



DER EINFLUSS ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN AUF DIE SPERMIENMOTILITÄT

Summary

Objective: To evaluate the influence of electromagnetic waves (EMW) caused by mobile phones on sperm motility.

Methods: 13 men with a normal spermogram regarding the WHO criteria were included in our study. After a GSM-mobile phone was not carried or used during 5 days a first spermogram was analysed. Four weeks later, a second spermogram was performed. Five days before this second spermogram, men carried the mobile phone on the belt and used it 6 hours a day intensively. Spermogram parameters of the first and second spermogram were compared.

Results: Rapid progressive spermatozoa were reduced significantly in the second spermogram compared to the first. Decrease was from (mean) 32.3 % (SD \pm 6.13) to (mean) 26.1 % (SD \pm 6.5), $p = 0.0004$. In addition there was a shift to an increase of progressive spermatozoa from mean 24.8 % (SD \pm 3.62) to 29.7 % (SD \pm 6.11), $p = 0.01$. All other spermogram parameters like semen volume, density and morphology did not differ significantly.

Conclusion: Our data suggest a decreased motility of rapid progressive spermatozoa caused by electromagnetic waves of GSM-mobile phones. These findings may have an impact in counselling subfertile men.

KURZFASSUNG

Einleitung: Ziel der Studie ist es, den Einfluß von GSM-Mobiltelefonen und der von ihnen verursachten elektromagnetischen Wellen (EMW) auf die Spermienmotilität zu untersuchen.

Methoden: 13 Männer (26–39 a) mit einem normalen Spermogramm (nach WHO-Kriterien) wurden in die Studie eingebracht. Ein erstes Spermogramm wurde analysiert. Vor diesem durften die Männer 5 Tage lang kein Handy tragen und/oder benutzen. Nach 4 Wochen wurde ein zweites Spermogramm analysiert. Vor diesem wurden die Männer angewiesen, 5 Tage lang für 6 Stunden/d ein GSM-Handy am Hosengürtel zu tragen und möglichst viel zu telefonieren. Anschließend wurden die Spermogramme statistisch ausgewertet.

Ergebnisse: Bei den Männern fand sich im zweiten Spermogramm (nach intensivem Handygebrauch) eine signifikante Reduktion der schnell-

beweglichen Spermatozoen von durchschnittlich 32,3 % (SD \pm 6,13) auf 26,1 % (SD \pm 6,5) ($p = 0,0004$), gleichzeitig stiegen die langsam-beweglichen Spermatozoen von durchschnittlich 24,8 % (SD \pm 3,62) auf 29,7 % (SD \pm 6,11) ($p = 0,01$). Alle anderen Spermogrammparameter wie Spermatozoendichte, Morphologie und Samenvolumen unterschieden sich nicht signifikant voneinander.

Schlußfolgerung: GSM-Mobiltelefone haben bei intensiven Gebrauch Einfluß auf die Spermienmotilität. Bei der Beratung subfertiler Männer im Rahmen der Kinderwunschambulanz sollte dies berücksichtigt werden.

EINLEITUNG

Grundsätzlich unterscheidet man zwischen zwei Wirkungsweisen elektromagnetischer Wellen, nämlich einer thermischen und einer athermischen Wirkung. Die thermische Wir-

kung tritt erst dann auf, wenn ein bestimmter Grenzwert überschritten wird. Eine Basisgröße für die thermische Wirkung ist die spezifische Absorptionsrate (SAR), die in Watt/kg angegeben wird. Nach neueren Befunden führen SAR-Werte von 1 bis 4 Watt/kg beim Menschen innerhalb von 30 min zu einer Temperaturerhöhung von 1 Grad.

Für unsere Analyse wichtiger scheint die athermische Wirkung elektromagnetischer Wellen auf menschliche Zellen zu sein, die schon bei geringen Feldstärken auftreten kann. Es ist ja bekannt, daß unter anderem für die Funktion menschlicher Zellen (geladene) Ionenkanäle notwendig sind. Diese wiederum sind durch elektromagnetische Signale beeinflussbar. Unsere (unbewiesene) Arbeitshypothese ist, daß die für die Spermienmotilität notwendigen Kalziumkanäle durch elektromagnetische Wellen – wie sie von GSM-Mobiltelefonen benutzt werden – beeinflussbar sind.

MATERIAL UND METHODE

Im Rahmen unserer Kinderwunschambulanz haben wir 13 klinisch gesunde, nicht-rauchende Männer (Alter 26–39a, Durchschnitt 31,2 a) mit einem normalen Spermogramm (Normozoospermie nach WHO-Kriterien) ausgesucht. Alle Spermogramme wurden von einem Untersucher bewertet. Die Spermatozoen wurden händisch mittels Cell-Counter gezählt.

