تحقیقی

بررسی اختلال (Interference) ایجاد شده توسط امواج میکروویو تابشی از تلفنهای همراه GSM بر عملکرد دستگاههای Cell Counter

نجمه بهاالدینی
مرکز تحقیقات علوم پرتوی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

محمد عاطفی
مرکز تحقیقات علوم پرتوی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

سید محمد جواد مرتضوی
دانشیار فیزیک پزشکی، مرکز تحقیقات علوم پرتوی، گروه رادیولوژی، دانشکده پیراپزشکی، دانشگاه علوم پزشکی شیراز

نویسنده مسئول: سید محمد جواد مرتضوی
تلفن: ۰۷۱۱-۲۲۹۵۰۲۳
پست الکترونیک:
mmortazavi@sums.ac.ir
آدرس: شیراز، خیابان مشکین فام، دانشکده پیراپزشکی، مرکز تحقیقات علوم پرتوی

وصول مقاله: ۸۷/۱۱/۲۱
اصلاح نهایی:۸۸/۱/۷
پذیرش مقاله:۸۸/۲/۴

چکیده

زمینه و هدف: *طی دهه گذشته گزارشهای متعددی در زمینه اختلال عملکرد دستگاههای پزشکی متعاقب قرار گرفتن در معرض میدانهای الکترومغناطیسی منتشر شده است. همچنین مشخص شده است که تلفنهای همراه جدید می توانند باعث بروز اختلال در عملکرد تجهیزات پزشکی حساس شوند. در این تحقیق برای اولین بار بروز اختلال با امواج میکروویو تابشی از تلفنهای همراه GSM در عملکرد دستگاههای شمارنده سلولهای خونی بررسی شده است.*

روش بررسی: *در این مطالعه Experimental تعداد ۳۲ نمونه خون هپارینه که از ۳۲ فرد مختلف تهیه شده بود، به صورت تصادفی انتخاب گردید. میانگین شمارش سلولهای خونی با دستگاه Cell Counter برای هر نمونه در شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR های پایین، متوسط و بالا در مقایسه با شرایط کنترل (نبود میدان الکترومغناطیسی) مورد ارزیابی قرار گرفت. برای مقایسه میانگین شمارشهای مختلف خونی در این شرایط چهار گانه از آزمونهای آماری مناسب استفاده گردید و در تمامی موارد $P<۰/۰۵$ به عنوان تفاوت معنی دار در نظر گرفته شد.*

یافته ها: *امواج میکروویو تابشی از تلفنهای همراه عملکرد دستگاههای Cell Counter را مختل کرده و منجر به شمارشهای غیر واقعی گردید. به علاوه مواجهه با امواج میکروویو تابش شده از تلفن همراه صرف نظر از میزان SAR آن موجب اختلال می گردید.*

نتیجه گیری: *با توجه به گستره اختلالات ایجاد شده در هنگام قرار گرفتن تلفن همراه در فاصله ۱۵سانتیمتری از قسمت حساس دستگاه شمارنده سلولهای خونی، رعایت یک حداقل فاصله بین تلفن همراه و دستگاه ضروری است. همچنین لازم است سازمانهای ذیربط دستورالعملهای حفاظت پرتوی ویژه ای در زمینه جلوگیری از اختلال ناشی از میدانهای الکترومغناطیسی در عملکرد دستگاههای شمارنده سلولهای خونی تدوین نمایند.*

واژه های کلیدی : *اختلال عملکرد، دستگاه شمارنده سلولهای خون، تلفنهای همراه، امواج میکروویو*

مقدمه

تلفنهای همراه وسایل رادیویی با توان پایینی هستند که عمل ارسال و دریافت امواج رادیویی را در یک محدوده فرکانسی خاص از طریق آنتن این وسیله که معمولا در مجاورت سر استفاده کننده قرار می گیرد، بر عهده دارند. تلفنهای همراه میدانهای الکترومغناطیسی با فرکانسهای زیاد تولید میکنند. اگرچه این فرکانسها از گستره وسیعی برخوردار است، (۲۰۰۰MHz-۱۰۰) اما تلفنهای همراه با سیستم جهانی (GSM) معمولا امواجی با فرکانس ۹۰۰ MHz تولید می کنند (۱).

