

sehr wahrscheinlich ist, dass elektromagnetische Felder sie beeinflussen. Bei Elektrosensiblen gibt es mehr Mastzellen in der Haut, und die Mastzellen erschienen in hoher Dichte auch in einer Hautschicht, die bei gesunden frei ist von Mastzellen. Die Mastzellen verhielten sich anders, waren stark degranuliert und größer bei den Elektrosensiblen als bei den Kontrollpersonen. Es ist bemerkenswert, dass ähnliche Symptome bei gesunden Freiwilligen auftraten, die vor Monitoren mit Kathodenstrahlröhre, einschließlich normaler Fernseher, saßen.

Vergleicht man die Symptome von Elektrosensibilität und Entmyelinisierung, findet man einige Gemeinsamkeiten, aber auch Unterschiede. Wenn die Myelinisierung geschädigt wird durch wiederholte oder chronische Einwirkung von RF-EMFs, könnten typische Symptome der Demyelinisierung auftreten. Das sind u. a. verschwommenes Sehen, Schwächegefühl, Benommenheit, Missemfindungen, Zittern oder verminderte Koordinationsfähigkeit, schlechtes Gedächtnis, Konzentrationsschwäche, vermindertes Reaktionsvermögen, Depression, Reizbarkeit und Ängstlichkeit. Wenn MS bei Kindern (selten) auftritt, zeigen sich Verwirrung, Bewusstseinsveränderungen, Sehstörungen, Lethargie. Diese Symptome werden auch für Elektrosensibilität beschrieben: Prickeln/Kribbeln (Sensibilitätsstörungen), Müdigkeit, Konzentrationsschwäche, Schwindel, Verdauungsstörungen, Übelkeit, bis hin zu – selten – Herzrasen und Herzrhythmusstörungen. Obwohl es in den 1970er Jahren erste Anzeichen für Myelinschäden durch Hochfrequenz bei Tieren gab, erfolgte kaum weitere Forschung. Es gibt bis heute kaum Erkenntnisse über eine klare Beziehung zwischen Myelinschädigung und Elektrosensibilität, es wäre aber von großem Interesse, diese Hypothese durch Experimente an intaktem und degeneriertem Myelin bzw. Schwann'schen Zellen zu überprüfen. Weil Myelin den Hauptteil der elektrischen Isolierung ausmacht, ist seine gesunde Entwicklung und die des gesamten Nervensystems enorm wichtig.

Im UK-MS-Trust 2014 wird berichtet, dass MS bei Frauen zunimmt. Rasse und geografische Region spielen eine Rolle, aber die Neuerkrankungen sind durch die Umwelt beeinflusst. Wenn ein Kind das Mobiltelefon am Kopf hält, ist der am stärksten bestrahlte Bereich das Kleinhirn. Das ist einer der ersten myelinisierten Bereiche. Wenn der Kopf fast ausgewachsen ist, ist der am meisten betroffene Bereich der Schläfenlappen. Der ist in jugendlichem Alter noch nicht komplett myelinisiert, so könnte dieser Hirnbereich stark gefährdet sein.

Entmyelinisierung und Elektrosensibilität haben viele Symptome gemeinsam, die oft als psychosomatisch angesehen werden, als subjektiv, nicht spezifisch und objektiv schwer zu testen. Die Symptome deuten aber auf eine hoch spezifische biologische und verhaltensmäßige Vermeidungsreaktion hin, die leicht objektiv untersucht und quantifiziert werden kann. Das subjektive Empfinden von Kribbeln, Jucken und Hitze in der Haut könnte mit Veränderungen in biochemischen Markern erklärt werden, besonders des Histamins der Mastzellen, was Johansson 2006 feststellte. Provokationsstudien mit Elektrosensiblen zeigen keine signifikanten Unterschiede zu den Kontrollgruppen, aber diese Studien haben oft wenig Aussagekraft aufgrund geringer Bestrahlungszeiten. Die Symptome bei Entmyelinisierung und Elektrosensibilität sind aber nicht komplett vergleichbar. Verminderte Muskulaturkontrolle (Ataxie) ist ein wichtiges Zeichen für Entmyelinisierung, wie auch Gleichgewichtsprobleme bei Kindern, aber selten bei RF-Exposition, obwohl es die Kleinhirnzeichen Tremor und Schwindel gibt. Andererseits werden Symptome wie Kopfschmerzen, Tinnitus, Herzrhythmusstörungen und Hautprobleme oft bei RF-Exposition angegeben, nicht aber bei Demyelinisierung. Gesteigerte Herzrate, veränderte Herzratenvariabilität und Veränderungen im sympathischen und parasympathischen NS sind in mehr als einer Stu-