Die Spermogramme wurden nach WHO-Kriterien (Laborhandbuch der WHO, 4. Auflage) analysiert. Die Spermatozoenmotilität wurde demgemäß in 4 Kategorien klassifiziert:

1. schnelle progressive Beweglichkeit ($\geq 25 \mu\text{m/s}$)
2. langsame Beweglichkeit

DER EINFLUSS ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN AUF DIE SPERMIIEN- MOTILITÄT

3. nichtprogressive Beweglichkeit ($< 5 \mu\text{m/s}$)
4. Immotilität

Als progressiv schnell bewegliches Spermium wird jenes bezeichnet, welches $\geq 25 \mu\text{m/s}$ bei 37°C beziehungsweise $\geq 20 \mu\text{m/s}$ bei 20°C zurücklegt. Dabei entsprechen $25 \mu\text{m}$ ungefähr gleich 5 Kopflängen oder der Hälfte einer Schwanzlänge.

Ein erstes Spermioogramm wurde analysiert. Vor der Ejakulatgewinnung wurden die Männer angewiesen, 5 Tage lang kein Handy zu tragen oder zu benutzen.

Nach 4 Wochen wurde ein zweites Spermioogramm analysiert. Vor diesem zweiten Spermioogramm mußten die Männer 5 Tage lang für 6 Stunden/d ein GSM-Handy am Hosengürtel tragen und wurden angehalten, möglichst viel zu telefonieren. Anschließend wurden die Spermioogramme statistisch ausgewertet.

Für die statistische Auswertung der Studie verwendeten wir das Statistikprogramm „WinSTAT für Excel“. Für

Tabelle 1: Ergebnisse der 2 Spermioogramme

Pat.	S1 (%)	S2 (%)	L1 (%)	L2 (%)
1	32	30	21	20
2	31	30	22	25
3	46	40	27	30
4	34	32	23	25
5	34	20	25	33
6	28	19	24	20
7	37	32	30	30
8	28	25	22	28
9	36	20	19	39
10	23	20	32	38
11	23	19	27	30
12	35	28	25	34
13	34	25	26	35

S1: Schnell progressiv bewegliche Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 S2: Schnell progressiv bewegliche Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 L1: Langsam progressiv bewegliche Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 L2: Langsam progressiv bewegliche Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 N1: Immobile Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 N2: Immobile Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 I1: Immobile Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 I2: Immobile Spermatozoen im zweiten Spermioogramm

die statistische Analyse der Variablen verwendeten wir den (abhängigen) T-test. Ein p-Wert $< 0,05$ wurde als statistisch signifikant angesehen.

ERGEBNISSE

Der Anteil der progressiv schnellbeweglichen Spermatozoen im ersten Spermioogramm beträgt durchschnittlich 32,3 % (Bereich 23–46 %, $\text{SD} \pm 6,13$). Der Anteil der progressiv schnellbeweglichen Spermatozoen im 2. Spermioogramm (nach intensiver Handyntzung) beträgt durchschnittlich 26,1 % (Bereich 19–40 %, $\text{SD} \pm 6,5$). Diese Reduktion des Anteils progressiv schnellbeweglicher Spermien ist statistisch signifikant ($p = 0,0004$) (Tab. 1).

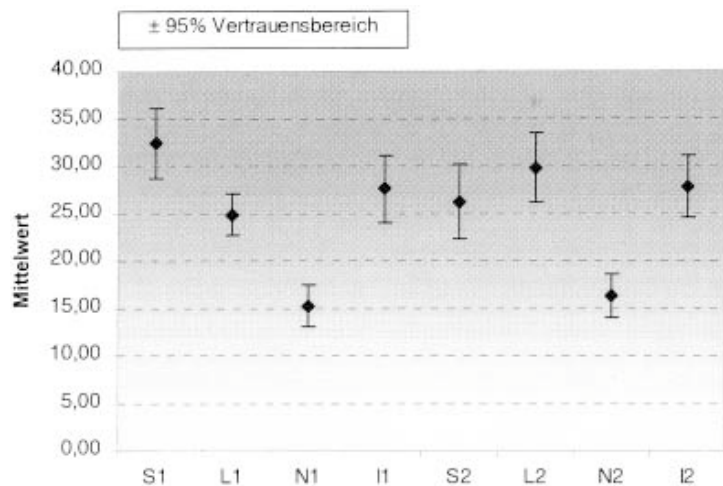
Der Anteil der progressiv langsambeweglichen Spermatozoen im er-

