مـجلـه علمـــی پـژوهشـی دانشـگـاه علـوم پزشـکـی اردبیـــل

دوره ششم، شماره چهارم، زمستان ۱۳۸۵، صفحات ۳۵۷ تا ۳۶۲

بررسی اثرات پیراستام در اختلالات تثبیت حافظه ناشی از قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی

شیرین ببری [۱] ، ***ناصر خلجی*** [۲]

[۱] نویسنده مسئول: استادیارگروه فیزیولوژی دانشکده پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز **E-mail:** shirinb46@yahoo.com

[۲] کارشناس ارشد فیزیولوژی

چکیده

زمینه وهدف: پیراستام از ترکیبات محرک مغزی است که عملکرد سیستم عصبی را تقویت می کند. تشکیل حافظه ترکیبی از روندهای مختلف است که عوامل متفاوتی قادر به اختلال در آن هستند. با توجه به افزایش احتمال قرارگیری در معرض میدانهای مغناطیسی در سالهای اخیر واثرات مطرح این میدانها برروندتثبیت حافظه مطالعه مذکور طرح ریزی گردید تا نقش این دو عامل در ارتباط با حافظه مشخص شود.

روش کار : دراین مطالعه یازده گروه ده تایی از موش های سفید صحرایی نر، نژاد ویستار با متوسط وزنی ۲۵±۲۷۵ گرم و سن ٤-۳ ماه انتخاب گردید. گروه کنترل توسط روش اجتناب غیر فعال آموزش دیده، و۲٤ ساعت بعد آزمون شدند. چهار گروه از موش ها جهت بررسی اثرات میدان مغناطیسی بلافاصله پس از آموزش به ترتیب برای مدت ۸و٦،٤،۱ساعت در معرض میدان مغناطیسی با شدت ۵ میلی تسلا و ۵۰ هرتز قرار گرفتند. شش گروه دیگر یک ساعت قبل از آموزش، پیراستام با دو دوز ۲۵۰ میلی گرم بر کیلو گرم و ۵۰۰ میلی گرم بر کیلوگرم به فرم خوراکی دریافت نموده وبلافاصله پس از آموزش برای مدت ٨،٦،٤ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرارگرفتند. آزمون فراخوانی در تمام گروهها ۲٤ ساعت بعد از آموزش صورت گرفت.

یافته ها: قرارگیری موش ها در معرض میدان مغناطیسی برای مدت یکساعت اثر معنی داری بر تثبیت حافظه نداشت در حالیکه اعمال میدان مغناطیسی درسه گروه دیگردر مقایسه با گروه کنترل به طور معنی دار تثبیت حافظه را مختل نمود($p<۰/۰۵$).تجویز پیراستام با دو دوز ذکر شده در گروههای فوق اثر معنی داری در بهبودتثبیت حافظه داشت($p<۰/۰۵$).

نتیجه گیری: قرارگیری در معرض میدان مغناطیسی با شدت کم به صورت حاد قادر به جلوگیری از تثبیت حافظه است واستفاده از پیراستام از بروز اختلالات ناشی از میدان مغناطیسی برتثبیت حافظه جلوگیری می کند.

واژه های کلیدی: تثبیت حافظه، فراخوانی، یادگیری، میدان الکترومغناطیسی، پیراستام

دریافت: ۸٤/۸/۲۸ **پذیرش:** ۸۵/۷/۱۷

مقدمه

وسایل وتجهیزات الکتریکی قادر به تولید میدانهای الکترو مغناطیسی هستند، این میدانها به عنوان خطوط نیروی غیر قابل رویت که وسیله الکتریکی را احاطه می کنند تعریف شده اند [۱]. با توجه به گستردگی استفاده از لوازم برقی در کشورهای صنعتی در سال های اخیر، احتمال تاثیر این میدان ها بر سیستمهای بیولوژیک، از جمله سیستم عصبی مرکزی مورد توجه قرار گرفته است. در مطالعات اپیدمیولوژیک عوارض جانبی مربوط به میدان های الکترومغناطیسی بیشتر در زمینه تومورهای مغزی،سرطان پستان و لوسمی بوده است[٤،۳،۲].اما مطالعات تجربی جدید بیشتر در جهت ارزیابی این اثرات بر EEG [۵]، اعمال شناختی[۶]، آزادسازی نوروترانسمیترها[۷]،نفوذ پذیری سد خونی- مغزی و نفوذپذیری عروق متمرکز شده است [۸].