die gezeigt worden (Havas/Marrongelle 2013), Kopfschmerzen in mehreren epidemiologischen Studien. Ist die Hypothese der Demyelinisierung als Ursache für die Symptome einleuchtend? Ja, schreiben die Autoren, die Beweise aus in vivo- in vitro- und epidemiologischen Studien seien stark genug, um ungeborene Kinder bis zu Jugendlichen im mittleren Teenageralter minimalen Belastungen auszusetzen, bis Klarheit herrscht.

Wenn die Myelin-Intaktheit durch RF-EMFs gestört wird, sind die Auswirkungen wahrscheinlich am Ende des Lebens am gravierendsten. Das ZNS von Fetus, Baby, Kind und Jugendlichen, deren Myelinisierung vor allem peripher noch unvollständig ist und deren Nervenverbindungen schnell hergestellt und gelöst werden, könnte höchst empfänglich sein wie auch das von alten Menschen, bei denen der Myelinschutz bereits im Abbau begriffen ist, besonders bei MS und anderen Krankheiten mit Myelinverlust. Es ist nicht klar, ob Myelinschädigung durch wiederholte RF-Exposition MS initiiert oder ob sich eine vorhandene Schädigung verschlimmert. Es kann auch sein, dass vor der Entwicklung der Myelinscheide oder nachdem eine Schädigung eingetreten ist, die funktionelle Axon-Leitung direkt gestört ist, dazu braucht es weitere Forschung. Die Ähnlichkeiten zwischen Demyelinisierung und Elektrosensibilität kann nicht als Beweis für Ursache und Wirkung betrachtet werden. Es muss mehr geforscht werden, denn es ist sehr wichtig zu wissen, ob Myelinintaktheit oder natürliche Entwicklung der Synapsen durch RF-EMFs angegriffen werden, weil das enorme Konsequenzen für die Gesundheit der Bevölkerung hat.

Quelle:

Redmayne M, Johansson O (2014): Could Myelin Damage From Radiofrequency Electromagnetic Field Exposure Help Explain the Functional Impairment Electrohypersensitivity? A Review of the Evidence. *Journal of Toxicology and Environmental Health, Part B: Critical Reviews* 17 (5), 247-258, DOI: 10.1080/10937404.2014.923356

Hochfrequenz-Wirkungen auf das Gehirn

Molekulare Mechanismen und oxidativer Stress im Gehirn

Ein Kapitel in einem 5-bändigen Werk über Freie Radikale und Antioxidanzien fasst die Ergebnisse der Forschung zu Wirkungen von 900–2450 MHz (Wi-Fi und Mobiltelefone) auf Gehirn und Nervenzellen zusammen. Beschrieben werden die molekularen Stoffwechselwege und physiologischen Funktionen von menschlichen Nervenzellen. Vor allem oxidativer Stress im Nervensystem ist gut dokumentiert, am Menschen und in Zell- und Tierexperimenten.

Das Kapitel beschreibt die Wirkungen von Wi-Fi (2,45 GHz) und Mobiltelefonen (900 und 1800 MHz) auf das Zentralnervensystem (ZNS) beim Menschen und in Tierversuchen anhand der wissenschaftlichen Literatur. Die Ergebnisse der Literaturrecherche zu molekularen Stoffwechselwegen und Lernverhalten bzw. Erinnerungsvermögen nach Einwirkung der Felder: 7 von 10 Arbeiten fanden keine Wirkung, so sind die Wechselwirkungen unklar. Dagegen werden in 11 von 13 aufgeführten Arbeiten schädliche Wirkungen durch oxidativen Stress belegt, ebenso die molekularen Stoffwechselwege im Gehirn. Es werden die Mechanismen beschrieben und die Auswirkungen auf den Stoffwechsel, wenn die entsprechenden Enzyme nicht funktionieren. So sind z. B. Selen, Kupfer und Mangan als Spurenelemente wichtig für die Funktion der in oxidativen Stress involvierten Enzyme GSH-Px, SOD und Katalase. Die Vitamine C und E haben Funktionen im Zusammenhang mit ROS und der