sten Spermioogramm beträgt durchschnittlich 24,8 % (Bereich 19–32 %, $\text{SD} \pm 3,62$). Der Anteil der progressiv langsambeweglichen Spermatozoen im 2. Spermioogramm (nach intensiver Handyntzung) beträgt nun durchschnittlich 29,7 % (Bereich 20–39 %, $\text{SD} \pm 6,11$). Dieser Anstieg des Anteils progressiv langsambeweglicher Spermien ist statistisch signifikant ($p = 0,01$) (Tab. 1).

Bei allen anderen Parameter wie der Anzahl nicht progressiv beweglicher (kreisbeweglich) ($p = 0,26$) sowie unbeweglicher Spermatozoen ($p = 0,87$) der Gesamtzahl der Spermatozoen ($p = 0,52$), der Morphologie ($p = 0,15$) sowie des Samenvolumens konnte zwischen erstem und zweitem Spermioogramm kein signifikanter Unterschied festgestellt werden.

Die Abbildung 1 veranschaulicht anhand einer Mittelwertgrafik die einzelnen Motilitätsparameter.

Abbildung 1: Mittelwerte-Diagramm der einzelnen Motilitätsparameter



S1: Schnell progressiv bewegliche Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 S2: Schnell progressiv bewegliche Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 L1: Langsam progressiv bewegliche Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 L2: Langsam progressiv bewegliche Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 N1: Nicht progressiv bewegliche Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 N2: Nicht progressiv bewegliche Spermatozoen im zweiten Spermioogramm
 I1: Immobile Spermatozoen im ersten Spermioogramm
 I2: Immobile Spermatozoen im zweiten Spermioogramm

DISKUSSION

Morphologische Voraussetzung für die Spermienbeweglichkeit ist der Spermenschwanz mit seinem zentralen Axonem und dicht an ihm angeordneten Längsfasern. Das Axonem besteht aus 9 kreisförmig angeordneten Doppeltubuli, die miteinander mittels Nexinen verbunden sind, und 2 zentralen Einzeltubuli. Die äußeren Doppeltubuli sind mittels radialer Speichen mit den zentralen Einzeltubuli verbunden. Von jedem Doppeltubuli gehen innere und äußere Dyneinarme heraus, welche die eigentlichen kontraktiven Proteine darstellen. Die Bewegung erfolgt nach dem Prinzip des Filamentgleitmodells [1]. Die Dyneine haben eine ATPase-Aktivität und führen unter zweiwertigen Kationen wie Kalzium und Magnesium zu einer Hydrolyse von ATP zu ADP, wodurch es zu einer Konformationsänderung dieser Arme sowie einer Gleitbewegung der Spermien kommt [2].

Nach der Abspaltung der Produkte nimmt es wieder die alte Konformation an und verschiebt dabei die Filamente gegeneinander. Eine erneuerte Bindung von ATP wiederholt den Vorgang. Nach der Ejakulation zeigen Spermien eine deutliche progressive und lineare Vorwärtsbewegung. Dieser Bewegungsablauf ändert sich während der Kapazitation und resultiert schließlich in der hyperaktivierten Bewegung [3]. Voraussetzung für die Hyperaktivierung ist die Kalziumaufnahme der Spermien [4]. Die Kalziumwirkung wird durch Bindung von Calmodulin innerhalb des Spermenschwanzes vermittelt [5]. Ein weiterer motilitätsregulierender Faktor ist cAMP [6].

Spermien erlangen die Fähigkeit zur Bewegung erst im Nebenhodenschwanz. Während der Passage durch den Nebenhoden wird der Gehalt an cAMP erhöht und die Epi-

thelien sezernieren einen motilitätsfördernden Faktor [7]. Durch die Erhöhung der cAMP-Konzentration wird eine Proteinkinase aktiviert, die das Protein des Axonems phosphoryliert. Es kommt zur Verstärkung der Motilität und Hyperaktivierung der ejakulierten Spermien.

