بررسی چیدمان پرتودهی در مطالعات in-vivo اثرات بیولوژیکی امواج الکترومغناطیسی

اکبر انوری*[۱]، حسن توکلی[۲]

۱) گروه پرتوپزشکی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

۲) مرکز تحقیقات علوم اعصاب، دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله(عج)، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۹۲/۱۱/۱۰ تاریخ پذیرش: ۹۳/۶/۲

چکیده

مقدمه: در سال های اخیر کاربرد امواج الکترومغناطیس در زندگی انسان به صورت بی رویه افزایش یافته است. بر اساس آمار در سال ۲۰۱۲ بیش از چهار بیلیون مشترک تلفن همراه وجود دارد، بنا بر این نیاز ضروری برای انجام تحقیقات گسترده به منظور بررسی و ارزیابی اثرات بیولوژیکی امواج الکترومغناطیسی وجود دارد.

مواد و روش ها: مطالعات آزمایشگاهی اثرات امواج بر بافت های بیولوژیکی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی به مطالعات in-vivo، in-vitro و انسانی تقسیم می شوند. در سال های اخیر طراحی سیستم های پرتودهی برای مطالعات آزمایشگاهی به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافته است.

یافته های پژوهش: هدف اصلی این مطالعه بررسی ساختار و چیدمان پرتودهی در مطالعات in-vivo امواج الکترومغناطیسی می باشد. بر اساس مقالات چاپ شده در مجلات معتبر علمی در طی ده سال اخیر، سی و سه اتاقک پرتودهی برای مطالعات in-vivo طراحی شده است. هدف اصلی این سیستم ها تولید موج الکترومغناطیس با توجه به موضوع مورد مطالعه است که شامل همه پارامترهای پرتودهی و تنوع بالای زمانی و مکانی است.

بحث و نتیجه گیری: در مطالعات in-vivo پرتودهی انواع حیوانات توسط امواج الکترومغناطیس مورد نظر می باشد. ناحیه تحقیق از مطالعات رفتاری تا مخاطرات بلند مدت را شامل می شود. در این مطالعات از روش های سمیت شناسی برای بررسی عوامل مختلف ریسک، استفاده می شود. در این مطالعات اتاقک پرتودهی باید به نحوی طراحی گردد تا تمامی جوانب بیولوژیکی و الکترومغناطیسی را در برگیرد.

واژه های کلیدی: مطالعات in-vivo، امواج RF، بیوالکترومغناطیس

***نویسنده مسئول:** گروه پرتوپزشکی، دانشگاه شهید بهشتی، تهران، ایران

Email: A_Anvari@sbu.ac.ir

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

مقدمه

با توجه به گسترش روزافزون کاربرد امواج الکترومغناطیس در زندگی انسان، تحقیقات گسترده‌ای برای بررسی و ارزیابی اثرات بیولوژیکی امواج الکترومغناطیسی در سراسر جهان انجام می شود. مطالعات آزمایشگاهی، اثرات میدان های الکترومغناطیسی را روی بافت های بیولوژیکی بررسی می کنند. هدف اصلی یک سیستم پرتودهی، تولید امواج الکترومغناطیس با توجه به موضوع مورد مطالعه است و شامل همه پارامترهای پرتودهی و تنوع زمانی و مکانی است. به علاوه در سیستم های پرتودهی به داده های معین تکمیلی نیاز است تا تابش های غیرالکترومغناطیسی حذف شده یا کاهش یابند. سیستم های پرتودهی باید در دماهای مختلف، کنترل شده و محیط مناسبی برای حیوانات تحت آزمایش از نظر تغذیه، تنفس و دیگر شرایط لازم محیا باشد. باید از هر گونه قرار گرفتن نمونه های تحت آزمایش در معرض عوامل شیمیایی و فیزیکی جلوگیری گردد.

