

# تأثیرات امواج رادیویی بر باروری مردان

● دکتر داریوش فرهود



متخصص ژنتیک، کلینیک ژنتیک، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی تهران، گروه علوم پایه/اخلاق، فرهنگستان علوم پزشکی ایران

● هانیه پورکلهر



کارشناسی ارشد ژنتیک، کلینیک ژنتیک

## چکیده

در سال‌های اخیر، باروری مردان به واسطه تأثیرات عوامل محیطی، بهداشتی و شیوه زندگی دستخوش تغییراتی شده و درصد ناباروری افزایش یافته است، تا جایی که ممکن است باروری مردان تحت تأثیر گرمای شدید، قرار گرفتن در معرض آفت کش‌ها، اشعه‌ها، مواد رادیواکتیو، سبک زندگی، استرس و شغل تغییراتی یابد.

در محیط، اشعه‌های یونیزه و غیر یونیزه وجود دارند که اثرات آن‌ها بر اسپرماتوژنز محرز شده است.

مطالعات نشان می‌دهند که میدان‌های الکترومغناطیسی رادیویی (RF-EMF) اثرات مخربی بر پارامترهای اسپرم از جمله تعداد، مورفولوژی، تحرک، نقش کینازها در متابولیسم سلولی و سیستم اندوکراین دارد و باعث ایجاد ژنوتوکسیسیته، بی‌ثباتی ژنوم و استرس اکسیداتیو می‌شود (۱).

شواهد نشانگر آن است که RF-EMF با افزایش سطح اکسیژن، باعث ایجاد استرس اکسیداتیو شده و ممکن است میزان خطر ناباروری را افزایش دهد. نتایج حاصل از مطالعات *invivo* و *invitro* چنین استنباط می‌کند که قرار گرفتن در معرض RF-EMF، اثر منفی بر کیفیت اسپرم دارد.

در این مطالعه ما به بررسی کلی منابع اصلی ایجاد کننده

ریسک ناباروری در مردان می‌پردازیم و اثرات بیولوژیکی اشعه‌های ماکروویو، لپ‌تاپ‌های متصل به Wifi و تلفن‌های همراه را به بحث می‌گذاریم.

**کلید واژه‌ها:** ناباروری، اثرات بیولوژیک اشعه‌ها، سبک زندگی

## مقدمه

تابش‌ها به دو دسته یونیزه و غیر یونیزه تقسیم می‌شوند که در دو شکل متفاوت شامل:

(۱) فرکانس بسیار کم (ELF) یا خط برق 60Hz میدان الکترومغناطیسی (EMF)

(۲) فرکانس رادیویی-که توسط محصولات رادیویی بی‌سیم / ماکروویو تولید می‌شود.

اثرات بیولوژیکی اشعه ماکروویو به طور واضح در اوایل جنگ جهانی دوم آغاز شد.

اوایل سال ۱۹۶۲، بسیاری از دستگاه‌های ساخته شده به دست انسان، در حال استفاده عموم هستند و شایع‌ترین منابع برای ایجاد خطر شامل: ماکروویو (50-60 Hz)، مانیاتور (60-90Hz)، تلویزیون (50-700mHz)، تلفن‌های همراه (2.4GHz تا 850mHz) لپ‌تاپ و wifi (2.4GHz) هستند (۲).



بیضه نشان می‌دهد. در مقابل در مورد اشعه غیر یونیزه اطلاعات بسیار کمتری وجود دارد. بنابراین بیشتر تمرکز بر روی تابش یونیزه و اثر آن روی انسان است که شامل فرکانس‌های تلفن همراه، لپ‌تاپ‌ها، یارانه‌ها و اجاق‌های ماکروویو می‌باشد. شبکه‌های دستگاه‌های RF-EMF به شدت در حال افزایش است و ارتباط آن‌ها با ناباروری مردان گزارش شده است (۵).