مجموعه مطالعاتی که در چند سال اخیر صورت گرفته است حاکی از امکان بروز اختلال (Interference) با امواج رادیویی بر عملکرد برخی دستگاههای پزشکی همچون pacemaker ها، مانیتورهای apnea، صندلیهای چرخدار (ویلچر) الکتریکی و نظایر آنها ست. متاسفانه از سالهای آغازین دهه ۱۹۹۰گزارشهای مربوط به اختلال عملکرد دستگاههای پزشکی به واسطه قرار گرفتن در معرض میدانهای الکترومغناطیسی بسیار افزایش یافته است (۵-۲). با توجه به اهمیت امکان ایجاد Interference توسط امواج رادیویی در عملکرد دستگاههای پزشکی حساسی چون pacemaker ها ، در سال۱۹۹۷ میلادی Censi و همکارانش در ایتالیا به بررسی مکانیسم این نوع تداخلها پرداخته ، دریافتند که اجزای غیر خطی مدارهای دستگاههایpacemaker می توانند موجب دمودولاسیون امواج رادیویی مدوله شوند. این نوع دمودولاسیون امواج رادیویی می تواند موجب بروز اختلالات خطرناکی در عملکرد این دستگاهها گردد چراکه تلفنهای همراه دیجیتال از فرکانسهای مدولاسیون پایینی (حتی به کوچکی ۲Hz) استفاده می کنند که می تواند با آهنگ طبیعی ضربان قلب اشتباه گرفته شود(۶).

همچنین در سال۱۹۹۷ میلادی دو پژوهشگر فنلاندی با بررسی اختلال ایجاد شده با سه سیستم مختلف تلفن همراه (GSM 900، GSM 1800 و TETRA380) بر روی برخی تجهیزات پزشکی دریافتند که استفاده از تلفنهای همراه GSM 1800 در بیمارستان خطری را به دنبال ندارد در حالیکه مطابق یافته های ایشان تلفنهای GSM 900 و TETRA 380 می توانستند موجب بروز اختلالات عمده ای در تجهیزات بیمارستانی گردند و از این طریق زندگی بیماران را با خطر جدی مواجه سازند (۷). ذکر این نکته لازم است که در کشور ایران از تلفنهای همراه GSM 900 استفاده می شود.به همین ترتیب اخیرا برخی پژوهشگران نشان داده اند که تلفنهای همراه جدید می توانند بر روی عملکرد تجهیزات پزشکی حساس اختلال ایجاد نمایند. میانه (Median) برای فاصله ای که این نوع اختلالات را ایجاد می نماید معادل ۳ سانتیمتر تعیین گردید و از این رو این محققین دستورالعمل "حداقل یک متر فاصله از دستگاههای حساس پزشکی" را مورد تاکید قرار دادند (۸).

ممکن است این فرضیه مطرح گردد که اختلالات ایجاد شده با امواج تابشی از تلفنهای همراه در دستگاههای پزشکی تا حد زیادی متاثر از آهنگ جذب ویژه (SAR) این وسایل باشد. آهنگ جذب ویژه در حقیقت میزان انرژی امواج رادیویی است که در هنگام استفاده از یک فرستنده امواج رادیویی (همچون یک تلفن همراه) دربدن جذب می گردد. در آمریکا FCC وANSI حد مجاز SAR را برای تلفنهای همراه معادلW/kg ۱/۶ در نظر گرفته اند. این حد در کشورهای اروپایی و برخی از دیگر کشورها بالاتر بوده و در حد W/kg ۲ است (۹). خوشبختانه تلفنهای همراه در اکثر موارد در حداکثر خود عمل ننموده و شدت امواج رادیویی خروجی آنها تنها بخش کوچکی از حداکثر ممکن است. این امر به ویژه در مواردی که تلفن همراه به آنتن های زمینی نزدیک است، صادق می باشد.

شمارنده های سلول، دستگاههایی هستند که در پزشکی به منظور شمارش و سنجش اندازه سلولها و برخی ذرات مورد استفاده قرار می گیرند. هر چند این دستگاهها در بسیاری از دیگر بخشها نظیر صنایع رنگ، سرامیک، شیشه سازی، و صنایع غذایی کاربرد دارد.در شمارنده های سلول، تغییرات conductance الکتریکی در یک منفذ کوچک در هنگام عبور مایع محتوی سلولهای خونی یا ذرات مورد ارزیابی قرار می گیرد. این دستگاهها امروزه بخش مهم و حیاتی از دستگاههای آزمایشگاهی بیمارستانی را تشکیل داده، وظیفه آنالیز سریع و

دقیق سلولهای خونی را بر عهده تشکیل داده، وظیفه آنالیز سریع و دقیق سلولهای خونی را بر عهده دارند. قبل از اختراع دستگاه شمارنده سلول، شمارش سلولهای خونی با استفاده از میکروسکوپ در حدود ۳۰ دقیقه طول می کشید. با توجه به مکانیسم شمارش در این دستگاهها، می توان انتظار داشت میدانهای الکترومغناطیسی عملکرد این دستگاهها را دچار اختلال نمایند.

