Archive of SID

مقاله پژوهشی

بررسی تأثیر دستگاه مولّد میدان الکترومغناطیس یکنواخت بر تکامل عضلهٔ قلب موش صحرایی

دکتر علی بابیوردی ♣
دکتر جعفر سلیمانی‌راد ♦

با افزایش روزافزون استفاده از امواج الکترومغناطیسی در محیط زندگی، صنعت، مخابرات و زمینه‌های پزشکی، ارزیابی همه جانبهٔ اثرات میدان‌های الکترومغناطیسی(emf) با شدّت‌های متفاوت بر بافت‌ها و ارگان‌های بدن شدیداً احساس می‌شود. گزارشات ضدّ و نقیض در مورد اثرات زیانبار میدان‌های الکترومغناطیسی با فرکانس‌های مختلف از عوامل مؤثر در انجام این پژوهش بوده است. به منظور بررسی اثرات میدان الکترومغناطیسی یکنواخت بر محیط‌های بیولوژیک، یک دستگاه emf با فرکانس ۶۰-۵۰ هرتز و میدان‌های متغیّر تا ۱۵۰ گوس در ۱۵ درجه قابل تنظیم، طرّاحی و بعد از کالیبره شدن، مورد استفاده قرار گرفت. برای بررسی اثرات میدان emf بر تکامل عضلهٔ قلب جنین موش صحرایی، شش موش صحرایی در دورهٔ حاملگی و نوزادان متولّد شده برای دو ماه پس از تولّد، روزانه به مدّت هشت ساعت در معرض میدان الکترومغناطیس با شدّت ثابت ۱۲۰ گوس و فرکانس ۶۰-۵۰ هرتز قرار گرفتند. سپس نمونه‌های بافتی تهیّه شده از قلب با میکروسکوپ نوری تحت مطالعه قرار گرفتند. بررسی هیستولوژیک نشان داد که سلّولها و هستهٔ آنها در گروه آزمون نسبت به گروه کنترل، کوچک و متراکم گردیده و هستک آنها مبهم می‌باشد. همچنین عروِ خونی بین سلّولی در گروه آزمون نسبت به گروه کنترل وسعت کمتری داشت. نتایج بدست آمده از قرارگیری موش صحرایی در میدان الکترومغناطیس نشان می‌دهد که تحت تأثیر میدان، رشد سلّولهای قلبی کاهش یافته و هستهٔ سلّولی متراکم گشته است.

کلمات کلیدی: *میدان الکترومغناطیسی ؛ عضلهٔ قلب ؛ موش صحرایی .*

♣- استادیار فیزیک پزشکی دانشگاه علوم پزشکی تبریز
♦- دانشیار بافت شناسی و رویان شناسی دانشگاه علوم پزشکی تبریز

www.SID.ir

Archive of SID

مقدّمه

در زندگی مدرن امروزی الکتریسیته و مغناطیس جزء جدایی‌ناپذیر زندگی محسوب می‌شود. انسانها به طور روز افزون و خواسته یا ناخواسته هر روز در معرض تشعشعات و میدان‌های الکترومغناطیس ناشی از وسایل مختلف خانگی، صنعتی، پزشکی و ... قرار می‌گیرند.

اگر چه در مورد اثرات میدان‌های الکترومغناطیس اتّفاق نظر وجود ندارد(۱ و ۲) ولی شواهدی وجود دارد که نشان می‌دهد حتّی فرکانس‌های پائین الکتریکی و میدان‌های مغناطیسی بسیار ضعیف نیز در طولانی مدّت، می‌تواند سیستم‌های بیولوژیکی را تحت تأثیر قرار دهد و خطراتی برای سلامت انسان ایجاد کند(۳). امروزه بدلیل افزایش شواهد تجربی، اثرات زیان بار میدانهای الکترومغناطیس قوی بر سلامت موجودات زنده بویژه انسان تا حدّی شناخته شده است(٤ و ٥). در واقع این خطرات را نباید در مقایسه با خطراتی که در زندگی روزمرّه با آنها مواجه هستیم، نادیده گرفت. زیرا اوّلاً میدانهای الکترومغناطیس می‌توانند تأثیرات بیولوژیکی خاصّی ایجاد کنند که مکانیسم آنها کاملاً پیچیده است؛ ثانیاً نتایج حاصله ممکن است به عواملی بیشتر از عامل ساده‌ای مانند زمان که برای تأثیرگذاری میدانهای الکترومغناطیس ضروری است، بستگی داشته باشد (٦).