سال ها است که تحقیقات در مورد اثرات بیولوژیکی انرژی فرکانس رادیویی در آزمایشگاه های مختلف علمی و صنعتی در سراسر جهان انجام می گیرد و هنوز هم ادامه دارد. بیشتر این تحقیقات به دلیل استفاده از تجهیزات راداری و دیگر ابزارهای رادیوفرکانسی در تجهیرات نظامی، در قسمت پدافند نظامی صورت گرفته است. هم چنین بیشتر آژانس های غیرنظامی مثل آژانس حفاظت محیطی(EPA) و مدیریت دارو و غذا(FDA) هم دیگر مدافعان این تحقیقات بودند. در حال حاضر بسیاری از تحقیقات غیرنظامی اثرات بیولوژیکی امواج رادیوفرکانسی در آمریکا، توسط شرکت های صنعتی همانند موتورلا صورت می گیرد. در سال ۱۹۹۶ سازمان سلامت جهانی برنامه ای برای بازخوانی مقاله های علمی در مورد اثرات بیولوژیکی تابش ارائه کر (۱). ارزیابی ریسک میدان الکترومغناطیسی شامل مطالعات آزمایشگاهی و میدانی است. مطالعات میدانی اطلاعات سلامت جمعیتی که مرتباً تحت تابش هستند را بررسی می کند و آن ها را با ملزومات آماری می سنجد. اگر نوع بیماری تحت بررسی در جمعیت پرتو دیده زیاد مشاهده شود، ممکن است میادین الکترومغناطیس فعال بوده و محرکی برای تشدید این بیماری باشند. مردمی که نزدیک به کابل های فشار قوی زندگی می کنند و کارگران با شغل الکترونیک با دز پرتودهی بالا، موارد آزمایشی اصلی هستند. این قبیل مطالعات میدانی، بیشتر روی ریسک سرطان متمرکز شده است. با ارتباط دادن پرتودهی با بیماری ها، مطالعات میدانی ممکن است روند آماری پیدا کند. اما این مطالعات با مشکلاتی مواجه است که عبارتند از: ۱)مکانیسم عملکرد غیر واضح باقی می‌ماند. ۲) تخمین دز غیر ممکن است یا در حقیقت با یک گستره بزرگ در یک مکانیسم اثر دز نامعلوم به دست می آید. ۳) تمرکز اصلی روی بیماری ها است و دیگر اثرات فرعی و عوارض نادیده گرفته می شود. بنا بر این مطالعات میدانی صورت گرفته، فقط برای بیماری های مورد نظر مفید خواهد بود. از سوی دیگر مطالعات آزمایشگاهی اثرات میدان روی بافت های بیولوژیکی در شرایط کنترل شده آزمایشگاهی را بررسی می کنند، که به مطالعات in-vivo و in-vitro و انسانی تقسیم می شوند(۲). در این پژوهش به بررسی سیستم های پرتودهی امواج الکترومغناطیسی در مطالعات in-vivo پرداخته می شود.

در سال های اخیر طراحی سیستم های پرتودهی برای مطالعات آزمایشگاهی به طور قابل ملاحظه ای بهبود یافته است. هدف اصلی سیستم های پرتودهی تولید یک پرتو الکترومغناطیس با توجه به موضوع مورد مطالعه است که شامل همه پارامترهای پرتودهی و تنوع بالای زمانی و مکانی است. به علاوه سیستم های پرتودهی نیاز به داده های معین تکمیلی دارند تا تابش های غیر الکترومغناطیسی حذف شده یا کاهش یابند. سیستم های پرتودهی باید در دماهای مختلف، کنترل شده باشند و محیط مناسبی برای حیوانات تحت آزمایش از نظر تغذیه، تنفس و دیگر شرایط لازم محیا باشد. باید از هر گونه قرار گرفتن نمونه های تحت آزمایش در معرض عوامل شیمیایی و فیزیکی جلوگیری شود. هم چنین فاکتورهای بیولوژیکی وجود دارد که طرح و اجرای یک سیستم پرتودهی را معتبر می سازد که نیاز به شناخت و ملاحظه آن است. سایر شرایط مکمل مورد نیاز سیستم های پرتودهی برای مطالعات آزمایشگاهی فرکانس رادیویی، در گزارشات توضیح داده شده است. یکی از این شرایط قطبی سازی میدان ایجاد شده است که بر کوپلینگ، یکنواختی میدان القاء شده و آهنگ جذب ویژه اثر می گذارد. معمولاً سه نوع قطب وجود دارد K، H و E که مربوط به جهت گیری میدان الکترومغناطیسی یا مسیر انتشار نسبت به اندازه ابعاد نمونه پرتودهی شده می باشند(۳).

مواد و روش ها

مطالعات in-vivo امواج الکترومغناطیسی: در مطالعات in-vivo پرتودهی انواع حیوانات توسط امواج الکترومغناطیس مورد نظر می باشد. ناحیه تحقیق از مطالعات رفتاری تا مخاطرات بلند مدت را شامل می شود.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