www.SID.ir

نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته در رابطه با تاثیرات میدان های الکترومغناطیسی بر روی حافظه تا حدودی متناقض بوده و نیاز به بررسی بیشتر در این مورد وجود دارد. بر اساس یک گزارش قرارگیری موشهای صحرایی [1] در معرض میدان مغناطیسی باعث بروز فراموشی قبلی[2] در یادگیری اجتنابی غیر فعال شده است [۹] در حالیکه گزارش دیگری مبنی بر عدم تاثیر میدان های الکترومغناطیسی در حافظه وجود دارد[۱۰].

چنین به نظر می‌رسد که در مطالعات مختلف صورت گرفته در این زمینه احتمالا شدت میدان مغناطیسی و مدت زمان قرار گیری در معرض میدان منجر به نتایج مختلف گردیده است و انجام تحقیقات بیشتر در این زمینه جهت تعریف معیارهای خاص لازم است.

نزدیک به سه دهه ازکشف ترکیبات محرک مغزی شامل پیراستام می گذرد. این داروها جهت افزایش توانایی های سیستم عصبی در روندهای شناختی و حافظه و بیماری های مختلفی از جمله الکلیسم، سکته، سرگیجه، دیسلکسی ومشکلات مشابه مورد استفاده قرار می گیرند[۱۱].

پیراستام از مشتقات گابا است، امادلایلی مبنی بر تاثیر این دارو از طریق سیستم کلینرژیک وجود ندارد وبر اساس برخی شواهد گابا قادر به مهار یادگیری و حافظه است.بر اساس برخی تحقیقات تجویز پیراستام قبل از آموزش اجتنابی غیر فعال از فراموشی ناشی از عواملی از قبیل دی اکسید کربن،نیتروژن ،شوک الکتریکی [۱۲] وترکیبات فارماکولوژیکی نظیر اسکوپولامین جلوگیری می نماید[۱۳].

مطالعه بر این اساس طرح‌ریزی گردید تا مشخص گردد آیا پیراستام قادر به تاثیر برتثبیت حافظه در موشهای صحرایی که در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته‌اند می‌باشد.

[1] Rat
[2] Retrograde Amnesia

روش کار

جهت انجام آزمایشات از موشهای سفید صحرایی نر نژاد ویستار با متوسط وزنی g ۲۵±۲۷۵ و سن ۳ الی ٤ ماه استفاده شد. موشها به طور تصادفی در گروه های ده تایی مورد آزمایش قرار گرفتند. در طول انجام آزمایشات موش ها در قفس های پنج تایی نگهداری شده و دسترسی آزادانه به آب و غذا داشتند. دمای حیوان خانه $22\pm1^{o}C$ بوده وسیکل نور وتاریکی ۱۲ ساعت در آن رعایت گردید.

برای آموزش موش ها از دستگاه آموزش اجتنابی غیر فعال[1] استفاده گردید. محفظه این دستگاه از دو اتاقک مجزا تشکیل شده است که توسط یک در گیوتینی به ابعاد 8×8 cm از هم جدا می‌شوند، داخل درب یک گیرنده مادون قرمز تعبیه شده است که عبور موش از حد فاصل در را به سیستم اطلاع داده و سبب قطع زمان سنج عبور می‌گردد. کف هر کدام از این دو اتاقک میله‌هایی به قطر ۳ میلی متر با فاصله ۱ سانتی متر از هم قرار گرفته‌اند. ابعاد هر اتاقک ۲۰× ۲۱×۳۰ سانتی متر بوده و بالای آن یک لامپ ۱۲ ولت، ۱۰ وات وجود دارد.