مرتضوی و همکارانش در سالهای اخیر مجموعه مطالعاتی را در زمینه آثار زیست شناختی مواجهه با امواج تابشی تلفنهای همراه انجام داده اند (۱۳-۱۰). از آنجایی که بر اساس اطلاعات موجود، تا کنون هیچ مطالعه ای در مورد احتمال بروز اختلال با امواج میکروویو تابشی از تلفنهای همراه GSM بر عملکرد شمارنده های سلول به عمل نیامده است، هدف این مطالعه که اولین تحقیق از این نوع بر روی موضوع امکان ایجاد اختلال است، بررسی احتمال بروز و گستردگی اختلال در عملکرد دستگاه شمارنده سلولهای خون می باشد.

روش بررسی

در این مطالعه Experimental تعداد ۳۲ نمونه خون هپارینه که از ۳۲ فرد مختلف تهیه شده بود، به صورت تصادفی انتخاب گردید. هر کدام از این نمونه ها مطابق روشی که در پی آمده است، چهار مرتبه با دستگاه قرائت شده و نتایج ثبت شد:

۱- مرحله صفر (بدون مواجهه با میدانهای الکترومغناطیسی ناشی از تلفنهای همراه)

۲- مرحله یک (مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR پایین)

۳- مرحله دو (مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR متوسط)

۴- مرحله سه (مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR بالا)

در این مطالعه منظور از SAR پایین آهنگ جذب ویژه کمتر از ۰/۵ W/kg ، SAR متوسط آهنگ جذب ویژه کمتر از ۱ W/kg و SAR بالا آهنگ جذب ویژه بیشتر از ۱W/kg می باشد.

برای تعیین SAR هر تلفن همراه از مقادیر ارائه شده توسط FCC(۱۴)استفاده شد. در هر چهار مرحله تلفن همراه مورد نظر در فاصله ۱۵ cm از قسمت حساس دستگاه (فضای بین دو الکترود که سلولها از میان آنها عبور کرده و شمارش می شوند) یک دستگاه شمارنده سلول سیسمکس کا-۸۰۰ (Sysmex K800 cell counter) قرار گرفت با این تفاوت که در مرحله اول تلفن همراه خاموش بود ولی در مراحل ۲ تا ۴ تلفن در حالت مکالمه قرار داشته و با بستن speaker امواج صوتی حذف شده و تنها امواج میکروویو منتشر گردید. علت انتخاب فاصله ۱۵ cm رعایت شیوه متداول محاسبه بر مبنای اصل "بدترین شرایط ممکن" (worst condition) بود چرا که با بررسی دستگاه مورد نظر مشخص گردید در بدترین شرایط ممکن است تلفن همراه یک اپراتور در فاصله ۱۵ سانتیمتری از حجم حساس دستگاه قرار گیرد. بدین ترتیب اگر در فاصله ۱۵ سانتیمتری اختلالی مشاهده نگردد، به طریق اولی در سایر شرایط نیز اشکالی ایجاد نخواهد شد.

برای جلوگیری از بروز خطاهای سیستماتیک تمام اندازه گیریها در یک نوبت کاری و پس از انجام کالیبراسیون دستگاه توسط مرجع ذیصلاح صورت گرفت. در حین مدت آزمایش تلاش شد تا مجموعه شرایط محیطی دما، فشار، رطوبت و .... ثابت نگه داشته شود.

همچنین به منظور اجتناب از اثر تفاوتهای بین فردی (interindividual variations) تمام قرائتها توسط یک فرد متخصص انجام شد. هر یک از آزمایشها حداقل ۳ بار تکرار گردید و علاوه بر این برای مشخص نمودن ضریب واریانس (CV) در حالتی که دستگاه شمارنده سلول فاقد هر گونه مواجهه با امواج میکروویو تابشی از تلفن همراه بود، یک نمونه ۱۵ مرتبه مورد شمارش قرار گرفت.