در این مطالعات از روش های سمیت شناسی برای بررسی عوامل مختلف ریسک، استفاده می شود. با توجه به این که پارامترهای متعددی روی دزیمتری اثر می گذارند و کمیت های دزیمتری مربوطه در حیوانات زنده قابل اندازه گیری نیستند، دز پرتودهی به وسیله شبیه سازی های عددی محاسبه می شود و با میانگین دقت خوبی به دست می آید. در مطالعات in-vivo برای آزمایــشات حیوانی به تجهیزات آزمایشگاهی گران قیمت نیاز است. هم چنین محدودیت های اخلاقی مطالعات in-vivo را با مشکل مواجه می کند. تعمیم نتایج حیوانی به انسان بسیار مشکل است(۲). تقسیم بندی سیستم‌های پرتودهی in-vivo: مطالعات in-vivo با توجه به این که پرتودهی کل بدن مد نظر است یا بر اندام خاصی متمرکز است، به دو دسته پرتودهی تمام بدن و پرتودهی بخشی تقسیم می شوند. معیار دیگر برای طبقه بندی مطالعات، حرکت آزادانه حیوان در حین پرتودهی یا ثابت بودن آن است. جدول شماره ۱ خلاصه ای از مطالعات دسته بندی شده با توجه به این معیارها می باشد.

جدول شماره ۱. دسته بندی مطالعات in-vivo بازخوانی شده(۴)

پرتودهی بخشی	حرکت مهارشده	پرتودهی	آنتن حلقوی	Chou et al., Bioelectromagnetics, 1999; Dubreuil et al., Behav. Brain Res., 2002; Leveque et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech., 2004; Jia et al., Bioelectromagnetics, 2007; Lopresto et al., Radiat. Protec. Dosimetry, 2006
			آنتن موجی	Wake et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech., Mar. 2007
			آنتن نیم موج sleeve	Moros et al. Bioelectromagnetics, 1999; Swicord et al., Bioelectromagnetics, 1999; Schonborn et al., Bioelectromagnetics, 2004
			آنتن تک قطبی	Shirai et al., Bioelectromagnetics, 2005; Wang et al., IEEE Trans. Electromagn. Compat.,2006; Wake et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech., Feb. 2007
	حرکت آزادانه	پرتودهی	آنتن حلقوی	Bahr et al., Radiat. Protec. Dosimetry, 2007
پرتودهی تمام بدن	حرکت مهارشده	انتشاری	سلول TEM	Ardoino et al., Phys. Med. Biol., 2005
			موجبر مستطیلی	Eikkinen et al., Radiat. Res., 2001
		رزونانسی	کاواک رزونانسی	Balzano et al., IEEE Trans. Microw. Theory Tech., 2000; Ebert et al., Phys. Med. Biol., 2005; Kainz et al., Phys. Med. Biol., 2006; Tillmann et al., Bioelectromagnetics, 2007; Oberto et al., Radiat. Res., 2007
	حرکت آزادانه	پرتودهی	آنتن حلقوی	Chagnaud & Veyret, Int. J. Radiat. Biol.,1999; Adey et al., Radiat. Res., 2000
			آنتن میکرواستریپ	Araneo & Celozzi, IEEE Trans. Electromagn. Compat., 2006
			منعکس کننده شلجمی	Schelkshorn et al., Radiat. Protec. Dosimetry, 2007
			آنتن مارپیچ تخت	Bartsch et al., Radiat. Res, 2002
			آنتن ایستگاه BASE	Anane et al. Radiat. Res, 2003
		انتشاری	سلول GTEM	Bakos et al., Bioelectromagnetics, 2003
			موجبر مستطیلی	Aitken et al., Int. J. of Andr., 2005
			موجبر شعاعی	Hansen et al. IEEE Trans. Electromagn. Compat., 1999; Reinhardt et al., Radiat. Protec. Dosimetry, 2007; Lerchl et al., J. Pineal Res., 2007; Kumlin et al., Radiat. Res, 2007
			Flared par. plate	Wilson et al., Bioelectromagnetics, 2002

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

در سیستم های پرتودهی In-vivo باید همان ملاک های سیستم های In-vitro را در نظر گرفت. علاوه بر این ملاحظات خاصی نیز لازم است. مثلاً ایجاد مشکلاتی که در مورد حرکت آزادانه حیوانات در اتاقک های پرتودهی پیش می آید، به طوری که حرکت آزادانه حیوان روی یکنواختی پرتودهی اثر منفی می گذارد و از طرف دیگر محدود کردن حرکت حیوان با این که یکنواختی پرتودهی را افزایش می دهد اما ممکن است باعث ایجاد استرس غیرقابل قبول در حیوان شود. به علاوه حیوانات می توانند حتی در نگهدارنده حرکت ناچیزی داشته باشند که این مورد هم در نتایج پرتودهی تاثیرگذار است. این موضوع به دلیل این که محاسبات اکثر فاکتورهای تاثیرگذار پرتودهی برای ارزیابی غیریکنواختی پرتودهی در طول آزمایش در نظر گرفته شوند، اهمیت دارد(۲۰). سیستم های پرتودهی برای تابش تمام بدن و بخشی از بدن طراحی شده و جهت بررسی اثرات بیولوژیکی میدان های نزدیک و دور استفاده می شوند(۲۰).

