

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم و اثرات آن

بررسی میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم در پستهای فشار قوی برق همدان و اثرات آن بر شاغلین

فرشید قربانی شهنآ^{۱*}، محبوبه اسحاقی^۲، طاهره دهقان پور^۲، زهره کریمی^۳

۱- استادیار گروه بهداشت حرفه ای دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۲- دانشجوی دوره دکتری بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

۳- کارشناس بهداشت حرفه ای دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

تاریخ پذیرش مقاله: ۹۰/۶/۱۴

تاریخ دریافت: ۸۹/۱۲/۲۴

چکیده

مقدمه: مواجهه عمومی و شغلی با میدانهای الکترومغناطیسی باعث روند رو به رشد وسایل الکتریکی و امکان ایجاد اثرات زیانبار بر سلامت افراد از اهمیت قابل توجهی برخوردار می باشد. هدف این مطالعه بررسی شدت میدانهای الکترومغناطیس در پستهای فشار قوی همدان و تعیین اثرات ذهنی و روانی افراد در مواجهه با این میدانها می باشد.

مواد و روشها: در این پژوهش، شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در ۸ پست فشار قوی همدان از جمله ۵ پست ۶۳ کیلو ولت دو پست ۲۳۰ کیلو ولت و یک پست ۴۰۰ کیلو ولت در فواصل صفر، یک و دو متری از منابع مولد، با استفاده از دستگاه HI-3604 ساخت شرکت Holaday آمریکا مورد سنجش قرار گرفت. برای بررسی اثرات ذهنی و روانی مواجهه با میدانهای مذکور از یک پرسشنامه دو قسمتی استفاده شده است. جمعیت مورد مطالعه جهت بررسی اثرات از دو گروه ۳۰ نفره مورد و شاهد انتخاب گردیده است.

نتایج: نتایج اندازه گیری میدانی نشان داد که بیشترین شدت میدان الکتریکی در فاصله ۲ متری واحد C.V.T با میانگین ۳۱۱۰ ولت بر متر و کمترین شدت مربوط به فاصله صفر از اتاق رله با میانگین ۱/۳۵ ولت بر متر بوده است. همچنین بیشترین شدت میدان مغناطیسی مربوط به فاصله صفر از ترانس ۲ با میانگین ۵۰/۴۲ میلی گوس و کمترین شدت در فاصله ۱ متری باطری خانه با میانگین ۱/۳۱ میلی گوس بوده است.

بحث و نتیجه گیری: در کلیه پستهای کاری مورد بررسی شدت میدان الکتریکی و میدان مغناطیسی کمتر از حد مجاز شغلی ACGIH و ICNIRP می باشد. و بررسی نتایج، نشانگر غیرخطی بودن توزیع این میدانها و ایجاد برخی اثرات غیر حرارتی در افراد مواجهه یافته است. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۸، شماره ۳، پیاپی (۳۲)، پاییز ۹۰: ۷۱-۶۱)

واژگان کلیدی: فرکانس بینهایت کم، میدان الکتریکی، میدان مغناطیسی، اثرات ذهنی، اثرات روانی

* نویسنده مسؤل: دکتر فرشید قربانی شهنآ

آدرس: گروه بهداشت حرفه ای، دانشکده بهداشت و مرکز تحقیقات علوم بهداشتی، دانشگاه علوم پزشکی همدان، همدان، ایران

fghorbani@umsha.ac.ir

تلفن: ۰۲۵-۸۳۸۰۰۲۵ (۸۱۱) ۹۸+

نمبر: ۰۵۰۹-۸۳۸۰۵۰۹ (۸۱۱) ۹۸+

۱- مقدمه

مطالعات متعدد اپیدمیولوژی، رابطه بین مواجهه شغلی و غیر شغلی بویژه مواجهه با میدان های نوع ELF و ریسک سرطان از جمله لوسمی، تومور مغزی و سرطان سینه را نشان داده است [۴]. طی بررسی میدان های الکترومغناطیسی انجام شده توسط ورتیمر و لپرز وقوع لوسمی در کودکانی که نزدیک خطوط توزیع برق زندگی می کنند، گزارش شده است [۵]. بدنبال آن مطالعات وسیعی جهت پیگیری نتایج صورت پذیرفت. آنالیز این مطالعه توسط آکادمی ملی ایالات متحده آمریکا در سال ۱۹۹۶ نشان داد که نزدیکی به خطوط برق با ریسک نسبی لوسمی کودکان ارتباط دارد (ریسک نسبی = ۱/۵) اما در مورد سایر سرطان ها به این نتیجه دست نیافتند [۶]. از طرفی، ارتباط مشابه بین سرطان و مواجهه ساکنین بالغ مشاهده نشده است. علیرغم مطالعات زیاد در مورد مواجهه با این میدان ها در دهه های گذشته نتایج ضد و نقیض در مورد سرطان کودکان گزارش شده است. بطور کلی، تحقیقاتی که تا کنون انجام شده است یک رابطه ضعیف اما نسبتاً سازگار را بین مواجهه طولانی مدت با میدان های مغناطیسی نسبتاً شدید و لوسمی کودکان نشان می دهد [۷]. از طرفی هیچ مکانیسم مشخصی جهت توضیح این رابطه ذکر نشده است همچنین شبهاتی در خصوص رابطه علت و معلول بین مواجهه و سرطان باقی مانده است [۷]. میدان های الکترومغناطیسی عامل ازدیاد گلوبول سفید و در نتیجه پیدایش سرطان خون می باشند. انستیتو بین المللی بهداشت حرفه ای سوئد در سال ۱۹۹۲ گزارشی را در زمینه تماس های شغلی با میدانهای الکترومغناطیسی انتشار داد. طبق این گزارش، خطر ابتلا به لوسمی در افراد در معرض میدان های مغناطیسی با شدت بیش از ۰٫۲۹ میکرو تسلا در مقایسه با ۰٫۱۶ میکرو تسلا سه برابر بیشتر بوده است [۸]. طبق گزارش بعضی از محققین، مواجهه با میدان ELF ممکن است ترشح ملاتونین، هورمون مرتبط با ریتم خواب و بیداری را متوقف نماید. از طرف دیگر ملاتونین در مقابل سرطان سینه بعنوان محافظ عمل نموده و در صورت توقف

