



Abstract zum Forschungsprojekt:

Der Einfluß hochfrequenter EMF des Mobilfunks auf die Calcium-Homöostase von Herzmuskelzellen und Lymphozyten (900 MHz und 1,8 GHz)

Dr. Meyer, Universität Bonn, Institut für Physiologie II

Laufzeit: 9'93 – 9'94

Ziel

Die intrazelluläre Calciumkonzentration, $[Ca^{2+}]_i$, spielt eine große Rolle bei der Regelung zellulärer Vorgänge wie Bewegung, Kontraktion oder Zellteilung. Da sie vielen Einflüssen unterliegt (wie z.B. der elektrischen Leitfähigkeit der Zellmembran, der Permeabilität von intrazellulären Speichern, der Konzentration von intrazellulären Botenstoffen), ist sie ein guter Indikator für Veränderungen in den verschiedensten zellulären Systemen, die selbst für elektromagnetische Felder empfindlich sein könnten. Falls elektromagnetische Felder Einfluss auf die Aktivitäten von Zellen haben sollten, würde sich dies somit mit großer Wahrscheinlichkeit auch in Veränderungen der $[Ca^{2+}]_i$ widerspiegeln.

Vor dem Hintergrund der Literatur, der einige Hinweise zum Einfluss unterschiedlicher hochfrequenter Felder auf kalziumabhängige Mechanismen zu entnehmen sind, war es nun das Ziel der vorliegenden Studie, den Einfluss schwacher (athermischer) gepulster hochfrequenter Felder des Mobilfunks auf die intrazelluläre Calciumkonzentration zu untersuchen. Als Modell für die erregbare Zelle wurde die Herzmuskelzelle des Meerschweinchens ausgewählt, als Modell für die nichterregbare Zelle wurden T-Jurkat-Zellen (eine Zelllinie entarteter menschlicher T-Lymphozyten) eingesetzt.

Methode

Mit Hilfe des fluoreszierenden Calciumindikatorfarbstoffes Fura-2 wurde die $[Ca^{2+}]_i$ in den o.g. Zellen gemessen. Die Messung erfolgte durch Bestimmung von Fluoreszenzintensitäten mit Hilfe der quantitativen computergestützten Bildanalyse.

Die zur Ausführung der Untersuchungen entwickelte Hochfrequenz-Applikationsapparatur erlaubte die fluoreszenzmikroskopische Untersuchung einzelner Zellen bei gleichzeitiger Einwirkung definierter hochfrequenter elektromagnetischer Felder. Sie bestand aus einem Leistungsmessender, der mit der Möglichkeit zur externen Modulation versehen wurde, einem Modulator und einer Zelle zur Erzeugung hochfrequenter elektromagnetischer Felder mit homogener transversaler elektrischer und magnetischer Feldkomponente, TEM-Zelle. Die TEM-Zelle enthielt eine Versuchskammer zur Aufnahme des biologischen Materials, also der Herzzellen und der Lymphozyten, die bei weitestgehender Abdichtung für elektromagnetische Felder den optischen Einblick mit dem Mikroskopobjektiv gewährleistete.

Für die unterschiedlichen angewendeten Konfigurationen von Trägerfrequenz und Puls/Pauseverhältnis wurden SAR-Werte bestimmt. Die mittleren SAR-Werte schwankten in Abhängigkeit von der Konfiguration; sie lagen z.B. bei 900 MHz Trägerfrequenz und 217



Hz Pulsfrequenz bei 15,4 mW/kg und bei 1800 MHz Trägerfrequenz und 217 Hz Pulsfrequenz bei 8,6 mW/kg.