در این حالت CV در مورد هریک از فاکتورهای مختلف خونی مشخص گردید و مقادیر کمتر از ۱۰٪ قابل قبول تشخیص داده شد.

همچنین علی رغم اینکه دستگاههای حساس پزشکی با داشتن stabilizer های ویژه کمتر به نوسانات ولتاژ حساس هستند، اما نوسانات ولتاژ به دقت در حین آزمایش مانیتور گردید.

در مرحله آنالیز آماری، میانگین شمارشهای مختلف خونی (تعداد RBC، WBC و....) در گروههای ۴ گانه با نرم افزار SPSS 15 مورد ارزیابی قرار گرفت. در این مطالعه از آزمونهای آماری مناسب نظیر Student t-test برای مقایسه میانگین شمارشهای خونی هر یک از مراحل مداخله ای با مرحله صفر (مقایسه دو میانگین) و ANOVA برای مقایسه میانگین شمارشهای مختلف خونی در گروههای ۴ گانه استفاده گردید و در تمامی موارد $P<۰/۰۵$ به عنوان تفاوت معنی دار در نظر گرفته شد.

یافته ها

میانگین شمارش سلولهای خونی با دستگاه Cell Counter در شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR های پایین، متوسط و بالا در مقایسه با کنترلهای هر گروه (نبود میدان الکترومغناطیسی) به ترتیب در شکلهای ۱، ۲ و ۳ نشان داده شده است. مطابق شکل -۱ شمارش WBC و پلاکت به همراه MCV و MCHC در شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR پایین تفاوت معنی دار آماری را نسبت به شرایط نبود میدان نشان داده و از این رو بروز اختلال عملکردی در این شرایط مشخص می باشد. یک نکته قابل توجه در این ارتباط الگوی تغییرات در شرایط مواجهه با میدان است که در برخی موارد نظیر MCV به صورت افزایش و در برخی موارد همچون شمارش پلاکت ها به صورت کاهش نشان داده شده است.

همچنین با توجه به شکل -۲ در شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR متوسط، تفاوتهای معنی دار آماری در مقادیر HCT،MCV، MCHC ، MCHC و شمارش پلاکت ها نسبت به شرایط نبود میدان وجود داشته و بدین ترتیب مجددا بروز اختلال عملکردی در این شرایط مشخص می گردد. با وجود این که در این مورد نیز الگوی تغییرات در شرایط مواجهه با میدان نسبت به نبود آن پیچیده بود و در مواردی به صورت افزایش و در موارد دیگری به صورت کاهش مشخص شده است، این الگو کاملا با شرایط قبلی (SAR پایین) متفاوت می باشد. برای مثال شمارش پلاکت ها که قبلا در حضور میدان کاهش معنی دار آماری نسبت به شرایط نبود میدان نشان داده بود، در این آزمایش منجر به بروز افزایش شمارش پلاکت ها در حضور میدان گردید.

به همین ترتیب با در نظر گرفتن شکل-۳ مشخص می گردد که مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR بالا موجب بروز تفاوتهای معنی دار آماری در مقادیر WBC،RBC، HGB، MCHC و شمارش پلاکت ها نسبت به شرایط نبود میدان می شود و از این رو مجددا بروز اختلال عملکردی در این شرایط محرز می گردد. در این شرایط نیز مجددا الگوی تغییرات در شرایط مواجهه با میدان نسبت به نبود آن بسیار پیچیده است و در مواردی به صورت افزایش و در موارد دیگری به صورت کاهش مشخص شده است. در کل به نظر می رسد الگوی مشاهده شده در این مرحله تا حد زیادی مشابه الگوی شرایط قبلی (SAR متوسط) باشد. شمارش پلاکت ها که قبلا در حضور میدان نسبتا ضعیف (SAR پایین) کاهش معنی دار آماری نسبت به شرایط نبود میدان نشان داده بود، در این آزمایش همچون میدانهای متوسط (SAR متوسط) منجر به بروز افزایش معنی دار شمارش پلاکت ها در حضور میدان گردید.

