

بررسی اثر جنتامایسین بر استافیلوکوکوس اورئوس در حضور میدان الکترومغناطیسی

اصغر تنومند^{۱*}، امیر افشین خاکی^۲، حسین مهراذ^۳، سید حسن منتظم^۴، مقصود کفشنجی^۴

۱- مربی، دانشکده پرستاری و مامایی شهرستان مراغه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۲- دانشیار گروه آناتومی، دانشکده پزشکی، مرکز مدیریت تحقیقات کشوری سلامت، دانشگاه علوم پزشکی تبریز

۳- مربی، گروه پزشکی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد تبریز

۴- مربی، گروه میکروبیولوژی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد بناب

تاریخ دریافت نسخه اصلاح شده: ۸۷/۵/۱۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۸۷/۶/۲

چکیده

مقدمه: امروزه مطالعه اثرات بیولوژیک میدانهای مغناطیسی هم از بعد حفاظت و ایمنی و هم از لحاظ کاربردهای پزشکی، درمانی و دارویی حایز اهمیت می باشد. از لحاظ مشخصه های فیزیکی میدانهای مغناطیسی به دو دسته یکنواخت و متغیر تقسیم می گردند. از آنجا که میدانهای متغیر، با فرکانس های بسیار کم در محیط زندگی انسان بسیار یافت می شوند، تحقیقات زیادی در این مورد صورت گرفته است ولی بررسی در مورد میدان های یکنواخت مغناطیسی ناچیز است. هدف از این مطالعه بررسی تأثیر میدان مغناطیسی یکنواخت و ثابت بر مقاومت دارویی استافیلوکوک طلائی است.

مواد و روشها: این مطالعه به صورت مورد-شاهدی آینده نگر برای بررسی اثر میدان مغناطیسی ثابت با شدت پایین (۰/۵ میلی تسلا) بر سرعت رشد و مقاومت آنتی بیوتیک استافیلوکوکوس اورئوس حساس به جنتامایسین انجام شد. میکروب مورد مطالعه یک سویه بیمارستانی بود و میزان رشد آن از طریق شمارش کلنی جهت پی بردن به اثر میدان بر سرعت رشد بررسی گردید. در مرحله بعد میزان رشد باکتری در حضور غلظت های مختلف آنتی بیوتیک مورد بررسی قرار گرفت و حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی جنتامایسین برای استافیلوکوک اورئوس تعیین گردید.

نتایج: در این مطالعه مشخص گردید که میدان مغناطیسی ۰/۵ میلی تسلا بر سرعت رشد استافیلوکوکوس طلائی پس از ۲۴ و ۴۸ ساعت بی تأثیر بود. بر اساس این نتایج میدان مغناطیسی ۰/۵ میلی تسلا در مدت ۴۸ ساعت باعث کاهش ۵۰ درصدی حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی جنتامایسین برای استافیلوکوکوس اورئوس گردید (در گروه تحت مطالعه حداقل غلظت ممانعتی ۴ و حداقل غلظت باکتری کشی ۸ و در گروه شاهد حداقل غلظت ممانعتی ۸ و حداقل غلظت باکتری کشی ۱۶ میکروگرم بر میلی لیتر).

بحث و نتیجه گیری: میدان مغناطیسی ثابت با شدت کم بتهنهایی اثری بر سرعت رشد باکتری نداشت ولی اثر میکروب کشی جنتامایسین در حضور میدان بیشتر بود. می توان از میدانهای مغناطیسی ثابت جهت افزایش اثر آنتی بیوتیک بر استافیلوکوک اورئوس استفاده کرد. (مجله فیزیک پزشکی ایران، دوره ۵، شماره ۱، بهار و تابستان ۸۷: ۸-۱)

واژگان کلیدی: استافیلوکوکوس اورئوس، میدان الکترومغناطیسی، جنتامایسین، مقاومت دارویی حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی

* نویسنده مسؤول: اصغر تنومند

آدرس گروه علوم پایه دانشکده پرستاری مراغه، دانشگاه علوم پزشکی تبریز
tanomanda@yahoo.com

تلفن: ۰۹۸ (۴۲۱)۲۲۷۶۳۶۳

۱- مقدمه

مطالعات زیادی در مورد اثرات بیولوژیکی میدانهای مغناطیسی انجام گرفته که نتایج آنها نشان می‌دهند سیستم‌های بیولوژیکی به شدت‌های بالا پرتوهای مغناطیسی در زمان طولانی مدت، حساس بوده و از خود تغییرات محسوس بر جای می‌گذارند [۱]. امروزه مطالعه اثرات بیولوژیکی میدانهای الکترومغناطیسی^۱ هم از بعد حفاظت و ایمنی و هم از لحاظ کاربردهای پزشکی درمانی و دارویی حایز اهمیت می‌باشند [۲،۳]. مطالعات مختلف تأثیر میدانهای مغناطیسی در متابولیسم و فرآیندهای حیاتی سلولهای یوکاریوتی و پروکاریوتی مشخصی را نشان می‌دهد. تأثیر میدان آهنربائی روی غشاءهای بیولوژیک مثل نفوذ پذیری غشاءسلولی و پروتئین‌سازی در باکتریها مورد مطالعه قرار گرفته است تعدادی از پژوهش‌ها نشان دهنده این موضوع کلی است که میدانهای الکترومغناطیسی در دانسیته فلوی مغناطیسی بالا نقش مهمی دارد ورکین^۲ در سال ۱۹۷۶ اثر میدان مغناطیسی ثابت ضعیف ۲۶ نانو تسلا را روی رشد استافیلوکوکوس اورئوس و ایشیریشیاکلی مطالعه کرد و نشان داد که این میدان باعث توقف رشد آن دو میکروارگانیسم می‌شود [۴]. در بررسی فوجت^۳ نیز میدان مغناطیسی ثابت و کم فرکانس ۱۰ میلی تسلا در مدت ۳۰ دقیقه باعث کاهش رشد ایشیریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس گردید [۵]. استراساک^۴ اثر میدان مغناطیسی ثابت بر ایشیریشیاکلی را کشنده گزارش کرد [۶]. در مقابل تعدادی از مطالعات از اثر تحریکی میدانهای مغناطیسی بر میکروپها سخن به میان آورده اند به طوری که در بررسی جرنسره^۵ بر حسب زمان تأثیرگذاری میدان ثابت مغناطیسی اثر بازدارندگی یا تحریک کنندگی میدان بر سرعت و تعداد کلنی

-
- 1- Electromagnetic Field (E.M.F)
 - 2- Verkin
 - 3- Fojt
 - 4- Strasak
 - 5- Gerenscer

سراشیا مارسه سنس^۶ و استافیلوکوکوس اورئوس گزارش می‌کند این اثر در مورد استافیلوکوکوس اورئوس در میدان ثابت ۱/۵ تسلا تا ۶ ساعت تحریک رشد، ۶ تا ۷ ساعت اثر مهاری و پس از ۷ ساعت بدون اثر بود [۷]. در بررسی بنی^۷ میدان مغناطیسی ثابت صفر تا ۱۱۰ میلی تسلا اثرات متغیری بر رشد ایشیریشیاکلی داشته است [۸]. همچنین از آنجائی که مقاومت داروئی باکتریها یکی از موضوعات مهم در باکتریولوژی بالینی بوده و منشأ مشکلات زیادی در درمان بیماریهای عفونی است به طوری که پدیدار شدن سویه‌های مقاوم به چند دارو، ظهور انواع جدید از بیماریها عفونی مجدداً مسئله بیماریهای عفونی نو پدید و باز پدید و صرف هزینه‌های زیاد برای عفونتهای قابل پیشگیری را به میان آورده است بنابراین امروزه دانشمندان در مسیر مبارزه با بیماریهای عفونی علاوه بر فعالیت برای کشف آنتی بیوتیک‌های جدید و بهتر، از تکنیک‌ها و عوامل کمکی دیگر جهت افزایش اثر آنتی بیوتیک‌ها به میکروپها بهره می‌گیرند. در تحقیقات مختلف از تأثیر میدانهای مغناطیسی در کاهش یا افزایش اثر آنتی بیوتیک‌ها بر میکروپهای مختلف سخن به میان آمده است [۱۰،۹]. بنابراین این مطالعه جهت بررسی اثر میدان مغناطیسی در سرعت رشد استافیلوکوکوس اورئوس انجام شد و بدنبال آن تأثیر جتتامایسین بر استافیلوکوکوس اورئوس در حضور و بدون میدان مغناطیسی بررسی گردید.