Die Versuche wurden in der Regel nach folgendem Muster durchgeführt: Die erste Phase des Experiments bildete einen Vorlauf ohne Feldapplikation von 500 s, in einer zweiten Phase wurde für 500 s das hochfrequente Feld angewendet, in einer dritten Phase wurde das Feld wieder abgeschaltet und ein chemischer Stimulus appliziert, der zu einem Anstieg der $[Ca^{2+}]_i$ führen sollte. Der chemische Stimulus sollte zeigen, daß die Zellen aktivierbar sind und ein Fehlen einer Antwort nicht auf mangelnde Aktivierbarkeit der Zellen zurückzuführen ist. Im Fall der Herzmuskelzellen wurde normalerweise als Stimulus eine Erhöhung der äußeren K^+ -Konzentration (135 mM) vorgenommen, im Fall der Lymphozyten wurde eine Lösung mit erniedrigter Na^+ -Konzentration (10 mM) perfundiert. Mit beiden Zelltypen wurden umfangreiche Messprogramme abgewickelt, wobei sowohl die Trägerfrequenz der hochfrequenten Felder als auch die Modulationsfrequenz variiert wurden. Bei den Herzmuskelzellen wurden zusätzlich das Membranpotential und die Expositionszeit verändert. Die Herzmuskelzellen wurden bei 900, 1300 und 1800 MHz moduliert mit 217 Hz, 14% Impuls/Pauseverhältnis, Modulationshub 100%, exponiert. Bei 900 MHz wurde die Modulationsfrequenz auf unterschiedliche Stufen eingestellt: 0, 16, 50 und 217 Hz sowie 30 kHz. Das Impuls/Pauseverhältnis betrug bei 16 und 50 Hz 50%, bei 217 Hz 14% und bei 30 kHz 80%. Der Modulationshub war grundsätzlich 100%. Das Membranpotential der Herzmuskelzellen wurde vor der Exposition (bei 900 MHz, 217 Hz, 14%) auf -50, -30 und 0 mV verschoben. Nach der Exposition wurde repolarisiert. In Langzeitexperimenten wurde die Expositionszeit (900 MHz, 217 Hz) auf 120 min verlängert. Zu den verschiedenen Experiment-Variationen wurden grundsätzlich die passenden Scheinexpositionen durchgeführt. Bei den T-Jurkat-Zellen wurde ein breites Spektrum an Trägerfrequenzen getestet (900, 1100, 1300, 1500, 1700 und 1900 MHz, alle mit 30 kHz moduliert, Impuls/ Pauseverhältnis 80%). Außerdem wurden bei 900 MHz wieder verschiedene Modulationsfrequenzen in ihrer Wirkung getestet (0, 16, 50 und 217 Hz sowie 30 kHz, Impuls/ Pauseverhältnis wie bei den Herzzellen). Zusätzlich wurden die für den Mobilfunk wichtigen Frequenzen 900 und 1800 MHz, gepulst mit 217 Hz, Impuls/Pauseverhältnis 14% an jeweils 400 Zellen untersucht.

Ergebnis

Die Herzmuskelzellen reagierten auf die chemische Stimulation in der erwarteten Weise, d.h. die $[Ca^{2+}]_i$ stieg regelmäßig unter den Bedingungen der extrazellulären K^+ -Erhöhung an. Das elektromagnetische Feld jedoch bewirkte unter keiner der untersuchten Messkonfigurationen eine Veränderung der $[Ca^{2+}]_i$. Auch wenn die $[Ca^{2+}]_i$ durch eine Verschiebung des Membranpotentials während der Expositionszeit erhöht war, nahm das Feld keinen Einfluss.

Die T-Jurkat-Lymphozyten reagierten ebenfalls nicht auf die Exposition im hochfrequenten elektromagnetischen Feld. Allerdings reagierten diese Zellen auch nicht auf die chemische Stimulation, so dass hier ein wichtiges Element im Nachweis der Unempfindlichkeit dieser Zellen gegenüber den hochfrequenten Feldern fehlt. Darüber hinaus zeigten die Zellen in der Messkammer ungewöhnlich wenig spontane Oszillationen der $[Ca^{2+}]_i$. Ihre Vitalität stand dabei außer Zweifel, denn in Vorversuchen konnte geklärt werden, dass nur intakte und vitale Zellen durch Fura-2 gefärbt werden können. Die anderen Zellen nehmen den Farbstoff gar nicht auf oder verlieren ihn während des Experimentes sehr schnell wieder. Somit konnten die Experimente an den T-Jurkat Lymphozyten nicht eindeutig beweisen, dass diese Zellen auf die elektromagnetischen Felder nicht mit einer Veränderung der $[Ca^{2+}]_i$ reagieren; denn dazu würden noch klare Positivkontrollen benötigt.