

Tinjauan Pustaka

PENGARUH PAPARAN GELOMBANG ELEKTROMAGNETIK PONSEL TERHADAP OTAK

Ahmad Rizki Dwi Prasetya¹, Waluyo
Rudiyanto²

¹Program Studi Pendidikan Dokter, Fakultas
Kedokteran, Universitas Lampung ²Departemen
Histologi, Fakultas Kedokteran, Universitas
Lampung

ABSTRAK

Ponsel merupakan alat komunikasi yang banyak dimiliki oleh manusia. Hal ini dikarenakan keefektifan oleh ponsel itu sendiri. Dalam satu ponsel, penggunaannya tidak hanya dapat berkomunikasi akan tetapi juga bisa melakukan berbagai aktivitas seperti mencari suatu informasi ataupun mendengarkan musik. Di balik kehebatan ponsel tersebut sebenarnya mengandung efek negatif berupa pancaran gelombang elektromagnetiknya yang berbahaya bagi otak, terlebih bila digunakan untuk menelepon dalam jangka waktu yang lama. Radiasi elektromagnetik yang berupa non-ionisasi ini baru akan menimbulkan efek negatif bila tubuh terpajan Specific Absorption Rate (SAR) >4 watt/kg. Saat menelepon efek yang langsung ditimbulkan berupa nyeri kepala karena adanya peningkatan tekanan darah, namun untuk waktu yang lebih lama lagi dapat menimbulkan kanker otak karena adanya penurunan produksi serotonin dan melatonin yang mana kerjanya untuk menekan timbulnya tumor. Mungkin Radiasi tidak berperan secara langsung dalam terbentuknya tumor, namun dalam studi lebih lanjut, paparan radiasi yang banyak juga dapat menaikkan malondialdehyde (MDA) serta pengurangan yang signifikan pada antioksidan seperti glutathione (GSH), superoxide dismutase (SOD), dan glutathione peroxidase (GPX). Hal ini dapat mengakibatkan peningkatan Reactive Oxygen Species (ROS) dan penurunan melatonin dalam serum sehingga terjadinya kerusakan oksidatif pada jaringan otak. Pada bagian hipokampus sendiri, didapatkan bahwa radiasi elektromagnetik dapat menghambat frekuensi pelepasan neuron pada Cornu Ammonis area 1 (CA1) hipokampus yang nantinya dapat menyebabkan penurunan kemampuan belajar dan memori.

Kata Kunci: otak, paparan gelombang elektromagnetik, ponsel

ABSTRACT

Cell phones are a communication tool that is widely owned by humans. This is because of the effectiveness of the cellphone itself. In one cellphone, users can not only communicate but also can do various activities such as searching for information or listening to music. Behind this cellphone, it actually contains a negative effect consisting of the emission of electromagnetic waves which are harmful to the brain, before being used to move for a long time. Electromagnetic radiation which consists of non-recent ionization will have a negative effect if the body is exposed to Specific Absorption Rate (SAR) > 4 watts / kg. When calling the effects directly caused by blood pressure, but for a longer time can cause brain cancer due to a decrease in the production of serotonin and melatonin which is



needed to increase the incidence of tumors. Radiation may not directly support tumor formation, but in further studies, greater radiation exposure can also increase malondialdehyde (MDA) and also present significant antioxidants such as glutathione (GSH), superoxide dismutase (SOD), and glutathione peroxidase (GPX). This can increase Reactive Oxygen Species (ROS) and decrease melatonin in the serum thereby preventing oxidative damage to brain tissue. In the hippocampus itself, electromagnetic radiation can be obtained which can release the frequency of the release of neurons in the Cornu Ammonis area 1 (CA1) hippocampus that can be used can cause a decrease in learning ability and memory.