موش ها یک ساعت قبل از آموزش در محفظه روشن قرار داده شده و ۱۰ ثانیه بعد، درب بین دو اتاقک محفظه باز می شد. بلافاصله بعد از ورود حیوان به محفظه تاریک درب بسته شده و حیوان از محفظه تاریک خارج شده و به قفس برگردانده شد. این عمل ۳۰ دقیقه بعد تکرار گشت. بعد از سازش بار دوم، آموزش اجتنابی غیر فعال صورت گرفت، به این ترتیب که این بار بعد از قرار گیری موش درب محفظه روشن در بین دو قسمت محفظه باز شده و بلافاصله بعد از ورود موش به قسمت تاریک، درب بین دو قسمت بسته شده و شوک الکتریکی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۰/۶۵ میلی آمپر برای مدت ۵ ثانیه اعمال گردید. بعد از ۱۰ ثانیه موش از قسمت تاریک گرفته شده و به قفس برگردانده شد. جهت اطمینان از اکتساب آموزش اجتنابی غیر فعال دو دقیقه پس از

[1] Shuttle Box

Archive of SID

www.SID.ir

آموزش بار اول آموزش رفتارموش همانند قبل آزمایش می‌شد. عدم ورود به قسمت تاریک در مدت ۱۲۰ ثانیه یادگیری مثبت در نظر گرفته می‌شد، در غیر این صورت حیوان تا یادگیری کامل شوک مجدد دریافت می‌نمود. آزمون به خاطر آوری ۲٤ ساعت پس از آموزش انجام گرفت. موش مورد آزمایش در اتاقک روشن قرار گرفته و ۵ ثانیه بعد در بین دو اتاقک قرار داده می‌شد. زمانی که طول می‌کشید تا حیوان وارد قسمت تاریک شود،به عنوان زمان تاخیر[1] یادداشت می‌گردید. موشی که در مدت ۶۰۰ ثانیه وارد بخش تاریک نمی‌شد زمان تاخیر معادل ۶۰۰ ثانیه داشت.

دستگاه مولد میدان مغناطیسی مورد استفاده براساس تئوری پیچه هلمهوتز[3] ساخته شده است. شدت میدان مغناطیسی که موش ها در معرض آن قرار گرفتند، معادل ۵ میلی تسلاو فرکانس آن ۵۰ هرتز بود (شدت مورد استفاده موجب ایجاد میدان مغناطیسی ضعیف می‌شود). گروه های آزمایشی به ترتیب عبارت بودند از:

الف- گروه کنترل که فقط آموزش دیده و ۲٤ ساعت پس از آموزش تست گردید.

ب- موشهای گروه شم که بلافاصله پس از آموزش برای مدت ٤ ساعت در داخل میدان مغناطیسی خاموش قرار گرفتند.

ج- چهار گروه ده تایی از موش ها نیز بلافاصله بعد از آموزش به ترتیب برای مدت ۱، ٤، ۶ و ۸ ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته و ۲٤ ساعت بعد تست شدند.

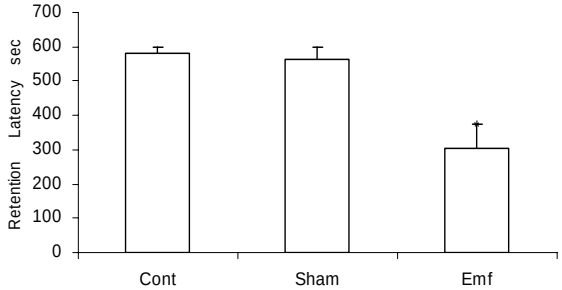
د- پیراستام با دو دوز ۲۵۰mg/kg و ۵۰۰ mg/kg از طریق خوراکی بلافاصله بعد از آموزش به موشهایی که برای مدت ٤، ۶و ۸ ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفته بودند تجویز شد. این گروه ها ۲٤ ساعت بعد از آموزش آزمون فراخوانی شدند.

بررسی آماری نتایج بدست آمده با استفاده از برنامه آماری SPSS صورت گرفت. مقایسه گروههای آزمایشی مختلف با هم توسط روش آماری آنالیز واریانس یکطرفه انجام شد و در مواردی که اختلاف معنی‌دار وجود داشت از روش Tukey برای روشن شدن اختلاف بین گروههای دوتایی استفاده گردید. رسم نمودارها با استفاده از برنامه EXCEL انجام شد.

