

دانشکده علوم پایه

گروه زیست شناسی

گرایش سلولی تکوینی

اثر میدان های الکترومغناطیس بر مرگ سلولهای عصبی در کورتکس مغز جنین موش

از:

هلاله شایگان

استاد راهنما:

دکتر فرهاد مشایخی

شهریور ۹۲



به نام ازدیگتا

به راستی که نابوری نسبت به رازها و قانونمندی های جهان، هستی چگونه انسان را در وادی خلقت نگه می دارد و از هرگونه حرکتی بازمی دارد.

آری پنج چیز در این دنیا اتفاقی نیست. حرکتابی، سخنی و رویدادی می تواند از سوی خداوند و کائناتش برای ما پیاپی داشته باشد.

انسان های هوشیار و آگاهی که پیام های گرامی گیرند و با دقت بررسی می کنند و اقدام می کنند، از زندگی خود شایسته گرامی سازند.

اکنون که به یاری پروردگار بخارش پایان نامه حاضر را به اتمام رساندم، بر خود واجب می دانم که مراتب قدردانی و سپاس خود را به حضور استاد محترم را بهمانجا،

جناب پروردگوار فرادستی که در تصحیح و تنظیم این پایان نامه مرا راهنمایی نمودند ابراز دارم.

از اساتید داور دکتر زور صالحی و دکتر محمد جواد مهدی پور که علی رغم مشغله های فراوان، زحمت خواندن این پایان نامه را قبل و با نظرات اصلاحی خود

ایجناب را راهنمایی نمودند، تشکر می نمایم.

همچنین بر خود وظیفه می دانم که از تلاش ها و راهنمایی های مدیرین و دلسوزان کارشناسان محترم که روزه زیست شناسی خانم هادی و امید نیات قدردانی و

سپاس به جای آورم.

در پایان از دوستان گرامی به ویژه خانم شهین اسمعیل نژاد که همواره حضور سبزشان بایه دگر می ایجناب بود کمال تشکر را دارم.

حلاله ساجان

شهریور ۹۲

فهرست مطالب

عنوان	شماره صفحه
چکیده فارسی	ذ.....
چکیده انگلیسی.....	ر.....
فصل اول / مقدمه	
مقدمه	۱
۱-۱ مغز در دوران جنینی	۱
۲-۱ تشکیل لوله ی عصبی	۱
۳-۱ آرایش بافتی سیستم عصبی مرکزی	۲
۴-۱ سازمان یابی مخ	۲
۵-۱ نحوه ی شکل گیری لایه های کورتکس	۲
۶-۱ تکوین منحصر به فرد مغز انسان	۳
۱-۱) سرعت رشد نورونی دوران جنین در بعد از تولد.....	۴.....
۸-۱ عوامل تاثیر گذار بر سیستم عصبی	۴
۹-۱ امواج الکترومغناطیس	۵
۱۰-۱ تاریخچه کار بر اثر میدان الکترومغناطیس	۵
۱۱-۱ تعریف میدان های الکترومغناطیسی	۵
۱۲-۱ اثرات زیستی طیف های الکترومغناطیس	۷
۱۳-۱ انواع پرتوها از نظر نوع اثرگذاری	۸
۱-۱۳ پرتوهای یونیزان	۸
۲-۱۳ پرتوهای غیر یونیزان	۸
۱۴-۱ اثرات میدان های الکترو مغناطیسی بر موجود زنده	۸
۱-۱۴ اثرات حرارتی	۸
۲-۱۴ اثرات غیر حرارتی	۹
۳-۱۴ اثرات آن بر تکوین پیش از تولد.....	۹

۱۰-۱۴	تاثیرات روی غشای سلولی	۴
۱۰-۱۴	آسیب به DNA و سرطان	۵
۱۱-۱۴	تاثیر بر سیستم اندوکراین	۶
۱۱-۱۴	اثرات آن در طی دوران بارداری	۷
۱۱-۱۴	اثرات آن بر مرگ سلولی	۸
۱۲-۱	تاریخچه ی کشف آپتوزیس	۱۵
۱۴-۱	تعریف آپتوزیس	۱۶
۱۴-۱	میتوکندری به عنوان مرکز کنترل آپتوزیس	۱۷
۱۴-۱	۱-۱۷-۱ میتوکندری به عنوان هدف اصلی خانواده ی Bcl-2	۱۷
۱۷-۱	مرگ برنامه ریزی شده ی سلول طی تشکیل لوله ی عصبی	۱۸
۱۷-۱	آبشارهای مرگ نورونی	۱۹
۱۷-۱	روشهایی برای تشخیص سلول های آپتوتیک	۲۰
۱۹-۱	مسیرهای آپتوزی	۲۱
۱۹-۱	۱-۲۲-۱ مسیر خارجی یا مسیر القا شده توسط گیرنده های مرگ	۲۲
۲۰-۱	۲-۲۲-۱ مسیر داخلی یا مسیر میتوکندریایی آپتوزیس	۲۲
۲۲-۱	عوامل موثر بر القای آپتوزیس	۲۲
۲۳-۱	آپتوزیس و اختلالات عصبی	۲۳
۲۴-۱	۱-۲۴-۱ بیماری آلزایمر	۲۴
۲۵-۱	۲-۲۴-۱ بیماری هانگتینگتون	۲۴
۲۵-۱	۲۴-۱ علت بررسی حیوانات به عنوان نمونه های آزمایشگاهی	۲۵
۲۵-۱	هدف	۲۵

