

اختلالات اضطرابی شاغلین در معرض میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس بی‌نهایت کم (ELF-EMF) در صنایع فولاد

سیامک پورعبدیان^{*} MD، پرستو گلشیری^۱ MD، احسان حبیبی^۱ PhD

آدرس مکاتبه: گروه بهداشت حرفه‌ای، دانشکده بهداشت، دانشگاه علوم پزشکی اصفهان، اصفهان، ایران

pourabdian@hlth.mui.ac.ir

تاریخ اعلام قبولی مقاله: ۱۳۸۷/۱۰/۱

تاریخ دریافت مقاله اصلاح شده: ۱۳۸۷/۳/۸

تاریخ اعلام وصول: ۱۳۸۶/۴/۲۴

چکیده

اهداف. میدان‌های الکترومغناطیسی، محصول حرکت بارهای الکتریکی در محیط‌های هادی هستند. اگرچه امواج ماوراءبنفش و مادون قرمز دارای عوارض جسمی بر موجودات زنده هستند، امروزه تاثیرات میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس خیلی پایین توجه دانشمندان و محققین را بیشتر به خود جلب نموده است. مطالعه حاضر با هدف بررسی اثرات تماس با این میدان‌ها بر بروز اختلالات خلقی و اضطرابی و سردرد در شاغلین صنایع ذوب فلزی انجام شده است.

روش‌ها. در تحقیق حاضر که به صورت مقطعی انجام شد، ۱۰۳ نفر از شاغلین بخش‌های انرژی، خطوط انتقال قدرت و کوره‌های قوس الکتریکی حضور داشتند. ۱۰۶ نفر از پرسنل بخش‌های تصفیه‌خانه، نورد سرد و نورد گرم به عنوان گروه شاهد انتخاب شدند. افراد بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ صبح از نظر بروز اختلالات عصبی- روانی مورد معاینه و ارزیابی قرار گرفته و به پرسش‌نامه شکایات و علائم اختلالات خلقی- اضطرابی پاسخ دادند.

یافته‌ها. بین گروه‌های آزمون (۷٪) و شاهد (۱۱٪)، تفاوت معنی‌داری در توزیع فراوانی اختلالات خلقی دیده نشد ($p > 0.05$) اما در زمینه اختلالات اضطرابی ($p < 0.02$) و بروز سردرد ($p < 0.001$)، تفاوت بین دو گروه معنی‌دار ارزیابی شد. بروز سردرد شدید که نیاز به مراقبت‌های پزشکی داشت فقط در گروه آزمون مشاهده گردید (۴ مورد).

نتیجه‌گیری. اختلالات اضطرابی و دستگاه عصبی مرکزی، در افرادی که تماس طولانی‌مدت با میدان‌های الکترومغناطیسی دارند بیشتر از حد معمول مشاهده می‌شوند و شاغلینی که با میدان‌های ELF-EMF با شدت بالا (بیش از ۰/۰۱ میلی‌تسلا) تماس دارند، در معرض خطر بیشتری هستند.

کلیدواژه‌ها: میدان‌های الکترومغناطیس، اختلالات اضطرابی، صنایع فولاد

مقدمه

میدان‌های الکترومغناطیسی، محصول وجود و حرکت بارهای الکتریکی در محیط‌های هادی است. این میدان‌ها در تمامی محیط‌های زندگی روزمره قابل مشاهده و اندازه‌گیری بوده، تابعی مستقیم از اختلاف پتانسیل (V) و تابعی از شدت جریان (I) هستند. علاوه بر متغیرهای ذکر شده، فرکانس جریان الکتریسیته مصرفی در تولید میدان‌های الکترومغناطیسی نقش دارد [۱]. در یک سو میدان‌ها با فرکانس‌های پایین (ELF) ۱-۳۰۰ سیکل در ثانیه (Hz) و در سوی دیگر، میدان‌های با فرکانس‌های خیلی بالای ۱۰۲۰ سیکل در ثانیه که شامل امواج اشعه‌های X و γ و امواج کیهانی هستند قرار دارند.