بحث

در این تحقیق مشخص گردید که امواج میکرویو تابشی از تلفنهای همراه می تواند عملکرد دستگاههای Cell Counter را مختل کرده و منجر به شمارشهای غیر واقعی گردد. نکته قابل توجه در این یافته ها این بود که مواجهه با امواج میکروویو تابش شده از تلفن همراه صرف نظر از میزانSAR آن موجب اختلال می گردید. از آنجا که در دستگاههای شمارنده سلول های خونی، تغییرات conductance الکتریکی در یک منفذ کوچک در هنگام عبور مایع محتوی سلولهای خونی یا ذرات، اساس تکنیکی شمارش را تشکیل می دهد، توجیه ایجاد اختلال در عملکرد این دستگاهها به واسطه وجود میدانهای الکترومغناطیسی، دشوار نمی باشد.

جدول-۱ میانگین سلولهای خونی شمارش شده توسط دستگاه Cell Counter در شرایط عادی و شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR پایین

پارامتر مورد اندازه گیری	نبود میدان الکترومغناطیسی	وجود میدان الکترومغناطیسی با شدت پایین SAR 0.22	معنی دار بودن اختلاف دو میانگین P-Value
WBC (10^3 /µL) گلبولهای سفید خون	٦/٨٦±٠/٤٣	٧/١٨±٢/٠٣	P<0.05
RBC(10^6 /µL) گلبولهای قرمز خون	٥/١٧±٠/٤٣	٤/٩٢±٠/٩٥	P>0.05
Hb (g/dL) هموگلوبین	١٤/٥٨±١/٤٦	١٤/٢٠±٢/٨٨	P>0.05
HCT (%) هماتوکریت	٤٣/٣٩±٣/٤٥	٤٣/٨٨±٨/٥٠	P>0.05
MCV (fL)	٨٤/٠٧±٥/٩٨	٨٩/٢٨±٦/٨٤	P<0.00001
MCH (pg)	٢٨/٢٦±٢/٤٥	٢٨/٠٣±٥/٥٩	P>0.05
MCHC (g/dL)	٣٣/٥٨±١/٤٩	٣١/٤١±٥/٨٧	P<0.05
PLT (10^3 /µL) شمارش پلاکت	٢١٠/٦٩±٥١/٠٣	١٣٣/٤١±٦١/٣٥	P<0.00001

جدول-۲ میانگین سلولهای خونی شمارش شده توسط دستگاه Cell Counter در شرایط عادی و شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR متوسط

پارامتر مورد اندازه گیری	نبود میدان الکترومغناطیسی	وجود میدان الکترومغناطیسی با شدت پایین SAR 0.78	معنی دار بودن اختلاف دو میانگین P-Value
WBC (10^3 /µL) گلبولهای سفید خون	٦/٨٦±٠/٤٣	٦/٨٩±١/٩٧	P>0.05
RBC (10^6 /µL) گلبولهای قرمز خون	٥/١٧±٠/٤٣	٥/١٣±٠/٤٦	P>0.05
Hb (g /dL) هموگلوبین	١٤/٥٨±١/٤٦	١٤/٦٠±١/٤٠	P>0.05
HCT (%) هماتوکریت	٤٣/٣٩±٣/٤٥	٤٢/٧٦±٣/٥٨	P<0.01
MCV (fL)	٨٤/٠٧±٥/٩٨	٨٣/٦٧±٥/٩٥	P<0.001
MCH (pg)	٢٨/٢٦±٢/٤٥	٢٨/٥٤±٢/٣٦	P<0.05
MCHC (g/dL)	٣٣/٥٨±١/٤٩	٣٤/٠٩±١/١٥	P<0.01
PLT (10^3 /µL) شمارش پلاکت	٢١٠/٦٩±٥١/٠٣	٢٦٤/٠٦±٦١/٣٥	P<0.00001

جدول-۳ میانگین سلولهای خونی شمارش شده توسط دستگاه Cell Counter در شرایط عادی و شرایط مواجهه با میدان الکترومغناطیسی ناشی از تلفن همراه با SAR بالا

پارامتر مورد اندازه گیری	نبود میدان الکترومغناطیسی	وجود میدان الکترومغناطیسی با شدت پایین SAR 1.42	معنی دار بودن اختلاف دو میانگین P-Value
WBC (10^3 /MicroL) گلبولهای سفید خون	٦/٨٦±٠/٤٣	٦/٧٨±١/٩٧	P>0.05
RBC (10^6 /MicroL) گلبولهای قرمز خون	٥/١٧±٠/٤٣	٤/٩٩±٠/٧١	P<0.05
Hb (g /dL) هموگلوبین	١٤/٥٨±١/٤٦	١٤/٢٢±٢/١٠	P>0.05
HCT (%) هماتوکریت	٤٣/٣٩±٣/٤٥	٤١/٧٣±٥/٦١	P<0.05
MCV (fL)	٨٤/٠٧±٥/٩٨	٨٣/٩٣±٦/٢٠	P>0.05
MCH (pg)	٢٨/٢٦±٢/٤٥	٢٨/٥٣±٢/٥٠	P>0.05
MCHC (g/dL)	٣٤/٠٢±١/٢٢	٣١/٤١±٥/٨٧	P<0.05
PLT (10^3 /MicroL) *شمارش پلاکت*	٢١٠/٦٩±٥١/٠٣	٢٤٦/٣٤±٥٦/٣١	P<0.00001

