

Strahlenfolgen

Fertilitätsstörungen beim Mann durch ionisierende Strahlung und Mikrowellen

Von Inge Schmitz-Feuerhake¹

Dauerhafte Einschränkungen der Zeugungsfähigkeit durch Expositionen mit ionisierender Strahlung zählen zu den deterministischen Strahlenschäden, die eine hohe Organdosis erfordern. Die internationalen Strahlenkomitees ICRP und UNSCEAR verharren in der Vorstellung, dass die Mindestdosis im Falle einer chronischen Belastung noch viel höher sein muss als bei einer akuten, das heißt einmaligen Kurzzeitbestrahlung. Spätestens seit Tschernobyl ist diese Schlussfolgerung überholt. Chronische Strahlenbelastungen im mittleren und unteren Dosisbereich, wie sie beruflich bedingt vorkommen, führen ebenfalls zu bleibenden Fertilitätsstörungen. Auch Mikrowellen können nach neueren Erkenntnissen die Zeugungsfähigkeit herabsetzen.

In den menschlichen Keimdrüsen gibt es Zelltypen, die zu den strahlenempfindlichsten Zellen überhaupt gehören (Fritz-Niggli 1997). Die Strahlenwirkungen manifestieren sich in Teilungsstörungen, Zelltod und morphologischen Veränderungen der Spermien. Dadurch kann es zu einer verminderten Spermienzahl und/oder zu einer Bildung unreifer Spermien kommen. Eine verminderte Spermien-dichte (Oligospermie) tritt bereits nach einer Hodendosis von 80 bis 500 Millisievert (mSv) auf. Nach Untersuchungen von Clifton und Bremner 1983 wird nach einer Dosis von 97 mSv die Anzahl der A-Spermatogonien (Vorläuferzellen der Spermien) auf die Hälfte reduziert (zitiert in Fritz-Niggli). Diese Effekte wurden nach einmaliger Bestrahlung beobachtet und sind bei Dosen im genannten Bereich reversibel, das heißt die Zellproduktion erholt sich nach einiger Zeit (Monate) wieder.

Neuere Untersuchungen an Patienten, die einer Strahlentherapie unterzogen wurden, bestätigen diese Wirkungen. Es zeigten sich Reduzierungen und morphologische Änderungen bei den Spermatogonien ab einer einmaligen Dosis von 100 mSv (Howell & Shalet 1998) und verminderte Spermien-dichten bei 200 bis 700 mSv (Howell & Shalet 2005). Erst ab 1200 mSv muss nach diesen Autoren mit einer Dauerschädigung der Spermienbildung gerechnet werden.

Wegen der Erholung nach Ende der Bestrahlung werden dauerhafte Fertilitätsstörungen von den internationalen Strahlenschutzgremien ICRP² und UNSCEAR³ zu den deterministischen Schäden gerechnet, die sehr hohe Organdosen erfordern. Nach den Empfehlungen der Strahlenschutzkommission ICRP von 2007 beträgt die Schwellendosis bei Kurzzeitbestrahlung für eine

vorübergehende Einschränkung der Zeugungsfähigkeit 150 mSv, für eine dauerhafte Sterilität 3,5 bis 6 Sievert (Sv) (siehe dort Annex A, Tab. A.3.1). Sie beruft sich dabei auf die Erkenntnisse des Komitees der Vereinten Nationen UNSCEAR von 1988. Für chronische Exposition sei keine Schwellendosis angebar, da der Effekt eher von der Dosisleistung als von der Gesamtdosis abhängt. Es wird aber vorausgesetzt, dass Strahlen bei chronischer Exposition – also bei Akkumulation einer Dosis über längere Zeiträume – grundsätzlich geringere Wirkungen zeigen.

Im Gegensatz zu dieser Einschätzung muss jedoch bei chronischer Bestrahlung die Wirkung pro Doseinheit höher angesetzt werden als bei einmaliger Exposition (Fritz-Niggli 1997, Howell & Shalet 2005).

