

## اثر میدان مغناطیسی با فرکانسهای پایین بر روی حافظه و یادگیری

غلام رضا حمزوی<sup>۱</sup>، کریم رستگار<sup>۲</sup>، اسد... ظریفکار<sup>۲</sup>، مهدی موحدی<sup>۳</sup>

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

۲- دانشیار گروه فیزیولوژی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز، شیراز، ایران

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

تاریخ پذیرش مقاله: ۸۸/۳/۳۰

تاریخ دریافت: ۸۷/۸/۲۸

### چکیده

**مقدمه:** بررسی اثرات بیولوژیک میدانهای مغناطیسی از سالها پیش مورد توجه دانشمندان بوده است و در سالیان اخیر نیز تحقیقات گسترده ای با استفاده از فرکانسها و شدتهای مختلف بر روی انسان و حیوانات آزمایشگاهی انجام شده است. نتایج بدست آمده در این زمینه، که عمدتاً با استفاده از فرکانسهای بالا انجام شده است، نشان دهنده اثرات این میدانها بر روی ساختار و عملکرد سیستمهای زنده می باشد. هدف از مطالعه حاضر بررسی اثر میدان با فرکانسهای پایین بر روی حافظه و یادگیری در موش صحرایی می باشد

**مواد و روشها:** تعداد ۶۰ موش صحرایی نر بالغ از نژاد اسپراگ دالی (با وزن ۲۵۰-۲۰۰ گرم) بطور تصادفی انتخاب و به شش گروه ده تایی تقسیم شدند. گروه اول، گروه شاهد بود و گروههای ۲ تا ۶ که به ترتیب در معرض فرکانسهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا قرار گرفتند. برای بررسی اثرات میدان بر روی یادگیری ۲۰ نوبت آزمون با استفاده از جعبه شاتل در حالی که در بین دو بازوی مولد میدان بود و دستگاه بر روی فرکانس و شدت مورد نظر قرار داشت، انجام گردید. برای بررسی برگشت پذیری 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 اندازه گیری شده عبارتند از: تأخیر پاسخهای شرطی (latency) و تعداد پاسخهای شرطی.

**نتایج:** میدان با فرکانسهای ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا بر روی یادگیری و حافظه 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 معنی داری 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: ۱۹-۲۶)

**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: ۲۰۲۶-۲۳۰ (۷۱۱) - ۹۸+

## ۱- مقدمه

صنعتی شدن جامعه بشری و پیشرفت تکنولوژی و ساخت وسایل الکتریکی متعدد موجب شده که امروزه انسانها بیش از گذشته در معرض میدانهای الکترومغناطیسی قرارگیرند. وسایل الکتریکی خانگی، خطوط انتقال نیرو و مبدل‌های الکتریکی از جمله مهمترین تولیدکننده‌های اینگونه میدانها هستند. با توجه به اینکه انسانها در منازل، محیط کار و همچنین کارخانه‌های صنعتی بطور مداوم در معرض 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 و جسمی است، گزارشی می‌باشد که در سال ۱۹۶۰ و 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 در ساختار و عملکرد، بیش از سایر سیستمهای بدن در معرض این میدانها قرار دارد و به 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<sup>۱</sup> در ۱۶ فرد سالم بررسی کردند. در این آزمایش افراد در حالیکه 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<sup>۲</sup> و بکارگیری حافظه کاری و ثانویه<sup>۳</sup>، تحت تأثیر میدان زوال موقتی<sup>۴</sup> می‌یابند. در سال ۲۰۰۳، دل سپیا<sup>۵</sup> [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<sup>۶</sup> [۱۱] و همکارانش ۲۴ مرد جوان را در دو حالت مداوم و متناوب در معرض میدان مغناطیسی ۶۰ هرتز با چگالی ۲۸/۳ میکروتسلا قرار دادند و اثرات آن را بر روی پارامترهای الکتروانسفالوگرام (نوار مغز) در خواب بررسی کردند. در حالت متناوب، میدان یک ساعت روشن و یک ساعت خاموش بود و در زمان روشن بودن هم هر ۱۵ ثانیه روشن و خاموش می‌شد. نتایج بدست آمده نشان داد در گروهی که به طور متناوب در معرض میدان بودند، مؤثر بودن خواب، زمان کل خواب و مرحله حرکات سریع چشم<sup>۷</sup> و زمان مرحله دوم خواب افزایش می‌یابد. با توجه به شواهد موجود که نشان‌دهنده اثرات میدان بر روی عملکردهای مختلف سیستم عصبی می‌باشد و همچنین با توجه به اینکه تاکنون اثرات میدان با فرکانسهای کم‌تر از ۵۰ هرتز بر روی حافظه و یادگیری، که قطعاً از مهمترین فعالیتهای سیستم عصبی بخصوص در انسان می‌باشد، مورد بررسی قرار نگرفته است بر آن شدیم که تحقیق حاضر را پی‌گیری نماییم.