با عنایت به مطالب فوق و با توجّه به افزایش روزافزون استفاده از امواج الکترومغناطیس در محیط زندگی، صنعت، مخابرات و زمینه‌های پزشکی در کاربردهای مختلف، ارزیابی همه جانبهٔ اثرات میدانهای الکترومغناطیس (emf [1]) با شدّت‌های متفاوت بر فعّالیّت بافتها و ارگانهای مختلف شدیداً احساس می‌شود.

در اوّلین قسمت از بررسی حاضر، طرّاحی و ساخت دستگاه مولّد میدان الکترومغناطیس (emf) یکنواخت با شدّت‌های متغیّر و قابل تنظیم صورت گرفت و در ادامهٔ کار، اثرات میدان الکترومغناطیس ناشی از دستگاه emf با شدّت ۱۲۰ گوس[2] و فرکانس ٦٠-٥٠ هرتز بر عضلهٔ قلب موش صحرایی[3] مورد مطالعه قرار گرفته است.

روش پژوهش

بررسی اثرات میدان الکترومغناطیس بر محیط‌های بیولوژیک قبلاً در آزمایشگاه بافت شناسی با استفاده از یک پیچه هلمهولتز و بر اساس قانون دست راست فلمینگ صورت می‌گرفت(۷). در این دستگاه از جریان الکتریکی متناوب با شدّت جریان حدّاکثر ۱/۵ آمپر و فرکانس ۵۰ هرتز استفاده می‌شد که قادر بود؛ میدانی به شدّت ۱۲۰-۸۰ گوس ایجاد نماید و برای یکنواخت شدن نسبی میدان از میله‌های آهنی فرومغناطیس در بین سیم پیچ‌ها استفاده شده بود. فضای وسط سیم پیچ گنجایش قرارگیری تقریبی چهار موش صحرایی را داشت و گرمای ایجاد شده در پیچه توسّط سیستم جریان آب سرد و همچنین هواکش خنک می‌شد.

در طرّاحی و ساخت دستگاه emf جدید و مورد بحث، از جریان الکتریکی با فرکانس Hz ٦٠-٥٠ و از میدانهای متغیّر با زمان و لحاظ شدن دو عامل اصلی، یکی میدان الکتریکی ناشی از میدان مغناطیسی متغیّر (تحقیقات هدفدار مایکل فارادی) و دومی میدان مغناطیسی ناشی از میدان الکتریکی متغیّر (از کارهای نظری جیمس کلارک و ماکسوئل) استفاده شده است(۸).

1 - effects of electromagnetic fields(emf)
2 - Gauss
3 - Rat

www.SID.ir

Archive of SID

در حقیقت از تصویر ذهنی «خطوط نیرو» که فارادی در اثبات نظریهٔ الکترومغناطیس پیشنهاد کرده بود، در ساخت دستگاه الهام گرفته شده است(۹). از دیدگاه میدان، میدان مغناطیسی متغیّر یک نیروی الکتروموتوری تولید می‌کند و که می‌تواند در مدار بستهٔ مناسب، جریانی برقرار نماید(۱۰). نیروی الکتروموتوری، صرفاً ولتاژی است که در حرکت هادیها در میدان مغناطیسی یا از میدانهای مغناطیسی متغیّر بوجود می‌آید(۱۱).

برای یک مدار بسته، قانون فارادی بصورت

$$emf = -\frac{d\phi}{dt}V$$

بیان می‌شود ϕ شار مغناطیسی، V ولتاژ و t زمان عبور جریان می‌باشد. علامت منفی نشانهٔ آن است که emf در چنان جهتی است که شار مربوط به جریان ناشی از آن، چنانچه به شار اوّلیّه اضافه شود emf را کاهش خواهد داد. بیان این اصل که ولتاژ القاء شده باعث ایجاد شار مخالفی می‌شود، به قانون لنز معروف است. برای N دور سیم می‌توان نوشت.

$$emf = \oint \vec{E} * d\vec{l}\,, emf = -N\frac{d\phi}{dt}$$

با تبدیل $\oint$ در رابطه (۱) به انتگرال سطحی B داریم.

