Archive of SID

اثر میدان مغناطیسی با فرکانسهای پایین بر روی حافظه ویادگیری

غلام رضا حمزوی[1*]، کریم رستگار[2]، اسدا... ظریفکار[2]، مهدی موحدی[3]

۱- کارشناس ارشد گروه فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز،شیراز، ایران

۲- دانشیارگروه فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز،شیراز، ایران

۳- مربی گروه فیزیک پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز ،شیراز، ایران

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۸ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۳/۳۰

چکیده

مقدمه: بررسی اثرات بیولوژیک میدانهای مغناطیسی از سالها پیش موردتوجه دانشمندان بوده است و در سالیان اخیرنیز تحقیقات گسترده ای با استفاده از فرکانسها وشدتهای مختلف برروی انسان وحیوانات آزمایشگاهی انجام شده است. نتایج بدست آمده در این زمینه، که عمدتاً با استفاده ازفرکانسهای بالا انجام شده است، نشان دهنده اثرات این میدانها برروی ساختاروعملکرد سیستمهای زنده می باشد.هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر میدان با فرکانسهای پایین بر روی حافظه و یادگیری در موش صحرائی می باشد

مواد و روشها: تعداد ۶۰ موش صحرائی نربالغ از نژاد اسپراگ دالی (با وزن ۲۵۰-۲۰۰گرم) بطور تصادفی انتخاب وبه شش گروه ده تائی تقسیم شدند.گروه اول، گروه شاهد بود وگروههای ۲ تا ۶ که به ترتیب در معرض فرکانسهای۵ ،۱۰، ۱۵، ۲۵ و۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا قرار گرفتند. برای بررسی اثرات میدان بر روی یادگیری ۲۰ نوبت آزمون با استفاده از جعبه شاتل در حالیکه در بین دو بازوی مولد میدان بود و دستگاه بر روی فرکانس و شدت مورد نظر قرار داشت، انجام گردید. برای بررسی برگشت‌پذیر بودن اثرات میدان و نیز بررسی حافظه، ۲۴ ساعت بعد مجدداً ۲۰ نوبت آزمون در همان شرایط و در حالیکه دستگاه مولد میدان خاموش بوده انجام شد. پارامترهای اندازه‌گیری شده عبارتند از: تأخیر پاسخهای شرطی(latency) و تعداد پاسخهای شرطی.

نتایج: میدان با فرکانسهای ۵ ،۱۰،۱۵ و۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا بر روی یادگیری وحافظه اثری ندارد اما فرکانس ۲۵ هرتز اگرچه بر روی یادگیری اثری ندارد اما موجب اختلال در تثبیت حافظه میشود.

بحث و نتیجه گیری: نتایج به دست آمده نشان داد که در فرکانس ۲۵ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا اختلاف معنی‌داری در تأخیر پاسخهای شرطی و تعداد پاسخهای شرطی روز دوم با گروه شاهد و بقیه گروهها وجود دارد. بدین صورت که در این گروه و برخلاف گروه شاهد و گروههای آزمایشی دیگر، تأخیر پاسخهای شرطی در روز دوم افزایش و تعداد پاسخهای شرطی کاهش یافت. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۶، شماره ۲، پیاپی (۲۳)، تابستان ۸۸: ۲۶-۱۹)

واژگان کلیدی: میدان مغناطیسی، حافظه، یادگیری، جعبه شاتل، شرطی شدن

* **نویسنده مسؤول: غلام رضا حمزوی**

آدرس: گروه فیزیولوژی دانشکده پزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