<sup>2</sup> Attention

<sup>3</sup> Working & Secondary memory Performance

<sup>4</sup> Temporary deterioration

<sup>5</sup> Del seppia

<sup>6</sup> Graham

<sup>7</sup> Rapid eye movement (REM)

<sup>1</sup> Cognitive function

شامل بازوهای مولد میدان، قسمتهای الکترونیکی و باتریهای تغذیه کننده دستگاه می باشد.



شکل ۱- دستگاه مولد میدان و قسمتهای مختلف آن

### ۲-۳- دستگاه جعبه شاتل<sup>۱</sup>

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 می شود. دستگاه فوق از دو قسمت اصلی تشکیل شده است ۱- محفظه اصلی ۲- جعبه کنترل.

محفظه اصلی از جنس پلکسی گلاس<sup>۲</sup> 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 ۶×۷ سانتی متر، تعبیه شده است و توسط یک درب گیوتینی، دو محفظه از یکدیگر جدا می شوند. میله های کف محفظه از خارج به یکدیگر متصل شده اند به گونه ای که دو قطب مثبت و منفی را هنگامیکه جریان برق به آنها وارد

## ۲- مواد و روشها

### ۱-۲- حیوانات مورد آزمایش

تعداد ۶۰ عدد موش صحرایی از نژاد اسپراگ دالی از خانه حیوانات دانشگاه علوم پزشکی شیراز تهیه و در اتاق حیوانات بخش فیزیولوژی دانشکده پزشکی در شرایط کنترل شده درجه حرارت  $23 \pm 2$  درجه سانتیگراد و ۱۲ ساعت روشنایی و ۱۲ ساعت تاریکی نگهداری می شدند و آب و غذا به میزان کافی در اختیار قرار داده می شد. وزن حیوانات مورد 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 گروه شاهد بود که تمام شرایط گروههای آزمایشی را دارا بودند با این تفاوت که در زمان آزمایش دستگاه مولد میدان مغناطیسی خاموش بود. گروههای ۲ تا ۶ که به ترتیب در معرض میدان با فرکانس ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۵ و ۴۰ هرتز و چگالی ۵۰ میکروتسلا قرار گرفت.

### ۲-۲- دستگاه مولد میدان

دستگاه فوق، ایجاد کننده میدان الکترومغناطیسی متناوب در محدوده فرکانس ۳ تا ۱۰۰ هرتز میباشد و به منظور بررسی اثرات فیزیولوژیک این میدانها بر روی موش صحرایی ساخته شده است. در این دستگاه یک ترانس ایزوله کننده، ولتاژ ۲۲۰ ولت متناوب را به ۶۰ ولت متناوب تبدیل میکند و سپس توسط یک قطعه الکترونیکی و برد کنترل ولتاژ، شارژ ۵۶ DC را جهت شارژ ۵ عدد باتری ۱۲ ولت فراهم می کند در نتیجه باتریها که منبع تغذیه دستگاه هستند بطور اتوماتیک و مداوم در حالت شارژ کامل قرار می گیرند. در قسمت دیگر از مدار، فرکانس و شدت میدان توسط یک عدد سیگنال ژنراتور قابل کنترل می باشد. در شکل ۱ قسمتهای مختلف دستگاه نشان داده شده است که

<sup>۱</sup> Shuttle box

<sup>۲</sup> Plexy glass

کار گذاشته شده و گرچه جنس آنها از مواد غیر آهن می باشد، اما برای اطمینان یافتن از این نظر که میله‌های فوق در یکنواختی میدان تغییری ایجاد نکنند شدت میدان در فاصله بین دو بازو در حضور و در غیاب جعبه شاتل اندازه گیری گردید و تغییری مشاهده نشد. همچنین بازوهای مولد میدان هم سطح با سر حیوان (در حالت ایستاده) قرار داشت. در این تحقیق که از روش شرطی شدن اجتنابی فعال یک طرفه استفاده شده است، برای هر حیوان 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 نظر تنظیم میگردید و پیچ مربوط به دامنه آنقدر افزایش داده می شد تا دستگاه تسلامتر شدت میدان مورد نیاز را نشان دهد.



شکل ۲- بازوی مولد میدان در حالیکه جعبه شاتل در بین آنها قرار دارد.