۲- مواد و روشها

طی این مطالعه ابتدا دستگاه تولید کننده میدان الکترومغناطیس طراحی و آماده شد برای ایجاد میدان الکترومغناطیس از دستگاه تولیدکننده پیچه هلمولتز که براساس قانون دست راست فلمینک کارمی کرد استفاده شد این ابزار دو بخش

6- S. Marcescens
7- Binni

تتراسایکلین، سفالکسین و حساس به جنتامایسین، آمیکایسین، سفیکسیم و نورفلوکساسین بود. حساسیت این سویه به جنتامایسین این امکان را فراهم کرد که بتوانیم تغییرات و حداقل غلظت ممانعتی^۱ و حداقل غلظت باکتری کشی^۳ را در حضور میدان الکترومغناطیس بررسی نمائیم. ابتدا برای بررسی سرعت رشد سوسپانسیون میکروبی معادل ۰/۵ مک فارلند از استافیلوکوکوس اورئوس در محیط کشت نوتریت برات (هایمدیا^۴) تهیه شد و ۰/۱ میلی لیتر از آن به یک پلیت محتوی نوتریت آگار (هایمدیا) و ۰/۱ میلی لیتر دیگر به یک پلیت دیگر در شرایط استریل منتقل شد یکی از پلیت‌ها در انکوباتور دارای دستگاه مولد الکترومغناطیس و پلیت دیگر را در انکوباتور بدون دستگاه مولد الکترومغناطیس قرار داده و بعد از ۲۴ و ۴۸ ساعت با کلنی کانت میزان رشد باکتری در حضور میدان الکترومغناطیس و بدون آن کنترل شد و مطالعه در شدتهای مختلف (۱/۵، ۱، ۰/۵) میلی تسلا به طور جداگانه انجام گرفت و در طول مطالعه یکنواختی میدان مغناطیسی بر روی پلیت‌ها مرتباً بخصوص در زمان شروع و اتمام هر آزمایش بوسیله تسلا متر E200A کنترل می شد گاهی برای کلنی کانت راحت تر محلول میکروبی بیشتر رقیق می شد و برای اطمینان بیشتر آزمایش سه بار تکرار شد. طبق این بررسی مشخص شد که شدت ۰/۵ میلی تسلا میدان مغناطیسی هیچ تاثیری بر رشد باکتری ندارد یعنی تعداد کلنیهای شمارش شده در محیط های شاهد و تحت مطالعه برابر بود بنابراین شدت ۰/۵ میلی تسلا برای بررسی تاثیر آن بر اثر آنتی بیوتیک بر میکروب انتخاب شد برای بررسی اثر میدان الکترومغناطیس در تاثیر آنتی بیوتیک بر میکروب ابتدا محلول جنتامایسین (سیگما) طبق فرمول زیر تهیه گردید [۱۱].

$$\text{وزن} = \frac{(\mu\text{g/ml}) \times (\text{ml}) \text{ حجم مورد نیاز}}{(\mu\text{g /mg}) \text{ پتانسیل دارو}}$$

- 1- Minimum inhibitory Concentration
3- Minimum Bactericide Concentration
4- Himedia

اصلی داشت در بخش نخست دو سیم پیچ مسی با فاصله ای حدود ۲۰ سانتی متر از هم قرار گرفته بودند. بخش دوم مولد میدان عبارت بود از یک ترانس که ورودی و خروجی برق به دستگاه از این طریق می گذشت و توسط یک ولت‌متر ولتاژ برق و توسط یک آمپر متر شدت جریان را نشان می داد جدول کالیبراسیون دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس با استفاده از تسلا متر E200A به صورت زیر تنظیم گردید (جدول ۱).