ghrhamzavi@yahoo.com

تلفن و نمابر: ۲۳۰۲۰۲۶- (۷۱۱) ۹۸+

www.SID.ir

Archive of SID

۱- مقدمه

صنعتی شدن جامعه بشری و پیشرفت تکنولوژی و ساخت وسائل الکتریکی متعدد موجب شده که امروزه انسانها بیش از گذشته در معرض میدانهای الکترومغناطیسی قرارگیرند.وسائل الکتریکی خانگی،خطوط انتقال نیروو مبدلهای الکتریکی از جمله مهمترین تولیدکننده های اینگونه میدانها هستند. با توجه به اینکه انسانها در منازل، محیط کار و همچنین کارخانه های صنعتی بطور مداوم درمعرض این میدانها هستند بررسی اثرات آنها از سالها پیش مورد توجه محققین قرار گرفته است. اولین گزارشی که مبنی بر تأثیر میدانهای الکترومغناطیسی بر ایجاد اختلالات روحی وجسمی است، گزارشی می‌باشد که در سال ۱۹۶۰و در ارتباط با کارگران روسی انتشار یافت [۱]. براساس این گزارش کارگرانی که در معرض این میدان بودند دچار اختلالاتی نظیر سردرد، بی‌اشتهایی، اختلال در خواب و خستگی مفرط شدند. از آن زمان تاکنون تحقیقات متعددی با استفاده از چگالی‌ها و فرکانس‌های مختلف میدانهای الکترومغناطیسی بر روی حیوانات آزمایشگاهی، انسان و همچنین در سطح سلولی انجام شده است[۸-۲]. سیستم عصبی بعلت وسعت درساختار و عملکرد، بیش از سایر سیستمهای بدن درمعرض این میدانها قراردارد وبه همین دلیل بیشتر مورد توجه محققین قرار گرفته است.

در سال ۱۹۹۸، پری‌سی [۹] و همکارانش اثرات میدان مغناطیسی با فرکانس ۵۰ هرتز و چگالی ۶۰۰ میکروتسلا را بر روی اعمال شناختی[1] در ۱۶ فرد سالم بررسی کردند. دراین آزمایش افراد درحالیکه دستگاه تولید کننده میدان مغناطیسی به صورت کلاه بر روی سر آنها قرار می‌گرفت تست‌های مختلفی را انجام می‌دادند که نیاز به دقت و توجه داشت. این محققین نشان دادند که میدان مغناطیسی اعمال شده موجب کاهش موقتی دقت افراد در انجام کارهایی می‌شود که نیاز به توجه دقیق دارد و نتیجه گرفتند که توجه[2] و بکارگیری حافظه‌کاری و ثانویه[3]، تحت تأثیر میدان زوال موقتی[4] می‌یابند. در سال ۲۰۰۳، دل سپیا[5] [۱۰] و همکارانش نشان دادند، موشهایی که در معرض میدان مغناطیسی با فرکانس ۳۷ هرتز قرار می‌گیرند، حساسیت آنها نسبت به درد افزایش و مدت زمان خواب در آنها در مقایسه با گروه شاهد کاهش می‌یابد.در سال ۱۹۹۹، گراهام[6] [۱۱] و همکارانش ۲۴ مرد جوان را در دوحالت مداوم و متناوب درمعرض میدان مغناطیسی ۶۰ هرتز با چگالی ۲۸/۳ میکروتسلا قرار دادند واثرات آن را برروی پارامترهای الکتروانسفالوگرام (نوارمغز) در خواب بررسی کردند. درحالت متناوب، میدان یک ساعت روشن ویک ساعت خاموش بود و در زمان روشن بودن هم هر ۱۵ ثانیه روشن و خاموش می‌شد. نتایج بدست آمده نشان داد درگروهی که به طور متناوب در معرض میدان بودند، مؤثر بودن خواب ، زمان کل خواب و مرحله حرکات سریع چشم[7] و زمان مرحله دوم خواب افزایش می‌یابد. با توجه به شواهد موجود که نشاندهنده اثرات میدان بر روی عملکردهای مختلف سیستم عصبی می باشد وهمچنین با توجه به اینکه تاکنون اثرات میدان با فرکانسهای کمتراز ۵۰ هرتز برروی حافظه ویادگیری، که قطعاً از مهمترین فعالیتهای سیستم عصبی بخصوص در انسان می باشد، مورد بررسی قرار نگرفته است بر آن شدیم که تحقیق حاضر را پی گیری نمائیم.

[1] Cognitive function

[2] Attention
[3] Working & Secondary memory Performance
[4] Temporary deterioration
[5] Del seppia
[6] Graham
[7] Rapid eye movement (REM)