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

شود تشکیل میدهند. سقف محفظه ها از درب های کشویی ساخته شده است. جعبه کنترل دارای کلیدهایی برای تنظیم مدت زمان، فرکانس و شدت شوک الکتریکی است که از طریق 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 و شروع شوک الکتریکی را میتوان تنظیم کرد. این دستگاه همچنین مجهز به گیرنده- فرستنده مادون قرمز است. در این ارتباط در محل درب گیوتینی، یک دیود اشعه مادون قرمز<sup>۱</sup> با حسگر<sup>۲</sup> آن نصب شده است تا وقتی رات اطاقک را ترک می کند جریان مادون قرمز را قطع کرده و زمان متوقف شده بر حسب ثانیه با دقت ۰/۱ ثبت و نمایش داده می شود.

#### ۲-۴- دستگاه تسلامتر

این دستگاه از کشور آلمان و از شرکت Phywe خریداری گردیده و برای اندازه گیری شدت میدانهای مغناطیسی استفاده میشود. حساسیت آن ۰/۱ میلی 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 شد و مقدار آن ۲ میکرو تسلا بود. برای حصول اطمینان از یکنواخت بودن میدان در فاصله بین دو بازوی دستگاه مولد میدان، جاییکه جعبه شاتل قرار داده می شد، دستگاه سیگنال ژنراتور را بر روی 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 در تمامی قسمتهای بین دو بازو شدت میدان یکنواخت است. همانطور که ذکر شد در کف جعبه شاتل میله های فلزی

<sup>1</sup> Infra Red

<sup>2</sup> Sensor

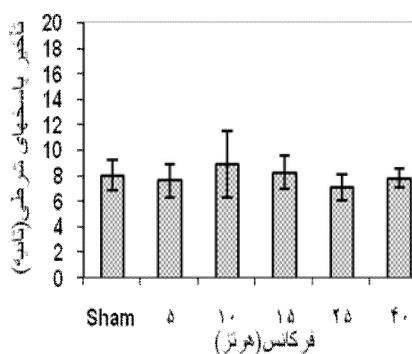
ارتباطش را با محرک غیر شرطی نمی شناسد و پاسخها صرفاً ناشی از دریافت شوک الکتریکی بوده است. همچنین برای بررسی اثر میدان بر روی حافظه، ۲۴ ساعت بعد همین آزمایش در غیاب میدان انجام شد.

### 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، در روز 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 و تفاوت معنی داری بین آنها وجود ندارد.



نمودار ۱- مقایسه تأخیر پاسخهای شرطی بین فرکانسهای مختلف با گروه شاهد، مقادیر میانگین  $\pm$  انحراف می باشد

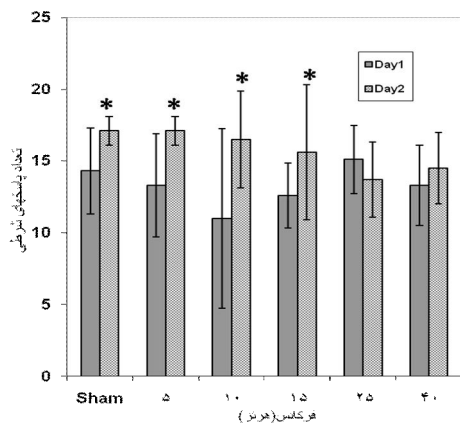
در نمودار ۲، تأخیر پاسخهای شرطی بین روز اول و دوم هر فرکانس و نیز بین فرکانسهای مختلف و گروه شاهد مورد مقایسه قرار گرفته اند و اختلاف معنی داری بین روز

کاهش استرس آن می شد. پس از این مرحله، حیوان در محفظه روشن قرار داده می شد و درب گیوتینی در جای خود قرار می گرفت، 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 اتاقک تاریک<sup>۱</sup> 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 فرار میکرد. مدت زمان شوک ۱۲۰۰ میکرو ثانیه و شدت آن ۲۰۰ ولت بود. در طول مدت برقراری شوک، لامپ محفظه روشن همچنان روشن بوده و درب گیوتینی بالا قرار داشت. با فرار حیوان به سمت مقابل، مرحله استراحت با بسته شدن دریچه میانی آغاز می گشت. زمان استراحت<sup>۲</sup> برابر ۰ تا ۴۰ ثانیه بود. پس از سپری شدن این زمان، حیوان مجدداً به محفظه روشن بازگردانده می شد و دوباره آزمایش آغاز می شد. در جلسات آموزش تعداد پاسخهای شرطی و زمان تأخیر شروع پاسخهای شرطی<sup>۳</sup> سنجیده می شد. پاسخ شرطی حیوان بصورت اجتناب از شوک در ظرف ۱۰ ثانیه و در حضور محرک شرطی (نور) تعریف شد. زمان تأخیر پاسخها برحسب ثانیه از زمان شروع محرک شرطی (نور) تا فرار حیوان به اتاقک 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 از شوک 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

<sup>۱</sup> Safe chamber

<sup>۲</sup> Intertrial Interval.