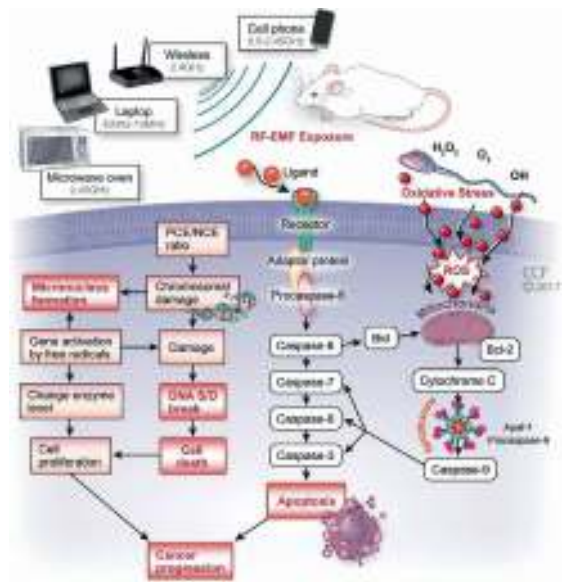
سرطان ناشی از تابش باعث آسیب کروموزومی یا بی‌ثباتی ژنوم می‌شود. افزایش ناهنجاری‌های کروموزومی ممکن است ناشی از قرار گرفتن در معرض تابش باشد که اولین بار توسط Martin و همکاران گزارش شد. اکثر حساسیت‌های رادیواکتیو گزارش شده مربوط به بیضه‌های مردانه با اپیتلیوم ژرمینال از جمله اسپرماتوگونی است که نسبت به سایر سلول‌ها حساس‌تر هستند.

آژانس بین‌المللی تحقیقات سرطان RF را در گروه ۲۱۳ به عنوان «احتمالاً سرطان زا» برای انسان طبقه‌بندی می‌کند. دستورالعمل‌های مربوط به جذب خاص (SAR) تلفن‌های همراه به طور قانونی توسط کمیسیون بین‌المللی حفاظت از اشعه غیر یونیزه محدود به ۲ وات بر کیلوگرم است. اما همچنان سطح SAR در هر کشور متفاوت است. SAR یک واحد استاندارد یا نرخ است که در آن انرژی RF-EMF به جرم برای اندازه‌گیری نفوذ انرژی در بافت‌های انسانی اعمال می‌شود (۳ و ۴).

مقدار SAR جذب شده توسط بافت انسان بستگی به بسیاری عوامل مانند فرکانس، شدت، قطبش، مدت زمان قرار گرفتن در معرض آن و مهم‌تر از همه موقعیت دستگاه در حالی که استفاده می‌شود، دارد.

در هنگام صحبت کردن با تلفن، نگاه داشتن در نزدیکی سر و یا جیب شلوار، استفاده از کامپیوتر و لپ‌تاپ در حال اتصال به wifi و اغلب استفاده از اجاق‌های ماکروویو موجب افزایش سرعت جذب اشعه می‌شود.

Agarwal و همکاران طی پژوهشی بیان کردند که استفاده از تلفن‌های همراه با کاهش تعداد اسپرم، تغییر در حرکت و زنده ماندن و مورفولوژی اسپرم همراه است که منجر به ناباروری در مردان می‌شود و بر کیفیت اسپرم اثرگذار است (۵).



شکل ۱) مروری بر اثرات قرار گرفتن در معرض RF-EMF. ساطع شده از منابع مختلف (تلفن همراه، اجاق مایکروویو، Wi-Fi، لپ‌تاپ) بر پارامترهای ژنوتوکسیک. آسیب اکسیداتیو ناشی از اشعه باعث آسیب DNA، تشکیل میکروهسته و پیشرفت سرطان می‌شود. تحلیل سر اسپرم و غلاف میتوکندری در دم اسپرم منجر به آپوپتوز و سرانجام پیشرفت سرطان می‌گردد (۱۰)

تابش یونیزه بسیار خطرناک‌تر از تابش غیر یونیزه است. اشعه‌هایی مانند اشعه ایکس، اشعه گاما و ذرات آلفا جز تابش‌های یونیزه هستند. همچنین اشعه یونیزاسیون منابع طبیعی فروپاشی اورانیوم، اشعه کیهانی و گاز رادون جز این گروه هستند.

اثرات IR بر تولید مثل جز نگرانی‌های روز افزون است، زیرا در افرادی که در معرض تابش از طریق روش‌های پزشکی و عوامل محیطی هستند رو به افزایش است.

طی مطالعه‌ای داده‌هایی که توسط یوسف و همکارانش بررسی شد نشان می‌دهد که از ۳۱ مطالعه دریافت شده، ارتباط معنی داری بین مواجهه شغلی با IR و میزان بروز یا مرگ ناشی از سرطان بیضه وجود دارد (۳ و ۴).

علاوه بر این، داده‌های موجود در مورد تابش یونیزاسیون به وضوح نقش آن‌ها را در توسعه سرطان‌ها مانند سرطان

در ادامه نتیجه گرفتند که قرار گرفتن در معرض RF-EMF ممکن است آسیب DNA را به دلیل افزایش استرس اکسیداتیو ایجاد کند که ممکن است باعث مرگ سلول‌های اسپرمانووال و افزایش کارسینوژنز بیضه شود. بسیاری از مطالعات حیوانی در مورد استفاده از تلفن‌های همراه با کاهش تعداد اسپرم و تحرک آن‌ها مرتبط است که نشان دهنده اختلال در باروری مردان است.