www.SID.ir

Archive of SID

۲- مواد وروشها

۲-۱- حیوانات مورد آزمایش

تعداد۶۰ عدد موش صحرائی از نژاد اسپراگ دالی از خانه حیوانات دانشگاه علوم پزشکی شیراز تهیه و در اتاق حیوانات بخش فیریولوژی دانشکده پرشکی در شرایط کنترل شده درجه حرارت ۲ ±۲۳ درجه سانتیگراد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری می شدند و آب و غـذا به میزان کافی در اختیار قرار داده می‌شد. وزن حیوانات مـورد استفاده بین ۲۰۰ تا ۲۵۰ گرم و سن آنها ۶۰-۵۰ روزه بودند. این حیوانات بطور تصادفی به ۶ گروه ۱۰ تایی تقسیم گردیدند. گروه اول گـروه شاهد بـود که تمام شرایـط گروههای آزمـایشی را دارا بودند با این تفاوت که در زمـان آزمایش دستـگاه مولد میدان مغناطیسی خاموش بود. گروههای ۲ تا ۶ که به ترتیب درمعرض میدان با فرکانس ۵،۱۰،۱۵،۲۵و۴۰ هرتز و چگالی ۵۰ میکروتسلا قرار گرفت.

۲-۲- دستگاه مولد میدان

دستگاه فوق، ایجاد کننده میدان الکترومغناطیسی متناوب در محـدوده فرکـانس ۳ تا ۱۰۰ هـرتز میباشد و بـه منظور بررسی اثرات فیزیولوژیک این میدانها بر روی موش صحرایی ساخته شده است. در این دستگاه یک ترانس ایزوله کننده، ولتاژ۲۲۰ ولت متناوب را به ۶۰ ولت متناوب تبدیل میکند و سپس توسط یک قطعه الکترونیکی و برد کنترل ولتاژ، شارژ۵۶ ولتDC را جهت شارژ ۵ عدد باطری ۱۲ ولت فراهم می کند در نتیجه باطریها که منبع تغذیه دستگاه هستند بطور اتوماتیک ومداوم درحالت شارژ کامل قرار می گیرند. در قسمت دیگر از مدار، فرکانس و شدت میدان توسط یک عدد سیگنال ژنراتور قابل کنترل می باشد. در شکل۱ قسمتهای مختلف دستگاه نشان داده شده است که شامل بازوهای مولد میدان، قسمتهای الکترونیکی و باطریهای تغذیه کننده دستگاه می باشد.

شکل۱- دستگاه مولد میدان و قسمتهای مختلف آن

۲-۳-دستگاه جعبه شاتل[1]

دستگاهی جهت درک و بررسی مکانیسم یادگیری و حافظه است که در آن از نور به عنوان محرک شرطی و از تحریک الکتریکی به عنوان محرک غیر شرطی استفاده می‌شود. دستگاه فوق از دو قسمت اصلی تشکیل شده است۱- محفظه اصلی ۲- جعبه کنترل.

محفظه اصلی از جنس پلکسی گلاس[2] ساخته شده در داخل کشور با ابعاد ۲۰×۴۰×۲۰ سانتی متر می باشد. کف آن توسط میله های فلزی به قطر ۲ میلی متر و به فاصله ۱ سانتی متر از یکدیگر پوشیده شده است. این محفظه توسط دیواره ای به دو محفظه مساوی تقسیم میشود، یکی روشن و دیگری تاریک. در این دیواره در یچه ای برای عبور حیوان به دو طرف، به ابعاد ۷×۶ سانتی متر، تعبیه شده است و توسط یک درب گیوتینی، دو محفظه از یکدیگر جدا می شوند. میله‌های کف محفظه از خارج به یکدیگر متصل شده اند به گونه ای که دوقطب مثبت ومنفی را هنگامیکه جریان برق به آنها وارد

[1] Shuttle box
[2] Plexy glass

www.SID.ir

Archive of SID

شود تشکیل میدهند.سقف محفظه ها از درب های کشویی ساخته شده است. جعبه کنترل دارای کلیدهایی برای تنظیم مدت زمان، فرکانس وشدت شوک الکتریکی است که ازطریق میله های کف جعبه شاتل به حیوان اعمال می شود و نیز توسط کلید دیگری فاصله زمانی بین روشن شدن چراغ تعبیه شده در جعبه اصلی وشروع شوک الکتریکی را میتوان تنظیم کرد. این دستگاه همچنین مجهز به گیرنده- فرستنده مادون قرمزاست. در این ارتباط درمحل درب گیوتینی، یک دیود اشعه مادون قرمز[1] با حس‌گر[2] آن نصب شده است تا وقتی رات اطاقک را ترک می‌کند جریان مادون قرمز را قطع کرده و زمان متوقف شده برحسب ثانیه با دقت ۰/۱ ثبت و نمایش داده می شود.