$$\oint \vec{E}.d\vec{l} = -\frac{d}{dt}\int_s \vec{B}.d\vec{s}$$

بنابراین چگالی شار $\vec{B}$ در جهت $d\vec{s}$ که بر حسب زمان در حال تغییر است، سبب ایجاد مقدار متوسّطی از میدان الکتریکی $\vec{E}$ می‌شود و شار مغناطیسی، تنها کمیّت متغیّر با زمان از فرمول :

$$emf = \oint \vec{E}.d\vec{t} = \int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} * d\vec{s}$$

بدست می‌آید. اگر قضیّهٔ استوکس را برای طرف چپ این رابطه بکار ببریم داریم؛

$$\int_s \left(\nabla * \vec{E}\right) \cdot d\vec{s} = -\int_s \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} * d\vec{s}$$

این رابطه را می‌توان بصورت دیفرانسیلی زیر نوشت :

$$emf = \nabla \vec{E} = \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

با استفاده از میدان محوری سیم پیچ‌های هلمهلوتز که نقش مهمّی را در پژوهشهای علمی ایفا می‌کند؛ هر پیچه شامل N دور سیم انتخاب و در فضای بین دو پیچه میدان emf کاملاً یکنواختی را تولید نمودیم. شدّت میدان B_z را از رابطه $B_Z = \mu \cdot \frac{Ni}{a} * \frac{8}{5^{3/2}}$ (a فاصلهٔ بین دو پیچه، و قطر هر پیچه a ۲) محاسبه کردیم و با تغییر شدّت جریان می‌توان در وسط فضای دو سیم پیچ، شدّت میدان تا ۱۵۰ گوس تأمین نمود و با پستانسیومتر در ۱۵ (Rehge) قابل تنظیم است. این دستگاه بوسیلهٔ میلی تسلاسنج ساخت آلمان کالیبره شده و قابل اطمینان تا ۹۵ درصد می‌باشد. برای تنظیم درجهٔ حرارت داخل سیستم، از دستگاه تهویهٔ مناسب بدون استفاده از جریان خنک‌کنندهٔ آب و در بکاراندازی سیستم از یک ترانسفورماتور افزایندهٔ ویژه که به روش خاصّی طراحی و ساخته شده؛ مورد استفاده قرار گرفته است. ظرفیّت دستگاه برای جایگیری ۱۲ موش صحرایی (Rat) کافی می‌باشد (شکل ۱). این دستگاه برای اثرات میدان الکترومغناطیس یکنواخت با شدّت‌های مختلف مناسب می‌باشد.

www.SID.ir

Archive of SID

موش‌های صحرایی مورد استفاده در این بررسی، از نژاد Wistar بودند که در محلّ آزمایشگاه بافت شناسی پرورش داده می‌شدند.

برای بررسی اثرات میدان emf بر تکامل عضلهٔ قلب موش‌های صحرایی مادّه، پس از قرارگیری در کنار موش‌های صحرایی و اطمینان از حاملگی آنها (با بررسی اسمیر واژینال) در مجموع ٦ جفت Rat، در دورهٔ حاملگی و برای دو ماه پس از تولّد، روزانه بمدّت ٨ ساعت در معرض میدان الکترومغناطیس با شدّت ١٢٠ گوس و فرکانس ٦٠-٥٠ هرتز قرار گرفتند. پس از اتمام دورهٔ آزمایش، موشها با استفاده از کلروفرم بیهوش شدند و سپس از قلب آنها نمونه برداری گردید. از نمونه‌ها پس از فیکسه شدن در فرمل ١٠ درصد و آماده‌سازی آن، برش‌های ٥ میکرونی تهیّه و پس از رنگ‌آمیزی با هماتوکسیلین - ائوزین مورد مطالعهٔ بافتی قرار گرفتند.