فرآیند صنعتی شدن از جمله روند افزایش قابل توجه وسایل الکتریکی، طیف افراد در معرض میدانهای الکترومغناطیسی بصورت مواجهه عمومی و شغلی را افزایش داده و بعلت امکان ایجاد اثرات زیانبار بر سلامت افراد از اهمیت قابل توجهه ایی برخوردار می باشد [۱]. همانطوریکه در گذشته، زغال سنگ انقلاب صنعتی را بوجود آورد امروزه الکتریسته بعنوان سوخت نامرئی زندگی مدرن محسوب می شود. استفاده از این نیرو باعث تولید میدان های الکتریکی و مغناطیسی می گردد. دو نوع از میدان های الکترومغناطیسی بر اساس رنج فرکانس، میدان های ELF^1 و VLF^2 می باشند. میدان های ELF فرکانس های بین ۳ تا ۳۰۰ هرتز و میدان های VLF رنج فرکانس ۳۰-۳ کیلو هرتز را در بر می گیرند. بعلت ماهیت الکتریسته ساکن، میدان های الکتریکی و مغناطیسی در این فرکانس ها بصورت جداگانه از یکدیگر عمل نموده و بصورت مجزا اندازه گیری می شوند [۲].

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی توسط هرگونه کابل کشی یا تجهیزات حامل جریان الکتریکی از قبیل خطوط برق هوایی یا زمینی، سیم کشی منازل، تجهیزات پزشکی، وسایل الکتریکی و ... تولید می شوند [۳]. با افزایش فاصله از منبع، شدت آنها کاهش یافته و معمولاً در اطراف منابع مولد حضور دارند. اگرچه میدان های الکتریکی و مغناطیسی با هم ایجاد می شوند اما در ماهیت فیزیکی و نحوه تأثیر بر روی بدن متفاوت عمل می نمایند. در مورد اثرات این میدانها بر روی سلامت انسانها عمده نگرانی ها در مورد اثرات بالقوه میدانهای مغناطیسی می باشد. زیرا میدان های مغناطیسی برخلاف میدان الکتریکی براحتی در ساختمان و افراد (پوست افراد) نفوذ نموده و به سختی می توان آنها را کنترل نمود [۲].

¹ Extremely Low frequency

² Very Low Frequency

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم و اثرات آن

الکتریکی مزمن، بر روی رشد و اغلب بصورت کند کردن روند رشد است. همچنین شواهد نشان می دهد مواجهه مزمن بعنوان محرک بیولوژیکی عمل می کند. اثرات ادراکی و رفتاری در مواجهه حاد و برخی اثرات درمانی در مواجهه مزمن با میدان های مغناطیسی گزارش شده است [۱۴].

مطالعه اپیدمیولوژی توسط ساویتز و همکاران در سال ۱۹۹۹ بر روی مرگ و میر ناشی از بیماری قلبی - عروقی و بیماری قلبی کارگران وسایل الکتریکی در مواجهه با میدان های مغناطیسی با فرکانس های بی نهایت کم و با استفاده از مطالعه کوهورت صورت گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که بین مواجهه با این میدان ها و مرگ و میر ناشی از آریتمی و انفارکتوس میوکاردی حاد رابطه معنی دار برقرار بوده اما چنین رابطه ای با بیماری قلبی ایسکمی غیر از انفارکتوس میوکاردی حاد و آتروسکلروز وجود نداشته است [۱۵]. در مطالعه دیگری که توسط ساهل و همکاران، مرگ و میر انفارکتوس میوکاردی حاد و بیماری قلبی مزمن عروق کرونر مورد بررسی قرار گرفته است. نتایج نشان می دهد که هیچ ارتباطی بین انفارکتوس میوکاردی حاد و یا بیماری قلبی مزمن عروق کرونر در رابطه با مواجهه جمعی میدان های مغناطیسی ELF وجود نداشته است [۱۶].

برخی شاغلین در محیط های کاری خود در معرض مواجهه قابل توجه با میدانهای الکترو مغناطیس می باشند که از آن جمله می توان به کارکنان پستهای برق پر فشار اشاره نمود. البته این افراد در کل ساعات کاری خود در معرض مواجهه قابل توجه با این میدانها نیستند و معمولاً "تدابیر حفاظتی قابل توجهی برای پیشگیری از اثرات زیانبار این میدانها بر سلامت شاغلین اتخاذ می گردد. اما معمولاً" مواجهه این افراد بیشتر از افراد معمول جامعه می باشد که امکان ایجاد عوارض بهداشتی در این افراد بخصوص اثرات غیر حرارتی را افزایش می دهد. هدف از این مطالعه، بررسی شدت میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم در پستهای فشار قوی همدان و مقایسه نتایج بدست آمده با استانداردهای مواجهه و تعیین اثرات ذهنی و روانی روی

آن می تواند در افزایش بروز سرطان سینه به همراه سایر عوامل اولیه دخیل باشد. شواهدی برای اثرات کاهش ملاتونین در حیوانات آزمایشگاهی وجود دارد اما چنین تغییراتی در مطالعه افراد داوطلب اثبات نشده است [۹]. همچنین برخی محققین معتقدند توقف ملاتونین در اثر مواجهه با این میدانها، موجب افسردگی و سرطان سینه در جنین می شود [۱۰].