۲-۴- دستگاه تسلامتر

این دستگاه از کشور آلمان وازشرکت Phywe خریداری گردیده و برای اندازه گیری شدت میدانهای مغناطیسی استفاده میشود. حساسیت آن ۰۱/ ۰میلی تسلا می باشد. همچنین این دستگاه حداکثر شدت میدان را اندازه گیری می کند.

۲-۵- روش آزمایش

در ابتدا شدت میدان زمینه(دستگاه مولد خاموش) اندازه گیری شدومقدار آن ۲ میکرو تسلا بود. برای حصول اطمینان از یکنواخت بودن میدان در فاصله بین دو بازوی دستگاه مولد میدان، جائیکه جعبه شاتل قرارداده می شد، دستگاه سیگنال ژنراتوررا برروی فرکانسها و شدتهای مورد نظر تنظیم کرده و سپس بوسیله پروبهای دستگاه تسلامتر شدت میدان را در فاصله بین دو بازوی مولد که مستطیلی به طول ۳۰ و به عرض ۲۵ سانتی متر است، هم به صورت افقی و هم عمودی اندازه گیری کردیم. نتیجه بدست آمده نشان داد که درتمامی قسمتهای بین دوبازوشدت میدان یکنواخت است. همانطورکه ذکر شد در کف جعبه شاتل میله‌های فلزی کار گذاشته شده وگرچه جنس آنها ازمواد غیرآهن می باشد، اما برای اطمینان یافتن ازاین نظر که میله‌های فوق در یکنواختی میدان تغییری ایجاد نکنند شدت میدان در فاصله بین دو بازودرحضور و در غیاب جعبه شاتل اندازه گیری گردید و تغییری مشاهده نشد. همچنین بازوهای مولد میدان هم سطح با سرحیوان (در حالت ایستاده) قرار داشت. در این تحقیق که از روش شرطی شدن اجتنابی فعال یک طرفه استفاده شده است، برای هرحیوان یک جلسه آزمایش که شامل ۲۰ نوبت آزمون است در نظر گرفته شد.

جهت انجام آزمایش، جعبه شاتل در بین دو بازوی مولد میدان قرار داده می شد(شکل ۲) و سپس دستگاه سیگنال ژنراتور روشن و بر روی فرکانس مورد نظرتنظیم میگردید و پیچ مربوط به دامنه آنقدر افزایش داده می‌شد تا دستگاه تسلامتر شدت میدان مورد نیاز را نشان دهد.

شکل۲ - بازوی مولد میدان در حالیکه جعبه شاتل دربین آنها قرار دارد.

لازم به ذکراست که درتمام طول آزمایش ودر هر۱۰ دقیقه یکبار شدت میدان بوسیله دستگاه تسلامتر اندازه گیری می شد. سپس حیوان درحالیکه آزمایشگاه تاریک، آرام وبدون هر نوع سرو صدایی بود در داخل جعبه شاتل که درب گیوتینی آن بالا بود قرار داده می‌شد و به حیوان ۱۰ دقیقه فرصت داده می‌شد تا در آن گردش کند. این امر موجب آشنایی حیوان با محیط جدید و