Keywords: *brain, cellphone, electromagnetic waves' exposure*

1. PENDAHULUAN

Telepon seluler (ponsel) merupakan salah satu kebutuhan wajib manusia akan alat komunikasi pada saat ini. Hal ini mengakibatkan orang mempunyai ketergantungan yang tinggi akan ponsel dan ketagihan itu menyebabkan orang berlama-lama saat menggunakan ponsel. Akan tetapi hal yang perlu diketahui adalah ponsel memiliki paparan gelombang elektromagnetik yang berbahaya bagi tubuh.¹

Berdasarkan data yang diperoleh dari lembaga survei, pada tahun 2016 terdapat 65,2 juta pengguna ponsel, 74,9 juta pada tahun 2017, 83,5 juta pada tahun 2018, dan 92 juta pada tahun 2019 dan masih akan bertambah. Berdasarkan data tersebut, dapat disimpulkan bahwa pertambahan pengguna ponsel sangatlah signifikan di setiap tahunnya. Pada survei dari infografis indikator Teknologi Informasi dan Komunikasi (TIK), Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia, pada tahun 2016, setidaknya terdapat 72,8% penduduk memiliki ponsel dan terdapat 36% penduduk memiliki akses internet. Adapun aktivitas saat menggunakan internet berupa membuka situs jejaring sosial (73,3% dari seluruh pengguna ponsel); mencari informasi mengenai barang atau jasa (53,7%); mengirim pesan melalui instant messaging, termasuk chatting (52,7%); mengunduh film, gambar, musik, menonton video, atau mendengarkan musik (48,2%); mencari informasi layanan pendidikan (47,4%); dan lain sebagainya. Survei tersebut dilakukan pada 9.588 rumah

tangga dan individu 9-65 tahun di 34 provinsi dengan 1% margin of error estimation. Setiap orang yang menggunakan ponsel setidaknya melakukan tiga kegiatan dalam satu ponselnya, hal inilah yang membuktikan bahwa dalam satu ponsel bisa dilakukan banyak aktivitas dan membuat orang berpikir untuk mempunyai ponsel tersebut karena praktis.²

Penggunaan telepon seluler yang semakin meningkat membuat pengguna harus lebih fokus pada efek samping penggunaan ponsel tersebut.³ Efek samping yang dikhawatirkan berupa paparan radiasi gelombang elektromagnetik, khususnya bagian kepala yang berada di sekitar telinga. Ini merupakan suatu kondisi dimana kepala pemakai dapat terpapar gelombang dan radiasi dari ponsel yang digunakan. Efek negatif penggunaan ponsel tersebut secara tidak langsung bisa meningkat seiring dengan bertambahnya pengguna ponsel serta lamanya pemakaian ponsel di setiap harinya, terlebih dengan semakin canggihnya ponsel tersebut.^{1,4}

Medan elektromagnetik pada ponsel dapat berdampak buruk pada otak manusia. Radiasi tersebut sangatlah terlihat pada saat ponsel digunakan untuk menelepon. Paparan gelombang mikro difokuskan pada bagian kepala yang dekat dengan handset dan antena ponsel, yang mengakibatkan otak mungkin menjadi target paparan gelombang mikro. Banyak penelitian baik yang dilakukan pada manusia ataupun pada hewan coba (in vivo dan in vitro) telah dilakukan untuk menyelidiki

konsekuensi biologis dan untuk menilai risiko yang ditimbulkan medan elektromagnetik pada sistem saraf. Atas semua pertimbangan dampak negatifnya, hal ini lah yang seharusnya membuat pengguna ponsel lebih bijak dan mengerti cara menggunakan ponsel yang baik dan aman.⁵

2. PEMBAHASAN

Radiasi elektromagnetik adalah gabungan medan listrik dan medan magnet yang merambat lewat ruang dan membawa energi dari satu tempat ke tempat lain. Ponsel dapat mengubah suara menjadi gelombang elektromagnetik seperti radio. Secara umum, sistem yang digunakan ponsel dibagi menjadi dua, yaitu Global System for Mobile Communication (GSM) yang menggunakan frekuensi 800 MHz, 900 MHz dan 1.800 MHz dan Code Division Multiple Access (CDMA) yang menggunakan frekuensi 450 MHz, 800 MHz dan 1.900 MHz. Biasanya ponsel menggunakan frekuensi 1.800 MHz karena banyak keuntungan yang didapat, terutama pada perambatan gelombang.⁶