شواهد تجربی اثبات شده در مورد اثرات رفتاری و فیزیولوژی افراد در معرض میدان های مغناطیسی بسیار کم است. مواجهه داوطلبین طی چند ساعت و بیش از ۵ میلی تسلا کمترین اثر بر روی تست های بالینی و فیزیولوژیکی از جمله تغییرات فشار خون، ضربان قلب و دمای بدن را نشان داده است [۹]. برخی از مطالعات اثرات زیان آور از جمله کاهش حافظه را عنوان نموده اند [۱۱]. برخی محققین پاسخ رفتاری و ادراکی انسان بصورت بی حالی، کم خوابی، اختلالات عصبی از جمله افسردگی و خودکشی را در اثر مواجهه با این میدانها گزارش نموده اند [۱۲]. بررسی و مطالعات گذشته بروز عوارضی خفیفی از قبیل سردرد، سر گیجه، فراموشی موقت، اختلال در خواب، کاهش قوه حافظه و یادگیری تا اثرات نسبتاً قابل توجه مثل لوسمی، جهش ژنی، اختلالات کروموزومی و ... را در انسان و حیوانات نشان داده است. بروز برخی عوارض خفیف ذهنی و روانی حتی در معرض میدانهای کمتر از حدود مجاز شغلی نیز گزارش شده که می تواند کیفیت کاری و زندگی شاغلین را تحت تاثیر قرار دهد [۱۳].

اثرات بیولوژیکی زیادی بعلت مواجهه با میدان های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم مورد بررسی قرار گرفته است. حساسیت سیستم های بیولوژیکی به میدان های الکتریکی نسبت به میدان های مغناطیسی ۸ برابر می باشد. اثرات عمده مواجهه میدان الکتریکی حاد بر روی رفتار است. گزارشهای مربوطه نشانگر تضعیف زمان واکنش افراد بخصوص توجه افراد در اثر مواجهه با این میدانها می باشد. از طرفی تاثیر عمده مواجهه میدان

الکتریکی، شدت میدان ۵۰۰۰ ولت بر متر [۲۱] به عنوان حد مجاز مواجهه افراد عادی معمولی می باشد. اندازه گیری این میدانها معمولاً در ارتفاع یک متری انجام شده است. همزمان، نتایج سنجش ها همراه با محل اندازه گیری و سایر داده های محیطی طبق دستورالعمل خاصی در یک فرم معتبر ثبت گردیده است.

جهت بررسی اثرات ذهنی-روانی مواجهه با میدانهای الکتریکی و مغناطیسی از یک پرسشنامه استفاده شد. این پرسشنامه حاوی دو بخش اصلی است؛ بخش اول مربوط به اطلاعات و مشخصات فردی و ویژگیهای مربوط به محل کار فرد می باشد. بخش دوم پرسشنامه مرتبط با اهداف مطالعه و در مورد عوارض ذهنی-روانی مواجهه با میدان های الکتریکی و مغناطیسی طراحی شده که در مورد شیوع عوارضی مثل سردرد، اختلال در خواب، سرگیجه، فراموشی موقت و... می باشد. جهت ثبت اطلاعات محیطی پست های فشارقوی نیز یک برگه مخصوص ثبت اطلاعاتی از قبیل منابع مولد میدان ها و تعداد آنها و عمر منابع استفاده شد. همچنین جدولی نیز جهت ثبت مقادیر اندازه گیری شده مورد استفاده قرار گرفت.

جمعیت مورد مطالعه جهت بررسی اثرات، متشکل از دو گروه مورد و شاهد می باشد. جهت تعیین حجم نمونه افراد مورد، با توجه به تعداد افراد شاغل در پست های فشار قوی و بر اساس سرشماری ۳۰ نفر انتخاب شدند. گروه شاهد نیز به همین تعداد و با شرایط فردی و کاری مشابه که در معرض مواجهه شغلی با این میدان نبودند انتخاب گردیدند. آزمونهای آماری نتایج اندازه گیری شدت میدان ها و نتایج پرسشنامه توسط نرم افزار SPSS (نسخه ۱۶) مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

۳- نتایج

در بخش نخست نتایج اطلاعات جمعیت شناسی دو گروه مورد بررسی، نشانگر عدم وجود اختلاف معنی دار می باشد بطوریکه میانگین سن در دو گروه مورد و شاهد به ترتیب

شاغلین در مواجهه با این میدانها می باشد. بعلت عدم امکان تعیین رابطه کمی ثابت بین شدت میدان الکتریکی و دانسیته شارمغناطیسی در محیطهای با حضور منابع مختلف، لازم است شدت این دو میدان بصورت جداگانه اندازه گیری گردد [۱۷].