[1] Infra Red
[2] Sensor

www.SID.ir

Archive of SID

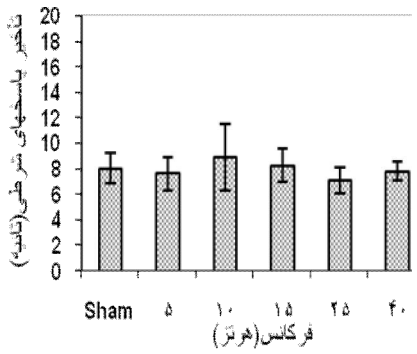
کاهش استرس آن می‌شد. پس از این مرحله، حیوان در محفظه روشن قرار داده می شد و درب گیوتینی در جای خود قرار می‌گرفت، تا از خروج حیوان از این محفظه قبل از شروع آموزش جلوگیری شود. سپس دکمه مربوط به محفظه فوق بر روی جعبه کنترل فشار داده و بلافاصله چراغ محفظه روشن می شد و همزمان درب گیوتینی بالا قرار می گرفت. از زمان روشن شدن لامپ (محرک شرطی) به حیوان ۱۰ ثانیه فرصت داده می شد تا این محفظه را به سمت اطاقک تاریک[1] ترک کند. چنانچه این عمل صورت نمی پذیرفت محرک غیرشرطی (شوک الکتریکی) آغاز می شد و این بار حیوان بالاجبار با دریافت شوک به سمت مقابل فرارمیکرد.مدت زمان شوک ۱۲۰۰ میکرو ثانیه و شدت آن ۲۰۰ ولت بود. درطول مدت برقراری شوک، لامپ محفظه روشن همچنان روشن بوده ودرب گیوتینی بالا قرار داشت. با فرار حیوان به سمت مقابل، مرحله استراحت با بسته شدن دریچه میانی آغازمی گشت. زمان استراحت[2] برابر ۰ تا ٤۰ ثانیه بود. پس ازسپری شدن این زمان، حیوان مجدداً به محفظه روشن بازگردانده می شد ودوباره آزمایش آغاز می شد. درجلسات آموزش تعداد پاسخهای شرطی و زمان تأخیر شروع پاسخهای شرطی[3] سنجیده می شد. پاسخ شرطی حیوان بصورت اجتناب از شوک درظرف ۱۰ ثانیه و درحضور محرک شرطی (نور) تعریف شد. زمان تأخیر پاسخها برحسب ثانیه از زمان شروع محرک شرطی (نور) تا فرار حیوان به اطاقک تاریک در نظر گرفته می شد.اگر زمان تأخیر شروع پاسخ کمتر از ۱۰ ثانیه بود به منزله پاسخ شرطی محسوب می گردید و به معنی آن بود که حیوان بعد از اعمال محرک شرطی و قبل ازشوک الکتریکی (محرک غیر شرطی) پاسخ داده است. اگر زمان تأخیر پاسخ بیشتر از ۱۰ ثانیه می شد به منزله پاسخ غیر شرطی محسوب شده و به معنای آن بود که حیوان هنوز محرک شرطی و ارتباطش را با محرک غیر شرطی نمی شناسد و پاسخها صرفاً ناشی از دریافت شوک الکتریکی بوده است.همچنین برای بررسی اثرمیدان برروی حافظه، ٢٤ ساعت بعد همین آزمایش در غیاب میدان انجام شد.

۲-۶- روشهای آماری

برای مقایسه گروهها از تست‌های ناپارامتری استفاده شده است. بدین ترتیب که برای مقایسه تأخیر و تعداد پاسخهای شرطی از Kruskal-Wallis Test و برای مقایسه روز اول و دوم آزمایش با گروه شاهد از Wilcoxon Signed Rank Test استفاده شده است.

۳- نتایج

جهت ارزیابی اثرات میدان بر روی یادگیری ابتدا متغیرهای مورد نظر در روز اول و در حضور میدان و برای بررسی حافظه، درروز دوم و در غیاب میدان مورد بررسی قرار گرفتند.در نمودار شماره ۱، تأخیر پاسخهای شرطی بین فرکانسهای مختلف و همچنین با گروه شاهد مقایسه شده اند وتفاوت معنی داری بین آنها وجود ندارد.



نمودار ۱- مقایسه تأخیرپاسخهای شرطی بین فرکانسهای مختلف با گروه شاهد، مقادیر میانگین ± انحراف معیار می باشد

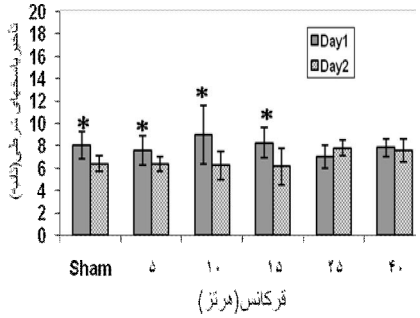
در نمودار ۲، تأخیر پاسخهای شرطی بین روز اول و دوم هر فرکانس و نیز بین فرکانسهای مختلف و گروه شاهد مورد مقایسه قرار گرفته اند و اختلاف معنی داری بین روز

[1] Safe chamber
[2] Intertrial Interval.
[3] Latency

www.SID.ir

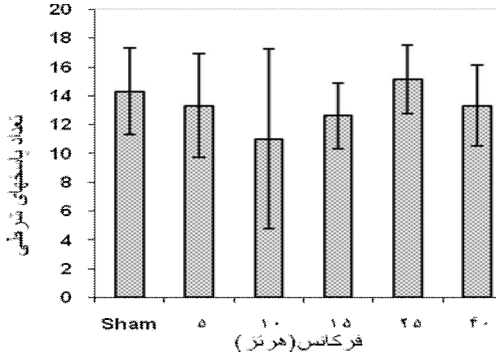
Archive of SID

اول و دوم گروه شاهد و همچنین بین روز اول و دوم فرکانسهای ۵، ۱۰ و۱۵ هرتز ($p\leq$۰/۰۵) ملاحظه گردید.