فصل دوم / روش کار

۲۷	۱-۲ دستگاه ها و وسایل مورد استفاده	۲۷
۲۸	۲-۲ مواد مورد نیاز	۲۸
۲۹	۳-۲ تهیه نمونه ها	۲۹

۲-۴	آماده سازی محلول ها و بافر های مورد نیاز برای الکتروفورز	۲۹
۲-۴-۱	تهیه ی بافر لیز پروتئین	۲۹
۲-۴-۲	تهیه ی عصاره ی سلولی از کورتکس مغز موش	۳۰
۲-۴-۳	تهیه بافر مخزن یا بافر الکترو	۳۰
۲-۴-۴	تهیه بافر نمونه	۳۱
۲-۴-۷	تهیه آکریل آمید ۳۰٪ و بیس آکریل آمید ۰/۸٪	۳۲
۲-۴-۸	تهیه آمونیوم پر سولفات ۴۰٪	۳۲
۲-۴-۹	آماده سازی ژل پلی آکریل آمید	۳۲
۲-۴-۱۰	آماده سازی نمونه ها به منظور الکتروفورز	۳۳
۲-۴-۱۱	الکتروفورز ژل پلی آکریل آمید	۳۳
۲-۵	رنگ آمیزی نیترات نقره	۳۴
۲-۵-۱	تهیه بافر های مورد نیاز در رنگ آمیزی نیترات نقره	۳۴
۲-۶	بررسی بیان نسبی پروتئین BAD در عصاره ی مغز جنین موش به روش وسترن بلات	۳۷

فصل سوم / نتایج

۳-۱	بررسی اثر میدان الکترومغناطیس بر الگوی پروتئینی مغز جنین هفده روزه توسط روش الکتروفورز	۳۹
۳-۲	بررسی بیان پروتئین BAD در عصاره ی مغز جنین موش توسط روش وسترن بلات	۴۶

فصل چهارم / بحث و نتیجه گیری

۴-۱	بحث و نتیجه گیری	۴۹
۴-۲	پیشنهادات	۵۴

فصل پنجم / منابع	۵۵
------------------	----

فهرست جداول

عنوان	شماره صفحه
جدول ۱-۱ تفاوت های ویژگی های پاتولوژیکی مرگ سلولی در نکروز و آپتوزیس.....	۱۳
جدول ۱-۲ محلول های ژل پایین ۱۲/۵٪.....	۳۲
جدول ۲-۲ محلول ژل بالا ۳/۴٪.....	۳۳
جدول ۱-۳ بیان نسبی نوارهای ۱ تا ۱۰ عصاره ی کورتکس مغز تحت میدان و گروه کنترل.....	۴۰
جدول ۲-۳ بیان نسبی BAD در عصاره ی کورتکس مغز تحت میدان و گروه کنترل.....	۴۷

فهرست شکل ها

عنوان	شماره صفحه
شکل ۱-۱ میدان الکترومغناطیسی.....	۶
شکل ۲-۱ منابع تولید کننده ی امواج الکترومغناطیس.....	۷
شکل ۳-۱ مسیر سیگنالی آپتوزیس.....	۱۶
شکل ۴-۱ مسیر خارجی آپتوزیس.....	۲۰
شکل ۵-۱ مسیر میتوکندریایی آپتوزیس.....	۲۲
شکل ۱-۳ ژل SDS-Page مربوط به عصاره مغز جنین هفده روزه موش.....	۳۹
شکل ۲-۳ نمودار بیان نوار شماره یک در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۱
شکل ۳-۳ نمودار بیان نوار شماره دو در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۲
شکل ۴-۳ نمودار بیان پروتئین شماره سه در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۲
شکل ۵-۳ نمودار بیان پروتئین شماره چهار در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۳
شکل ۶-۳ نمودار بیان پروتئین شماره شش در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۳
شکل ۷-۳ نمودار بیان پروتئین شماره شش در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۴
شکل ۸-۳ نمودار بیان پروتئین شماره هفت در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۴
شکل ۹-۳ نمودار بیان پروتئین شماره هشت در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۵
شکل ۱۰-۳ نمودار بیان پروتئین شماره نه در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۵
شکل ۱۱-۳ نمودار بیان پروتئین شماره ده در عصاره ی مغز نمونه های تیمار و کنترل.....	۴۶
شکل ۱۲-۳ بیان پروتئین BAD در عصاره مغز موش های در معرض میدان (۱ و ۲) و گروه کنترل (۳ و ۴).....	۴۷