جدول ۱ - جدول کالیبراسیون شدت میدان الکترومغناطیس ایجاد شده

بر اساس ولتاژ برق و شدت جریان		
میدان (میلی تسلا)	جریان (آمپر)	ولتاژ (ولت)
۰	۰	۰
۰/۵	۱/۱	۲/۵
۱	۲/۱	۴/۸
۱/۵	۳	۶/۲
۲	۴	۹/۸
۲/۵	۵	۱۲
۳	۶	۱۵
۳/۵	۶/۸	۱۷
۴	۷/۸	۲۰
۴/۵	۸/۸	۲۲/۵
۵	۹/۸	۲۶
۵/۵	۱۰/۵	۳۲/۵
۶	۱۱/۲	۳۴/۹
۶/۵	۱۲/۳	۴۰
۷	۱۲/۵	۴۲/۵

سپس دستگاه تولید کننده میدان الکترومغناطیس را در داخل انکوباتور مستقر کرده و با احتساب حرارت تولید شده از دستگاه دمای انکوباتور در ۳۷°C تنظیم گردید یک انکوباتور دیگر با همان مارک بدون دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس در همان دما تنظیم گردید.

یک سویه بیمارستانی استافیلوکوکوس اورئوس از بیمارستانهای مراغه جهت مطالعه تهیه گردید این سویه مقاوم به آمپی سیلین،



شکل ۱- کلنی‌های رشد یافته استافیلوکوکوس اورئوس در حضور ۰/۵ میلی تسلا میدان الکترومغناطیس و پلیت شاهد (کلنی کانت بعد از رقیق سازی انجام گرفته است)

نتایج بررسی تاثیر جتتامایسین بر استافیلوکوکوس اورئوس در حضور ۰/۵ میلی تسلا میدان الکترومغناطیس (شدتی که خود آن بر رشد میکروب بی تاثیر بود) نشان داد و حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی جتتامایسین در مقابله با استافیلوکوکوس اورئوس در حضور ۰/۵ میلی تسلا میدان الکترومغناطیس ۵۰٪ کاهش پیدامی کند (در گروه تحت مطالعه حداقل غلظت ممانعتی ۴ و حداقل غلظت باکتری کشی ۸ و در گروه شاهد حداقل غلظت ممانعتی ۸ و حداقل غلظت باکتری کشی ۱۶ میکروگرم بر میلی لیتر)، شکل ۲ و جدول ۳ نشان دهنده این موضوع می باشند.

سپس بر اساس جدولهای استاندارد رقت‌های سریال از جتتامایسین تهیه شد و سوسپانسیون استاندارد میکروبی تهیه شده با هر یک از رقت‌های جتتامایسین مجاور شد. سوسپانسیون میکروب با رقت‌های مختلف جتتامایسین در دو نسخه تهیه شد - یکسری از لوله‌ها در انکوباتور دارای میدان الکترومغناطیس (تحت مطالعه) و سری دیگر در انکوباتور بدون میدان الکترومغناطیس (شاهد) به مدت دو روز انکوبه شد. بعد از دو روز انکوباسیون با انتقال ۰/۱ mL از هر یک از رقت‌ها در همه لوله‌های انکوبه شده (گروه تحت مطالعه و شاهد)، تعداد میکروب‌ها به طور جداگانه در محیط نوترینت آگار شمارش شد [۱۱] و حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی بدست آمده در لوله‌های تحت تأثیر میدان الکترومغناطیس (تحت مطالعه) و بدون تأثیر الکترومغناطیس (شاهد) مقایسه شد برای اطمینان بیشتر آزمایش سه بار تکرار شد.