۲- مواد و روشها

در این پژوهش میدانی، میدانهای مذکور در ۸ پست فشار قوی همدان از جمله ۵ پست کیلو ولت ۶۳، دو پست کیلو ولت ۲۳۰ و یک پست کیلو ولت ۴۰۰ و در فواصل صفر، یک و دو متری از منابع مولد مورد سنجش قرار گرفته اند. همچنین جهت بررسی میزان تماس کارکنان پست های فشار قوی در قسمت های مختلف پست از جمله اتاق فرمان، اتاق رله، باتری خانه، سکسیونر^۱، بریکر^۲، باس بار^۳، برقگیر^۴ C.V.T و ... در سه فاصله صفر، یک و دو متری از منابع مولد اندازه گیری انجام شد. جهت اندازه گیری میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم تجهیزات و خطوط انتقال و توزیع برق، دستگاه HI-3604 ساخت شرکت Holaday آمریکا مورد استفاده قرار گرفت. نتایج اندازه گیری بر حسب واحد ولت بر متر برای میدانهای الکتریکی و میلی گوس برای دانسیته شار مغناطیسی در سیستم SI و بر اساس کتابچه راهنمای سنجش دستگاه گزارش شده است [۱۸]. روش اندازه گیری شدت میدانها مطابق روش پیشنهادی انستیتو ملی ایمنی و بهداشت حرفه ای آمریکا^۵ (NIOSH) بوده است [۲۲]. جهت مشخص نمودن محدوده مقادیر اندازه گیری، توزیع نسبی شدت این دو میدان در پست های فشار قوی همدان مشخص شد. به منظور بررسی مقادیر بالاتر از حد مجاز، مقایسه نتایج با مقادیر استاندارد صورت گرفته است. قابل ذکر است در تعیین حدود مجاز شدت میدان

¹ Sectionner

² Breaker

³ Bus Bar

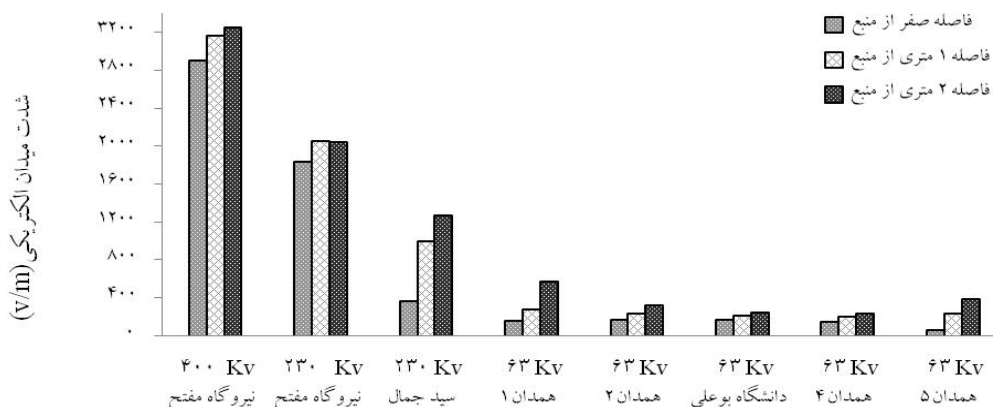
⁴ Capacitor Voltage Transformer

⁵ National Institute for Occupational Safety and Health

میدانهای الکتریکی و مغناطیسی با فرکانسهای بی نهایت کم و اثرات آن

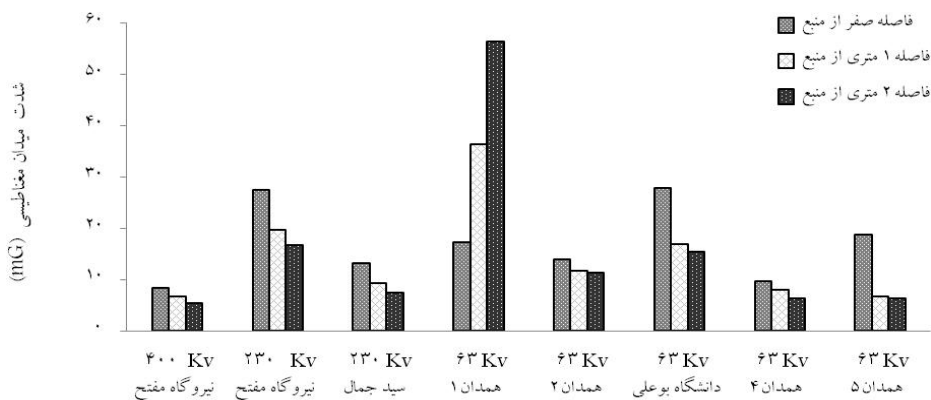
حسب ولت بر متر و چگالی شار مغناطیسی بر حسب میلی گوس و بصورت میانگین در هر یک از پستهای ۶۳، ۲۳۰ و ۴۰۰ کیلو ولت و در سه فاصله صفر، یک و دو متر از منبع به صورت جداگانه در شکل ۱ و ۲ ارائه شده است.

معادل ۳۷/۵ و ۳۸/۸، میانگین سابقه کار به ترتیب معادل ۱۱/۶ و ۱۱/۴ سال، میانگین ساعات کار روزانه ۹/۲ و ۹/۶ ساعت و میانگین اضافه کاری ماهیانه ۴۷/۷ و ۴۹/۸ ساعت بوده است. نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی بر



پست فشار قوی

شکل ۱- نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی (V/m) به تفکیک پستهای فشار قوی همدان