اثر میدان های الکترومغناطیس بر مرگ سلولهای عصبی در کورتکس مغز جنین موش

هلاله شایگان

مطالعات زیادی در مورد اثرات زیستی الکترومغناطیس که نظیر تکثیر، تمایز، آسیب مغزی، قطعه شدن DNA، مهاجرت نورونی و نورونز در سیستم عصبی مرکزی می باشد، وجود دارد. پروموتور مرگ مرتبط با Bcl-2 (BAD) یک عضو پرو آپوپتوتیکی از خانواده ی ژن Bcl-2 می باشد که در آغاز آپوپتوزیس دخالت می کند. BAD یک عضو از خانواده BH3 می باشد که زیرگروهی از خانواده ی Bcl-2 است. این عضو برخلاف سایر اعضای خانواده ی Bcl-2 شامل انتهای C گذرنده از غشا برای اعضای خارجی میتوکندری و هدف های پوشش هسته نمی باشد. بعد از فعال شدن، یک هتروداپمر با پروتئین آنتی آپوپتوتیک تشکیل می گردد و از متوقف کنندگی آپوپتوزیس جلوگیری می کند. هدف از این مطالعه بررسی اثرات EMF (50 HZ و 1 mT) بر الگوی الکتروفورزی پروتئین و بیان ژن BAD در قشر مخ جنین موش توسط وسترن بلات می باشد. 5 موش حامله از نژاد Balb/c در دو گروه قرار گرفتند: گروه کنترل n=17 و گروه تحت میدان n=17. موش های حامله در روزهای 15 تا 17 حاملگی به مدت 5 ساعت تحت تاثیر میدان الکترومغناطیس قرار گرفتند. موشها 6 ساعت بعد از آخرین روز قرارگیری در میدان بیهوش و تشریح شدند. الگوی الکتروفورزی و بیان ژن BAD توسط الکتروفورز و وسترن بلات مورد مطالعه قرار گرفت. عصاره ی قشر مخ در ژل پلی آکریل آمید (PAGE) با غلظت 1/5 درصد قرار داده شد. باندهای موجود در ژل توسط دنسیتومتری آنالیز گردید. نتایج این مطالعه نشان داد که تغییرات قابل توجهی در الگوی الکتروفورزی نمونه های تحت میدان در مقایسه با نمونه های کنترل مشاهده گردید همچنین نشان داده شد که بیان ژن BAD در عصاره قشر مخ تحت میدان نسبت به کنترل افزایش یافته است. همچنین آپوپتوزیس با افزایش بیان ژن BAD تحت تاثیر میدان الکترومغناطیس افزایش یافت.

کلید واژه: ژن BAD – الکترومغناطیس – قشر مغز – آپوپتوزیس

Abstract

Effect of electro magnetic field on the neuronal cells death in cerebral cortex of mouse embryo

Helaleh Shayegan

Many studies describe the biological effects of electromagnetic field (EMF) including cell proliferation and differentiation, brain damages, DNA fragmentation and neuronal migration and neurogenesis within the central nervous system (CNS). The Bcl-2-associated death promoter (BAD) protein is a pro-apoptotic member of the Bcl-2 gene family which is involved in initiating apoptosis. BAD is a member of the BH3 family, a subfamily of the Bcl-2 family. It does not contain a C-terminal transmembrane domain for outer mitochondrial membrane and nuclear envelope targeting. After activation, it is able to form a heterodimer with anti-apoptotic proteins and prevent them from stopping apoptosis. The aim of this study was to investigate the effects of EMF (50 HZ and 1 mT) on the electrophoretical pattern of proteins and BAD gene expression in the cerebral cortex of mouse embryo. 5 pregnant Balb/c mice were separated into two groups: control group n=17 and EMF group n=17. The 15 days pregnant mice were placed inside the solenoid for a daily EMF exposure of five hours on gestational days 15 to 17. Mice were sacrificed 6 hours after the final exposure session. Electrophoretical pattern and BAD relative expression were studied by electrophoresis and western blot. The cerebral cortical extracts were subjected to SDS-polyacrylamide gel electrophoresis (PAGE) using 12.5% polyacrylamide gels. The bands on the gel were analyzed by densitometer. The results of this study show that there are significant changes in the electrophoretical pattern of the samples treated by EMF as compared to control group. It was also shown that BAD gene expression significantly increases in the EMF treated cerebral cortex extracts as compared to controls. It is concluded that EMF changes the pattern of protein expression in the cerebral cortex. It is also suggested that EMF increases apoptosis by increasing BAD gene expression.

Keywords: BAD, electromagnetic fields, cerebral cortex, apoptosis



فصل اول.....مقدمه

مقدمه

امروزه بشر در جامعه‌ی مدرن در معرض انواع مختلف میدانهای الکترومغناطیس قرار می‌گیرد. با افزایش گسترده مخابرات ماهواره‌ای و زمینی، تلفن‌های همراه، ماکروویو و سایر دستگاه‌های تولید کننده امواج الکترومغناطیس، خانه و محل کار و تفریحگاه‌ها، در معرض تشعشعات مختلف الکترومغناطیس قرار دارند (Grafstrom *et al.*, 2008). در مغز، اثرات میدان بسیار حائز اهمیت است، که بستگی به جهت گیری و ویژگی‌های الکتریکی نورون‌های درگیر و خواص بافت اطراف دارد. در این مسیر تحریک یا مهار هدف پس سیناپسی امکان پذیر است. به همین دلیل در اینجا به بررسی مغز پرداخته می‌شود.