Terdapat dua jenis radiasi, yaitu radiasi pengion dan radiasi non-pengion. Radiasi pengion merupakan energi radiasi yang bisa mengeluarkan elektron dari inti atom. Sisa atom dapat menjadi positif dan disebut ion positif. Elektron yang dikeluarkan bisa tinggal bebas atau mengikat atom netral lainnya dan membentuk ion negatif. Peristiwa pembentukan ion positif dan ion negatif disebut sebagai ionisasi. Melalui proses ini, jaringan tubuh mengalami kelainan atau kerusakan pada tingkat sel.⁷

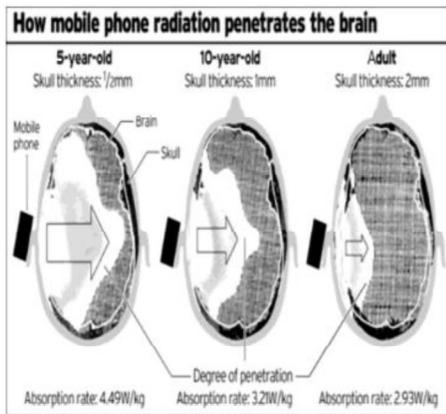
Radiasi elektromagnetik yang dipancarkan ponsel termasuk gelombang mikro dan tergolong jenis radiasi non-ionisasi, tetapi levelnya rendah. Menurut salah satu jurnal disebutkan bahwa radiasi elektromagnetik dalam jumlah kecil tidak berbahaya, namun bila dalam jumlah yang besar akan menimbulkan efek negatif.^{6,7}

Yang harus diperhatikan pada kesehatan manusia adalah dosimetry, yaitu seberapa besar penetrasi radio frequency (RF) ke dalam tubuh manusia. Untuk mendapatkan angka penetrasi RF pada jaringan biologis yang sebenarnya, diperlukan angka kekuatan medan RF di setiap jaringan. Pada hewan percobaan, terdapat batas dianggap adanya perubahan yang ditandai dengan adanya perubahan perilaku setelah terpajan pada radiasi RF, yaitu apabila terdapat kenaikan melebihi 10C suhu badan hewan percobaan. Perubahan dapatlah terjadi bila terpajan dengan Specific Absorption Rate (SAR) 1 - 4 watt/kg atau lebih tinggi (1 watt/Kg binatang percobaan yang terpajan dalam keadaan suhu, kelembaban, dan aliran udara yang berbeda, sedangkan 4 watt/kg pada lingkungan yang normal).⁸

Nilai SAR (watt/kg) didefinisikan sebagai batas aman jumlah maksimal radiasi gelombang elektromagnetik (watt) dari ponsel jika terpapar atas 1 kilogram jaringan tubuh manusia pada saat ponsel sedang digunakan. Besarnya SAR berbeda pada setiap jaringan tubuh tergantung pada perubahan medan listrik di setiap tempat maupun perbedaan konduktivitas di setiap jaringan tubuh. Pada umumnya densitas jaringan hampir sama, kecuali pada tulang manusia. Diperlukan nilai medan listrik sebesar 30 V/m untuk menghasilkan SAR 1 watt/kg pada frekuensi 900 MHz, sedangkan pada frekuensi 1.800 MHz besarnya adalah 25 V/m.⁸