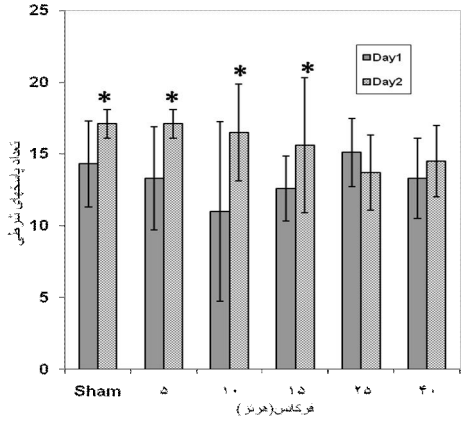
نمودار۲- مقایسه تأخیرپاسخهای شرطی روز اول و دوم بین گروه های مختلف، مقادیر میانگین ± انحراف معیار می باشد. ($p\leq0.05$*)

در نمودار شماره ۳، تعداد پاسخهای شرطی بین فرکانسهای مختلف و همچنین با گروه شاهد مقایسه شده اند وتفاوت معنی داری بین آنها وجود ندارد.



نمودار۳- مقایسه تعداد پاسخهای شرطی بین گروه های مختلف با گروه شاهد، مقادیر میانگین ± انحراف معیار می باشد.

در نمودار شماره ٤، تعداد پاسخهای شرطی بین روز اول و دوم هر فرکانس و نیز بین فرکانسهای مختلف و گروه شاهد مورد مقایسه قرار گرفته اند و اختلاف معنی داری بین روز اول و دوم گروه شاهد و همچنین بین روز اول و دوم فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز ملاحظه گردید ($p \leq 0/05$).



نمودار٤- مقایسه تعداد پاسخهای شرطی روز اول ودوم بین گروه های مختلف، مقادیر میانگین ± انحراف معیار می باشد. ($p\leq0.05$*)

٤- بحث و نتیجه گیری

تأثیر میدانهای مغناطیسی برروی ساختاروعملکرد قسمتهای مختلف بدن به فرکانس، چکالی یا شدت و نیز به جهت میدان بستگی دارد. علت استفاده از فرکانسهای پایین در تحقیق حاضر این است که معتقدیم این فرکانسها چون در محدوده فرکانسهای امواج مغزی میباشند، تأثیر بیشتری درعملکرد آن خواهند داشت وتحقیقات انجام شده توسط پری سی[۹] و دل سپیا[۱۰] که از فرکانسهای ۵۰ و۳۷ هرتز استفاده کردند و نتایج ارائه شده توسط آنها مؤید این مهم می باشد.

مقایسه تأخیر پاسخهای شرطی درنمودارشماره ۱ نشان می دهد که میدان درهیچ فرکانسی تأثیری برروی یادگیری نداشته وبنابراین اختلاف معنی داری بین آنها و گروه شاهد وجود ندارد وپاسخ شرطی حیوان تحت تأثیر میدان قرار نگرفته است.

در این تحقیق، برای اینکه حافظه حیوانات را ارزیابی کرده باشیم، تصمیم گرفتیم که تأخیر پاسخهای شرطی را ٢٤ ساعت بعد از آزمایش اول هم درگروه شاهد و هم در گروههای آزمایشی در غیاب میدان اندازه‌گیری کنیم و با مقایسه آن با روزاول و با گروه شاهد، اثرمیدان برحافظه را بررسی کنیم. همانطور که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است، درگروه شاهد و فرکانسهای۵ ،۱۰ و۱۵ هرتز بین

www.SID.ir

Archive of SID

مقادیر تأخیر پاسخهای شرطی در روز اول و دوم اختلاف معنی دار است و در این گروهها مقادیر روز دوم از روز اول کمتر می باشد.