ذکر این نکته ضروری است که تا کنون در کشورهای مختلف سازمانهای ذیربط، دستورالعملهای حفاظتی خاصی را برای ایجاد یک حداقل فاصله بین تلفنهای همراه و وسایل پزشکی حساسی همچون تجهیزات ضربان ساز قلبی پیشنهاد نموده اند. در این ارتباط می توان به دستورالعملهای حفاظتی پیشنهادی FDA در آمریکا (۱۵)، MHRA در انگلستان (۱۶)، شاخه حفاظت زیستی Health Canada در کشور کانادا (۱۷) و دپارتمان تجهیزات درمانی استرالیا (۱۸) اشاره کرد. نتایج این تحقیق نیز به خوبی لزوم تدوین دستورالعملهای ایمنی را برای جلوگیری از ایجاد اختلال در عملکرد دستگاههای شمارنده سلولهای خونی همچون دستگاههای ضربان ساز قلبی مطرح می سازد. به همین ترتیب با در نظر گرفتن وسعت اختلالات ایجاد شده در هنگام قرار گرفتن تلفن همراه در فاصله ۱۰سانتیمتری از قسمت حساس دستگاه شمارنده سلولهای خونی، رعایت دستورالعمل "حداقل یک متر فاصله از دستگاههای حساس پزشکی" مطابق با آنچه در تحقیقات پیشین به آن اشاره شده است(۸)، منطقی به نظر می رسد.

نبود دستورالعملهای حفاظت پرتوی در بخش پرتوهای غیر یونیزان و بویژه آلودگیهای الکترومغناطیسی (Electromagnetic Pollution) و اختلالات ایجاد شده از میدانهای الکترومغناطیسی در دستگاهها و تجهیزات حساس در ایران ، لزوم توجه جدی سازمانهای ذیربط را به ویژه امور حفاظت در برابر اشعه سازمان انرژی اتمی ایران به این امر خاطر نشان می سازد.

یکی از مهمترین یافته های این تحقیق که به موشکافی بیشتر در مطالعات بعدی نیاز دارد، مساله ایجاد اختلال با پرتوهای تابشی تلفنهای همراه در عملکرد دستگاههای شمارنده سلولهای خونی حتی در شرایط SAR بسیار پایین است. باید به این نکته توجه داشت که SAR پایین بررسی شده در این تحقیق تقریبا پایین ترین میزان SAR ممکن است و لذا به طور قطع می توان انتظار داشت که تمامی تلفنهای همراه موجود هر گاه در فاصله کوتاهی از دستگاههای حساسی همچون شمارنده های سلولهای خونی قرار گیرند، عملکرد آنها دچار اختلال شود.

دستگاهها در هنگام شمارش پلاکت ها به خوبی توجیه می گردد.

از دیگر یافته های مهم این تحقیق، احتمال وجود نوعی ارتباط بین گستره اختلال و اندازه عوامل و سلولهای شمارش شده توسط دستگاه است که در صورت اثبات وجود چنین ارتباطی در آزمایشهای تکمیلی، بروز اختلالات شدید در عملکرد این دستگاهها در هنگام شمارش پلاکت ها به خوبی توجیه می گردد.

نتیجه گیری

با توجه به مجموعه نتایج به دست آمده در این تحقیق، امواج میکرویو تابشی از تلفنهای همراه صرف نظر از میزانSAR آنها می توانند منجر به بروز اختلالاتی در عملکرد دستگاههای Cell Counter گردند. از آنجا که این دستگاهها نقش مهمی در تشخیص های پزشکی ایفا می نمایند، شناخت گستره این اختلالات، مکانیسمهای احتمالی، روشهای کاهش دادن این اختلالات و یا جلوگیری از آنها بسیار ضروری به نظر می رسد.