یافته ها

نتایج بدست آمده در مورد تاثیر میدان مغناطیسی بر تثبیت حافظه در موشهایی که بلافاصله بعد از آموزش در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند بیانگر این است که تغییر مدت زمان قرارگیری در معرض میدان با شدت ثابت از عوامل موثر در بروز فراموشی است. مقایسه زمان تاخیر در موشهایی که بلافاصله بعد از آموزش برای مدت ۱ ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند (به ترتیب با میانگین زمانی ۱۷ ±۵۸۳ ثانیه و ۷۶±٤۸۵ ثانیه) با گروه کنترل تفاوت معنی‌داری نداشت.

به این ترتیب میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز در شدت ۵ میلی تسلا در مدت زمان یک ساعت اختلالی درتثبیت حافظه بوجود نیاورد. مقایسه میانگین زمان تاخیر برای موش های که مدت ٤ ساعت (۱۷±۳۰۳ ثانیه) در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند با گروه کنترل و نیز گروه شم حاکی از کاهش معنی‌دار ($p<0/05$) زمان تاخیر در پاسخهای مربوط به موش های این گروه است (شکل ۱).



شکل 1- مقایسه زمان تاخیر بین گروه کنترل، گروه شم و گروهي که بلافاصله بعد از آموزش براي مدت 4 ساعت در معرض ميدان مغناطيسي قرارگرفتند. مقادير بر حسب Mean± SEM است. P< 0.05 معني دار درنظر گرفته شده است.

[1] Retention Latency

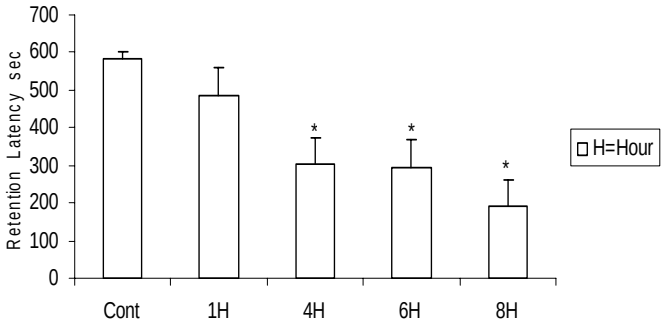
[2]

Archive of SID

www.SID.ir

به این ترتیب افزایش مدت زمان قرار گیری در میدان مغناطیسی از یک ساعت به ٤ ساعت منجر به بروز فراموشی گردید.

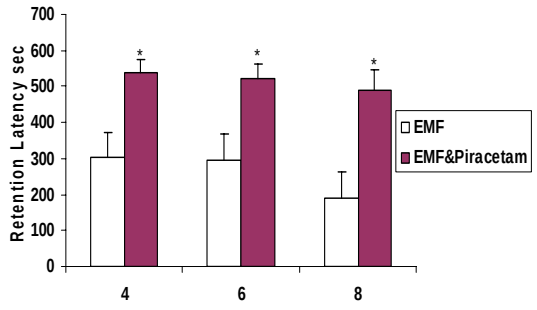
افزایش زمان قرار گیری در میدان از ٤ ساعت به ۶ ساعت زمان تاخیر را تا حدودی کاهش داد این کاهش درمقایسه با گروه کنترل معنی‌دار بود ($p<۰/۰۰۱$)، اما کاهش ایجاد شده مابین این دو گروه معنی‌دار نبود. گروه بعدی که برای مدت ۸ ساعت بلافاصله بعد از آموزش در معرض میدان مغناطیسی بودند در مقایسه با گروه کنترل کاهش قابل توجهی ($p< ۰/۰۰۱$) در زمان تاخیر نشان دادند (شکل ۲).