به طور مشابه در انسان Agarwal و همکاران گزارش دادند که استفاده مداوم از تلفن همراه با کاهش حرکت و غلظت اسپرم و مورفولوژی همراه است (۵).

طی تحقیقات آسیب DNA ناشی از EMF هم بیان شده است. تلفن‌های همراه و برج‌های انتقال هر دو به طور مساوی مسئول تأثیرات سلامتی بر انسان هستند. بدن ما به عنوان آنتن‌هایی که تابش را جذب می‌کند و آن‌ها را به جریان‌های متناوب تبدیل می‌کند، تحت تأثیر قرار می‌گیرد. تابش تلفن همراه در فرستنده تولید می‌شود و از طریق آنتن در امواج رادیویی منتشر می‌شود. تأثیر این RF-EMF بر بدن انسان از طریق واحد استاندارد به نام SAR شناخته می‌شود (۶).

گزارش‌های منتشر شده در سال ۲۰۰۵ حاکی از آن است که ۷,۴٪ زوج‌ها در ایالات متحده نابارور بودند و پیش بینی می‌شود که این مقدار ۱۵٪ افزایش یابد. اگر چه عوامل متعددی بر کیفیت، تعداد، تحرک و مورفولوژی اسپرم مؤثر است و افزایش سن و سبک زندگی مانند مصرف الکل، سیگار کشیدن و ... ممکن است الگوی باروری را در هر دو جنس تحت تأثیر قرار دهد، به هر حال استفاده مکرر از تلفن همراه یا دستگاه EMF به طور قابل توجهی بر کیفیت منی اثر گذار است. علاوه بر این استفاده از تلفن همراه با کاهش تعداد اسپرم‌های متابولیک پیشرفته و تحرک و همچنین افزایش ROS و مورفولوژی اسپرم غیرطبیعی مرتبط است. شواهد اخیر نیز نشان می‌دهد که wifi متصل به لپ تاپ اثر منفی بر کیفیت اسپرم دارد. EMF باعث کاهش لقاح، کاهش تعداد اسپرمانوتونیک و آپوپتوز آن‌ها، کاهش کیفیت اسپرم، تغییرات هورمونی در بیضه‌ها و ایجاد اختلالات رشدی در دوران جنینی می‌شود (۷).  
روش‌های متعددی برای اندازه‌گیری تعداد اسپرم مانند

هموسیئومتر و فلوسایتومتری وجود دارد. با استفاده از جریان سایتومتری، کزاری و همکاران به طور معناداری ( $p < 0.0001$ ) کاهش درصد اسپرم و افزایش سلول‌های آپوپتوتیک پس از قرار گرفتن در معرض تلفن همراه (برای مدت ۳۵ روز، روزانه ۲ ساعت) در یک مطالعه حیوانی به اثبات رساندند (۷ و ۸).

علاوه بر تشعشع تلفن همراه، قرار گرفتن موش‌های نر در برابر لپ تاپ متصل به EMT wifi 1.15 میکروتسلا (به مدت ۷ ساعت در روز به مدت یک هفته) باعث کاهش تعداد اسپرم و تحرک آن‌ها گردید. همچنین قرار گرفتن در معرض این تابش یک حالت استرس اکسیداتیو ایجاد می‌کند و می‌تواند مولکول‌های رادیکال آزاد را توسط میتوکندری اسپرم تحریک کند (۹).

پژوهشگران دریافته‌اند که حمل تلفن‌های GSM در جیب شلوار باعث کاهش سرعت حرکت اسپرم و تغییر مورفولوژی آن می‌شود. آن‌ها نشان دادند که مردانی که از تلفن همراه به طور مکرر استفاده می‌کنند، میزان مورفولوژی اسپرم‌های غیرطبیعی در آن‌ها افزایش می‌یابد. علاوه بر این لو و همکاران نشان دادند که قرار گرفتن در معرض RF-EMF به طور مستقیم روی بیضه‌ها اثر گذاشته و باعث کاهش قابل توجهی در قطر و وزن لوله‌ها و همچنین کاهش میانگین ارتفاع اپیتلیوم ژرمینال و تغییرات پاتولوژیک و فیزیولوژیک در بافت‌های بیضه می‌شود (۱۰ و ۱۱).