یافته‌ها

داده‌های این بررسی حاصل مطالعه بر روی ١٠ موش صحرایی دو ماهه از گروه کنترل و ١٥ موش صحرایی دو ماهه از گروه آزمایش می‌باشد و نتایج هیستولوژیک بدست آمده بقرار زیر است:

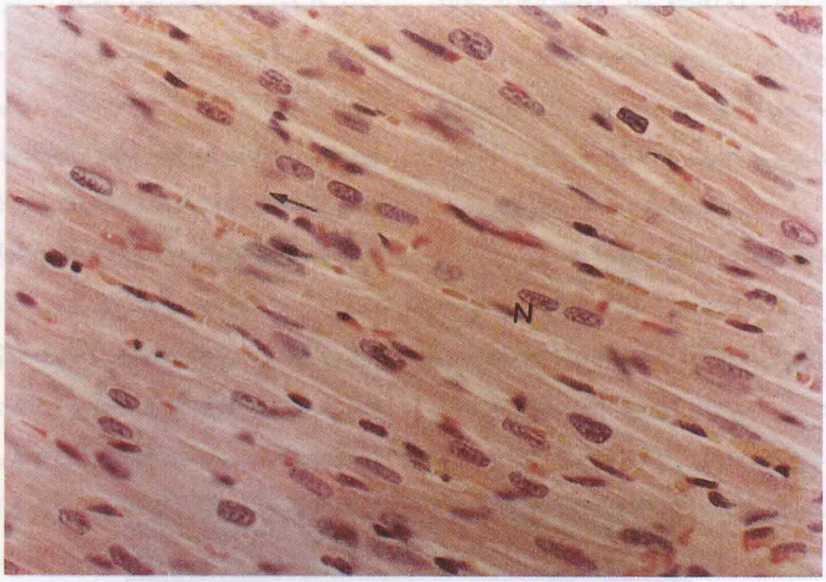
شکل ٢، فتومیکروگراف مقطعی از قلب موش صحرایی دو ماههٔ گروه کنترل را نشان می‌دهد. هستهٔ سلّولهای قلبی مستطیلی، روشن و دارای هستک مشخّص می‌باشد و بافت همبند بین سلّولی و عروق خونی موجود در این فواصل بخوبی قابل مشاهده می‌باشند. خطوط تیره و روشن و خطوط پلکانی ابرت (نوک پیکان) در این شکل، قابل تشخیص هستند. با درشتنمایی بزرگتر در شکل ٣، جزئیّات مربوط به هسته، سیتوپلاسم و ماتریکس بین سلّولی واضح‌تر دیده می‌شوند.

شکل ٤، فتومیکروگراف مقطعی از قلب موش صحرایی دو ماهه از گروه آزمایش را نشان می‌دهد که در رودهٔ جنین و پس از تولّد تا دو ماهگی در معرض میدان الکترومغناطیس ١٢٠ گوس قرار داشته‌اند.

تصویر ١: دستگاه مولد میدان الکترومغناطیس emf یکنواخت و قابل تنظیم با فرکانس ٦٠ - ٥٠ هرتز و با شدت میدان ١٥٠ گوس

www.SID.ir

Archive of SID



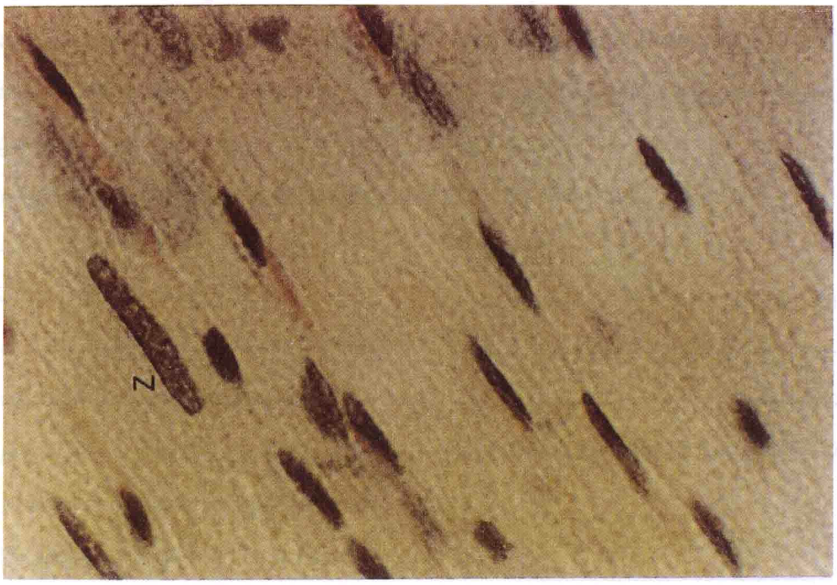
تصویر ۲: فتومیکروگراف مقطعی از قلب رت دو ماههٔ گروه کنترل