Radiasi yang dekat dengan otak bisa memengaruhi sistem otak dan syaraf pada saat orang menelepon. Walaupun efeknya cukup kecil seperti pusing akan tetapi bila terpapar cukup lama dapat menjadi masalah yang serius. Penggunaan ponsel pada anak-anakpun seharusnya lebih diperhatikan karena cenderung lebih berbahaya daripada orang dewasa. Pada gambar 1 terlihat bahwa radiasi elektromagnetik ponsel dapat dengan mudah menembus otak anak-anak. Hal ini dikarenakan perkembangan tulang tengkorak pada

anak-anak belum sempurna. Di negara seperti Kanada, anak-anak di bawah usia 7 tahun dilarang menggunakan ponsel, kecuali dalam keadaan yang darurat.⁹



Gambar 1. Radiasi Ponsel pada Otak Manusia pada Anak dan Dewasa.⁹

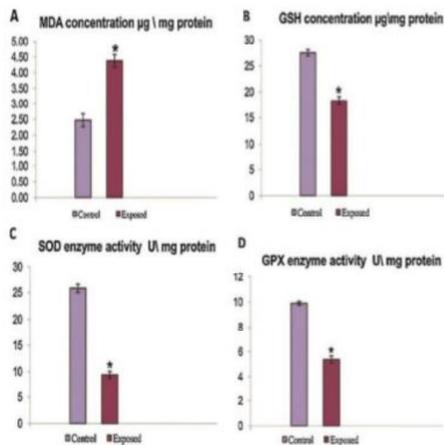
Terdapat penelitian yang lain mengenai hubungan antara ponsel dengan kehilangan memori. Karena kepala anak-anak kebanyakan kecil, tengkorak tipis, dan konduktivitas jaringannya yang lebih tinggi, maka anak-anak dapat menyerap lebih banyak energi ponsel daripada orang dewasa. Apabila ponsel terlalu lama ditempelkan pada telinga (dalam posisi menelepon) dapat membuat orang mengalami nyeri kepala dan pusing. Hal ini dikarenakan pembuluh darah di leher menjadi sempit sehingga meningkatkan tekanan darah. Terdapat peningkatan tekanan darah 5-10 mmhg bila terdapat paparan radiasi ponsel selama 35 menit saat menempelkan ponsel di telinga.¹⁰

Sebuah hasil penelitian telah mengungkapkan bahwa pengguna ponsel lebih rentan terhadap kanker otak dibandingkan dengan orang yang tidak pernah menggunakan ponsel samasekali. Semakin lama seseorang menggunakan ponsel maka akan semakin besar terkena risiko kanker otak. Hal ini disebabkan oleh paparan radiasi elektromagnetik yang mengenai otak berpengaruh terhadap penurunan produksi melatonin dan serotonin yang dihasilkan oleh kelenjar pineal, yang

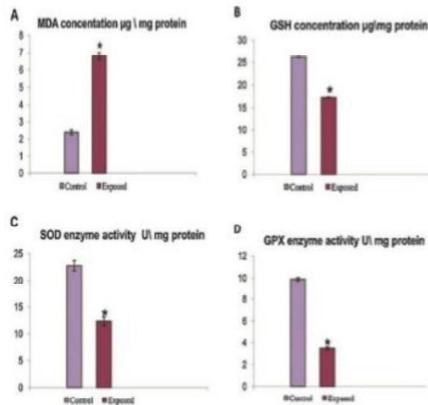
mana kedua hormon ini berperan dalam menekan timbulnya tumor.¹⁰

Penelitian yang dilakukan di Universitas Lund, Swedia, menunjukkan bahwa radiasi yang dipancarkan oleh ponsel bisa memengaruhi fungsi enzim dan protein pada tubuh. Penelitian yang dilakukan terhadap tikus percobaan menunjukkan adanya perubahan biokimia pada darah tikus. Perubahan tersebut ditunjukkan dengan terjadinya perubahan protein albumin yang berfungsi dalam memasok aliran darah ke otak. Gelombang mikro yang keluar dari ponsel dapat memicu timbulnya penyakit Alzheimer lebih awal dari usia yang semestinya. Walaupun belum terbukti secara langsung bahwa penggunaan ponsel adalah penyebab utama timbulnya penyakit Alzheimer, namun akibat yang mungkin ditimbulkan oleh radiasi elektromagnetik dari ponsel tidak boleh diabaikan begitu saja, tetapi harus secara cermat diteliti segala kemungkinan yang dapat ditimbulkan oleh pemakaian ponsel.¹¹