ارتباط بین قرار گرفتن در معرض RF-EMF و آسیب‌های بیضه و کاهش کیفیت اسپرم، احتمالاً استرس اکسیداتیو را با افزایش سطوح رادیکال‌های آزاد یا آنیون سوپراکسید افزایش می‌دهد.

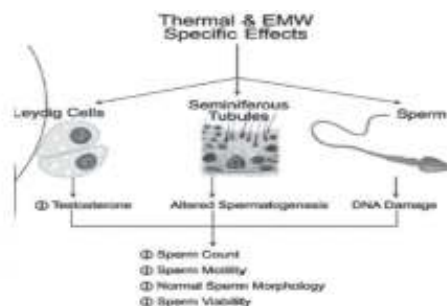
اکثر مردان نابارور دارای آسیب DNA هستند. به استثنای چندین عامل سبک زندگی، استفاده از تلفن همراه باعث ایجاد آسیب DNA در اسپرم به علت تولید گونه‌های مازاد اکسیژن واکنشی (ROS) می‌شود که ممکن است باعث ایجاد آسیب‌های مختلف از جمله ایجاد تومور و مشکلات اسپرمانوتونز شود.

بسیاری از مطالعات *in vivo* و *in vitro* حاکی از آن است که EMF باعث ایجاد اختلالات ژنوتوکسیک تک و دو رشته DNA، اختلالات کروموزومی، تغییرات در بیان

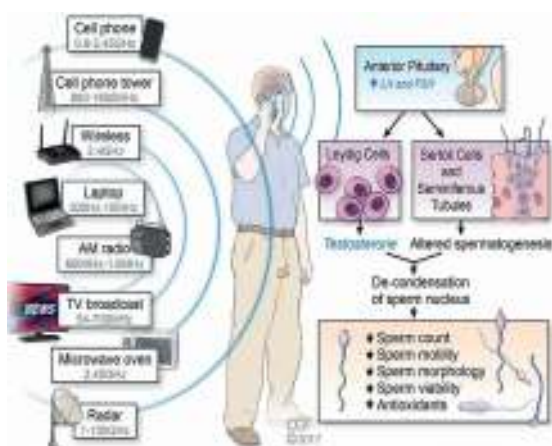


مکانیسم واقعی اثر تابش RF-EMF بر سیستم تولید مثل مردان نیستند. بنابراین مطالعات بیشتری لازم است تا شواهد بهتری از چگونگی اثرات این اشعه‌ها در شرایط *in vivo* و *in vitro* با استفاده از تلفیق علوم فیزیکی و زیستی و یا مدل سازی برای پژوهشگران محرز گردد (۱۴). به علاوه تحقیقات محدودی در مورد اقدامات حفاظتی وجود دارد، زیرا آلودگی الکتروموتور دائماً در حال افزایش است که می‌تواند باعث ایجاد مشکلات سلامتی و بهداشتی (از جمله باروری مردان) را به علت نوع تابش تحت الشعاع قرار دهد. از سوی دیگر لازم است که اثرات محافظتی احتمالی آنتی‌اکسیدان‌های مختلف روشن گردد.

ژن، تکثیر سلولی و آپوپتوز می‌شود. چنین تغییراتی مسئول بی‌ثباتی ژنوم و ترویج تومورژنیک در سلول‌ها است (۱۲).



شکل ۲) مسیرهای احتمالی مکانیسم آسیب اسپرم توسط امواج تلفن همراه (۱۲)



شکل ۳) مرور کلی در مورد اثرات مواجهه RF-EMF (تلفن همراه، ماکروویو، وای فای، لپ‌تاپ‌ها و ...)

مکانیسم نشان داده شده بیانگر آسیب اکسیداتیو ناشی از تابش است که می‌تواند ایجاد آسیب DNA کرده و فرد را مستعد سرطان سازد، در واقع این امر باعث ایجاد آپوپتوز در دم اسپرم شده و با پیشرفت سرطان رابطه مستقیم دارد (۱۵).

### بحث

مجموعه مطالعات انجام شده بیانگر این مطلب هستند که قرار گرفتن در معرض تلفن‌های همراه، اجاق‌های ماکروویو، لپ‌تاپ‌ها و وای فای اثرات زیان‌آوری بر بیضه و اندام تناسلی مردانه دارند که البته میزان مواجهه و آیت‌های مرتبط بسیار مهم است که این اثرات مخرب مجموعه‌ای از آسیب‌ها را بر باروری، کیفیت اسپرم، تشکیل میکرونوکلوئیدها، بی‌ثباتی ژنومی، اختلالات در پروتئین‌کیناز، هورمون‌ها و آنزیم‌های آنتی‌اکسیداتیو را شامل می‌شوند. چنین اثراتی ناشی از تولید بیش از حد ROS در سلول‌های معیوب است که ایجاد ناباروری می‌کنند.

