurden ebenfalls Hirn-Scans vorgenommen. Viele der elektrosensiblen Patienten waren früher Chemikalien ausgesetzt gewesen, einige hatten Kopfverletzungen erlitten. Die 10 hier vorgestellten Patienten hatten fast alle Kontakt mit Chemikalien gehabt und waren lange erhöhten elektromagnetischen Feldern ausgesetzt gewesen. Sie entwickelten EHS, wobei die Symptome ohne Exposition verschwanden. Bei allen 10 Personen konnte anhand der Laborwerte ausgeschlossen werden, dass Schilddrüsenprobleme, Diabetes, Autoimmunerkrankungen, chronische Infektionen u. a. vorlagen. Die 10 Personen waren 6 Frauen und 4 Männer. 1 Mann in den 40ern, einer in den 70ern, 2 Frauen in den 50ern, die anderen 6 Personen in den 60er Jahren. Die Hälfte hatte früher Kopfverletzungen erlitten. Alle bis auf den 40-jährigen Mann hatten chemische Expositionen hinter sich. Die 6 Kontrollpersonen waren gesunde Freiwillige, 15–70 Jahre alt.

Die Hirn-Scans ergaben, dass alle 10 Personen sehr ähnliche auffällige Hirnaktivitäten im so genannten Default Mode Network (DMN) hatten, das sind definierte Bereiche im Gehirn, in denen Aktivität herrscht, wenn die Person in Ruhe ist. Diese Regionen werden abgeschaltet, wenn der Mensch aktiv wird. Die meisten Patienten hatten gleichzeitige erhöhte Erregbarkeit der Gehirnzellen in verschiedenen Bereichen und manche hatten verminderten Blutfluss und/oder verminderten Stoffwechsel.

Die Untersuchungen mittels fMRT waren ursprünglich nicht als Forschungsprojekt gedacht, sondern wurden als medizinisch notwendige Maßnahme durchgeführt. Da alle fMRI Hirn-Scans bei den 10 Patienten ähnlich verändert waren, kann das fMRT möglicherweise als diagnostische Hilfe oder Biomarker eingesetzt werden, um zu bestimmen, ob jemand elektrosensibel ist oder nicht. Früher hat man Epileptiker als vom Teufel besessen betrachtet, bevor man das EEG entwickelte, mit dem man eine wirkliche Krankheit objektiv feststellen kann. Die fMRT kann diese Rolle bei EHS übernehmen. Es wurden viele Parameter von Biomarkern zur Diagnose von EHS zusammengestellt (Belpomme et al. 2015, de Luca et al. 2014), da sollte die fMRT ergänzt werden.

Ein interessanter Punkt ist, dass die abnormen fMRTs auch bei Hirnverletzten zu sehen sind, und tatsächlich hatten viele der Patienten mit EHS eine Kopfverletzung erlitten. Da neurotoxische Chemikalien wie auch Kopfverletzungen und elektromagnetische Felder die Blut-Hirn-Schranke beeinträchtigen können, kann man fast erwarten, dass die 3 Faktoren einzeln oder in Kombination die Patienten anfälliger für eingeschränkte Hirnfunktionen machen. In der Vergangenheit wurden in der Praxis viele Patienten untersucht, bei denen mit der Zeit multiple systemische Beschwerden auftraten, nachdem sie mehreren Neurotoxinen ausgesetzt gewesen waren. Die Patienten mit früherer Kopfverletzung hatten auch Anfallsleiden. Bei 2 der 10 elektrosensiblen Patienten wurde die Entwicklung der Anfallserkrankung gut dokumen-