Popescu und Lancranjan (1975) untersuchten 72 gesunde Männer aus verschiedenen Berufszweigen mit chronischer Strahlenexposition und fanden in den meisten Fällen Fertilitätsstörungen. 22 davon waren Uranbergarbeiter. Deren Inkorporationsdosis war nicht bekannt, die externe Gammadosis lag bei 12 bis 93 mSv. Von ihnen zeigte keiner normale Fertilität, 45,5 Prozent wiesen Störungen auf und 55,5 Prozent waren unfruchtbar (Unfruchtbarkeit wurde diagnostiziert bei Vorliegen eines verminderten Ejakulatvolumens unterhalb von 2 Milliliter (ml) in Verbindung mit einer oder mehreren der folgenden Störungen: verminderte Spermien-dichte, herabgesetzte Spermienbeweglichkeit, erhöhte Fehlförmigenbildung bei den Spermien). Diese Autorengruppe stellte des weiteren Störungen des fortpflanzungsrelevanten hormonellen Stoffwechsels nach chronischer beruflicher Exposition fest (Popescu et al. 1975).

Verminderte Zeugungsfähigkeit infolge chronischer Exposition trat auch nach dem Tschernobylunfall 1986 auf. Etwa 800.000 Personen – überwiegend junge Soldaten und militärisches Personal – wurden als sogenannte Liquidatoren eingesetzt. Sie mussten Aufräum- und Dekontaminierungsarbeiten am Unfallreaktor versehen, wodurch viele von ihnen durch die Bestrahlung erkrankten und nach hoher Dosis auch starben (Yablokov 2009).

Bei 125 Liquidatoren mit Expositionen innerhalb von 250 mSv zeigten sich in allen Fällen vermindertes Ejakulatvolumen und bei den meisten herabgesetzte Spermienbeweglichkeit. Schon ab 10 mSv wiesen die Spermien bei den meisten dieser Probanden Fehlförmigkeiten auf (Cheburakov & Cheburakova 1993). Weitere derartige Befunde liegen von Gorpichenko (1992) an 426 Liquidatoren, von Evdokimov u.a. (1993) an 164 Liquidatoren und von Liaginskaia u.a. (2007) an über 900 Liquidatoren vor. Letztere 3 Arbeiten geben die Dosen ebenfalls als innerhalb von 250 mSv liegend an.

Die Untersuchungen von Liaginskaia u.a. an Liquidatoren erfolgten viele Jahre nach dem Unfall. Nimmt man die genannte Hodendosis von 250 mSv als Richtwert für einen bleibenden Effekt an, so müsste dieser als deterministischer Effekt bei jedem Exponierten zu erwarten sein.

Die in der Strahlenschutzverordnung vorgeschriebenen Dosisgrenzwerte für ionisierende Strahlung beruhen auf den Empfehlungen der ICRP. Diese berücksichtigt im Niederdosisbereich nur Krebs und Erbkrankheiten als mögliche Schädigungen. Neben Störungen der Fertilität und Katarakten (Schmitz-Feuerhake & Pflugbeil 2006) sind nach Tschernobyl jedoch noch zahlreiche andere Nicht-Tu-

² International Commission on Radiological Protection

³ United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation

¹ Prof. Dr. Inge Schmitz-Feuerhake, ingesf@uni-bremen.de

mor-Erkrankungen beobachtet worden, die offensichtlich als Folge der chronischen Radioaktivitätsbelastung in den Anrainerstaaten aufgetreten sind. Diese Effekte wurden bislang von der ICRP nicht zur Kenntnis genommen, wohl aber die Tatsache, dass auch in ihrem bevorzugten Referenzkollektiv, den japanischen Atombombenüberlebenden, in neuerer Zeit einige strahlenbedingte Krankheiten außer Krebs festgestellt wurden (Preston 2003, Yamada 2004, Shimizu 2010). Diese betreffen vornehmlich Herz-Kreislaufleiden sowie Erkrankungen des Magen-Darm-Trakts und des Atemtrakts. Da die ICRP es aber nicht für gesichert hält, dass diese Erkrankungen auch unterhalb von 0,5 Sv auftreten, hält sie es vorläufig nicht für zulässig, diese Ergebnisse in ihre Risikoberechnungen einzubeziehen (ICRP 2007).