مطالعات نشان می‌دهند که اختلالات گزارش شده به علت قرار گرفتن در معرض RF-EMF به پارامترهای فیزیکی مانند مدت زمان قرارگیری، فاصله از منبع تابش، چگالی، قدرت و عمق نفوذ وابسته است (۱۳). متأسفانه مطالعات فعلی قادر به نشان دادن چگونگی

## References

- 1- Kim MJ, Rhee SJ. Green tea catechins protect rats from microwave-induced oxidative damage to heart tissue. *J Med Food*. 2004;7:299–304. doi: 10.1089/jmf.2004.7.299.
- 2- Galleano M, Verstraeten SV, Oteiza PI, Fraga CG. Antioxidant actions of flavonoids: thermodynamic and kinetic analysis. *Arch Biochem Biophys*. 2010;501:23–30. doi: 10.1016/j.abb.2010.04.005.
- 3- Roychoudhury Shubhadeep, Agarwal Ashok, Virk Gurpriya, Cho Chak-Lam. Potential role of green tea catechins in the management of oxidative stress-associated infertility. *Reproductive BioMedicine Online*. 2017;34(5):487–498. doi: 10.1016/j.rbmo.2017.02.006.
- 4- Schramm L. Going green: the role of the green tea component EGCG in chemoprevention. *J Carcinog Mutagen*. 2013;4:1000142. doi: 10.4172/2157-2518.1000142.
- 5- Agarwal, A., Mulgund, A., Hamada, A. et al. A unique view on male infertility around the globe. *Reprod Biol Endocrinol* 13, 37 (2015). <https://doi.org/10.1186/s12958-015-0032-1>.
- 6- Rahmani Arshad H., Al shabrmi Fahad M., Allemailem Khaled S., Aly Salah M., Khan Masood A. Implications of Green Tea and Its Constituents in the Prevention of Cancer via the Modulation of Cell Signalling Pathway. *BioMed Research International*. 2015;2015:1–12.
- 7- Li MJ, Yin YC, Wang J, Jiang YF. Green tea compounds in breast cancer prevention and treatment. *World J Clin Oncol*. 2014;5:520–528. doi: 10.5306/wjco.v5.i3.520.
- 8- Ozguner F, Bardak Y, Comlekci S. Protective effects of melatonin and caffeic acid phenethyl ester against retinal oxidative stress in long-term use of mobile phone: a comparative study. *Mol Cell Biochem*. 2006;282:83–88. doi: 10.1007/s11010-006-1267-0.
- 9- Wo J, Viswanathan A. Impact of radiotherapy on fertility, pregnancy, and neonatal outcomes in female cancer patients. *Int J Radiat Oncol Biol Phys*. 2009;73:1304–1312. doi: 10.1016/j.ijrobp.2008.12.016.
- 10- Meistrich ML. The effects of chemotherapy and radiotherapy on spermatogenesis in humans. *Fertil Steril*. 2013;100:1180–1186. doi: 10.1016/j.fertnstert.2013.08.010.
- 11- Mazur-Roszak M, Tomczak P, Litwiniuk M, Markowska J. Oncology and infertility: selected issues. Part I. what causes fertility disorders? *Contemp Oncol*. 2005;9:26–29.
- 12- Abuelhija M, Weng CC, Shetty G, Meistrich ML. Rat models of post-irradiation recovery of spermatogenesis: interstrain differences. *Andrology*. 2013;1:206–215. doi: 10.1111/j.2047-2927.2012.00034.x.
- 13- Ståhl O, Eberhard J, Jepson K, Spano M, Cwikiel M, Cavallin-Ståhl E, Giwercman A. Sperm DNA integrity in testicular cancer patients. *Hum Reprod*. 2006;21:3199–3205. doi: 10.1093/humrep/del292.
- 14- Biedka M, Kuźba-Kryszak T, Nowikiewicz T, Żyromska A. Fertility impairment in radiotherapy. *Contemp Oncol (Pozn)* 2016;20:199–204.
- 15- Pasqualotto FF, Agarwal A: Impact of cancers and treatment on male fertility: radiation effects on spermatogenesis. *Fertility preservation in male Cancer patients*, ed. John P. Mulhall, Linda D. Applegarth, Robert D. Oates and Peter N. Schlegel. Cambridge University Press. Cambridge University Press 2013. Chapter 12, Section 3, pp 104–109.