Dalam penelitian yang dilakukan pada tikus untuk menyelidiki efek radiasi RF 1800 MHz yang dipancarkan dari ponsel, tikus-tikus yang terkena radiasi RF dan mengalami perubahan yang signifikan pada malondialdehyde (MDA) dan parameter antioksidan (glutathione, superoxide dismutase dan glutathione peroxidase) pada bagian cerebellum dan hipokampus. Perubahan degeneratif diamati pada sel piramidal hipokampus, sel gelap, dan sel purkinje cerebellum dengan kongesti vaskular. Selain itu, didapatkan fragmentasi deoxyribonucleic acid (DNA) yang signifikan dan ekspresi gen apoptosis siklooksigenase-2. Melalui hasil tersebut menunjukkan bahwa paparan kronis langsung dari ponsel menyebabkan perubahan biokimia dan histopatologis yang parah di otak.^{12,13}



Gambar 2. Efek Paparan Ponsel pada Parameter Stres Oksidatif pada Hipokampus Tikus.¹²



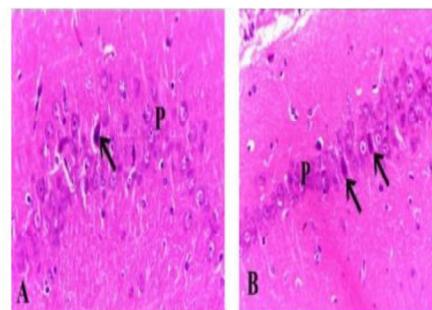
Gambar 3. Efek Paparan Ponsel pada Parameter Stres Oksidatif pada Cerebellum Tikus.¹²

Evaluasi stres oksidatif di otak pada paparan radiasi ponsel melibatkan pengukuran kandungan MDA, produk lipid peroxidase (LPO), dan pengukuran sistem pertahanan antioksidan, termasuk aktivitas GSH, SOD, dan GPX yang dilaporkan dalam penelitian Hussein. Data yang diperoleh diwakili dalam (Gambar 2 dan 3) yang mengungkapkan bahwa paparan tikus terhadap radiasi ponsel dapat menyebabkan peningkatan yang signifikan pada MDA, pengurangan yang signifikan pada GSH serta terdapat suatu penghambatan dalam kegiatan SOD dan GPX di hippocampus dan otak kecil. Paparan radiasi RF yang

dipancarkan dari ponsel sebagian besar berkaitan dengan produksi yang berlebih dari ROS dan kegiatan perubahan antioksidan. Hasil ini menunjukkan bahwa paparan kronis pada radiasi ponsel dapat menyebabkan kerusakan oksidatif pada jaringan otak tikus. Paparan radiasi RF dapat menyebabkan peningkatan aktivitas enzim NADH oksidase, yang meningkatkan produksi ROS.^{12,13}

Produksi ROS yang berlebihan dapat menurunkan kadar melatonin dalam serum, yang merupakan penangkal radikal bebas yang efisien dan juga stimulan kuat untuk aktivitas atau ekspresi gen dari beberapa enzim antioksidan endogen yang penting, ini bisa menjadi penyebab utama penurunan aktivitasnya dan penekanan total kapasitas antioksidan pada paparan kronis radiasi RF. 14,15 Perubahan pada aktivitas enzim dan pengurangan GSH dapat dianggap sebagai indikator peningkatan produksi ROS yang terjadi selama periode paparan dan mungkin mencerminkan proses patofisiologis dari paparan.¹⁶