تصویر ۳: جزئیات مربوط به هسته، سیتوپلاسم و ماتریکس بین سلولی گروه کنترل

www.SID.ir

Archive of SID

تصویر ۴: فتومیکروگراف مقطعی از قلب رت دو ماههٔ گروه آزمون



تصویر ۵: هسته‌های کاملا" متراکم و دوکی سلولهای قلبی گروه آزمون در مقایسه با گروه کنترل

به طوری که در شکل ملاحظه می‌شود، در مقایسه با گروه کنترل، هستهٔ سلّولها متراکم و دوکی‌شکل می‌باشند؛ هستک و کروماتین مبهم است. خطوط پلکانی و محدودهٔ سلّولها قابل رؤیّت نیستند. با درشت نمایی بزرگتر (شکل ۵) هستهٔ سلّولهای

www.SID.ir

Archive of SID

قلبی در مقایسه با گروه کنترل، کاملاً متراکم و دوکی دیده می‌شوند. به طور کلّی سلّولها و هسته‌هایشان، نسبت به سلّولهای گروه کنترل کوچکتر هستند و وسعت عروق خونی بین سلّولی کمتر می‌باشد.

بحث

مزیّت ویژهٔ دستگاه emf مورد بحث، این است که اوّلاً به علّت دارا بودن فضای بزرگ، بررسی بر روی حیوانات بزرگتر را امکان‌پذیر می‌سازد. ثانیاً بدون استفاده از سیستم خنک‌کنندهٔ آب که در دستگاه قبلی بکار گرفته شده بود؛ از یک دستگاه تهویهٔ مناسب برخوردار است که دمای داخل دستگاه را به طور اتومکاتیک کنترل می‌کند و میزان رطوبت و فشار محیط را نشان می‌دهد؛ ثالثاً با امکان تنظیم شدّت جریان و تولید میدان emf با شدّت‌های متفاوت، می‌توان آستانهٔ تخریبی میدانهای الکترومغناطیس را در بافتهای مختلف بدن، تعیین و بدین طریق از آسیب‌های بافتی پیشگیری کرد.

در مورد مکانیسم عمل میدانهای الکترومغناطیس، عقیده بر این است که میدانهای الکترومغناطیس با دارا بودن انرژی بالا، سبب بالا رفتن درجهٔ حرارت موضعی در برخورد امواج می‌شوند(۱۲) و همانند پرتوهای یونیزان از طریق ایجاد رادیکال‌های آزاد، اثرات تخریبی خود را ایجاد می‌کنند(۱۳).

رادیکال‌های آزاد با حمله بر لیپیدها و تغییر دادن ماهیّت آنها و شکستن اتّصالات پروتئینی، باعث آسیب غشاء سلّولی می‌شوند(۱٤ و ۱۵). رادیکالهای آزاد همچنین به قند و باز در ملکول DNA حمله کرده و باعث شکسته شدن DNA و در نتیجه بروز ناهنجاریهای مختلف ناشی از آسیب DNA می‌شوند(۱٦). نتایج بدست آمده از بررسی حاضر با توجّه به مکانیسم ارائه شده در مورد عمل میدانهای الکترومغناطیس، بشرح زیر قابل توجیه می‌باشد.

کاهش اندازهٔ هسته و حجم سلّولها، می‌تواند حاصل اثر مستقیم میدان‌های الکترومغناطیس (emf) و ناشی از آسیب DNA هسته و غشاء سلّولی و همچنین جلوگیری از رشد سلّول‌ها باشد. آسیب‌های ناشی از میدان الکترومغناطیس همچنین در ماتریکس بین سلّولی مانع از تکثیر سلّولهای رگ‌ساز شده و از این طریق موجب کاهش گسترش عروق خونی بین سلّولی شده است. در تأیید این یافته تحقیقات قبلی نشان داده‌اند که قرارگیری طولانی مدّت در میدان‌های مغناطیسی، باعث اختلالاتی در عملکرد انقباض سلّولی تنظیم عصبی قلب می‌گردد(۱۷ و ۱۸). برای پی بردن به مکانیسم دقیق اثر میدان‌های الکترومغناطیس بر سیستم‌های بیولوژیکی انسان و آستانهٔ آسیب سلّولی، نیاز به بررسی‌ها و تحقیقات تجربی و اپیدمیولوژیک بیشتر می‌باشد.