در حال حاضر نتایج تحقیقات و مطالعات علمی طی چند دهه گذشته، نشان‌دهنده عوارض متفاوت این امواج است [۲] و بیشترین تاثیرات مشاهده شده مربوط به دو سوی طیف آنهاست. طیف امواج الکترومغناطیس با فرکانس خیلی بالا دارای چنان انرژی القایی هستند که می‌توانند پیوندهای مولکولی در سطح ژنوم موجود زنده را به‌طور مستقیم تخریب نمایند [۲، ۳]. گرچه امواج ماورابنفش و مادون قرمز نیز دارای عوارض جسمی بر موجودات زنده هستند، امروزه تاثیرات میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس خیلی پایین (ELF)، توجه دانشمندان و محققین را بیشتر جلب نموده است که دلایل مختلفی دارد. یکی از مهم‌ترین دلایل، کثرت روزافزون منابع این میدان‌ها، به‌علت گسترش صنعت و تکنولوژی و از سوی دیگر عدم وجود علائم هشداردهنده و نبود راه‌کارهای کنترلی مناسب است [۴، ۵]. افراد شاغل در مجاورت خطوط انتقال نیرو و صنایع ذوب فلزات، به‌واسطه وجود کوره‌های القایی و نیز فرآیند الکترولیز، شدت میدان مغناطیسی تا ۵۰ میلی‌تسلا را تجربه می‌کنند [۲]. ماشین‌های جوشکاری قوی با جریان بالا، کوره‌های القایی سلول‌های تجزیه و پالایش الکتریکی و دستگاه‌های نقطه‌جوش از دیگر منابع شناخته شده این میدان‌ها هستند [۲، ۴].

میدان مغناطیسی حاصل از خط انتقال قدرت عمود بر محور آن و خود دارای سه مولفه عمود بر هم است. شدت مغناطیسی در سطح زمین، زیر خط انتقال قدرت ۵۰۰ کیلوولت، ۳۵ میکروتسلا به ازای هر کیلو آمپر است [۶]. وقتی بدن انسان در میدان الکتریکی متغیر با فرکانس ۵۰ تا ۶۰ سیکل در ثانیه قرار می‌گیرد می‌توان فرض کرد که در هر لحظه، میدان‌های الکتریکی حاصل از بارهای الکتریکی در سطح بدن نیز تغییر می‌کنند. این تغییرات باعث ایجاد جریان‌های القایی از سطح بدن به داخل آن می‌شوند [۴]. میدان الکتریکی معادل یک کیلو ولت بر متر، می‌تواند باعث ایجاد جریان القایی برابر با ۱۴ میکروآمپر در بدن انسان شود [۷]. در سال ۱۹۹۷ سازمان سلامت جهانی اولویت‌های تحقیقاتی خود در مورد میدان‌های الکترومغناطیس ELF را تا سال ۲۰۰۲ مشخص کرد [۵]. سیستم عصبی مرکزی

با توجه به میزان فعالیت الکتروشیمیایی، کثرت سلول‌های عصبی و تعداد سیناپس‌های عصبی از اندام‌های بالقوه حساس به میدان‌های الکترومغناطیسی در نظر گرفته می‌شود. تا جایی که نتایج مطالعات آینده‌نگر نشان می‌دهد که بیماری‌های سیستم عصبی مرکزی به‌خصوص بیماری‌هایی مانند زوال عقل یا بیماری اسکروز آمیوتروفیک جانبی، با تماس با میدان‌های الکترومغناطیس رابطه دارند [۴، ۸، ۹، ۱۰]. از دیگر عوارض عصبی - روانی می‌توان به مشکلات خلقی اشاره نمود. سازمان سلامت جهانی، بروز اختلالات خلقی و خستگی ذهنی پس از تماس با منابع میدان‌های ELF را مطرح نمود [۲، ۵]. تغییرات رفتاری و بروز شکایاتی مانند سردرد و عصبانیت در مطالعات گذشته‌نگر مورد بررسی قرار گرفته و توزیع فراوانی این اختلالات تا ۸/۶۵٪ ارزیابی می‌شود [۷]. مطالعه حاضر بر ارتباط بین تماس میدان‌های الکترومغناطیس با فرکانس بی‌نهایت پایین و بروز اختلالات خلقی و اضطرابی و سردرد در شاغلین صنایع ذوب فلزی متمرکز شده است.