Degenerasi neuron yang terjadi karena paparan radiasi elektromagnetik dari ponsel dapat menyebabkan perubahan permeabilitas sawar darah otak yang mengarah pada kebocoran albumin.^{12,17} Hal ini dikarenakan albumin yang bertindak sebagai perisai yang melindungi otak terhadap banyak zat berbahaya, gangguan pada albumin dapat menyebabkan kerusakan neuron piramidal.¹⁸



Gambar 4. A: Lapisan Sel Piramidal Kelompok Kontrol yang Dibentuk dari

Kolom Padat Sel Piramidal (P) dan Sel Gelap Normal (Panah). B: Degenerasi dan Penurunan Diameter Lapisan Sel Piramidal (P) Kelompok yang Terpapar. Degenerasi Dalam Sel Gelap (Panah).¹²

Pada penelitiannya, Hao mengeksplorasi efek radiasi elektromagnetik pada sistem pembelajaran dan kemampuan memori neuron hipokampus pada tikus. Pelepasan neuron tikus dicatat dengan teknologi perekaman ekstraseluler gelas elektroda dan poligraf. Pada hasilnya didapatkan bahwa radiasi elektromagnetik memiliki peran penghambatan pada frekuensi pelepasan neuron regio CA1 hipokampus. Sehingga dapat dikatakan bahwa radiasi elektromagnetik dapat menyebabkan perubahan struktur dan fungsi transfer sinaptik secara global yang akhirnya menyebabkan penurunan kemampuan belajar dan memori.¹⁹

SIMPULAN

Ponsel yang banyak dimiliki oleh orang mempunyai dampak negatif yang harus diperhatikan oleh penggunanya. Dari tahun ke tahun terjadi peningkatan jumlah pengguna ponsel karena fungsi ponsel tersebut yang sangat efektif yang dapat melakukan banyak hal hanya dalam satu alat komunikasi. Efek samping yang paling nyata pada tubuh berupa adanya nyeri kepala yang dikarenakan paparan radiasi gelombang elektromagnetik yang didapatkan orang saat menelepon dalam jangka waktu yang lama. Nyeri kepala yang timbul ini disebabkan karena peningkatan tekanan darah.

Radiasi non-ionisasi yang dimiliki ponsel termasuk dalam golongan yang rendah yang sebenarnya bila terkena paparannya dalam jangka waktu yang singkat dan dalam penggunaan ponsel diatur dengan sebaik mungkin maka efek negatif dari gelombang elektromagnetik tersebut bisa diminimalisir ataupun dihindari. Adapun batas normal terpajan dengan radiasi sebesar 4 watt/kg, lebih dari itu maka dampak negatif radiasi

dapat memengaruhi otak. Bila dibandingkan antara kepala orang dewasa dan anak-anak, maka didapatkan pernyataan bahwa radiasi ponsel akan lebih mudah menembus otak anak karena perkembangan tulang tengkoraknya belum sempurna. Oleh karena itu anak seharusnya tidak terlalu sering terpajan radiasi ponsel.

Penelitian lain mengatakan bahwa radiasi ponsel dapat menurunkan produksi serotonin dan melatonin yang sebenarnya merupakan hormon yang dapat menekan timbulnya tumor. Selain itu radiasi ponsel juga dapat meningkatkan MDA serta penurunan antioksidan seperti GSH, SOD, dan GPX. Oleh karena itu, akan ada peningkatan NADH oksidase yang meningkatkan produksi ROS. ROS yang meningkat dapat menurunkan melatonin dalam serum. Radiasi RF selain menyebabkan stres oksidatif juga menimbulkan apoptosis di jaringan otak. Pada penelitian lainnya, radiasi elektromagnetik memiliki peran penghambatan pada frekuensi pelepasan neuron regio CA1 hipokampus. Dengan kata lain, radiasi elektromagnetik mengakibatkan perubahan struktur dan fungsi transfer sinaptik secara global yang menyebabkan penurunan kemampuan belajar dan memori.