۱-۱) مغز در دوران جنینی

تکوین ساختار مغز از هفته‌ی دوم تا سوم دوران جنینی آغاز می‌شود و تا اوایل دوران بلوغ ادامه دارد. در دوران بارداری تعداد زیادی نورون ساخته می‌شود و به نواحی مورد نیاز سیستم عصبی مهاجرت می‌کنند (Sidman and Rakic, 1973). اما بعد از تولد و در دوران بلوغ نیز تکثیر و مهاجرت سلولی در نواحی خاصی از مغز ادامه خواهند یافت. بیشتر ساختارهای سیستم عصبی مرکزی تنها مدت کوتاهی پس از تولد و به میزان نسبتاً کمی تغییر می‌کنند، اما نواحی محدودی در مغز نوزاد و بالغ وجود دارند که مراحل تکوینی نظیر ایجاد و مهاجرت نورون‌ها همچنان ادامه می‌یابند. در هیپوکامپ که به عنوان مرکز سازماندهی یادگیری و حافظه عمل می‌کند، تولید نورون‌های دانه دار در ناحیه‌ی ساب گرانولار و مهاجرت آنها به شکنج دنداندار ادامه می‌یابد (Gal *et al.*, 2006). تکوین هیچ اندامی دیگری در بدن، مانند مغز، پیچیده و طولانی نمی‌باشد. این مراحل تکوینی منحصر به فرد، بیانگر میزان پیچیدگی، توانایی‌های شگفت‌انگیز و همچنین میزان حساسیت و آسیب‌پذیری ساختار مغز است (McDonald *et al.*, 2007).

۱-۲) تشکیل لوله‌ی عصبی

دو راه برای تبدیل صفحه عصبی به لوله عصبی وجود دارد. در نورولاسیون اولیه، سلول‌هایی که در اطراف صفحه عصبی قرار دارند سبب تکثیر، درونروی و جدا شدن سلول‌های صفحه عصبی از سلول‌های سطحی به منظور تشکیل یک لوله‌ی تو خالی می‌شوند. در نورولاسیون ثانویه، سلول‌های مزانشیمی به صورت میله توپری تجمع پیدا کرده و متعاقباً حفراتی ایجاد می‌کنند و در نهایت با یکدیگر ادغام شده و یک لوله‌ی تو خالی که لوله عصبی نامیده می‌شود را تشکیل می‌دهند. به طور کلی، قسمت قدامی لوله عصبی از طریق نورولاسیون اولیه و قسمت خلفی از طریق نورولاسیون ثانویه ایجاد می‌شوند. لوله عصبی کامل از طریق به هم پیوستن این دو لوله که مستقل از هم تشکیل شده‌اند، ایجاد می‌شوند (Gilbert, 2000).

۳-۱) آرایش بافتی سیستم عصبی مرکزی

نورون های مغز به صورت لایه ها (کورتکس ها) و گروه هایی (هسته ها) که هر کدام عملکرد و ارتباط های متفاوتی دارند، سازمان دهی شده اند. لوله عصبی اولیه از یک لایه ی نورواپیتلیوم زایا^۱ تشکیل شده است. (یک لایه سلول های بنیادی عصبی که در حال تکثیر شدید می باشند). Sauser و همکارانش در سال ۱۹۸۵ نشان دادند که سلول های اپیتلیوم زایا از سطح مجرای لوله عصبی تا سطح بیرونی آن کشیده می شوند. لیکن هسته های این سلول ها در سطح متفاوتی قرار گرفته اند و لذا باعث می شوند که ظاهر لوله عصبی به صورت چند لایه به نظر برسد (Gilbert, 2000).

۴-۱) سازمان یابی مخ

آرایش سه ناحیه از لوله عصبی در مخ دچار تغییراتی می شود. سازمان یابی مخ از دو نظر متفاوت است. اولاً مانند مخچه، در راستای عمودی دارای لایه هایی می باشد که با یکدیگر برهمکنش می دهند. نوروبلاست های به خصوصی از ناحیه جبه ای بر روی استتاله های گلایالی درون ماده ی سفید مهاجرت می کنند تا ناحیه ی دومی از نورون ها را در سطح خارجی به وجود آورند. این لایه ی جدید از ماده ی خاکستری تبدیل به قشر جدید یا نئوکورتکس^۲ می شود. نئوکورتکس نهایتاً به شش لایه که حاوی جسم سلولی نورون ها است لایه بندی می شود، شکل بالغ این لایه ها در اواسط دوران کودکی کامل می گردد. هر لایه نئوکورتکس از نظر عملکرد، انواع نورون های موجود در آن، و سیناپس هایی که برقرار می کند، از لایه های دیگر متفاوت است.