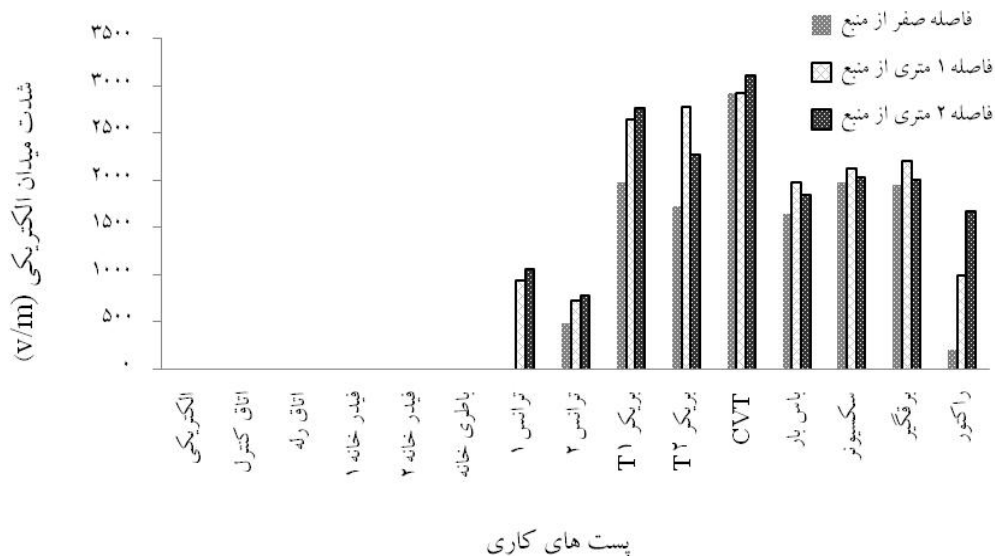
پست فشار قوی

شکل ۲- نتایج اندازه گیری چگالی شار میدان مغناطیسی (mG) به تفکیک پستهای فشار قوی همدان

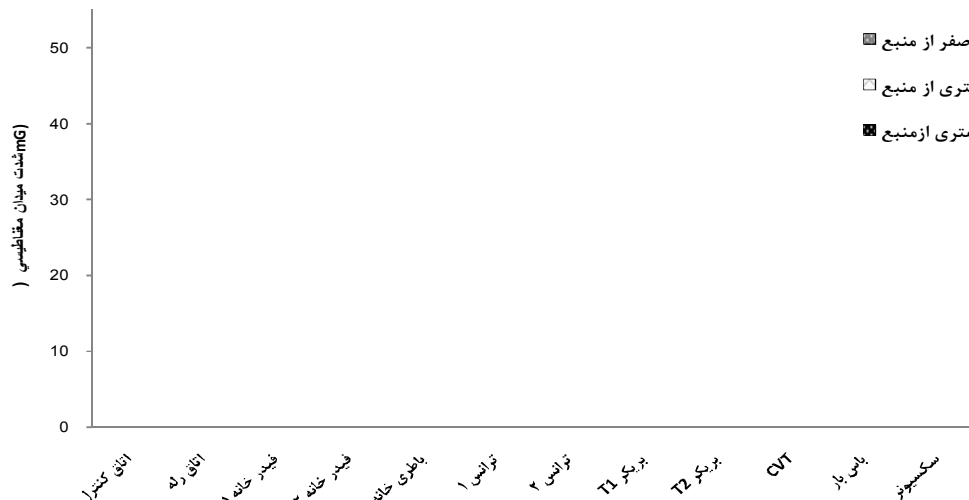
قوی در قسمت های مختلف پست شامل اتاق کنترل، اتاق رله، ترانسفورماتورهای قدرت و... در سه فاصله صفر، یک و دو متر از منابع اندازه گیری شد. خلاصه نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی در پستهای فشار قوی برق بر

پس از اندازه گیری شدت میدان ها، مهمترین منابع مولد میدان های الکتریکی و چگالی شار مغناطیسی، شناسایی شده و مکانهایی که از لحاظ سلامت شاغلین دارای اهمیت هستند جهت بررسی میزان تماس کارکنان پست های فشار

حسب تجهیزات بصورت نمودار در شکل ۳ ارائه شده است. همچنین خلاصه نتایج اندازه گیری چگالی شار مغناطیسی در پستهای مذکور در شکل ۴ ارائه شده است.



شکل ۳ - خلاصه نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی در پستهای فشرقی برق بر حسب تجهیزات



شکل ۴ - خلاصه نتایج اندازه گیری چگالی شار مغناطیسی در پستهای فشرقی برق بر حسب تجهیزات

توزیع نسبی شدت میدان الکتریکی و مغناطیسی در کلیه ایستگاه های اندازه گیری شده در پستهای فشار قوی همدان به ترتیب در جداول ۱ و ۲ آورده شده است.

جدول ۱- توزیع نسبی شدت میدان الکتریکی (E) در پستهای فشار قوی همدان

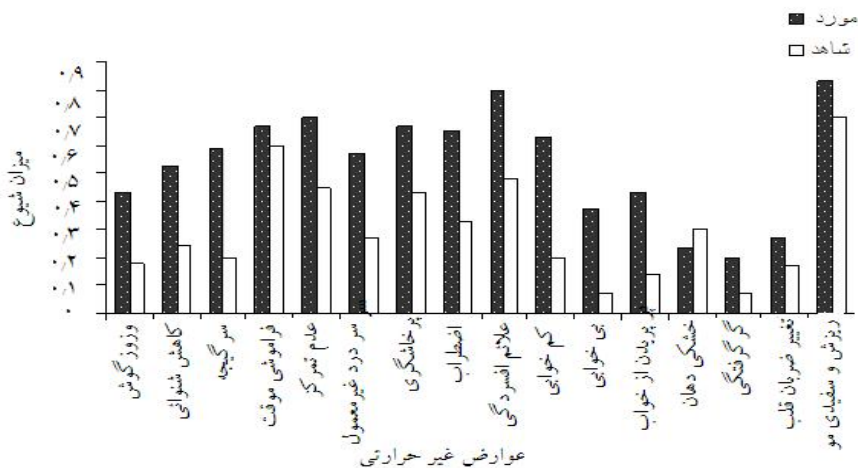
محل اندازه گیری						دامنه اندازه گیری گیری (ولت بر متر)
دو متر از منبع		یک متر از منبع		صفر از منبع		
تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	
۲۳/۸	۳۴	۲۵/۲	۳۶	۲۷/۳	۳۹	< ۱۰
۱۳/۳	۱۹	۱۴/۷	۲۱	۲۶/۶	۳۸	۱۰-۱۰۰
۳/۳۴	۴۹	۴۰/۶	۵۸	۳۲/۹	۴۷	۱۰۰-۱۰۰۰
۲۰/۳	۲۹	۱۱/۹	۱۷	۷	۱۰	۱۰۰۰-۵۰۰۰
۸/۴	۱۲	۷/۷	۱۰	۴/۲	۶	۵۰۰۰-۱۰۰۰۰
-	-	۰/۷	۱	۲/۱	۳	*۱۰۰۰۰<
۱۰۰	۱۴۳	۱۰۰	۱۴۳	۱۰۰	۱۴۳	مجموع

* شدت میدان الکتریکی بالاتر از حد مجاز برای مردم عادی است.