<sup>۳</sup> Latency



نمودار ۴- مقایسه تعداد پاسخهای شرطی روز اول و دوم بین گروه های مختلف، مقادیر میانگین  $\pm$  انحراف معیار می باشد. ( $p \leq 0.05$ )

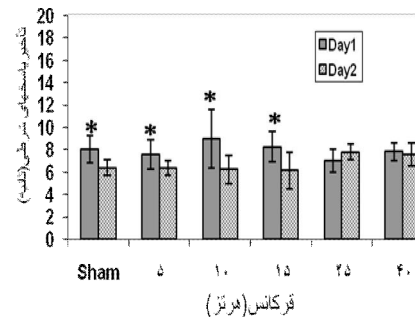
#### ۴- بحث و نتیجه گیری

تأثیر میدانهای مغناطیسی بر روی ساختار و عملکرد 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 در عملکرد آن خواهند داشت و تحقیقات انجام شده توسط پری سی [۹] و دل سپیا [۱۰] که از فرکانسهای ۵۰ و ۳۷ هرتز استفاده کردند و نتایج ارائه شده توسط آنها مؤید این مهم می باشد.

مقایسه تأخیر پاسخهای شرطی در نمودار شماره ۱ نشان می دهد که میدان درهیچ فرکانسی تأثیری بر روی یادگیری نداشته و بنابراین اختلاف معنی داری بین آنها و گروه شاهد وجود ندارد و پاسخ شرطی حیوان تحت تأثیر میدان قرار نگرفته است.

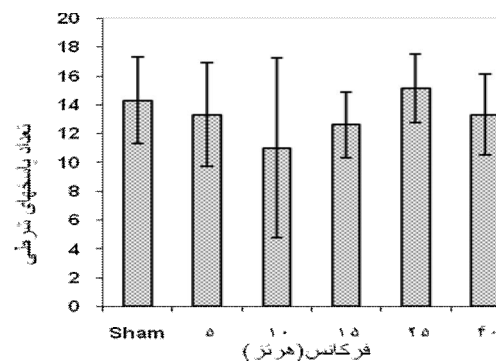
در این تحقیق، برای اینکه حافظه حیوانات را ارزیابی کرده باشیم، تصمیم گرفتیم که تأخیر پاسخهای شرطی را ۲۴ ساعت بعد از آزمایش اول هم در گروه شاهد و هم در گروههای آزمایشی در غیاب میدان اندازه گیری کنیم و با مقایسه آن با روز اول و با گروه شاهد، اثر میدان بر حافظه را بررسی کنیم. همانطور که در نمودار شماره ۲ نشان داده شده است، در گروه شاهد و فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز بین

اول و دوم گروه شاهد و همچنین بین روز اول و دوم فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز ( $p \leq 0.05$ ) ملاحظه گردید.



نمودار ۲- مقایسه تأخیر پاسخهای شرطی روز اول و دوم بین گروه های مختلف، مقادیر میانگین  $\pm$  انحراف معیار می باشد. ( $p \leq 0.05$ )

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



نمودار ۳- مقایسه تعداد پاسخهای شرطی بین گروه های مختلف با گروه شاهد، مقادیر میانگین  $\pm$  انحراف معیار می باشد.

در نمودار شماره ۴، 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 ( $p \leq 0.05$ ).

اینکه ۲۴ ساعت از لحاظ زمانی فاصله زیادی نیست، حیوان هنوز آزمونهای روزاول و خاطره ناخوشایند ناشی از شوک‌های الکتریکی آن را در ذهن و حافظه دارد. بنابراین در گروه 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 فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز مقادیر روز اول و دوم همانند گروه شاهد اختلاف معنی دار وجود دارد، میتوان نتیجه گرفت که نه تنها میدان با این فرکانسها در یادگیری اختلال ایجاد نکرده بلکه حافظه نیز تحت تأثیر میدان قرار نگرفته است. در فرکانس ۲۵ هرتز در روزاول برخلاف بقیه گروهها تثبیت حافظه تحت تأثیر میدان قرار گرفته و دچار اختلال شده است. در این گروه برخلاف گروه شاهد و گروههای آزمایشی دیگر، خاطره ناخوشایند ناشی از شوکهای روز اول در مغز تثبیت نشده است و افزایش نوبتهای آزمون هنگامی مؤثر است که حافظه نیز ایجاد شده باشد چه در غیر این صورت افزایش نوبتهای آموزش همانند فرکانس ۲۵ هرتز در کاهش مقادیر فوق مؤثر نخواهد بود و به همین علت تأخیر پاسخهای شرطی در روز دوم در این گروه و برخلاف بقیه گروهها از روز دوم بیشتر شده است.