علاوه بر شش لایه ی عمودی، قشر مغز در راستای افقی شامل ۴۰ منطقه می شود که هر کدام در تنظیم فرایندهای متمایزی از نظر آناتومیکی و عملکردی دخیل می باشند (Gilbert, 2000).

۵-۱) نحوه شکل گیری لایه های کورتکس

اساس مکانیسم تکوین در میان پستانداران مشابه است و کورتکس از بخش جلویی لوله ی عصبی که شامل تلنسفالن و دیانسفالن است، ایجاد می شود. در حالی که بخش شکمی تلنسفالن عقده های قاعده ای را ایجاد می کند. قبل از آغاز تکوین، ابتدا ساختار مطبق کاذبی، متشکل از سلول های کورتیکوزنز، تلنسفالن نورواپیتلیوم را شکل می دهد. اصطلاحاً به این لایه، ناحیه بطنی^۳ گفته می شود. نورواپیتلیوم در ابتدا تقسیم شده و تعداد سلول های نورواپیتلیوم افزایش می یابد. سپس تقسیمات نوروزنیک رخ می دهد و نورون ها و انواع مختلفی از سلول های پش ساز ایجاد می کند. بعضی از این سلول های

1- Germinal neuroepithelium

2- Neural stem cells

3-Neocortex

4-Ventricular Zone

پیش ساز در ناحیه ی بطنی مانده و نورون ها را ایجاد می کنند. تعدادی دیگر از این سلول های پیش ساز بطنی جدا شده و دومین لایه تکثیر شونده را بالای ناحیه بطنی شکل می دهند و به عنوان ناحیه زیربطنی^۱ شناخته می شود (Merot *et al.*, 2009).

اولین نورون ها از ناحیه بطنی مهاجرت کرده و لایه پیش صفحه ر ایجاد می کنند. در ادامه روند نورزئز، نورون ها در داخل ناحیه پیش صفحه، صفحه قشری^۲ را شکل می دهند، که در نتیجه آن صفحه به ۲ ناحیه، یعنی ناحیه حاشیه ای^۳ و زیرصفحه ای^۴ تقسیم می شود. ناحیه حاشیه ای به عنوان لایه کورتکس بالغ شناخته می شود، که حاوی سلول های کاخال-رتزیوس^۵ است. صفحه ی قشری نیز شامل لایه های ۲، ۳، ۴، ۵ و ۶ است. سپس صفحه قشری توسط نورون های جدیدی که وارد این ناحیه می شوند، توسعه می یابند (Soriano and Del Rio, 2005).

نحوه مهاجرت نورون ها به روش داخل به خارج است. به اینصورت که ابتدا لایه های عمقی شکل گرفته و به دنبال آن نورون هایی که دیرتر ایجاد می شوند، لایه های سطحی تر را شکل می دهند (Angevine and Sidman, 1961). بنابراین ابتدا نورون ها در لایه های ۵ و ۶ ساکن شده، سپس نورون ها وارد لایه های ۲ و ۴ می شوند. تعداد سلول های بنیادی که در ناحیه بطنی حضور دارند، با پیشرفت مراحل تکوینی کاهش می یابد و در نهایت در پایان نورزئز این ناحیه تنها یک لایه سلولی متشکل از سلول های اپاندیمی است. ناحیه زیربطنی نیز به زودی ناپدید می شود. به استثنای دیواره جانبی بطن جانبی که سلول های بنیادی در این ناحیه در دوران بزرگسالی یا بلوغ برای تولید نورون های پویایی، به تکثیر ادامه می دهند (Kriegstein and Noctor, 2004).

۱-۶) تکوین منحصر به فرد مغز انسان

تکوین نئوکورتکس در انسان به صورت قابل توجهی تغییر پذیر بوده و تقریباً ثابت است. آنچه تاکنون انسان را از سایر نخستی ها متمایز می کند مربوط به ویژگی های منحصر به فرد تکوین انسان به ویژه تکوین مغز است. حداقل پنج پدیده، شناخته شده اند که تکوین مغز انسان را از سایر نخستی ها متمایز می کنند:

۱- حفظ سرعت رشد نوروئی در دوران جنینی در زمان پس از تولد

۲- مهاجرت سلول ها از پروژن سفالون به دیان سفالن

-
- 1-Subventricular Zone
 - 2-Cortical plate
 - 3-Marginal zone
 - 4-Subplate
 - 5-Cajal-retzius

۳- فعالیت رونویسی

۴- نوع ویژه ژن FOXP2

۵- ادامه بلوغ مغز تا دوران بزرگسالی

۷-۱) سرعت رشد نورونی دوران جنین در بعد از تولد

ویژگی تکوینی مهمی که انسان را از سایر جانوران متمایز می کند، حفظ و ابقا سرعت رشد جنینی نورون ها می باشد. پیش از تولد، مغز انسان و میمون هر دو سرعت رشد بالایی دارد اما پس از تولد، سرعت رشد مغز میمون به شدت کاهش می یابد در حالی که رشد مغز انسان با سرعت بالایی برای حدود دو سال ادامه پیدا می کند (Gal et al., 2006).