Mehreren Studien belegen die Rolle der elektromagnetischen Wellen auf Kalziumkanäle [8–11]. Unsere Daten weisen möglicherweise darauf hin, daß intensiver Handygebrauch zu einer signifikanten Reduktion der schnellbeweglichen Spermatozoen führt. Diese Einschränkung der Motilität geschieht – wenn man sich die Physiologie der Spermienmotilität vor Augen hält – möglicherweise über eine Blockade der Kalziumkanäle. Wenn auch unsere Studie durch ein Fehlen einer eigenen Kontrollgruppe limitiert ist, so sind doch die statistischen Ergebnisse eindeutig und hochsignifikant. So führte (wie in Tab. 2 ersichtlich) der intensive Handygebrauch bei jedem einzelnen Patienten zu einer Reduktion der Zahl der schnell progressiv beweglichen Spermien, was sich auch in der hohen statistischen Wertigkeit ausdrückt ($p < 0,01$).

Von Interesse ist außerdem die Frage, ob elektromagnetische Wellen oberhalb eines bestimmten Schwellenwertes einen möglichen Einfluß auf andere biologische Systeme haben. Die baubiologische Empfehlung für hochfrequente Feldintensität beträgt $< 0,1 \text{ mW/m}^2$ [12]. Der von der ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) empfohlene Grenzwert liegt jedoch bei 5.000 mW/m^2 für D-Netze bzw. 9.000 mW/m^2 für GSM-Netze, was um ein Vielfaches über den baubiologisch empfohlenen Werten liegt.

Die rasante technische Entwicklung der mobilen Kommunikation überholt die biologische Erforschung ihrer Auswirkungen bei weitem. Diese Ergebnisse sollen Anlaß zu intensi-

verer Forschungstätigkeit auf diesem Gebiet geben.

Literatur:

1. Nieschlag E, Behre HM. Andrologie - Grundlagen und Klinik der reproduktiven Gesundheit des Mannes. In: Physiologie der Spermienreifung und Fertilisation. Verlag Springer 1996; 70–4.
2. Lindemann CB, Kanous KS. Regulation of mammalian sperm motility. Arch Androl 1989; 23: 1–22.
3. Yanagimachi R. The physiology of reproduction. In: Knobil E, Neill J (eds). Raven press, New York, 1988; 135–85.
4. Yanagimachi R, Usui N. Calcium dependence of the acrosome reaction and activation of guinea pig spermatozoa. Exp Cell Res 1974; 89: 161–74.
5. Saurez SS, Katz DF, Overstreet JW. Movement characteristics and acrosome status of rabbit spermatozoa recovered at the site and time of fertilization. Biol Report 1983; 29: 1277–87.
6. Forrester, Bradley MP. Identification of calmodulin-like activity in human seminal plasma. Biochem Biophys Res Commun 1980; 92: 994–8.
7. Hoskin DD, Brant HU, Acott TS. Initiation of sperm motility in the mammalian epididymis. Fed Proc 1978; 37: 2534–42.
8. Dutta SK, Ghosh B, Blackman CF. Radiofrequency radiation-induced calcium-ion-efflux enhancement from human and other neuroblastoma cells in culture. Bioelectromagnetics 1989; 10: 197–202.
9. Blackman CF. Calcium release from neural tissue: experimental results and possible mechanisms. In: Norden B, Ramel C (eds). Interaction mechanisms of low-level electromagnetic fields in living systems. Oxford University Press, 1992; 107–29.
10. Adey WR. Collective properties of cell membranes. In: Norden B, Ramel C (eds). Interaction mechanisms of low-level electromagnetic fields in living systems. Oxford University Press, 1992; 47–77.

DER EINFLUSS
ELEKTROMAGNETISCHER WELLEN
AUF DIE
SPERMIEN-
MOTILITÄT

Dr. med. Mehrdad Davoudi

Geboren 1964 in Shiraz (Iran). Studium d. Technischen Chemie von 1985 bis 1987 TU Wien. Studium der Humanmedizin von 1987 bis 1993 Uni-Wien. 1993 Promotion an der Uni-Wien. 1994–1997 Turnus Ausbildung LKH-Oberwart. 1997 jus practicandi. Von November 1997 bis April 2002 Ausbildung zum Facharzt für Urologie an der Urologischen Abteilung des LKH-Oberwart (Leiter Prim. Doz. Kuber). Seit 01.04.2002 Facharzt für Urologie ebenda.

Mitglied der ÖGU, EAU sowie des Arbeitskreises für Andrologie.

Korrespondenzadresse:

Dr. M. Davoudi
LKH Oberwart, Urologische Abteilung
A-7400 Oberwart, Dornburggasse 80
E-Mail: mdavoudi@utanet.at



11. Ren D, Navarro B, Perez G et al. A sperm ion channel required for sperm motility and male fertility. Nature 2001; 41: 603–9.

12. Neil J. Interview über Mobilfunk. Raum u Zeit 2000; 108: 1–5.