جدول ۲- توزیع نسبی شدت میدان مغناطیسی (B) در پستهای فشار قوی همدان

محل اندازه گیری						دامنه اندازه گیری (میلی گوس)
دو متر از منبع		یک متر از منبع		صفر از منبع		
تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	تعداد نقاط اندازه گیری شده	درصد	
۱۱/۹	۱۷	۱۲/۶	۱۸	۹/۸	۱۴	< ۱
۷۲/۱	۱۰۳	۷۰	۱۰۰	۷۰/۷	۱۰۱	۱-۲۰
۱۳/۳	۱۹	۱۲/۶	۱۸	۷/۷	۱۱	۲۰-۴۰
۰/۷	۱	۲/۸	۴	۷	۱۰	۴۰-۶۰
۰	۰	۰	۰	۰/۷	۱	۶۰-۸۰
۲/۱	۳	۲/۱	۳	۴/۲	۶	۸۰<
۱۰۰	۱۴۳	۱۰۰	۱۴۳	۱۰۰	۱۴۳	مجموع

در شکل ۵ خلاصه نتایج مربوط به بروز علائم ذهنی روانی مواجهه با میدانهای الکترومغناطیسی در گروه مورد و شاهد ارائه شده است.



شکل ۵- مقایسه شیوع عوارض غیر حرارتی میدانهای الکترومغناطیسی در گروه مورد و شاهد

۴- بحث و نتیجه گیری

در سالهای اخیر میدان های الکتریکی و مغناطیسی ایجاد شده توسط سیستم های الکتریکی به لیست عامل های محیطی تهدید کننده بالقوه به سلامت افراد اضافه شده است [۲۰]. مطالعه حاضر به بررسی پست های فشار قوی و تجهیزات مربوطه از نظر شدت میدان الکتریکی و چگالی شار مغناطیسی می پردازد. باید توجه داشت نتایج بدست آمده بار خطوط در زمان اندازه گیری را منعکس می نماید. شدت میدان مغناطیسی مطابق با مقدار جریان جاری در بین خطوط متفاوت خواهد بود هرچند میدان الکتریکی تنها درصد کمی نوسان خواهد داشت [۷].

نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی در پستهای فشار قوی نشان داد بیشترین شدت میدان الکتریکی مربوط به پست کیلو ولت ۴۰۰ و در فاصله دو متر از منبع با میانگین ۳۲۴۸٫۵۳ ولت بر متر و کمترین شدت مربوط به پست همدان ۵ و در فاصله صفر از منبع با میانگین ۶۵٫۶۱ ولت بر متر می باشد. نتایج اندازه گیری شدت میدان الکتریکی در پستهای فشار قوی برق بر حسب تجهیزات نشان داد که بیشترین شدت میدان الکتریکی در فاصله ۲ متری واحد C.V.T با میانگین ۳۱۱۰ کیلوولت بر متر و کمترین شدت مربوط به فاصله صفر از اتاق رله با میانگین ۱٫۳۵ کیلوولت بر متر می باشد. در کلیه پستهای کاری مورد بررسی میانگین شدت میدان الکتریکی کمتر از حد مجاز شغلی ۲۵ کیلوولت بر متر تعیین شده مجمع دولتی متخصصان بهداشت صنعتی آمریکا (ACGIH)^۱ [۲۱] یا حد مجاز ۸/۳ کیلوولت بر متر مربوط به کمیسیون بین المللی حفاظت در برابر پرتوهای غیر یونساز^۲ (ICNIRP) بوده است [۲۲] البته در معدودی از موارد شدت میدان الکتریکی بیشتر از حد مجاز مواجهه افراد معمولی بوده است.

نتایج اندازه گیری چگالی شار مغناطیسی در پستهای فشار قوی نشان داد بیشترین مقدار چگالی در فاصله دو متر از

منبع مربوط به پست کیلو ولت ۶۳ همدان ۱ و با میانگین ۵۶٫۵ میلی گوس و کمترین مقدار مربوط به پست ۴۰۰ کیلو ولت شهید مفتاح در فاصله دو متر از منبع با میانگین ۵٫۴۹ میلی گوس می باشد. نتایج اندازه گیری میدانی نشان داد بیشترین شدت میدان مغناطیسی نیز مربوط به ترانسفورماتور ۲ در فاصله صفر از منبع با میانگین ۵۰٫۴۲ میلی گوس و کمترین شدت میدان مغناطیسی در فاصله ۱ متری باطری خانه با میانگین ۱٫۳۱ میلی گوس بوده است. شدت میدان مغناطیسی هم در هیچ موردی بالاتر از حد مجاز مواجهه شغلی ۱۰ گوس مربوط به ACGIH [۲۱] و ۴/۲ میلی گوس مربوط به ICNIRP [۲۲] نبوده است. شایان توجه است که حدود مواجهه تعیین شده برای شاغلین در مواجهه با میدانهای الکترومغناطیسی عمدتاً به منظور پیشگیری از ایجاد اثرات حرارتی آنها است و امکان ایجاد اثرات غیر حرارتی در مقادیر کمتر از این حدود وجود دارد. قابل ذکر است که مقادیر استاندارد اعلام شده توسط کمیته فنی بهداشت حرفه ای ایران با مقادیر توصیه شده توسط ACGIH یکسان می باشد.