۸-۱) عوامل تاثیر گذار بر سیستم عصبی

سیستم عصبی به خصوص مغز، تحت تاثیر فاکتورها و عوامل محیطی قرار دارد و تحریکات محیطی می توانند فرآیندهایی مانند تکثیر و مهاجرت سلولی در مغز را تحت تاثیر قرار دهند. میدان های الکترومغناطیسی از جمله عوامل موثر و خطرناک می باشند و به عنوان چهارمین آلودگی محیط زیست معرفی می شوند (Feychting et al., 1982). موج الکترومغناطیس، فرکانسی به صورت یک موج انرژی سینوسی کامل است که از تمامی سلول های بدن عبور می کند، بدن دارای یک میدان انرژی است و به واسطه رسانایی الکتریکی خود، امواج الکترومغناطیس را از محیط جذب می کند (Krombach et al., 1999). میدان های الکترومغناطیس اثرات بیولوژیکی زیادی را موجب می شوند به عنوان مثال می توان قطبیت نورون ها و سطح تقسیم آنها را تحت تاثیر قرار دهند (Yao et al., 2009). همچنین تغییرات در مقادیر ماده انتقال دهنده آزاد شونده از پایانه های عصبی می تواند باعث تغییراتی در عملکرد مغز شود. از آنجایی که آزاد شدن این مواد، به میزان کلسیم داخل سلول ها وابسته است، بنابراین می توانند توسط تشعشع الکترومغناطیسی تحت تاثیر قرار گیرند. در یک بررسی مشاهده شد که میدان الکترومغناطیس با فرکانس ۲/۴۵ گیگاهرتز باعث کاهش غلظت ماده انتقالی مهم استیل کولین در مغز موش می شود (Modak, 1991). مطالعاتی همچنین روی آدرنالین، انتقال دهنده و متابولیت های آنها بعد از تشعشع دراز مدت الکترومغناطیس بدست آمده است (Merritt et al., 1997).

۹-۱) امواج الکترومغناطیس

فرکانس های بسیار پایین EMFs-^(۱)ELF) بین ۳ تا ۳۰ هرتز است که توسط ارتباطات نظامی تولید می شود. میدانهای الکترومغناطیسی که بشر بیشتر با آن در ارتباط است، فرکانس های ۵۰ تا ۶۰ هرتز است که EMFs^(۲) (SLF) نامیده می شود که از کابل های برق برای تامین برق صنعتی و خانگی و الکترونیکی تولید شده است. فرکانس های بسیار پایین EMFs^(۳) (VLF) با ۳ تا ۳۰ کیلو هرتز، توسط مونیاتور کامپیوتر های شخصی و دستگاه های تلویزیون تولید می شود. فرکانس های رادیویی EMFs^(۴) (RF) شامل تلفن های موبایل، تلفن های بی سیم و برج های رسانه ای دارای فرکانس های هزار مگاهرتزی هستند. تمام این میدانهای الکترومغناطیس غیریونیزان هستند و انرژی لازم برای رهایی الکترون از اوربیتال را ندارند (Gye and Park, 2012).

۱۰-۱) تاریخچه کار بر اثر میدان الکترومغناطیس

اثر میدان های مغناطیسی بر رشد، که برای اولین بار در گیاهان توسط Ssawastin در سال ۱۹۳۰ مشاهده شد، در دو دهه اخیر بطور مشخص در پستانداران با نتایج متناقضی مورد بررسی قرار گرفته است (Delgado *et al.*, 1982). در بعضی موارد، به نظر می رسد میدان های مغناطیسی باعث تسریع رشد و یا شاخص میتوزی می شوند (Mericle *et al.* 1995)، ولی در اغلب موارد تاخیر در رشد و همچنین مهار متابولیسم گزارش شده است (Delgado *et al.*, 1982).