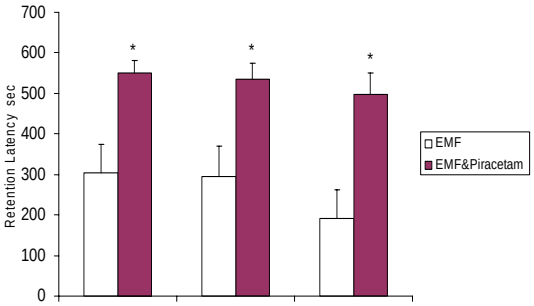
شکل 2- مقایسه زمان تاخیر بین گروه کنترل وگروههایي که بلافاصله بعد از آ موزش براي زمانهاي متفاوت در معرض میدان مغناطیسي قرار گر فتند. مقادیر بر حسب Mean± SEM است . * معني دار نسبت به کنترل .

نتایج بدست آمده در موش های که یک ساعت قبل از آموزش پیراستام با دوز ۲۵۰ mg/kg و یا ۵۰۰ mg/kg از طریق خوراکی دریافت نموده و به ترتیب برای مدت ٤، ۶ و ۸ ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفتند حاکی از افزایش معنی‌دار در زمان تاخیر در مقایسه با گروه هایی بود که تحت همین شرایط پیراستام دریافت ننمودند (شکل۳ و٤).

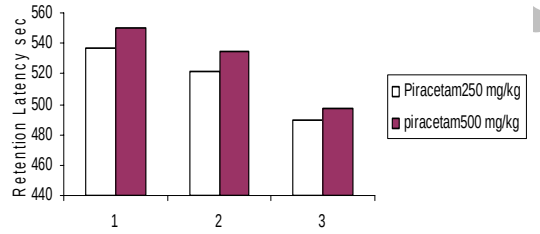
استفاده از دو دوز مختلف پیراستام در گروههای آزمایشی تفاوت معنی‌داری در زمان تاخیر ایجاد ننمود(شکل ۵).



شکل 3 - زمان تاخیر در ر ا یي که قبل از آ موزش پیراستام به میزان 250mg/Kg دریافت وبعد از آموزش در معرض میدان



شکل4 - زمان تاخیر در گروهي که 500 mg/kg دریافت نموده ودر معرض میدان قرار گرفتند در مقایسه با گروه مشابه بطور معني دار افزایش یافت. * معني دار نسبت به گروه مشابه.



شکل 5- مقایسه تاثیر دوز هاي 250 و 500 میلیگرم به ازاي هر کیلوگرم پیراستام از نظر آ ماري معني دار نبود.

بحث

شواهد بدست آمده از آزمایشات مختلف حاکی از تاثیر میدان مغناطیسی بر روندهای بیولوژیک بدن موجودات زنده است[۶]. گزارش شده است که میدانهای مغناطیسی با فرکانس پایین، به خصوص میدانهای مغناطیسی ناشی از فرکانسهای صنعتی ۵۰ و ۶۰ هرتز قادر به اعمال نفوذ در عملکرد سیستم عصبی مرکزی می‌باشند، آنها احساسات خاصی بوجود آورده، آستانه حساسیت به محرکهای حسی را کاهش می‌دهند، فعالیت الکتریکی مغز را تغییر داده، روند اکتساب

www.SID.ir

مهارتها و ذخیره اطلاعات و فراخوانی آن را دچار اختلال می‌نمایند[۱٤].

نتایج بدست آمده از این تحقیق بیانگر این است که میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۵ میلی تسلا در مدت یکساعت تاثیری بر روند تثبیت حافظه نداشته است در حالیکه قرارگیری در همین میدان برای مدت ٤ ساعت و یا بیشتر از آن از تثبیت حافظه جلوگیری نموده و منجر به بروز فراموشی گردید. براساس یک گزارش قرار گیری داوطلبین جوان مونث و مذکر برای مدت ۱ ساعت در معرض میدان مغناطیسی خیلی ضعیف با فرکانس ۵۰ هرتز و شدت ۱ میلی تسلا توام با SPL 45dB noise[1] موجب کاهش فوری در کارایی شناختی در تمرکز، درک و کارایی حافظه گردید[۱۵].