یافته های پژوهش

سیستم های پرتودهی تمام بدن اتاقک های الکترومغناطیس عرضی(TEM cell): اتاقک الکترومغناطیس عرضی رایج ترین سیستم مورد استفاده از گذشته تاکنون است. به دلیل کوچکی به آسانی در محفظه های تجاری قرار می گیرد، هم چنین میدان ایجاد شده همانند یک موج مسطح دارای مولفه های الکتریکی و مغناطیسی عرضی است(۳). در برخی موارد از TEM cell برای استانداردسازی میدان الکترومغناطیسی استفاده می شود. هم چنین در مطالعات بیوالکترومغناطیس و اندازه گیری های تطابق الکترومغناطیس، به عنوان چشمه استاندارد کاربرد دارد. همان طور که در شکل شماره ۱ مشخص است، سلول شامل یک اتصال دهنده داخلی و دیواره های کناری است. موج الکترومغناطیس بین رسانای داخلی و دیواره به صورت عرضی انتشار می یابد که پرتودهی در سلول را میسر می سازد(۵). این سلول ها با انواع نگهدارنده های نمونه قابل استفاده هستند. اگر برای هر سلول تعداد کمی دیش استفاده شود، یکنواختی میدان بالا می رود. در صورت استفاده از تعداد زیاد دیش، اساساً یکنواختی کاهش یافته و دامنه میدان الکتریکی به سرعت از طریق دیوارهای سلول کاهش می یابد. بنا بر این TEM cell فقط برای مطالعات با دیش های کم مفید است. وقتی که اتاقک برای پرتودهی باندهای خیلی پهن استفاده می شود باید در نظر داشت فلاسک های حاوی سلول ممکن است میدان را مختل کنند که دلیل آن انحرافات و نوسانات موجی تحریک شده به وسیله مدهای رزونانس درون فلاسک است(۶).

شکل شماره ۱. نمایی از یک اتاقک الکترومغناطیس عرضی

اتاقک GTEM: این نوع اتاقک نسخه فرکانس بالای سلول الکترومغناطیس عرضی است که به طور گسترده برای آزمایشات تطابق الکترومغناطیسی(EMC) استفاده می شود. این اتاقک محیط استانداردی برای ایمنی آزمایشات است. به اندازه کافی بزرگ است تا مورد آزمایش به راحتی در آن جا شود و شدت میدان قابل کنترل است(۷). در شکل شماره ۲ نمایی از سلول آورده شده است.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

شکل شماره ۲. نمایی از اتاقک GTEM cell

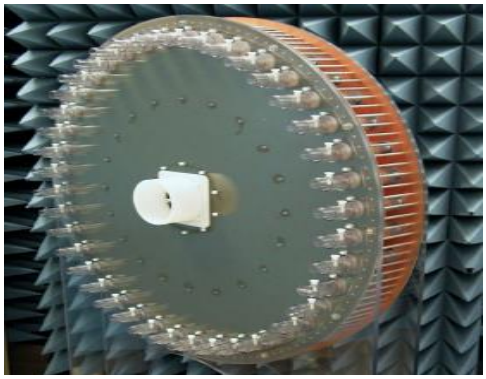
در این جا چند مورد از مطالعات صورت گرفته با استفاده از اتاقک GTEM آورده شده است. نمونه ای از تحقیقات اولیه که با GTEM cell انجام شد مطالعه ای بود که توسط دکتر لو و همکاران در زمینه اثرات تابش امواج الکترومغناطیس بر فشارخون موش صورت گرفت. این آزمایش با پرتودهی شش دقیقه ای امواج رادیوفرکانسی UWB از نوع پالسی با آهنگ جذب ویژه تمام بدن ۰/۰۷ W/kg انجام شد و مشخص گردید که فشارخون انقباضی و انبساطی پس از ۴۵ دقیقه تا چهار هفته بعد از پرتودهی به طور چشمگیری کاهش یافت(۳). مطالعه ای دیگر با استفاده از GTEM cell با پرتودهی امواج رادیوفرکانسی از نوع ماکروویو برای بررسی آسیب DNA در سلول های کلیه، کبد و مغز صورت گرفت. در این تحقیق موش های آزمایشگاهی در مدت دو هفته، هر روز یک ساعت در معرض میدان الکترومغناطیسی با فرکانس ۹۱۵ مگاهرتز و شدت توان $2/4\ W/m^2$ و آهنگ جذب ویژه ۰/۶ W/kg قرار گرفتند(۸). اخیراً هم مطالعه ای برای بررسی تغییر رفتار موش پرتودهی شده و اثبات وجود استرس اکسایشی در خون آن با استفاده از این اتاقک صورت گرفته است. در این تحقیق موش ها طی سی روز و هر روز دو ساعت در معرض امواج ماکروویو با فرکانس ۹۰۰ مگاهرتز با آهنگ جذب ویژه ۰/۰۸۴ W/kg قرار گرفته اند(۹).