۱۱-۱) تعریف میدان های الکترومغناطیسی

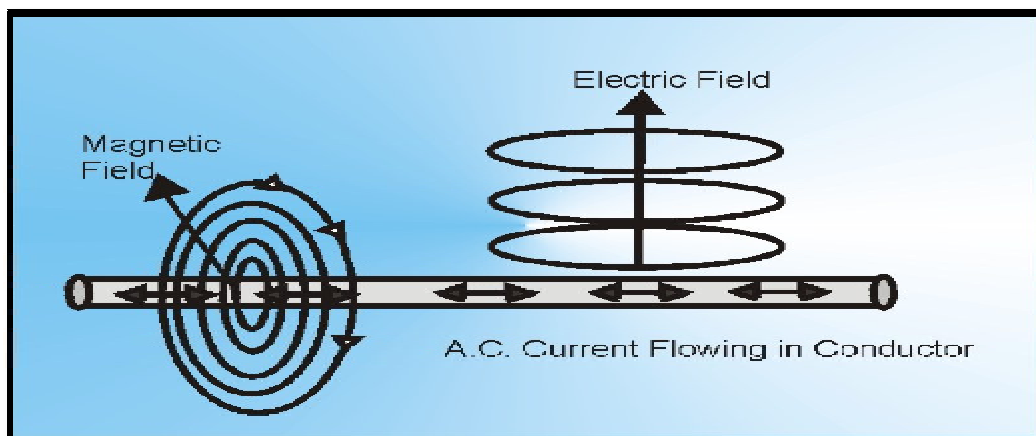
میدانهای الکترومغناطیس در هر مکانی که جریان الکتریسیته وجود داشته باشد و اطراف هر جسم دارای بار الکتریکی، یافت می شود. این میدان، دارای یک جز الکتریکی و یک جز مغناطیسی می باشد. هنگام تعامل میدانهای الکترومغناطیس با موجودات زنده، میدانهای الکتریکی و مغناطیسی جدا شده و به طور مجزا موجود زنده را تحت تاثیر قرار می دهند. هر دو نوع میدانهای الکتریکی و مغناطیسی دارای اثرات زیستی هستند. اما میدانهای مغناطیسی به آسانی در بافت های زنده نفوذ می کنند و آسیب بیشتری را ایجاد می کنند (Adpair, 1991) (شکل ۱-۱).

1-Extremely low frequency electromagnetic fields

2-super low frequency

3-Very low frequency

4-Radio frequency



شکل ۱-۱) میدان الکترومغناطیس. این میدان از دو جز الکتریکی و مغناطیسی تشکیل شده است و هر دو بر جهت جریان عمود می باشند (www.assignmenthelp.net).

میدانها با فرکانس متفاوت به روشهای متفاوتی با بدن واکنش می دهند. مکانیسم بیوفیزیکی اثر میدانهای الکترومغناطیسی تا فرکانسی ۱۰۰ کیلو هرتز شامل تحریک سلول های عصبی و عضلانی به واسطه افزایش جریان و برای میدان های الکترومغناطیسی با فرکانس بالاتر، ایجاد حرارت در بافت می باشد (Repacholi, 1998).

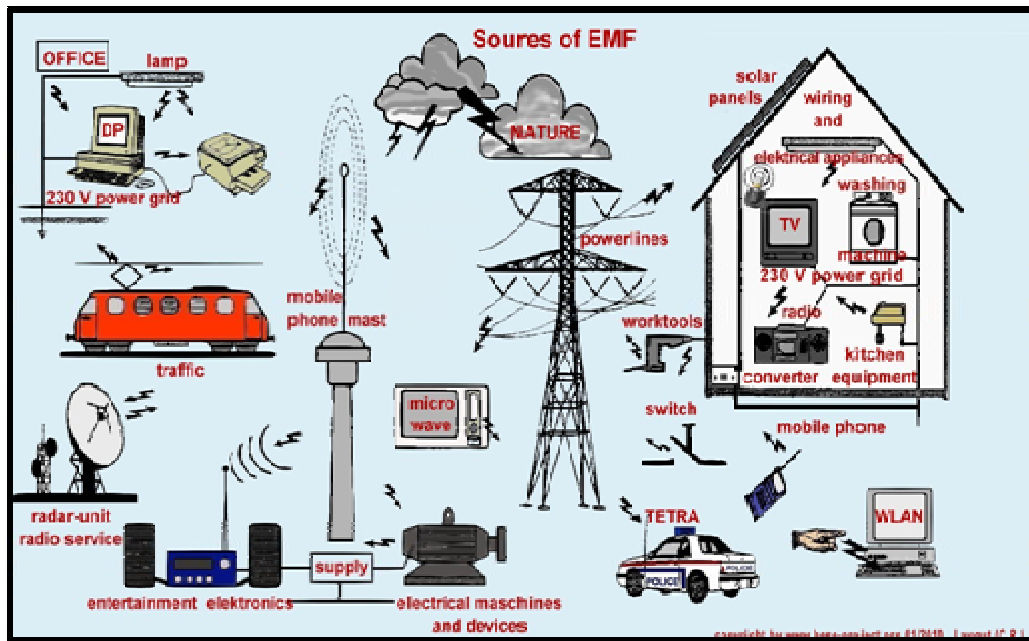
به طور طبیعی انتظار می رود نیروی جاذبه و الکترومغناطیس که بعنوان عوامل همیشه حاضر می باشند، نقش مهمی در فعالیتهای عملکردی موجودات بازی کنند (Delgado, 1982). قبل از سال ۱۹۹۰ فرکانس های رادیویی عمدتاً از فرستنده های رادیویی و تلویزیونی بودند، که در مناطق دور و یا مکانهای بسیار بالا قرار داشتند. از زمان معرفی مخابرات بی سیم در سال ۱۹۹۰، شبکه های تلفنی منجر به افزایش عظیم آلودگی الکترومغناطیسی در شهرها و حومه گردید (Toffel et al., 2004).