Reference

1.Krause CM, Sillanmaki L, Koivisto M, Haggqvist A, Saarela C, Revonsuo A, etal. *Effects of electromagnetic fields emitted by cellular phones on the electroencephalogram during a visual working memory task*. Int J Radiat Biol. 2000;76(12):1659-67.

2. Silberberg JL: *Performance degradation of electronic medical devices due to electromagnetic interference.* Compliance Eng 1993; 10(5):25-39.

3.Silberberg JL: *Medical device electromagnetic interference issues, problem reports, standards, and recommendations*. In: Proc Health Canada Medical Devices Bureau Round-Table Discussion on Electromagnetic Compatibility in Health Care, Ottawa, Canada. 1994;11-20.

4.Joyner K, Anderson V, Wood M: *Interference and energy deposition rates from digital mobile phones.* In: Abstracts Annual Meeting of the Bioelectromagnetics Society 1994; 16: 67-68.

5.Segal B, Skulic B, Liu-Hinz C, Retfalvi S, Lorange M, Pavlasek T: *Preliminary study of critical-care medical device susceptibility to portable radiofrequency sources*. In: Proc Annual Meeting and Exposition of the Association for the Advancement of Medical Instrumentation 1995;13:83.

6.Censi F, Calcagnini G, Triventi M, Mattei E, Bartolini P. *Interference between mobile phones and pacemakers: a look inside*. Ann Ist Super Sanita. 2007;43(3):254-9.

7.van Lieshout EJ, van der Veer SN, Hensbroek R, Korevaar JC, Vroom MB, Schultz MJ. *Interference by new-generation mobile phones on critical care medical equipment*. Crit Care. 2007;11(5):R98

8.Hietanen M, Sibakov V. *Electromagnetic interference from GSM and TETRA phones with life-support medical devices*. Ann Ist Super Sanita. 2007;43(3):204-7.

9.Lee KS, Choi JS, Hong SY, Son TH, Yu K. *Mobile phone electromagnetic radiation activates MAPK signaling and regulates viability in Drosophila.* Bioelectromagnetics. 2008; 29(5):371-9.

10.Mortazavi SMJ, Ahmadi J and Shariati M. *Prevalence of Subjective Poor Health Symptoms Associated with Exposure to Electromagnetic Fields among University Students*. Bioelectromagnetics, 2007; 28(4), 326-330.

11.Mortazavi SMJ, Daiee E, Yazdi A, Khiabani K, Kavousi A, Vazirinejad R,etal. *Mercury Release from Dental Amalgam Restorations after Magnetic Resonance Imaging and Following Mobile Phone Use*. Pakistan Journal of Biological Sciences 2008; 11 (8): 1142-1146.

12.Mortazavi SMJ, Yazdi A, Khiabani K, Kavousi A, Vaziri-Nejad R, etal. *A survey on the effect of exposure to electromagnetic fields produced by magnetic resonance imaging on mercury release from dental amalgam restorations*. Journal of the Islamic Dental Association of Iran ,2008; 20(1): 53-60.

13.Mortazavi SMJ, Daiee A, Ghasemi M, and Balali-Mood M. *The effect of exposure Microwave radiation emitted by mobile phones on mercury release from dental amalgam restorations.* Journal of the Birjand University of Medical Sciences, 2008; 15(2): 19-29.

14.FCC. *Federal Communications Commission. Updates to Mobile and Portable Device RF Exposure Equipment Authorization Procedures*
http://www.fcc.gov/oet/ea/presentations/files/oct06/Oct_06-Mobile_&_Portable_RF_Exposure_Updates-TH.pdf

15.Food and Drug Administration. *Update on cellular phone interference with cardiac pacemakers*. Available from: http://www.fda.gov/Radiation/EmittingProducts/RadiationEmittingProductsandProcedures/HomeBusinessandEntertainment/CellPhones/ucm116311.htm .Accessed on March 27, 2009.

16.Medicines and Healthcare Products Regulatory Agency (MHRA*). PTN No 61 - Possible interference or interaction between cellular mobile telephones (especially digital GSM)* and implantable pacemakers and defibrillators. UK: MHRC ; 1996.

17.Digital cellular phone interference with cardiac pacemakers. *(Alert Letter n. 108). Ottawa, Canada*: Health Canada, November 6, 1995.

18.Australian Dept Therapeutic Goods. *Australian Therapeutic* Device Bulletin 1997;34:1-12.