Peroxidation von Lipiden (besonders Membran-Phospholipide). Proteine und DNA werden geschädigt, wenn ROS-Gehalte nicht ausbalanciert sind. Wi-Fi könnte durch nicht-thermische Wirkungen die Zellfunktionen beeinflussen und kognitive Funktionen vermindern. Die Felder steigern die ROS-Bildung in Nervenzellen durch Aktivierung des Oxidansystems einschließlich der NADPH-Oxidase-Aktivität und der NO-Produktion. Gleichzeitig werden die Antioxidans-Enzyme Superoxid-Dismutase, Katalase und Glutathion-Peroxidase im Hirngewebe vermindert zusammen mit den Antioxidantien Glutathion und Vitamin C. Der ROS-Stoffwechsel wird entweder durch erhöhte ROS-Produktion oder Verminderung des Antioxydationssystems gestört. Das Gehirn ist extrem anfällig, da dort hohe Produktion von ROS und schlechte antioxidative Abwehr stattfindet, hohe Stoffwechselraten und hoher Blutfluss. Und das Gehirn hat mehr ungesättigte Fettsäuren, die leicht peroxidiert werden. Die Hochfrequenzstrahlung könne danach eine degenerative Wirkung im Gehirn haben, weil der Anstieg des oxidativen Stresses die physiologischen Funktionen der Nervenzellen beeinflusst. Schutz bieten Melatonin als Radikalfänger, L-Carnithin und Selen. Längere Exposition kann zudem die DNA schädigen, wodurch das Absterben der Nervenzellen beschleunigt wird. Die Ergebnisse von relativ wenigen neuen Forschungsarbeiten zeigen, dass der Ca^{2+} -Einstrom in Nervenzellen gesteigert ist durch die Aktivierung von Ionen-Kanälen nach EMF-Bestrahlung. Calcium-Ionen (Ca^{2+}) sind wichtig für die physiologische Funktion der Nervenzellen und für die pathophysiologischen wie Zellwachstum und Apoptose. Forschungsbedarf besteht für intrazelluläre Abläufe, Ca^{2+} -Einstrom durch Ca^{2+} -Kanäle, DNA-Brüche und der Durchlässigkeit der Blut-Hirn-Schranke.

Quelle:

Naziroğlu M, Akman H (2014): Effects of Cellular Phone- and Wi-Fi-Induced Electromagnetic Radiation on Oxidative Stress and Molecular Pathways in Brain. I. Laher (ed.), Systems Biology of Free Radicals and Antioxidants, 2431–2449; DOI 10.1007/978-3-642-3M18-92 10; Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014

Mobilfunkwirkung auf Nervenzellen

1800 MHz hemmt Neuritenwachstum in eNSCs

Embryonale neurale Stammzellen (eNSCs) sind wichtige Zellen während der Entwicklung des Gehirns. 1800-MHz-Strahlung hemmt in diesem Experiment Längenwachstum, die Anzahl der Verzweigungen und der Neuriten der bereits differenzierten embryonalen Neuronen nach Einwirkung von 4 W/kg für 3 Tage. Die Expression der zugehörigen Gene und Proteine bestätigt diese Ergebnisse.

Embryonale neurale Stammzellen werden zum Testen von Chemikalien auf Neurotoxizität benutzt, so können sie auch für Tests physikalischer Einwirkungen wie hochfrequente Felder eingesetzt werden. Embryonale neurale Stammzellen, die aus Gewebe des fetalen Nervensystems stammen, können neue Erkenntnisse liefern, weil die Gehirnentwicklung stark von ihrem Schicksal abhängt. Mechanismen der Schädigung durch Mobilfunkfrequenzen können Anstieg der ROS-Produktion, verschlechterte Mitochondrienfunktion, Störung der intrazellulären Calcium-Homöostase, erhöhte Hitzeschockproteinbildung und Veränderungen der Genexpression bestimmter Gene im Gehirn sein. In diesem Experiment wurden embryonale Stammzellen von Mäusen intermittierend mit der 1800-MHz-Trägerfrequenz im GSM-Talk-Modus (5 min Feld an, 10 min Feld aus) be-