شدت میدان های الکتریکی و مغناطیسی تحت تاثیر فاصله از منبع قرار می گیرد و با افزایش فاصله از منبع کاهش یافته و معمولاً در اطراف منابع حضور دارند [۲]. نتایج اندازه گیری شدت میدان ها مؤید آن است که توزیع میدانها یکنواخت و خطی نبوده بطوریکه در برخی ایستگاهها با دور شدن از منبع، شدت میدان افزایش یافته است و در مورد میدانهای مغناطیسی، نتایج بررسی نشان دهنده این موضوع می باشد. این مسئله بعلت نزدیکی تجهیزات مولد میدان در پست های فشار قوی و وجود چند منبع در نزدیک همدیگر بوده است زیرا میدان های الکتریکی یکدیگر را تحت پوشش قرار داده و میزان شدت بدست آمده حاصل از چند منبع مجاور می باشد و در نتیجه در فواصل بین منابع، شدت میدانها بیشتر از مناطق نزدیک هر میدان می باشد.

¹ American Conference of Governmental Industrial Hygienists

² International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection

اقدامات حفاظتی ساده شامل دیوار یا مانع اطراف منابع جهت جلوگیری از دسترسی به مناطق، موثر می باشد. بهتر است مواد هدایتی بزرگ از جمله موانع فلزی، دیواره یا ساختارهای فلزی مشابه، نزدیک خطوط انتقال الکتریکی با ولتاژ زیاد به زمین نصب شوند. خطوط الکتریکی ممکن است بطور کافی با ولتاژهای بالا باردار شوند و در صورت نزدیک شدن شخص یا تماس با مانع شوک تکان دهنده دریافت نماید. محافظت از مواجهه میدان الکتریکی ۵۰ و ۶۰ هرتز با استفاده از مواد محافظ براحتی قابل حصول است. هر چند برای کارگران مناطق میدانی خیلی زیاد قابل اجرا نمی باشد. بطور معمول در صورتیکه میدان های الکتریکی مثل پست های فشار قوی خیلی بزرگ باشند و دسترسی افراد محدود باشد استفاده از حفاظ در مقابل میدان های الکترومغناطیسی یک راه حل غیر عملی و غیر اقتصادی محسوب می شود. در صورتیکه میدان های مغناطیسی خیلی شدید باشند تنها روش حفاظتی عملی محدود نمودن میزان مواجهه افراد می باشد [۹]. بطور کل با توجه به آنکه اثرات ذهنی روانی این میدانها در مقادیر خیلی کم نیز گزارش شده لذا کاهش حتی الامکان مواجهه افراد با این میدانها به طریق مختلف مثل کاهش زمان انجام کار و نیز افزایش فاصله افراد از این میدانها با کنترل از راه دور تجهیزات و نیز آموزش پرسنل در معرض مواجهه از راهکارهای اصلی کنترل اثرات این میدانها می باشد. پیشنهاد می شود تراز توزیع میدان های الکترومغناطیسی در بین سایر ایستگاههای توان الکتریکی با ظرفیت زیاد از جمله صنایع الکتریکی، قطارهای برقی، تجهیزات عکسبرداری رزونانس مغناطیسی و وسایل خانگی و ... اندازه گیری و مورد ارزیابی قرار گیرند. تحقیقات بیشتر و در مقیاس بزرگتر از جمعیت جامع در معرض ریسک مواجهه در آینده الزامی می باشد.

طبق نتایج بدست آمده مقایسه شیوع عوارض غیر حرارتی میدان ها در جمعیت مورد بررسی در اکثر موارد بجز خشکی دهان، در گروه مورد بیشتر از گروه شاهد بوده است. شیوع بیشتر علائمی از قبیل وزوز گوش، کاهش شنوایی، سرگیجه، سردردهای غیر معمول، اضطراب، علائم افسردگی، کم خوابی، بیخوابی و پریدن از خواب در گروه مورد نسبت به گروه شاهد از لحاظ آماری معنی دار بوده است ($p < 0/05$). البته برخی علائم دیگر مثل فراموشی موقت، عدم تمرکز، پرخاشگری، تغییر در ضربان قلب، ریزش و سفید شدن مو، گرگرفتگی دست و پا و خشکی دهان تفاوت چندانی از لحاظ میزان شیوع در دو گروه مورد و شاهد نداشته اند ($p > 0/05$). با توجه به کم بودن تعداد افراد مورد بررسی، حصول چنین نتایجی قابل پیش بینی بوده است.

طبق مطالعات انجام گرفته در سال ۲۰۰۲ توسط NIOSH مشخص شده است که مواجهه با میدان های الکتریکی و مغناطیسی با فرکانس بی نهایت کم، سبب تغییر برخی هورمون های درون ریز در انسان می گردد و برخی عوارض ادراکی مانند کاهش قوه درک و تمرکز و افسردگی را به دنبال خواهد داشت [۱۲]. همچنین مطالعه صورت گرفته در نوامبر ۲۰۰۳ توسط انجمن بهداشت محیط (EHS) طی ارزیابی و بررسی میدان ها با فرکانس ۵۰ و ۶۰ هرتز، سرگیجه، سر درد، حالت تهوع و احساس طعم فلز در دهان را گزارش نمودند [۲۳] که با بعضی از نتایج بدست آمده مطالعه حاضر همخوانی دارد. بررسی بروز عوارض در افراد مورد مواجهه میدانهای الکترومغناطیسی نشانگر ایجاد اختلال در وضعیت خواب این افراد بوده است. مطالعات مشابه نیز بیانگر آن است که مواجهه با میدان مغناطیسی با شدت ۱۰ میلی گوس موجب کاهش مدت زمان خواب می شود که علت اصلی آن کاهش ترشح هورمون ملاتونین (هورمون القاء کننده خواب) می باشد [۲۴] و به نوعی تأیید کننده نتیجه تحقیق حاضر است.