همچنین مقادیرتأخیر پاسخهای شرطی روز دوم در فرکانس ۲۵ هرتز نسبت به مقادیر روز دوم در گروه شاهد و بقیه گروهها دارای اختلاف معنی داری است. در فرکانس ۴۰هرتز، هر چند بین مقادیر روز اول و دوم اختلاف معنی داری وجود ندارد، اما همانند بقیه گروهها (بجز ۲۵ هرتز) مقادیر روز دوم از روز اول کمتر است یا به عبارتی مقادیر روز دوم به روز اول نزدیکتر است. در همه انواع یادگیری و همچنین یادگیری از نوع شرطی که دراین تحقیق استفاده شده، تمرین و ممارست موجب افزایش یادگیری خواهد شد. در یادگیری از نوع شرطی نیز هر چقدر تعداد نوبتهای آزمون بیشتر شود، حیوان رابطه بهتری بین محرک شرطی (در اینجا نور) و محرک غیرشرطی (شوک الکتریکی) برقرار میکند و همین امر موجب می‌شود که بدنبال افزایش نوبتهای آزمون، حیوان پس از روشن شدن چراغ با تأخیر کمتری (از ترس شوک الکتریکی) به اطاقک تاریک فرار کند. به همین علت است که تکرار ۲۰ نوبت آزمون در روز دوم موجب کاهش تأخیر پاسخهای شرطی نسبت به روز اول در گروه شاهد گردیده است. به عبارتی می‌توان گفت که حیوان درانتهای آزمون مرحله اول، ۲۰ نوبت آزمون را تجربه کرده در صورتیکه در انتهای آزمون مرحله دوم با ۲٤ ساعت اختلاف ٤۰ نوبت آزمون را تجربه کرده است. با توجه به اینکه در فرکانسهای۵ ،۱۰و۱۵ هرتز نیز مانند گروه شاهد، این متغیر در روزدوم بطورمعنی داری نسبت به روز اول کمترشده، بنابراین فرکانسهای فوق باشدت ۵۰ میکروتسلا تأثیری بر روی یادگیری نداشته‌اند.

یادگیری و حافظه ارتباط بسیار تنگاتنگی با یکدیگر دارند و یادگیری همیشه بنحوی با حافظه درارتباط است و بدون آن، یادگیری مفهومی نخواهد داشت. در اینجا و در روز دوم علاوه بر یادگیری، حافظه نیز مطرح می‌شود و با توجه به اینکه ۲٤ ساعت از لحاظ زمانی فاصله زیادی نیست، حیوان هنوزآزمونهای روزاول وخاطره ناخوشایند ناشی از شوک‌های الکتریکی آن را درذهن وحافظه دارد. بنابراین درگروه شاهد علاوه بر اینکه افزایش نوبتهای آزمون در روز دوم در کاهش این متغیر مؤثر بوده، حافظه ایجاد شده و بجای مانده از روز اول نیز در کاهش آن مفید واقع شده است. با توجه به اینکه در فرکانسهای۵ ،۱۰ و ۱۵ هرتز مقادیر روز اول و دوم همانند گروه شاهد اختلاف معنی داروجود دارد، میتوان نتیجه گرفت که نه تنها میدان با این فرکانسها در یادگیری اختلال ایجاد نکرده بلکه حافظه نیز تحت تأثیر میدان قرارنگرفته است. در فرکانس ۲۵هرتز درروزاول برخلاف بقیه گروهها تثبیت حافظه تحت تأثیرمیدان قرارگرفته ودچاراختلال شده است. دراین گروه برخلاف گروه شاهد وگروههای آزمایشی دیگر، خاطره ناخوشایند ناشی ازشوکهای روز اول در مغز تثبیت نشده است و افزایش نوبتهای آزمون هنگامی مؤثراست که حافظه نیز ایجاد شده باشد چه درغیر این صورت افزایش نوبتهای آموزش همانند فرکانس ۲۵ هرتز درکاهش مقادیر فوق مؤثر نخواهد بود و به همین علت تأخیر پاسخهای شرطی در روز دوم دراین گروه و برخلاف بقیه گروهها از روز دوم بیشتر شده است.