۳- نتایج

نتایج بررسی تاثیر میدان الکترومغناطیس بر رشد باکتری استافیلوکوکوس اورئوس نشان داد که ۰/۵ میلی تسلا میدان الکترومغناطیس هیچ تاثیری در رشد استافیلوکوک اورئوس نداشت به عبارت دیگر تعداد کلنی‌های رشد یافته در هر دو حالت (تحت تاثیر میدان و بدون آن) کاملا یکسان بود. اما با افزایش شدت میدان آثار مهاری روی رشد میکروب مشاهده گردید که شکل ۱ و جدول ۲ نشان دهنده این موضوع می باشند.

جدول ۲- تعداد کلنی‌های رشد یافته استافیلوکوکوس اورئوس در حضور

شدتهای مختلف میدان الکترومغناطیس و گروه شاهد			
شدت میدان (میلی تسلا)	۰/۵	۱	۱/۵
تعداد کلنی (CFU/cc)	شاهد ۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰۰۰
	مورد ۱۰۰۰۰۰	۱۰۰۰	صفر

اثر تقویت کنندگی میدانهای ثابت ۲ و ۵ تسلا را بر داروهای موتاژنیک نشان داد [۲۱] و در بررسی پیکربنک^۷ میدانهای متغییر مغناطیسی باعث افزایش اثر جتتامایسین بر استافیلوکوکوس اورئوس گردیده و حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی آن را حداقل ۵۰٪ کاهش داد. اما این اثر در مورد وانکومایسین ناچیز بود [۲۲]. در بررسی بنسون^۸ میدانهای ثابت مغناطیسی ۰/۵ تا ۲ میلی تسلا به طرز طرز چشمگیری اثرات جتتامایسین بر سود و مونا آنروژینوز را افزایش داد [۲۳]. در مطالعه کروسمن^۹ میدان ثابت ۰/۵ تا ۴ تسلا بر آنتی بیوتیک های مؤثر در درمان ایشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس بی تأثیر بود [۱]. در مطالعه استنسل^{۱۰} در مورد اثر میدان ثابت مغناطیسی بر داروهای ضد E.coli مشاهده گردید که مقاومت میکروبی در حضور میدان مغناطیسی افزایش یافت [۹].

در این بررسی، کاهش ۵۰ درصدی حداقل غلظت ممانعتی و حداقل غلظت باکتری کشی جتتامایسین در مقابله با استافیلوکوکوس اورئوس در حضور میدان ثابت ۰/۵ میلی تسلا در عرض ۴۸ ساعت مشاهده شد که در مطالعه پیکربنک نیز افزایش اثر جتتامایسین بر استافیلوکوکوس در حضور میدان مغناطیسی مطرح شده است [۲۲]. بنابراین براساس نتایج این مطالعه می توان گفت تاثیر جتتامایسین بر استافیلوکوکوس اورئوس در حضور ۰/۵ میلی تسلا میدان الکترومغناطیسی دوبرابر افزایش می یابد با توجه به نتایج متفاوت در مطالعات مختلف لازم است تاثیر زمان-نوع و شدت میدان-نوع میکروب و نوع آنتی بیوتیک به عنوان فاکتورهای مداخله گر به طور جداگانه مطالعه گردد و از اثر سنرژیستی (تقویتی) میدانهای ضعیف الکترومغناطیسی و آنتی بیوتیک هادرازیب