منابع

1. London SJ, Thomas DC, Bowman JD, Sobel E, Cheng TC, Peters JM. Exposure to residential electric and magnetic fields and risk of childhood leukemia. *Am J Epidemiol.* 1991;134(9):923-37.
2. Habash RWY. *Electromagnetic Fields and Radiation. Human Bioeffects and Safety 2001*; New York: Marcel Dekker.
3. Knave B. *Electromagnetic Fields and Health Outcomes.* *Ann Acad Med Singapore.* 2001 Sep;30(5):489-93.
4. Vena JE, Freudenheim JL, Marshall JR, Laughlin R, Swanson M, Graham S. Risk of premenopausal breast cancer and use of electric blankets. *Am J Epidemiol.* 1994;140(11):974-9.
5. Wertheimer N, Leeper E. Electrical wiring configurations and childhood cancer. *Am J Epidemiol.* 1979 Mar;109(3):273-84.
6. Meinert R, Michaelis J. Meta analyses of studies on the association between electromagnetic fields and childhood cancer. *Radiat Environ Biophys.* 1996;35(1):11-8.
7. Measurement of extremely low frequency electric and magnetic fields beneath 66 kV power lines at Burnside Park, Christchurch. Technical report, 2005. Available at: <http://www.nrl.moh.govt.nz/faq/burnsidepark.pdf>. Accessed Nov 10, 2011.
8. Olden K. NIEHS REPORT on Health Effects from Exposure to Power-Line Frequency Electric and Magnetic Fields. Prepared in Response to the 1992 Energy Policy (PL 102-486, Section 2118) NIH Publication 1992; 99: 44-93. Available at: http://www.niehs.nih.gov/health/assets/docs_f_o/health_effects_from_exposure_to_powerline_frequency_electric_and_magnetic_fields.pdf. Accessed Nov 10, 2011.
9. ELECTROMAGNETIC FIELDS AND PUBLIC HEALTH: EXTREMELY LOW FREQUENCY (ELF). Available at: <https://apps.who.int/inf-fs/en/fact205.html>. Accessed Nov 10, 2011.
10. A.I.H. Association, Extremely Low Frequency (ELF) Fields. AIHA Nonionizing Radiation Committee 1993. Available at: http://www.aiha.org/news-pubs/govtaffairs/Documents/whitepaper02_ELFs.pdf. Accessed Nov 10, 2011.
11. *Electromagnetic Fields and Public Health: Physical Properties and Effects on Biological Systems.* Available at: <https://apps.who.int/inf-fs/en/fact182.html>. Accessed Nov 10, 2011.
12. IARC Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 1: static and extremely low-frequency (ELF) electric and magnetic fields. *IARC Monogr Eval Carcinog Risks Hum.* 2002;80:1-395.
13. Miyakoshi J. Biological responses to extremely low-frequency electromagnetic fields. *J Dermatol Sci.* 2006; 2(1):S23-S30.
14. Marino AA, Becker RO, Biological effects of extremely low frequency electric and magnetic fields: a review. *Physiol Chem Phys.* 1977;9(2):131-47.
15. Savitz DA, Liao D, Sastre A, Kleckner RC, Kavet R. Magnetic field exposure and cardiovascular disease mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol.* 1999 Jan 15;149(2):135-42.
16. Sahl J, Mezei G, Kavet R, McMillan A, Silvers A, Sastre A, et al. Occupational magnetic field exposure and cardiovascular mortality in a cohort of electric utility workers. *Am J Epidemiol.* 2002 Nov 15;156(10):913-8.
17. Miller AB, Green LM. Anthony B. Miller and Lois M. Green, Electric and magnetic fields at power frequencies. *Chronic Dis Can.* 2010;29 Suppl 1:69-83.
18. HI-3604 ELF Survey Meter| ETS-Lindgren. Available at: <http://www.ets-lindgren.com/page/?i=HI-3604>. Accessed Nov 10, 2011.
19. Bowman JD, Kelsh MA, Kaune WT. *Manual for measuring occupational electric and magnetic field exposures.* U.S. Dept. of Health and Human Services, Public Health Service, Centers for Disease

- Control and Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, Division of Biomedical and Behavioral Sciences; 1998.
20. U.S. Congress, Office of Technology Assessment, Biological Effects of Power Frequency Electric & Magnetic Fields, Background Paper, OTA-BP-E-53. Washington, DC: U.S. Government Printing Office; May 1989.
 21. American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH). Threshold limit value for chemical substances and physical agents and biological exposure indices. ACGIH WORLDWIDE 2005.
 22. National Institute of Environmental Health Sciences. Electric and magnetic fields associated with the use of electricpower, 2002; NIEHS/DOE EMF RAPID Program. Available from: http://www.niehs.nih.gov/health/assets/docs_p_z/results_of_emf_research_emf_questions_answers_booklet.pdf
 23. Environmental Health Society, Nonionizing Radiation and Fields (electromagnetic Fields and Radiation with Frequency below 300 GHz). ES&H Manual 2003.
 24. International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection(ICNIRP), Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields(up to 300GHz). Health Physics. 1998; 74(4):494-523.