این نتیجه با یافته های به دست آمده از این تحقیق مغایر است چون در این مطالعه که بر روی رتها انجام گردیده میدان مغناطیسی در طی یک ساعت تاثیری بر تثبیت حافظه نداشت. در تحقیق دیگری که اثر میدانهای مغناطیسی با شدت ۷/۵ میکروتسلا و ۷/۵ میلی تسلا بلافاصله قبل از تست حیوان مورد بررسی قرار گرفته بود (با مدت زمان قرارگیری ٤۵ دقیقه در میدان مغناطیسی) نتایج بدست آمده نشان داد که در مجموع تاثیر معنی داری بر دقت انتخاب ایجاد نگردید[۱۶].

این گزارش در راستای نتایج بدست آمده از مطالعه حاضر می باشد. براساس نتایج بدست آمده از این تحقیق افزایش مدت زمان قرارگیری در میدان مغناطیسی ۵۰ هرتز و ۵ میلی تسلا منجر به اختلال در تثبیت حافظه گردید. مکانیسم تداخل امواج میدان مغناطیسی با روندهای مربوط به تثبیت حافظه کاملاً مشخص نیست اما برخی از تحقیقات انجام یافته حاکی از این است که این میدانها بر میزان نوروترانسمیترها در نواحی مختلف سیستم عصبی مرکزی موثرند. کابوتو[1] و همکارانش با اندازه‌گیری میزان نوروترانسمیترهایی نظیر سروتونین و متابولیت آن و نیز دوپامین و متابولیتهای آن گزارش نمودند قرار گیری مزمن در معرض میدان مغناطیسی برای مدت ۷ روز متابولیسم سروتونین را تحت تاثیر قرار می‌دهد [۷].

میدان مغناطیسی در فعالیت الکتریکی مغز نیزتداخل می نماید. نتایج مطالعه آرونسون[2] و همکارانش در سال ۲۰۰۰ تایید کننده این مطلب است[۱۷].

دوزل[3] نیز در سال ۲۰۰۰ اثر میدان مغناطیسی بر فعالیت الکتریکی مغز را تایید نمود[۸]. پس احتمالاً یکی دیگر از مکانیسم هایی که میدان مغناطیسی از طریق آن بر حافظه تاثیر می‌گذارد توسط تغییر فعالیت الکتریکی سلولهای سیستم عصبی مرکزی است. البته در این زمینه تحقیقات بیشتری جهت روشن شدن نکات مبهم مورد نیاز است. استفاده از پیراستام در این تحقیق از بروز عوارض ناشی از میدان مغناطیسی جلوگیری نمود.اما هنوز این سوال باقی است که پیراستام از طریق کدام سیستم نوروترانسمیتری و با چه مکانیسمی اثرات خود را اعمال نموده و از بروز آثار مربوط به میدان مغناطیسی جلوگیری می کند.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه میدان مغناطیسی با ویژگیهای ذکر گردیده در این آزمایش قادر است بر روندهای سیستم عصبی مرکزی تاثیر گذارده و تثبیت حافظه را دچار اختلال نماید مدت زمان قرارگیری در معرض میدان با اختلال به وجود آمده ارتباط مستقیم دارد. احتمالا میدان مغناطیسی با شدت فوق سبب تغییر در میزان نوروترانسمیترهای سیستم عصبی مرکزی شده و یا بر فعالیت بیوالکتریکی مغز اثر می کند.

پیراستام قادر به جلوگیری از عوارض فوق است، اما مکانیسم سلولی و مولکولی عملکرد آن مشخص نبوده و نیاز به تحقیق بیشتر در این زمینه می باشد.با توجه به

[1] Sound Pressure Level
[1] Kabuto

[2] Aronsson
[3] Duzel

Archive of SID

www.SID.ir

اینکه احتمال قرارگیری در معرض این گونه میـدان هـا برای تمام افراد بشری وجود دارد، مطالعات بیـشتر در مورد مکانیسم سلولی و مولکولی اثرات ذکر شده جهت دستیابی به راهکارهای مطلوب درراستای جلـوگیری از عوارض ناخواسته ضروری به نظر می رسد.