منابع چندگانه ارتباطات موبایلی منجر به در معرض قرارگیری مزمن بخش قابل ملاحظه ای از حیات وحش و انسان شده است. اثرات بیولوژیک ناشی از میدان های الکترومغناطیس ممکن است به میزان آن بستگی داشته باشد که اثرات خود را در دراز مدت نشان می دهد (Galeev, 2000. Lai, 2004).

کاربرد وسیع امواج الکترومغناطیس در زندگی روزمره نگرانی های زیادی را در این خصوص ایجاد کرده است. دستگاه ها و تجهیزات زیادی به عنوان تابش کننده این امواج به حساب می آیند که بعضی از آنها با ایجاد امواج الکترومغناطیس می توانند کاربردهای متفاوت درمانی برای انسان داشته باشند (Dragasevic et al., 2002)، ولی بعضی دیگر مثل تجهیزاتی که در تولید و انتقال برق به کار می رود باعث اثرات سو برای انسان می گردد. خطوط فشار قوی برق، تلویزیون، تلفن همراه و غیره از

مواردی هستند که می توان به عنوان وسایل ساطع کننده ی امواج الکترومغناطیس از آنها نام برد (Adey, 1993). (شکل

(۱-۲)



شکل (۲-۱) منابع تولید کننده امواج الکترومغناطیس که به انسان به صورت اجتناب ناپذیر در معرض آن قرار می گیرد. (www.hese-project.org).

۱-۲) اثرات زیستی طیف های الکترومغناطیس

اثرات زیستی EMF به بهترین وجه در ۴ ناحیه از طیف توضیح داده می شود که شامل

۱- پرتوهای یونیزه کننده: این پرتوها دارای فرکانس بالا بوده و باعث شکستن پیوندهای شیمیایی و آسیب مستقیم به سلول می شود. مثال آن پرتو گاما و اشعه ی X است.

۲- پرتو ماورابنفش (طول موج ۲۹۰-۴۲۰nm): این منطقه مکانی است که باندهای متعدد شکسته شده و رادیکال های آزاد شکل می گیرد. آسیب سلولی ممکن است طی در معرض قرار گرفتن طولانی مدت رخ دهد. در معرض قرار گرفتن طولانی مدت در آفتاب یا لامپ های برنزه کننده از مثالهای آن است.

۳- پرتو میکروویو و فرکانس رادیویی (RF): منطقه ای از طیف مکانی که حرارت سلولی القا شده است. مثال های آن میکروویو و انتقال رادیویی است.

۴- فرکانس قدرت: منطقه ای از طیف که در آن انرژی به اندازه ای پایین است که حرارت سلولی ایجاد نمی کند. یک مثال بسیار معمول از آن خط برق تولید امواج است.

۱-۱۳) انواع پرتوها از نظر نوع اثرگذاری

۱-۱۳-۱) پرتوهای یونیزان:

پرتوی یونیزان یک عامل مضر برای موجودات زنده است. ولی از آن برای استریل کردن وسایل پزشکی و تابش به مواد غذایی استفاده می شود. پرتو یونیزان شامل گازهای گلخانه ای از رادیوایزوتوپ ها و اشعه ایکس می باشد. پرتوی ایکس دارای استفاده های مفید متعددی است، که به خوبی در انسان در دوزهای پایین قابل تحمل است. به خوبی مشخص است که در معرض قرارگیری مقدار زیاد پرتو یونیزان می تواند جهش و سرطان زایی را القا کند و در مواد حادثر منجر به مرگ شود (سلیمانی، ۱۳۸۹).

۱-۱۳-۲) پرتوهای غیر یونیزان

پرتوهای غیر یونیزان بعنوان امواج رادیویی RF و فرکانس بسیار پایین یا ELF نیز شناخته می شوند. محدوده ی امواج RF از ۳۰۰MHz تا ۳۰ GHz می باشد. امواج ELF در محدوده ی ۵۰-۶۰ هرتز است و مربوط به خطوط انتقال برق است (سلیمانی، ۱۳۸۹).

۱-۱۴) اثرات میدان های الکترو مغناطیسی بر موجود زنده

۱-۱۴-۱) اثرات حرارتی

اثرات حرارتی، اثراتی می باشند که ناشی از انتقال انرژی الکترومغناطیسی به بدن است. درصد بالایی از بدن انسان از آب تشکیل شده است. مولکول های آب که از مولکول های قطبی می باشند استعداد فراوانی در تحت تاثیر قرار گرفتن میدان های مغناطیسی دارند. بنابراین بافت هایی از بدن که از میزان آب بیشتری برخوردارند بیشتر تحت میدان مغناطیسی قرار می گیرند. بافتهای دیگر بدن نیز دارای مولکول های قطبی می باشند تحت تاثیر این میدان ها قرار می گیرند. اثر امواج رادیویی بر چنین بافتیایی به این صورت است که مولکول های قطبی را وادار می کند که در جهت معکوس سیکل انرژی امواج رادیویی تلاش کنند. به دلیل فرکانس بالا و عدم توانایی مولکول جهت دنبال کردن این روند، مولکول ها دچار کندی نوسان می شوند که باعث تبدیل انرژی مغناطیسی به گرمایی می شود..