نتایج متفاوت بدست می آید به طوری که اثر مهاری میدان مغناطیسی ثابت بر رشد ایشریشیاکلی توسط زنک^۱ در سال ۲۰۰۲ [۱۲] کاهش ۴۰ درصدی رشد ایشریشیاکلی بوسیله میدان مغناطیسی توسط رامون^۲ در ۱۹۸۱ [۱۳] همچنین لکفلان^۳ در سال ۲۰۰۴ [۱۴] مطالعه ایشیزاکی^۴ در سال ۲۰۰۰ [۱۵]، مطالعه استپانین^۵ در سال ۲۰۰۰ [۱۶] اثر مهاری یا متوقف کننده میدان الکترومغناطیسی بر روی ایشریشیاکلی و استافیلوکوکوس اورئوس را گزارش کردند و مطالعات استراساک در سال ۱۹۹۸ نشان داد میدان متغییر ۲۱/۵ - ۵ میلی تسلا بر رشد ایشریشیاکلی بی تأثیر بوده [۱۷] در مقابل تعدادی از مطالعات نیز اثر تحریکی میدان مغناطیسی در رشد باکتری را مطرح می کنند [۱۸-۲۰].

همانطور که مشاهده می شود طیف گسترده و متفاوتی از مطالعات بر روی میگروارگانسیم های مختلف وجود دارد که به علت گستردگی متغیرهای تأثیرگذار گاهی نتایج متفاوتی حاصل شده است. در مطالعه ما، میدان مغناطیسی ثابت ۰/۵ میلی تسلا پس از ۴۸ ساعت هیچ اثری بر سرعت رشد استافیلوکوک اورئوس نداشته است که این نتایج با نتایج بدست آمده از سایر مطالعات همخوانی دارد بنابراین نتایج این مطالعه میتوژن بودن میدان مغناطیسی ثابت ۰/۵ میلی تسلا را در استافیلوکوکوس اورئوس تأیید نمی کند.

بی تأثیر بودن میدان مغناطیسی ۰/۵ میلی تسلا در رشد و تقسیم استافیلوکوکوس اورئوس در این مطالعه این امکان را فراهم آورد که بتوانیم تأثیر میدان مغناطیسی ثابت را در افزایش یا کاهش میکروب کشی جتتامایسین را بررسی کنیم که در این مورد مطالعات کمی صورت گرفته است اکهااتا^۶ اثر

- 1- Zhang
- 2- Ramon
- 3- Lekhtlaan
- 4- Ishizaki
- 5- Stepanian
- 6- Ikehata

- 7- Ikehata
- 8- Benson
- 9- Grosman
- 10- Stansell

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از آقای دکتر اصغر محمدپور که درمورد آنالیز نتایج و بحث کمک فکری شایانی نمودند، تشکر و قدردانی می شود.

بردن میکروبهادرمواردلزوم استفاده شود. همچنین نتایج چنین مطالعاتی نشان می دهد میدان های مغناطیسی ضعیف ناشی ازلوازم موجوددرآزمایشگاه ممکن است در نتایج آنتی بیوگرام تاثیرگذار باشد و این موضوع می تواند یکی از علل عدم همخوانی نتایج آنتی بیوگرام و پاسخ درمانی باشد.