موج بر شعاعی: موج برهای شعاعی برای پرتودهی تمام بدن انواع مختلفی از حیوانات طراحی شده اند. در این موج برها می توان حداکثر ۱۲۰ حیوان را هم زمان پرتودهی کرد(شکل شماره ۳). حیوانات در یک حجم کوچک حرکت آزادانه دارند و در نگهدارنده های مخصوص قرار نگرفتند(۳).

شکل شماره ۳. نمایی از موج بر شعاعی

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

سیستم چرخ و فلکی: این سیستم کاواک الکترومغناطیس شعاعی است که دارای دو صفحه مدور موازی است و از مرکز تغذیه شده و امواج TEM استوانه ای از آن خارج می شوند. این سیستم رزونانسی است و به تنظیم متناسب نیاز دارد. این سیستم ها برای پرتودهی تمام بدن حیوانات آزمایشگاهی استفاده می شوند. در شکل شماره ۴ نمونه ای از این سیستم پرتودهی نشان داده شده است.



شکل شماره ۴. نمایی از سیستم Ferris wheel

اتاقک انعکاسی یا Reverberation: این اتاقک ها محیطی برای آزمایشات تداخل الکترمغناطیسی و دیگر آزمایشات الکترومغناطیسی است. اتاقک ها از موادی با کمترین میزان جذب امواج الکترومغناطیس پوشیده شده اند. به علت جذب کم حتی با توان ورودی کم هم شدت میدان بالا دست یافتنی است. اتاقک یک کاواک رزونانسی است بنا بر این توزیع مکانی شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی به شدت غیریکنواخت است. برای کاهش این غیریکنواختی از تنظیم‌کننده های استیرر استفاده می شود. این تنظیم‌کننده ها، صفحات بازتاب کننده بزرگ فلزی هستند که می توانند در جهات مختلف حرکت کنند تا به شرایط مرزی مورد نظر برسند. کمترین فرکانس مفید یا LUF یک اتاقک به اندازه اتاقک و تنظیم کننده بستگی دارد. اتاقک های کوچک، LUF بزرگ تری نسبت به اتاقک های بزرگ دارند(۱۰). این سیستم برای حرکت آزاد حیوان تعبیه شده است و یک محفظه رزونانس چندگانه است. دزیمتری در این مورد، بر اساس مقادیر مختلف آهنگ جذب ویژه با توجه به مکان و زمان در حالات تصادفی است(۱۱،۱۲).

اتاقک بدون انعکاس یا Anechoic: اتاقک پرتودهی Anechoic برای حرکات آزادانه حیوانات طراحی شده است در پژوهشی از یک سیستم Anechoic و یک منعکس کننده شلجمی با قطر ۳۲۰ سانتی متر برای پرتودهی صد حیوان با حرکت آزاد استفاده شد تا موج مسطح در فاصله کوتاه به دست آید(۱۳،۱۴). در مطالعه ای از این سیستم که یک موج بر صفحه موازی قیفی شکل در آن به کار رفته بود برای تولید موج الکترومغناطیس عرضی برای پرتودهی ۱۸ قفس حیوان نیز استفاده شد(۱۵). در آزمایشی دیگر بر روی موش ها، اتاقک پرتودهی به یک آنتن شیپوری متصل شده بود و موش ها آزادانه در محفظه ای پلاستیکی حرکت می‌کردند(۱۶).

سیستم های پرتودهی بخشی Partial Body

سیستم چرخ و فلکی: نمونه ای از سیستم های پرتودهی بخشی، سیستم های پرتودهی سر از نوع چرخ و فلکی است. اگر چه دیگر قسمت های بدن هم ممکن است در معرض پرتو باشند ولی اندام هدف مغز موش می باشد. یک آنتن تک قطبی یا دو قطبی دایره ای شکل در مرکز نگهدارنده حیوان قرار دارد(۱۷،۱۸). بازدهی چنین سیستمی با وزن حیوان تغییر می کند. هم چنین بازدهی به فرکانس نیز بستگی دارد. از طرفی هم با حرکت حیوان در اتاقک آهنگ جذب ویژه تغییر می‌کند(۱۷).