مواد و روش‌ها

ساختار اصلی این تحقیق متکی بر مشخص کردن گروه‌هایی که در معرض میدان‌های الکترومغناطیسی قوی شامل میدان‌های حاصل از خطوط انتقال نیرو با ولتاژ بالا و نیز میدان‌های حاصل از کوره‌های قوس الکتریکی ذوب فولاد مستقر در صنعت هستند، بود. کارکنان این قسمت‌ها به‌علت ماهیت شغل خود، مجبور به حضور در میدان‌های الکترومغناطیسی بودند که مطابق با استانداردهای موجود از میدان‌های الکترومغناطیس با شدت بالا هستند [۱]. در تحقیق حاضر که به‌صورت مقطعی انجام گرفته، تعداد ۱۱۳ نفر از شاغلینی که در قسمت انرژی و خطوط انتقال قدرت و همچنین کوره‌های قوس الکتریکی مجتمع صنعتی فوق اشتغال داشتند، به‌عنوان افراد گروه آزمون در نظر گرفته شدند که انتخاب این تعداد بر اساس شاخص‌های آماری در مطالعات قبلی بود [۷]. میانگین تماس این گروه با میدان‌های الکترومغناطیس برحسب پست کاری مربوطه ۰/۰۸ میلی‌تسلا بود (۰/۱ تا ۰/۴ میلی‌تسلا). اندازه‌گیری فوق با آنالیزور HI3604 انجام شد. میزان تماس از وضعیت نسبتاً ثابت در شاغلین کوره‌های قوس الکتریکی تا وضعیت متغیر در کارکنان خطوط انتقال در تغییر بود. با توجه به سن، سابقه کار و انجام نوبت‌کاری در افراد این گروه، تعداد ۱۰۵ نفر از پرسنل قسمت‌های تصفیه‌خانه، نوردسرد و نوردگرم به‌عنوان گروه شاهد انتخاب شدند. تفاوت میانگین سن دو گروه آزمون و شاهد معنی‌دار نبود؛ این مقادیر در گروه آزمون ۳۸/۱ و در گروه شاهد ۳۸/۴ سال بود (جدول ۱). میانگین سابقه کار در گروه آزمون ۱۳/۵ و در گروه شاهد ۱۴/۷ سال برآورد گردید؛ مقدار انحراف معیار برای دو گروه به‌ترتیب ۳/۵ و ۳/۲ سال محاسبه شد.

جدول ۱) توزیع فراوانی میانگین سن گروه‌های مورد مطالعه

گروه	میانگین (سال)	تعداد	Std. Deviation	Std. Error
مورد	۳۸/۱۴	۱۱۳	۳/۵۴	۰/۳۳
شاهد	۳۸/۴۳	۱۰۵	۳/۱۶	۰/۳۰

حداکثر میزان تماس به‌دست‌آمده در این گروه ۰/۰۰۲ میلی‌تسلا بود (نورد گرم). افراد با مراجعه به واحد معاینه بین ساعت ۱۰ تا ۱۲ صبح، پس از انجام معاینه فیزیکی از نظر بروز اختلالات روانی مورد معاینه و ارزیابی قرار گرفتند. علاوه بر معاینه، پرسش‌نامه مربوط به شکایات و علایم اختلالات خلقی، اضطرابی توسط محققین تکمیل شد.

نتایج

با بررسی نتایج حاصل از معاینات بالینی و انجام معاینات روان پزشکی، در دو گروه آزمون و شاهد تفاوت معنی‌داری بین توزیع فراوانی اختلالات خلقی وجود نداشت ($p > 0/05$) (جدول ۲). این به آن معناست که پس از یکسان‌سازی این دو گروه، عوامل محیطی نقش یکسانی در بروز احتمالی اختلالات خلقی داشتند.

جدول ۲) توزیع فراوانی اختلالات خلقی در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	تعداد	سالم	خفیف	شدید
مورد	۱۱۳	۱۰۶	۵	۲
شاهد	۱۰۵	۹۲	۱۲	۱

در مطالعه انجام شده توزیع فراوانی متغیر خلقی در دو گروه تفاوت معنی‌داری نشان نداد. (آزمون مجذورکای $p > 0/05$)