منابع

1. Grosman Z, Kolar M, Tesarikova E: Effects of static magnetic field on some pathogenic microorganisms. Acta Univ Palacki Olmuc Fac Med 1992; 134 (15): 7- 9.
2. Moore RL: Biological effects of magnetic fields: Studies with microorganisms. Can J Microbiol 1979; 25(5): 1145-51.
3. Lomachenkov VD, Kuprikova IM, Riazhechekin LA, Parvliunina AD. Inhibitory effects of electric UHF Field and magnetic in frared laser Irradiation on Mycobacterium tuberculosis. Probl Tuberk 1998; (4)53 -5.
4. Verkin BI, Bondarenko SI, Sheremet VI, Tsutsaeva AA, Safonova TS: The effects of weak magnetic fields on bacteria. Microbiologiia 1976; 45 (6): 1067-70.
5. Fojt L, Strasak L, Vetterl V, Smarda J: Comparison of the low – frequency magnetic field effects on bacteria Escherichia coli, Leclercia adecarboxylat and Staphylococcus aureus. Bioelectrochemistry 2004; 63(3): 337-41.
6. Strasak L, Vetteri V. Effects of low-frequency magnetic fields on the bacteria Escherichia coli. Bioelectrochem. Bioenerg 2002; 55(3):161-4.
7. Gerencser VF, Barnothy MF, Barnoty JM: Inhibition of bacterial growth by magnetic fields. Nature 1962;196(18): 539-41.
8. Binhi VN, Alipov YD, Belyaev IY. Effect of static magnetic field on E. coli cells and individual rotations of ion – protein complexes. Bioelectromagnetics 2001; 22(2): 79-86.
9. Stansell MJ, Winters WD, Doe RH, Dart BK. Increased antibiotic resistance of E.coli exposed to static magnetic fields. Bioelectromagnetics 2000; 22(2): 129-37.
10. Scarfi MR, Lioi MB, Della Noce M. Exposure to 100 Hz pulsed magnetic fields increases micronucleus frequency and cell proliferation in human lymphocytes. Bioelectrochem Bioenerg 1997; 43(7):77-8.
11. Barrow EJ, Finegold SM. Baily & Scott's diagnostic microbiology, 8th ed. USA, Mosby 1990; 171-94.
12. Zhang S, Wei W, Zhang J, Mao Y, Liu S. Effect of static magnetic field on growth of Escherichia coli and relative reponse model of series piezoelectric quartz crystal. Analyst 2002; 127 (3): 373-77.
13. Ramon C, Ayaz M, Streeter DD. Inhibition of growth rate of Escherichia coli induced by extremely low – frequency weak magnetic fields. Bioelectromagnetics 1981; 2 (3): 285-89.
14. Lekhtlaan – Tynisson NP, Shaposhnikova EB, Khomogorov VE: The effect of the extremely weak field on the cultures of bacteria Escherichia coli and Staphylococcus aureus. Biophysica 2004; 49(3): 519- 23.

15. Ishizaki I, Horiuchi S, Okuno K. Twelve hours exposure to inhomogeneous high magnetic field after logarithmic growth phase is sufficient for drastic suppression of Escherichia coli death. *Bioelectrochemistry* 2001; 54 (5): 101–5.
16. Stepanian RS, Barsegian AA, Alaverdian ZhR, Oganessian GG, Markosian LS. The effect of magnetic fields on the growth and division of the lon mutant of Escherichia coli K – 12. *Radiats Biol Radioecol* 2000;40 (3): 319 –22.
17. Strasak L, Vetterl V, Smarda J. The effect of low – frequency electromagnetic fields on living organisms. *Sb Lek* 1998; 99 (4): 455–64.
18. Tsuchiya K, Okuno K, Ano T, Tanaka K, Takahashi H, Shoda M: High magnetic field enhances stationary phase – specific transcription activity of Escherichia coli. *Bioelectrochem Bioenerg* 1999;48 (2): 383–87.
19. Aarholt E, Flinn EA, Smith CW. Effects of low – frequency magnetic fields on bacterial growth rate. *Phys Med Biol* 1981;26 (4):613–21.
20. Potenza L, Ubaldi L. Effects of a static magnetic field on cell growth and gene expression in Escherichia coli: *Mutation Research* 2004;56 (1):53–62.
21. Ikehata M, Koana T. Effect of a strong static magnetic field of mutagenicity of chemical mutagens in AMES ASSAY. 2nd. *World Cong Elect Magnet Biol Med* 1997;1 (8): 270.
22. Pickering SA, Bayston R, Scammell BE. Electromagnetic augmentation of antibiotic efficacy in infection of orthopaedic implants. *J Bone Joint Surg Br* 2003; 85(4): 588–93.
23. Benson DE, Grissom CB, Burns GL, Mohammad SF: Magnetic field enhancement of antibiotic activity in biofilm forming Pseudomonas aeruginosa. *ASAIO J* 1994; 40(3): M371-6.