آنتن حلقوی: سیستم های مورد استفاده برای پرتودهی بخشی، آنتن های کوچکی هستند که در اطراف بافت هدف مثل گوش، چشم و مغز قرار می گیرند تا توان قابل توجهی در بافت مورد نظر جذب شود. صورتی که حیوانات به صورت چرخ و فلکی بسته شوند، می توان از یک آنتن منفرد برای پرتودهی هم زمان چند حیوان استفاده کرد. معمولاً در مواقعی که مدت زمان پرتودهی طولانی می شود، برای پرتودهی دقیق تر، حیوانات با آنتن هایی که بر

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

بدن آن ها سوار شده اند، در نگهدارنده های پلاستیکی قرار داده می شوند. این کار باعث می شود که حرکات آن ها محدود گردد(۱۷،۱۸). سیستم های پرتودهی با یک آنتن حلقوی که به سر حیوان بسته می شوند، موجب می گردند آهنگ جذب ویژه در جمجمه به صورت محسوسی افزایش یابد.

مطالعات انسانی: در این مطالعات اثرات پرتودهی میدان الکترومغناطیسی را بر روی انسان و ریسک سلامت انسان بررسی می گردد و باید از نظر اخلاقی محدودیت های مطالعه انسانی رعایت شود. تعداد اشخاص تحت مطالعه محدود بوده و محدودیت های زیادی برای دز تابشی اعمال می گردد، به طوری که ممکن است فقط اثرات ضعیف بررسی شود. بنا بر این نتایج و اطلاعات کمی در این زمینه وجود دارد. کمیت های دزیمتری در انسان مستقیماً قابل اندازه گیری نیستند، اما مدل هایی از بدن انسان وجود دارد که دزیمتری خوب و با دقت از بدن را با جزئیات نسبتاً دقیق تری ممکن می سازد. برخلاف حیوانات آزمایشگاهی، انسان ها با آگاهی از موقعیت ساطع کننده و راهنمایی ناظر می توانند در موقعیت مناسب نسبت به منبع قرار گیرند. این شرایط کنترل شده، بستر دزیمتری دقیق تری را میسر می کند. از دیگر مزایای مطالعات انسانی چیدمان ساده و کم هزینه است. با استفاده از دیدگاه های مختلف، مطالعات میدانی و آزمایشگاهی یکدیگر را کامل کرده و با دادن اطلاعات مفید به آژانس های سلامت، کمک شایانی در تهیه دستوالعمل های حفاظت در برابر پرتوهای غیریونیزان می کنند(۲). از خصوصیات مهم دیگری که سیستم های پرتودهی برای مطالعات انسانی باید داشته باشند، می توان به موارد ذیل اشاره کرد؛ دارا بودن پارامترهای پرتودهی مناسب، پرتودهی Blinded و قرار نگرفتن در معرض عوامل فیزیکی و شیمیایی(۳).

سیستم های پرتودهی Partial body: در مطالعات انسانی چند نوع سیستم به کار رفته است. در برخی از این مطالعات از محصولات تجاری تلفن همراه به عنوان منبع پرتو استفاده می شد. بررسی های دزیمتری بر پایه یک روش عددی که با اندازه گیری های فانتوم کالیبره شده، انجام می گیرد. برای هر سیستم توزیع آهنگ جذب ویژه در مغز با جزییات تخمین زده می شود. نتایج نشان می دهد که توزیع آهنگ جذب ویژه با توجه به انواع مختلف تلفن همراه متفاوت است(۱۹). در روشی دیگر برای آزمایشات تلفن همراه، سیستم های آنتنی ساخته شدند که به راحتی در تمام روز و حتی در طول شب می توانستند بر روی سر قرار گیرند. این سیستم ها، پرتودهی یک تلفن همراه استاندارد با آنتن دهی کامل را شبیه سازی می‌کردند(۲۰،۲۱).

سیستم های پرتودهی تمام بدن: در دو مطالعه بر روی کارایی و سلامت انسانی، از یک سیستم پرتودهی تمام بدن میدان- دور برای ساطع کردن سیگنال های GSMS و UMTS با شدت میدان الکتریکی القایی ۱ V/m استفاده شد. بدین منظور در فاصله سه متری از شخصی که در اتاق بدون انعکاس نشسته، یک آنتن Base station قرار داده شد. از روش FDTD برای محاسبات عددی استفاده شد(۲۲).