DAFTAR PUSTAKA

1. Ratna I. Pengaruh radiasi handphone terhadap kesehatan. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*. 2011; 11(2):115-20.
2. Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. *Infografis Indikator TIK*. Jakarta: Kementerian Komunikasi dan Informatika Republik Indonesia. 2016.
3. Victorya RM. Effects of handphone's electromagnetic wave exposure on seminiferous tubules. *Majority*. 2015; 4(3):96-100.
4. Husain M, Makiyah SNN. Pengaruh pajanan gelombang telepon seluler terhadap struktur histologi testis pada mencit (*Mus musculus*). *Jurnal Kedokteran Yarsi*. 2012; 20(3):122-8.



5. Idayati R. Pengaruh radiasi handphone terhadap kesehatan. *Jurnal Kedokteran Syiah Kuala*. 2011; 11(2):115-20.
6. Nurahayati I. Pengaruh radiasi handphone terhadap otak. *JKèm-U*. 2014; 6(17):29-32.
7. Ganes DP. Pengaruh Pemberian Ekstrak Kulit Buah Delima Merah (*Punica Granatum L.*) Terhadap Jumlah Sel Spermatid dan Diameter Tubulus Seminiferus Tikus Putih (*Rattus Norvegicus*) yang Dipapar Gelombang Elektromagnetik Ponsel. Skripsi. Surakarta: Universitas Sebelas Maret. 2010.
8. Noviarini Y, Sri N, Nurul M. Pengaruh pajanan gelombang telepon seluler terhadap struktur histologi hipokampus pada mencit (*Mus musculus*). *Mutiara Medika*. 2010; 10(2):123-7.
9. Bahteran R. Analisis klasifikasi ponsel (hp) terhadap paparan radiasi gelombang elektromagnetik. Skripsi. Mataram: Universitas Mataram. 2013.
10. Aruna T, Manoj D, Dinesh B. Effect of mobile phone radiation on brain activity GSM vs CDMA. *IJSTM*. 2011; 2(2):1-5.
11. Eser O, Songur A, Aktas C, Karavelloglu E, Caglar V, Aylak, Dkk. The effect of electromagnetic radiation on the rat brain: an experimental study. *Turkish Neurosurgery*. 2013; 23(6):707-15.
12. Hussein S, El-saba A, Galal MK. Biochemical and histological studies on adverse effects of mobile phone radiation on rat ' s brain. *Chemical Neuroanatomy*. 2016; 78:10-9.
13. Friedman J, Kraus S, Hauptman Y, Schiff Y, Seger R. Mechanism of short- term ERK activation by electromagnetic fields at mobile phone frequencies. *Biochem J*. 2007; 405(3):559-68.
14. Kesari KK, Kumar S, Behari J. 900-MHz microwave radiation promotes oxidation in rat brain. *Electromagnetic Biology and Medicine*. 2011; 30(1):219-34.
15. Kesari KK, Siddiqui MH, Meena R, Verma HN, Kumar S. Cell phone radiation exposure on brain and associated biological systems. *Indian Journal of Experimental Biology*. 2013; 51(3):187-200.
16. Dogan M, Turtay MG, Oguzturk H, Samdanci E, Turkoz Y, Tasdemir, Dkk. Effects of electromagnetic radiation produced by 3G mobile phones on rat brains: magnetic resonance spectroscopy, biochemical, and histopathological evaluation. *Human and Experimental Toxicology*. 2012; 31(6):557-64.
17. Stam R. Electromagnetic fields and the blood brain-barrier. *Brain Research Reviews*. 2010; 65(1):80-97.
18. Nittby H, Brun A, Eberhardt J, Malmgren L, Persson BR, Salford LG. Increased blood brain barrier permeability in mammalian brain 7 days after exposure to radiation from a GSM-900 mobile phone. *Pathophysiology*. 2009; 16(1):103-12.
19. Hao D, Yang L, Chen S. Effects of long-term electromagnetic field exposure on spatial learning and memory in rats. *Neurological Sciences*. 2013; 34(2):157-64.