تقدیر و تشکّر

این پژوهش در دانشکدهٔ علوم پزشکی تبریز با همکاری گروههای فیزیک پزشکی و بافت شناسی صورت گرفته است. بدینوسیله لازم می‌دانیم از مساعدت و زحمات کارکنان محترم این گروهها کمال تشکّر را داشته باشیم.

www.SID.ir

Archive of SID

Abstract

Designing a Uniform and Adjustable Electromagnetic Field Generating Unit and Evaluating its Effect on Cardiac Muscle Development in Rat

In order to evaluate the effects of a uniform emf on biological systems , we designed a calibrated emf unit (50-60 Hz , adjustable in 15 ranges , able to produce up to 150 G emf) . Six pairs of pregnant rats were exposed to a 120 G uniform emf to determine the effects of emf on the development of embryonic cardiac muscle . They were exposed to emf during their pregnancy and two months after delivery for 8 hours each day . Then , histological specimens were prepared from rat heart for light microscopy . Histological studies indicated that the size of cells and their nuclei were decreased remarkably and intercellular blood vessels were less extensive in the experimental group . Our newly developed emf unit was considered useful for its being adjustsble and uniform , having a larger space for placing the rats , better ventilation with automatic temperature control , humidity and pressure meters . Therefore , it can provide a better tool for studying the effects of emf . Exposure to emf resulted in decreasing the cell growth and condensation of the nuclei .

Key Words : *Electromagnetic Fields ; Cardiac Muscle ; Rat .*

منابع

1- Greenman Dl. Health and EM Phys Bull. 1987. P 345.

2 - Stuchy MA. Magnetics and Biology. Health Phys. 50. 1986. PP 2150-2154.

3 - Pawel W. Computer dangers. Bite Jur. 50. 1990. PP 53-73.

4 - Stanelys SS. Electric and Manetic Field Exposure. Proc IEEE. 1988. PP 7:35-37.

5 - Gandhied OP. Special issue on biological effects and medical applications of electromagnetic energy. proc IEEE. 68. 1980. PP 173 - 200.

6 - Granger Morgan M. department of Engineering and public policy , carnegie Mellon university , pittsburgh. 14. 1989.

۷ - نجم‌آبادی، فریدون. فیزیک تشعشع و رادیولوژی. تهران: انتشارات دانشگاه تهران. ۱۳۷۵. فصول ۱ و ۲.

8 - Rao N N. Elements of Engineering Electromagnetics , Englewood cliffs . NJ, prentice - Hall 4th ed. london. ۱۹۹۴.

9 - Neff , H P. Basic Electromagnetics. New york , Harper & Row. 2nd ed. 1987.

10 - Cheng , Dk. Fundamentals of Engineering Electromagnetics , Reading , M. A. Addison Wesley. 1993.

۱۱ - صفائی، احمد. مبانی الکترومغناطیس. اصفهان: انتشارات دانشگاه اصفهان. ۱۳۷۷. فصول ۶ و ۷ .

www.SID.ir

Archive of SID

12 - Chen KM and Hessary M. Local heating of biological bodies with HF magnetic fields .Third Bioelectroagnetic conference. washington DC. 1992.

13 - Mclauchlan KA. A Possible mechanism for the effects of eletromagnetic fields on biological cells. Science and Technology 48. 1989. PP 46-49.

14 - Robbins SA and Kumar V. Basic pathology, chapt. 9 WB saunders company, 1987.

15 - Barnothy M. Magnetics and human. Science. 24. 1988. PP 1302 - 1308.

16 - Ames J, Imlay A and Linn S. Electromagnetic fields and human. Science. 1989. PP 25-27.

17 - Bortkiewicz A, Gadzicake E, zmy'slony M. Heart rate variability in workers exposed to medium frequency electromagnetic fields. I Auton Nerv syst. 59(3). 1996. PP 91-7.

18 - Bortkiewicz A, zmy'slony M, Gadzicka E and etal . Ambulatory ECG monitoring in workers exposed to electromagnetic fields. J Med Eng Technol . 21(2) . 1997 . PP 41-6.

www.SID.ir