نشان‌دهنده این واقعیت است که تماس با میدان‌های الکترومغناطیس ELF-EMF به‌میزان ۲/۰۷ برابر، باعث افزایش بروز اختلال اضطرابی در افراد می‌شوند ($p < 0/02$) (جدول ۳). با بررسی نتایج مطالعه حاضر، بین بروز سردرد در دو گروه مورد مطالعه تفاوت معنی‌دار مشاهده شد ($p < 0/001$). میزان خطر نسبی بروز سردرد در افراد در معرض، ۴/۷ برابر افراد بدون تماس محاسبه گردید. گرچه این میزان، فارغ از تاثیر عوامل دیگری که در مطالعه به‌صورت ناخواسته وجود داشتند نیست، با این حال با در نظر گرفتن شرایط گروه‌های مورد مطالعه و حذف عوامل نوبت‌کاری و حجم نمونه کافی از افراد تحت بررسی به‌عنوان متغیرهای مخدوش‌کننده، می‌توان نتیجه گرفت که تماس با میدان‌های الکترومغناطیس باعث افزایش احتمال بروز سردرد در انسان می‌شود (جدول ۴).

جدول ۳) توزیع فراوانی بروز اضطراب در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	اضطراب		جمع
	خفیف	شدید	
مورد	۳۶	۷	۱۱۳
شاهد	۲۰	۱	۱۰۵

توزیع فراوانی بروز اضطراب در دو گروه به شکل معنی‌داری تفاوت نشان داد. (آزمون مجذورکای $p < 0/002$)

جدول ۴) توزیع فراوانی بروز سردرد در گروه‌های مورد مطالعه

گروه	سالم	سردرد		جمع
		خفیف	شدید	
مورد	۶۲	۴۷	۴	۱۱۳
شاهد	۹۵	۱۰	۰	۱۰۵

توزیع فراوانی بروز سردرد در گروه‌های مورد مطالعه به شکل معنی‌داری متفاوت بود. (آزمون مجذورکای $p < 0/001$)

بحث

در مطالعات آزمایشگاهی، تحت تاثیر میدان‌های الکترومغناطیس قرار گرفتن بافت زنده، همانند دیگر اجسام، به علت ماهیت القایی این میدان‌ها ثابت شده است. این امر در گزارشات مراجع بین‌المللی مانند سازمان سلامت جهانی نیز منعکس شده است [۵]. مطابق آنچه ذکر شد و با توجه به نتایج حاصل از بررسی انجام‌شده می‌توان نتیجه گرفت که اختلالات اضطرابی و اختلالات دستگاه عصبی مرکزی مانند سردرد، به‌دنبال تماس طولانی‌مدت با میدان‌های الکترومغناطیس بیش از حد عادی در جامعه مشاهده می‌شود. شاغلینی که با میدان‌های ELF-EMF با شدت بالا (بیش از ۰/۰۱ میلی‌تسلا) تماس دارند و در مطالعه حاضر ارزیابی شدند دچار این عوارض بودند.

اختلالات خلقی به ناهنجاری زمانی، افسردگی و اختلال خلقی دوقطبی تقسیم می‌شوند. توزیع فراوانی این اختلالات دو گروه آزمون حدود ۷٪ و در گروه شاهد ۱۱٪ بود که تقریباً مطابق با مقادیر ذکرشده در جامعه است. با توجه به تنوع نرم‌افزاری موجود برای ارزیابی و تقسیم‌بندی این اختلالات، به‌نظر نمی‌رسد که با بررسی‌های بیشتر، این مقادیر تغییر چشمگیری داشته باشند. نتایج حاصل از ارزیابی بالینی مطالعه حاضر، نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در فراوانی اختلالات اضطرابی بود ($p < 0/02$). ۳۶/۸٪ از افراد گروه آزمون دچار اضطراب خفیف تا متوسط بودند؛ این میزان در گروه شاهد ۱۹٪ بود. فراوانی اختلالات اضطراب شدید در گروه آزمون ۶٪ و در گروه شاهد کمتر از ۱٪ بود. وجود تفاوت واضح بین دو گروه، می‌تواند نشان‌دهنده آن باشد که تماس با میدان‌های الکترومغناطیس در بروز اختلال اضطرابی تاثیرگذار است. گرچه میزان خطر نسبی در زیرگروه‌های شغلی افراد مورد مطالعه متفاوت است، با توجه به تعداد ناکافی افراد در این زیرگروه‌ها نمی‌توان نتیجه‌گیری کاملی به‌دست آورد. با این حال محاسبات آماری