در فرکانس ۴۰ هرتز، گرچه اختلاف معنی داری بین روز اول و دوم وجود ندارد اما مقادیر در روز دوم همانند گروه شاهد و فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز نسبت به روزاول کمتر است. در یادگیری نوع شرطی، علاوه بر تأخیر پاسخهای شرطی تعداد پاسخهای شرطی نیز به عنوان یکی از پارامترهای مهم در سنجش یادگیری مورد ارزیابی قرار میگیرد. همانطور که در نمودار شماره ۳ نشان داده شده است تفاوت معنی داری بین تعداد پاسخهای شرطی گروه شاهد و گروههای آزمایشی وجود ندارد. همانگونه که در نمودار ۴ ملاحظه می شود، در گروه شاهد و فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵

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 مقادیر تأخیر 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 ۴۰ هرتز، 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 در این 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 غیر شرطی (شوک الکتریکی) برقرار میکند و همین امر موجب می شود که بدنال 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 می توان گفت که حیوان در انتهای آزمون مرحله اول، ۲۰ نوبت آزمون را تجربه کرده در صورتیکه در انتهای آزمون مرحله دوم با ۲۴ ساعت اختلاف ۴۰ نوبت آزمون را تجربه کرده است. با توجه به اینکه در فرکانسهای ۵، ۱۰ و ۱۵ هرتز نیز مانند گروه شاهد، این متغیر در روز دوم بطور معنی داری نسبت به روز اول کمتر شده، بنابراین فرکانسهای فوق با شدت ۵۰ میکروتسلا تأثیری بر روی یادگیری نداشته اند.

یادگیری و حافظه ارتباط بسیار تنگاتنگی با یکدیگر دارند و یادگیری همیشه بنحوی با حافظه در ارتباط است و بدون آن، یادگیری مفهومی نخواهد داشت. در اینجا و در روز دوم علاوه بر یادگیری، حافظه نیز مطرح می شود و با توجه به

با توجه به آنچه که ذکر شد میتوان نتیجه گرفت که میدان با فرکانسهای ۵، ۱۰، ۱۵ و ۴۰ هرتز و شدت ۵۰ میکروتسلا بر روی یادگیری و حافظه اثری ندارد اما فرکانس ۲۵ هرتز اگرچه بر روی یادگیری اثری ندارد اما موجب اختلال در تثبیت حافظه می شود.

#### ۵- تشکر و قدردانی

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

هرتز بین مقادیر روز اول و دوم اختلاف معنی دار است بطوریکه مقادیر روز دوم از روز اول بیشتر میباشد. در یادگیری نوع شرطی با افزایش نوبتهای آزمون، تأخیر پاسخهای شرطی کاهش و تعداد پاسخهای شرطی (پاسخهای کمتر از ۱۰ ثانیه) افزایش می یابد و بنابراین در گروههای فوق این روند کاملاً طبیعی است اما در فرکانس ۲۵ هرتز چون حافظه مختل شده است بنابراین تأخیر پاسخهای شرطی کاهش نیافته و تعداد پاسخهای شرطی نیز زیاد نشده است. در فرکانس ۴۰ هرتز گرچه بین تعداد پاسخهای شرطی در روز اول با روز دوم اختلاف معنی دار نیست اما همانند گروه شاهد روز دوم افزایش یافته است.

#### منابع

- 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.
- Ikehara T, Park KH, Yamaguchi H, Hosokava K, Houchi H. Effects of a time varying strong magnetic field on release of cytosolic free  $Ca^{++}$  from intracellular stores in bovine adrenal chromaffine cells. *Bioelectromagnetics* 2002; 23(7):505-15.
- 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.
- Selmaoui B, Lambrozo J, Touitou Y. Effect of 60 Hz magnetic field on growth hormone. *Life science* 1999; 43:67-75.
- 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.
- 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.
- 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.
- Goodman EM, Greenbaun B, Marron MT. Effects of EMF on molecules and cells. *International Review Cytology*. 1995: 158:279-83.
- 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.
- 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.
- Graham C, Cook MR. Human sleep in 60 Hz magnetic fields. *Bioelectromagnetics* 1999; 20:277-83.