strahlt. Es wurden 4 unabhängige Experimente durchgeführt. Die SAR-Werte betragen 1, 2 und 4 W/kg, die Dauer 1, 2 und 3 Tage. Es gab keine Unterschiede zwischen Bestrahlungs- und Kontrollgruppe bei Überlebensrate der Zellen, Apoptose, Zellzyklus, Zellwachstum und der Differenzierungsrate von Neuronen und Astrozyten. Aber Längenwachstum, Anzahl und Verzweigungen der Neuriten der differenzierten eNSCs waren nach 3-tägiger Behandlung mit 4 W/kg signifikant gehemmt bzw. vermindert. Dazu passt, dass die mRNA- und Protein-Expression der entsprechenden Gene, die wesentliche Faktoren für neurale Differenzierung und Neuriten-Wachstum sind (die proneuralen Gene Ngn1 und Neuro D), vermindert waren nach der Exposition, und die Expression ihres zugehörigen Inhibitors (Hes1) hoch reguliert war. Diese Ergebnisse sind ein wichtiger Schritt zum Verständnis der Mechanismen und Wirkungen der HF-Strahlung auf die Entwicklung von eNSCs und die potenziell schädlichen Wirkungen auf die Entwicklung des Gehirns. Neuronale Differenzierung und Reifung der eNSCs sind wesentliche Phasen für die Neurogenese im Gehirn. Einige Studien bestätigen diese Ergebnisse, nämlich dass Mobilfunkstrahlung das Neuritenwachstum beeinträchtigt. Zwar sind 4 W/kg über dem Grenzwert, aber nach längerer Einwirkzeit können auch bei geringerem SAR schädliche Wirkungen auf die Gehirnentwicklung entstehen. Die molekularen Mechanismen, die das Wachstum der Neuriten steuern, sind gut untersucht. Eine Gruppe von Transkriptionsfaktoren, welche Differenzierung, Reifung und Neuritenwachstum der eNSCs kontrollieren (bHLH-Genfamilie), ist geschädigt. Das kann ein wichtiger Angriffspunkt der RF-Strahlung auf die Entwicklung des Gehirns sein. Nach diesen Ergebnissen muss es dringend mehr Forschung geben, die die schädlichen RF-Wirkungen auf die Entwicklung des Gehirns untersuchen.

Quelle:

Chen C et al. (2014): Exposure to 1800 MHz radiofrequency radiation impairs neurite outgrowth of embryonic neural stem cells. Nature, doi:10.1038/srep05103; <http://www.nature.com/srep/2014/140529/srep05103/full/srep05103.html>

Öffentlichkeitsarbeit

Texte zu Langzeitriskien des Mobilfunks erschienen

Vom geschichtlichen Hintergrund zur Entwicklung der Grenzwerte über Hirntumorrisiken, Gefährdung von Kindern, Wirkungsmechanismen, Therapiekonzepte, Grenzwertfindung bis hin zur rechtlichen und politischen Situation in Deutschland reichte das Spektrum der Themen auf der Tagung zu den Auswirkungen der Hochfrequenzstrahlung (Würzburg im April 2014). Eindrucksvoll wird die Problematik zwischen seriöser Forschung und „öffentlichen Interessen“ nun schwarz auf weiß dargestellt.

Die Kompetenzinitiative hat die Texte in einer Broschüre (Heft 9 der Broschürenreihe) zur Mobilfunk-Tagung „Langzeitriskien des Mobil- und Kommunikationsfunks“ (05.04.14 in Würzburg) herausgegeben, in der die Vorträge der internationalen Wissenschaftler veröffentlicht sind. Wiewohl im ElektrosmogReport 5/2014 bereits beschrieben, soll hier noch einmal auf die Inhalte der Beiträge eingegangen werden, weil sie es verdienen und weil man nicht oft genug darauf hinweisen kann, wie wichtig Aussagen von „unabhängigen Geistern“ sind, denn hier wird die Kluft zwischen der öffentlichen Wahrnehmung und den wahren Sachverhalten sehr deutlich.