در فرکانس ٤۰ هرتز، گر چه اختلاف معنی داری بین روز اول و دوم وجود ندارد اما مقادیر در روز دوم همانند گروه شاهد و فرکانسهای ۱۰،۵ و۱۵هرتز نسبت به روزاول کمتر است. دریادگیری نوع شرطی، علاوه بر تأخیر پاسخهای شرطی تعداد پاسخهای شرطی نیز به عنوان یکی از پارامترهای مهم درسنجش یادگیری مورد ارزیابی قرار میگیرد. همانطور که در نمودارشماره ۳ نشان داده شده است تفاوت معنی‌داری بین تعداد پاسخهای شرطی گروه شاهد و گروههای آزمایشی وجود ندارد. همانگونه که در نمودار ٤ ملاحظه می شود، در گروه شاهد و فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵

www.SID.ir

Archive of SID

هرتز بین مقادیر روز اول و دوم اختلاف معنی‌دار است بطوریکه مقادیر روز دوم از روز اول بیشتر میباشد. در یادگیری نوع شرطی با افزایش نوبتهای آزمون، تأخیر پاسخهای شرطی کاهش وتعداد پاسخهای شرطی (پاسخهای کمتراز ۱۰ ثانیه) افزایش می یابد و بنابراین در گروههای فوق این روند کاملاً طبیعی است اما درفرکانس ۲۵هرتز چون حافظه مختل شده است بنابراین تأخیر پاسخهای شرطی کاهش نیافته وتعداد پاسخهای شرطی نیز زیاد نشده است. در فرکانس۴۰ هرتز گرچه بین تعداد پاسخهای شرطی در روز اول با روز دوم اختلاف معنی دارنیست اما همانند گروه شاهد روز دوم افزایش یافته است.

با توجه به آنچه که ذکر شد میتوان نتیجه گرفت که میدان با فرکانسهای ۵، ۱۰،۱۵ و۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا بر روی یادگیری وحافظه اثری ندارد اما فرکانس ۲۵ هرتز اگرچه بر روی یادگیری اثری ندارد اما موجب اختلال در تثبیت حافظه می شود.

۵- تشکر وقدردانی

با توجه به همکاری بی دریغ اساتید و پرسنل محترم بخش فیزیولوژی دانشکده پزشکی شیراز از زحمات تمامی این عزیزان تشکر و قدردانی می نماییم. همچنین از معاونت پژوهشی دانشگاه علوم پزشکی شیراز بخاطر تأمین منابع مالی این طرح سپاسگزاریم.

منابع

1. Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Endocrin functions in young men exposed for one night to a 50 Hz magnetic field. a circadian study of pituitary ,thyroid and adrenocortical hormones. Life sciences 1997; 61:473-86.
2. Ikehara T, Park KH, Yamaguchi H, Hosokava K, Houchi H. Effects of a time varing strong magnetic field on release of cytosolic free Ca^{++} from intracellular stores in bovine adrenal chromaffine cells. Bioelectromagnetics 2002; 23(7):505-15.
3. Mann K, Wagner P, Brunn G, Hassan F, Heimk C, Roschke J. Effects of pulsed high frequency electromagnetic field on the neuroendocrin system. Neuroendocrinology 1998; 67(2): 139-44.
4. Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Effect of 60 Hz magnetic field on growth hormone. Life science 1999; 43:67-75.
5. Cecconi S, Gualtieri G, Di bartolome A, Troiani G, Cifone MG, Canipari R. Evaluation of the effect of extremely low frequency electromagnetic field on mammalian follicle development. Human Reproductive 2000; 15(11):2319-25.
6. Mann K, Wagner P, Brunn G, Hassan F, Heimek C, Roschke J. Effects of pulsed high-frequency electromagnetic fields on the neuroendocrin system. Neuroendocrinology 1998:67(2):139-44.
7. Ohnishi Y, Mizuno F, Sato T, Yasui M, Kikuchi T, Ogava M. Effects of power frequency alternating magnetic fields on reproduction and pre-natal development of mice. J Toxicology science 2002:27(3):131-8.
8. Goodman EM, Greenbaun B, Marron MT. Effects of EMF on molecules and cells. International Review Cytology. 1995: 158:279-83.
9. Preece AW, Wesnes KA, Iwi GR. The effect of a 50 Hz magnetic field on cognitive function in humans. Int Radiat Biology 1998; 74:463-70.
10. Del Seppia C, Mezzasala H, Choleris E, Luschi P, Ghione S. Effects of magnetic field in open field behavioral and nociceptive responses in mice. Brian Research 2003; 15,144(1-2):1-9.
11. Graham C, Cook MR. Human sleep in 60 Hz magnetic fields. Bioelectromagnetics 1999; 20:277-83.

www.SID.ir