روش Ex-vivo: روش نوینی از مطالعه های آزمایشگاهی است که مربوط به اندازه گیری های صورت گرفته در بافت زنده و در محیط مصنوعی با کمترین تغییرات در شرایط بدن است. با وجود این که در این روش مشخصات شبیه به مطالعات In-vitro است، ولی تمرکز روی شرایط طبیعی بدن است. شیوه کار Ex-vivo بدین صورت است که سلول ها و بافت های زنده از اندام انسان یا حیوان جدا شده و در محیط آزمایشگاهی کشت داده می شود. آن ها برخلاف نمونه های In-vitro که عمر هفتگی و ماهانه دارند، فقط تحت یک شرایط استریل ظرف چند ساعت قابل بررسی هستند. چنین مطالعاتی در آزمایشگاه های پزشکی انجام می شود و به بررسی اثرات مزمنی که ممکن است پس از پرتودهی نسبتاً طولانی خود را نشان دهند، پرداخته می شود(۲۳).

بحث و نتیجه گیری

گستردگی استفاده از امواج الکترومغناطیس به گونه ای است که نه تنها جامعه انسانی بلکه کل حیات و محیط زیست را تحت تاثیر خود قرار داده است. مطالعاتی که تاکنون بر روی تاثیرات این امواج صورت گرفته سه حوزه بسیار مهم اثرات زیستی، اثرات روان شناختی و اثرات بالینی را در بر گرفته است. در این مطالعه به بررسی ساختار و چیدمان پرتودهی در مطالعات In-vivo امواج الکترومغناطیسی پرداخته شده است. در مطالعات In-vivo پرتودهی انواع حیوانات توسط امواج الکترومغناطیس مورد نظر می باشد. ناحیه تحقیق از مطالعات رفتاری تا مخاطرات بلند مدت را شامل می شود. در این مطالعات از روش های سمیت شناسی برای بررسی عوامل مختلف ریسک، استفاده می شود. هدف اصلی این سیستم ها تولید موج الکترومغناطیس با توجه به موضوع مورد مطالعه است که

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

شامل همه پارامترهای پرتودهی و تنوع بالای زمانی و مکانی است. با توجه به این که در مطالعات In-vivo پرتودهی کل بدن یا اندام خاصی مد نظر است، این پرتودهی ها به دو دسته پرتودهی تمام بدن و پرتودهی بخشی تقسیم می شوند. معیار دیگر برای طبقه بندی مطالعات، حرکت آزادانه حیوان در حین پرتودهی یا ثابت بودن آن است. اتاقک های الکترومغناطیس عرضی(TEM cell)، اتاقک GTEM، موج بر شعاعی، چهار سیستم چرخ و فلکی، اتاقک انعکاسی، اتاقک بدون انعکاس و آنتن حلقوی اتاقک های پرتودهی در مطالعات In-vivo امواج الکترومغناطیسی می باشند که در این مقاله به بررسی آن ها پرداخته شد.

سپاسگزاری

از تمامی اساتید، پژوهشگران و همکاران محترم در دانشگاه شهید بهشتی، که در به نتیجه رسیدن این تحقیق تلاش فراوان کردند، تشکر و سپاسگزاری می شود.

References

1.Repacholi MH. Low-level exposure to radiofrequency electromagnetic fields: Health effects and research needs. Bioelectromagnetics 1998;19:1-19.
2.Oesch W. Controlling software for EMF laboratory studies. Diss., Technische Wissenschaften, Eidgenössische Technische Hochschule ETH Zürich, Nr; 2006.P.1634-6.
3.Swerdlow A. Exposure to high frequency electromagnetic fields, biological effects and health consequences (100 kHz-300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection; 2009.
4.Paffi A, Pinto R, Liberti M, Apollonio F, Lovisolo G, d'Inzeo G, editors. Review of exposure setups for biological experiments in the radiofrequency range specifications and emerging trends. URSI General Assembly; 2008.
5.Dlugosz T, Trzaska H. On experimental setup in bioelectromagnetics. Environmentalist 2009;29:124-9.
6.Ji Z, Hagness C, Booske H, Mathur S, Meltz ML. FDTD analysis of a gigahertz TEM cell for ultra-wideband pulse exposure studies of biological specimens. Biom Engin 2006;53:780-9.
7.Nothofer A, Alexander M, Bozec D, Marvin A, McCormack L. The use of GTEM cells for EMC measurements: National Physical Laboratory; 2003.
8.Trošić I, Pavičić I, Milković-Kraus S, Mladinić M, Željezić D. Effect of electromagnetic radiofrequency radiation on the rats' brain, liver and kidney cells measured by Comet assay. Collegium Antropologicum 2011;35:1259-64.
9.Deshmukh PS, Banerjee BD, Abegaonkar MP, Megha K, Ahmed RS, Tripathi AK, et al. Effect of low level microwave radiation exposure on cognitive function and oxidetive stress in rats. Ind J Biochem Bioph 2013;50:114-9.
10.Mendes H, editor. A new approach to electromagnetic field strength measurements in shielded enclosures. Wescon Technical Papers, Western Electronic Show and Convention; 1968.
11.Jung K, Kim T, Kim J, Doh H, Chung Y, Choi J, et al. Development and validation of reverberation-chamber type whole-body exposure system for mobile-phone frequency. Electromagn Biol Med 2008; 27:73-9.
12.Kainz W, Nikoloski N, Oesch W, Berdiñas-Torres V, Fröhlich J, Neubauer G, et al. Development of novel whole-body exposure setups for rats providing high efficiency, National Toxicology Program (NTP) compatibility and well-characterized exposure. Phys Med Biol 2006;51:52-11.
13.Schelkshorn S, Tejero S, Detlefsen J. Exposure setup for animal experiments using a parabolic reflector. Rad Protec Dosimetr 2007;124:27-30.
14.Tejero S, Schelkshorn S, Detlefsen J. Concept for the controlled plane wave exposure for animal experiments using a parabolic reflector. Advanc Radio Sci 2005; 3:233-8.
15.Wilson BW, Faraone A, Sheen D, Swicord M, Park W, Morrissey J, et al. Space efficient system for small animal, whole body microwave exposure at 1.6 GHz. Bioelectromagnetics 2002;23:127-31.
16.Jianqing W, Fujiwara O. Dosimetry evaluation of a whole body exposure setup for small animal at 2.45 GHz. IEICE Transact Communicat 2002;85:2963-5.
17.Schönborn F, Poković K, Kuster N. Dosimetric analysis of the carousel setup