Leidtragende sind die strahlengeschädigten Arbeitnehmer wie zum Beispiel Uranbergleute des ehemaligen Wismutbetriebs und Soldaten an Radaranlagen, deren berechnete Kompensationsansprüche nicht anerkannt werden. Letztere waren einerseits ionisierender Strahlung in Form von Röntgenstrahlung an den Mikrowellenerzeugern und radioaktiven Leuchtfarben ausgesetzt, und andererseits den Hochfrequenzfeldern der Radarsender.

Über Fertilitätsstörungen durch Mikrowellen liegen sporadische Befunde an beruflich Exponierten durch Radar- und andere Hochfrequenzstrahlungen vor (Lancranjan 1975, Andrienko 1977, Weyandt 1996). Diese Effekte werden durch neuere Untersuchungen in vitro und in vivo mit Handystrahlung bestätigt:

Falzone u.a. (2010) berichten über 5 Studien verschiedener Autoren von 2005 bis 2008, in denen genetische oder morphologische Veränderungen oder auch Mobilitätsstörungen

bei menschlichen Spermien nach Exposition mit Handystrahlung gefunden wurden. Sie selbst fanden Verformungen der Spermien und verminderte Bindungsfähigkeit im Experiment nach Bestrahlung mit gepulsten 900-MHz Mikrowellen (2010). Die applizierte Dosis entsprach mit einer spezifischen Absorptionsrate von 2 Watt pro Kilogramm (W/kg) der maximal zulässigen Exposition nach ICNIR⁴ 1998.

Gutsch und Mitarbeiter (2011) untersuchten die Samenqualität bei Patienten, die ihre Klinik wegen Unfruchtbarkeit zwischen 1993 und 2007 aufsuchten. Handybenutzer zeigten signifikant mehr pathologische Formveränderungen der Spermien und Störungen fortpflanzungsrelevanter Hormone als Patienten ohne Handygebrauch.

Dem ungebrochenen Einfluss der Atomlobby ist es zu verdanken, dass seit Jahrzehnten überfällige Revisionen der Angaben über das Risiko ionisierender Strahlung nicht vorgenommen werden. Es ist zu hoffen, dass sich der Widerwille der „Fachwelt“, die nicht thermisch bedingten Gesundheitsschäden durch elektromagnetische Wellen im Energiebereich unterhalb der Ionisierungsschwelle anzuerkennen, auf Dauer nicht ähnlich menschenverachtend auswirkt.

Andrienko, L.G., Dumanskij, Yu.D., Rudichenko, V.F., Meleshko, G.I.: Effect of industrial-frequency electromagnetic fields on the spermatogenic function.

⁴ International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

(In Russ.) Vratsch Delo Sep;(9) 1975: 116-118

Cheburokov, J.J., Cheburakova, O.P.: Disorders of spermatogenesis in people working at the clean-up of the Chernobyl nuclear power plant accident. (In Russ.) Radiats. Biol. Radioecol. 33 (1993) 771-774

Evdokimov, V.V., Erasova, V.I., Demin, A.I., Dubinina, E.B., Liubchenko, P.N.: State of the reproductive system of men who participated in the cleaning-up of aftereffects of the Chernobyl AES accident. (In Russ.) Med. Tr. Prom. Ekol. 3-4 (1993) 25-26