تشکر و قدر دانی

بدینوسـیله از مرکـز تحقیقـات کـاربردی دارویـی دانشگاه علوم پزشکی تبریز که هزینه این طرح را تقبـل نموده وامکانات لازم برای آزمایشات را فـراهم نمـوده اند تشکرو قدردانی می گردد. همچنین از زحمات جناب آقای علی نقی نژاد در طـی انجـام طـرح سپاسـگزاری می‌شود.

منابع

۱- نجم آبادی فریدون. فیزیک تشعشع و رادیولوژی.چاپ دوم. تهران: انتشاردفتر مرکزی جهـاد دانـشگاهی، سـال ۱۳۶۹، صفحات۴۳-۴۰.

2- Hang FT. Magnetic field effects on biomolecules, cells, and living organisms. Biosystems. 1995;36: 187-229.

3- Moulder JE. Static electric and magnetic fields and human health. Crit Rev Biomed Engineering.1998; 26: 1-116.

4- Preece AW, Hand JW, Clarke RN, Stewart A. Power frequency electromagnetic fields and health-where's the evidence? Phys Med Biol. 2000 Sep; 45(9): R 139-54.

5- Eulitz C, Sperger P,Freude G. Mobile phones modulate response patterns of human brain activity. Neuroreport. 1998 Oct 5; 9(14): 3229-32.

6- Nikolskaya kA, Shtemler VM, Savonenko AV. Weak magnetic fields and cognitive activity. Biofizica.1996 Jul-Aug; 41(4): 897-903.

7- kabuto H, Yokoi I, Mori A, Ogawa N. Effects of an in vivo 6o Hz magnetic field on monoamine levels in mouse brain. Pathophysiology.2000 Jul; 7(2): 115-19.

8- Duzel E. When, where, what: the electromagnetic contribution to the WWW of brain activity during recognition. Acta Psychol (AMST). 2000 Dec; 105(2-3): 195-210.

9- krylova IN, Dukhanin AS, II'in AB, Kuznetsova ELU, Balaeva NV, Shi manovski NL and et al. The effect of ultrahigh-frequency electromagnetic radiation on learning and memory process. Biull Eksp Biol Med. 1992Nov; 114(11):483-4.

10- Sienkiwicz ZJ, Bartram R, Haylock RG, Saunders RD. Single, brief exposure to a 50 Hz magnetic field does not affect the performance of object recognition task in adult mouse. Bioelectromagnetics. 2001 Jan; 22(1): 19-26.

11- Winblad B. Piracetam: A review of pharmacological properties and clinical uses. CNS Drug Rev.2005 summer; 11(2):169-82.

12-Christoffersen GRJ, Roloff E, Nielsen ks. Effects of piracetam on the performance of rats in delayed match- to Position task. Prog Neuro Psychopharmacol Biol Psychiatry 1998 Jan; 22(1): 211-28.

13- Ghelardini C, Galeotti N, Gualtieri F, Romanell MN. DM 235(sunofiram): a novel nootropic with potential as a cognitive enhancer. Naunyn Schmiedebergs Arch Pharmacol. 2002 Jan; 365(6): 419-26.

14- Lyskov EB, Chernyshev MV , Mikhailov VO, kozlov AP. The effect of magnetic field with the frequency of 50Hz on behavior in rats depends on the value of the constant magnetic field. Biophysics.1996; 41(4):881-86.

15- Trimmel M, Schweiger E. Effects of ELF(50HZ, 1mT) electromagnetic field(EMF) on concentration in visual attention, perception and memory including effects of EMF sensitivity. Toxicol Lett.1998 Aug; 96-97: 377-82.

16- Sienkiwicz ZJ, Haylock RG, Saunders RD. Deficits in spatial learning after exposure of mice to a 50 Hz magnetic field. Bioelectromagnetics.1998; 19(2): 79-84.

17- Aronsson P,Liljenstrom H. Non-Synaptic modulation of cortical network dynamics. Neuro computing.2000; 32-33:285-90.

18- Sienkiewicz ZJ, Haylock RG, Bartrum R. 50Hz magnetic field effects on the performance of a spatial learning task by mice. Bioelectromagnetics. 1998; 19(8): 486-93.

Archive of SID

www.SID.ir