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

for the exposure of rats at 1.62 GHz. Bioelectromagnetics 2004;25:16-26.
18.Wake K, Mukoyama A, Watanabe S, Yamanaka Y, Uno T, Taki M. An exposure system for long-term and large-scale animal bioassay of 1.5-GHz digital cellular phones. Microwave Theory Techn 2007;55:343-50.
19.Kuster N, Schuderer J, Christ A, Futter P, Ebert S. Guidance for exposure design of human studies addressing health risk evaluations of mobile phones. Bioelectromagnetics 2004;25:524-9.
20.Bahr A, Dorn H, Bolz T. Dosimetric assessment of an exposure system for simulating GSM and WCDMA mobile phone usage. Bioelectromagnetics 2006;27:320-7.
21.Manteuffel D, Bahr A, Waldow P, Wolff I, editors. Numerical analysis of absorption mechanisms for mobile phones with integrated multiband antennas. Antennas and Propagation Society International Symposium, IEEE; 2001.
22.Regel SJ, Negovetic S, Röösli M, Berdiñas V, Schuderer J, Huss A, et al. UMTS base station-like exposure, well-being, and cognitive performance. Environm Health Perspect. 2006;114:12-7.
23.Boice Jr JD, McLaughlin JK. Epidemiologic Studies of Cellular Telephones and Cancer Risk,–A Review. Hospital 1999;8: 199-17.

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]

The study of Radiancy Design in In Vivo Studies about Biological Effects of Electromagnetic Waves

Anvari A[1*], Tavakoli H[2]

(Received: January 30, 2014 Accepted: August 24, 2014)

Abstract

Introduction: In the last years, the usage of electromagnetic fields (EMF) has anomalously increased in human life. In according to statistics, there are over than 4 billions of mobile phone subscribers in 2012. So performing the extensive researches is a necessity to investigate and evaluate the biological effects of electromagnetic vawes.

Materials & Methods: Laboratory studies about the effects of waves on biological tissues in controlled laboratory situations, are devided into three groups: human studies, in-vivo studies and in-vitro studies. In the last years, designing of radiancy systems for laboratory studies has been improved considerably.

Findings: The main goal of this study wass investigating on design and structure of radiation in in vivo studies of electromagnetic waves. According to published articles in valid scientific jornals during 10 past years, 33 radiation rooms have been designed for in-vivo studies. The main goal of these systems is producing electromagnetic waves, regarding to the subject, which includes all of radiation parameters and high diversity in time and location.

Discussion & Conclusion: The purpose of in-vivo studies is to exposure all kinds of animals by electromagnetic waves. The research realm includes behavioral studies to long-term adventures. In these studies, toxicology procedures are used to study different risk factots. The radiation room should be designed in a way that would be included all biological and electromagnetic aspects.

Keywords: In vivo studies, RF, Bioelectromagnetic

1.Dept of Radiation Medicine Engineering, Shahid Beheshti University, Tehran, Iran
2. Applied Neurosciences Research Center, Baqiyatallah University of Medical Science, Tehran, Iran
** Correspondin author Email: A_Anvari@sbu.ac.ir*

[Downloaded from sjimu.medilam.ac.ir on 2026-10-12]