Falzone, N., Huyser, C., Becker, P., Leszynski, D., Franken, D.R.: The effect of pulsed 900-MHz GSM mobile phone radiation on the acrosome reaction, head morphology and zona binding of human spermatozoa. Int. J. Andrology 34 (2010) 20-26

Fritz-Niggli, Hedi: Strahlengefährdung/Strahlenschutz. Ein Leitfaden für die Praxis. Verlag Hans Huber, Bern 1997

Gorpinchenko, I.I.: Sexual functions in men subjected to ionizing radiation exposure resulting from the accident at the Chernobyl Atomic Electric Power Station. (In Russ.) Lik. Sprava. 5 (1992) 23-29

Gutsch, T., Mohamad Al-Ali, B., Shamloul, R., Pummer, K., Trummer, H.: Impact of cell phone use on men's semen parameters. Andrologia 2011, Mar 28 Epub ahead of print

Howell, S.J., Shalet, S.M.: Gonadal damage from chemotherapy and radiotherapy. Endocrinol. Metab. Clin. North. Am. 27 (1998) 927-943

Howell, S.J., Shalet, S.M.: Spermatogenesis after cancer treatment: damage and recovery. J. Natl. Cancer Inst. Monogr. 34 (2005) 12-7

ICRP, International Commission on Radiological Protection: The 2007 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP-Publication 103, Ann. ICRP 37 Nos. 2-4 (2007)

Lancranjan, I., Maiganescu, M., Rafaila, E., Klepsch, I., Popescu, H.I.: Gonadic function in workmen with long-term exposure to microwaves. Health Physics 29 (1975) 381-383

Liaginskaia, A.M., Tukov, A.R., Osipov, V.A., Prokhorova, O.N.: Genetic effects in the liquidators of consequences of Chernobyl nuclear power accident. (In Russ.) Radiats. Biol. Radioecol. 47 (2007) 188-195

Popescu, H.I., Lancranjan, I.: Spermatogenesis alteration during protracted irradiation in man. Health Physics 28 (1975) 567-573

Popescu, H.I., Klepsch, I., Lancranjan, I.: Eliminations of pituitary gonadotropic hormones in men with protracted irradiation during occupational exposures. Health Physics 29 (1975) 385-388

Preston, D.L., Shimizu, Y., Pierce, D.A., Suyama, A., Mabuchi, K.: Studies of mortality of atomic bomb survivors, Report 13: solid cancer and noncancer disease mortality: 1950-1997. Radiat. Res. 160 (2003) 381-407

Schmitz-Feuerhake, I., Pflugbeil, S.: Strahleninduzierte Katarakte (Grauer Star) als Folge berufsmäßiger Exposition und beobachtete Latenzzeiten. Strahlentelex Nr. 456-457 v. 5.1.2006, S. 1-7

Shimizu, Y., Kodama, K., Nishi, N., Kasagi, F., Suyama, A., Soda, M., Grant, E.J., Sugiyama, H., Sakata, R., Moriwaki, H., Hayashi, M., Konda, M., Shore, R.E.: Radiation exposure and circulatory disease risk: Hiroshima and Nagasaki atomic bomb survivor data, 1950-2003. BMJ 2010;340:b5349 Online first

United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation: Sources, effects and risks of ionizing radiation. UNSCEAR 1988 Report to the General Assembly, United Nations, New York 1988

Weyandt, T.B., Schrader, S.M., Turner, T.W., Simon, S.D.: Semen analysis of military personnel associated with military duty assignments. Reprod. Toxicol. 10 (1996) 521-528

Yablokov, A.V., Nesterenko, V.B., Nesterenko, A.V.: Chernobyl. Consequences of the catastrophe for people and environment. Ann. New York Acad. Sci. 1181 (2009) 327 S.

Yamada, M., Wong, F.L., Fujiwara, S., Akahoshi, M., Sasaki, G.: Noncancer disease incidence in atomic bomb survivors, 1958-1998. Radiat. Res. 161 (2004) 622-632 ●