- 3- Blackman CF, Benane SG, Kinney LS, House DE, Joines WT. Effects of ELF fields on calcium ion efflux from brain tissue in vitro. *Radiat Res.* 1982;(92):510-20.
- 4- Floderous B, Persson T, Stenlund C. Magnetic fields exposure in the workplace reference distribution and exposure in occupational groups. *Int J Occup Environ Health.* 1996;(2):226-38.
- 5- Savitz DA, Loomis DP. Magnetic Field exposure in relation to leukaemia and brain cancer mortality among electric utility workers. *Am J Epidemiol.* 1995;(141):123-34.
- 6- Feychting M, Pedersen NI, Svedberg P, Floderus B, Gatz M. Dementia and occupational exposure to magnetic fields. *Scand J work Environ Health.* 1998;(24):46-53.
- 7- Gavalas RJ, Walter DO, Hamer J, Adey WR. Effect of low level low-frequency electric fields in EEG and behavior in *Macaca nemestrina*. *Brain Res.* 1990;(18):491.
- 8- Lacy-Hullbert A, Metcalfe JC, Hesketh R. Biological responses to magnetic fields. *FASEB J.* 1998;(12):395-420.
- 9- NRPB. Electromagnetic Fields and the risk of cancer. Supplementary report by the Advisory Group on Non-ionizing Radiation. (12 April 1994). *Dos NRPB.* 1992;5(2):77-81.
- 10- NRPB. ELF Electromagnetic Fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non- ionizing Radiation. *Dos NRPB.* 2001;12(1):1-179.
- 11- Ahlbom A. Neurodegenerative disease, suicide and depressive symptoms in relation to EMF. *Bioelectromagnetics.* 2001;5:132-43.
- 12- Savitz DA, Checkoway H, Loomis DP. Magnetic Field exposure neurodegenerative disease among electric utility workers. *Epidemiology.* 1998b;(9):398-404.
- 8- Goedert M, Hasegawa M. The tauopathies: toward an experimental animal model. *Am J Pathol.* 1999;(154):1-6.
- 9- Hamilton CA, Hewitt J, McLaughlan KA. High resolution studies of the effects of magnetic fields on chemical reactions. *Molphys.* 1988;(65):423-38.
- 11- Li CM, et al. Effects of extremely low magnetic fields at differing intensity on gap junction communication. In: 1996 *Bioelectromagnetics Conference Transactions.* 1996.
- 12- NRPB. Electromagnetic Fields and the risk of cancer. Report of an Advisory Group on Non- ionizing Radiation. *Dos NRPB,* 1992;3(1):1-138.

مطالعات آهلبوم (Ahlbom) و فلودروس (Floderous) تاییدکننده نتایج مطالعه حاضر هستند؛ بدین معنی که تماس با میدان‌های الکترومغناطیس، باعث افزایش بروز شکایات مرتبط به دستگاه سیستم عصبی مرکزی (مانند سردرد) می‌شود [۴، ۱۱]. در مقابل، بر اساس مطالعه گاوالاس (Gavalas) و ساویتز (Savitz)، تماس با ELF باعث تفاوت معنی‌دار در بروز اختلالات خلقی و رفتاری می‌شود که با نتایج این مطالعه مغایرت دارد [۷، ۱۲]. فیچتینگ (Feychting) نیز در مطالعه خود، رابطه بین بروز اختلالات خلقی و تماس با میدان‌های الکترومغناطیس را نشان می‌دهد که با نتایج مطالعه حاضر هم‌سوئی ندارد [۶].

نتیجه‌گیری

صرف‌نظر از آثار سوء این اختلالات بر کیفیت مطلوب زندگی و بهره‌وری شغلی، این علایم موید تحت تاثیر قرار گرفتن سیستم عصبی مرکزی در تماس با این میدان‌ها است که از طرفی لزوم انجام تحقیقات بیشتر در این مورد را آشکار ساخته و از طرف دیگر، انجام برنامه‌های پایش پزشکی و محیطی مناسب در افراد در معرض ELF- EMF را ضروری می‌سازد.

منابع

- 1- Blackman CF, Benane SG, Rabinowitz JR, House DE, Joines WT. A role for the magnetic field in the radiation induced efflux of calcium ions from brain in vitro. *Bioelectromagnetics.* 1985;(8):215-27.
- 2- Davanipour Z, Sobel E, Bowman JD, Qian A, Will AD. Amyotrophic lateral sclerosis and occupational exposure to electromagnetic fields. *Bioelectromagnetics.* 1997;(18):25-35.