

POTENSI RADIASI MEDAN ELEKTROMAGNETIK ELF UNTUK TERAPI STROOKE

M. Ridho¹, Sudarti²
ridho.bs27@gmail.com¹, sudarti.fkip@unej.ac.id²
Universitas Jember

Abstrak

Di dalam ilmu fisika gelombang elektromagnetik disebut sebagai gelombang yang terdiri dari medan listrik dan medan magnet yang tidak membutuhkan medium perantara. Elektronik apa pun peralatan dapat menghasilkan medan magnet jika ada aliran arus listrik. Oleh sebab itu, penggunaan Peralatan listrik mempunyai beberapa peranan yang penting dalam meningkatkan medan listrik disekitar kita dan meningkatkan tegangan listrik intensitas paparan medan magnet. Elektromagnetik ELF mempunyai frekuensi yang berkisar dari 0 Hz sampai 300 Hz, sehingga dapat dengan mudah di temukan di sekitar kita yang mempunyai arus listrik. Stroke merupakan salah satu kondisi neurologis yang paling banyak merugikan serta menghancurkan di dunia. Stroke pada umumnya terbagi menjadi 2 jenis yaitu stroke hemoragik dan stroke non hemoragik. Metode yang digunakan pada artikel ini yaitu study literatur yang komprehensif menggunakan Google Scholar dilakukan antara Januari 2024 hingga April 2024. Artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris direview, di mapping dan dimasukkan dalam artikel ini.

Kata Kunci: Radiasi; Elektromagnetik ELF; Terapi Stroke.

1. PENDAHULUAN

Salah satu ilmu yang membahas tentang gejala ilmu alam ialah fisika, termasuk materi dan isinya interkasi. Fisika didasari oleh beberapa hukum, teori konsep dan aplikasi. Maka dari itu, pendidikan fisika merupakan salah satu bagian dari ilmu sains, di dalam prosesnya perlu mencakup unsur proses, etika ilmiah, dan hasil belajar. Dalam konteks fisika, yang perlu ditegaskan yaitu keterlibatan aktif siswa dalam berinteraksi dengan benda fisika yang merupakan aspek kunci yang harus di utamakan.(Khumairoh et al.,2023). Salah satu materi yang terdapat dalam pembelajaran fisika ialah gelombang elektromagnetik yang tersusun dari medan magnet dan medan listrik yang di dalam perambatannya tidak membutuhkan medium perantara. Alata alat elektronik menjdai salah satu contoh peralatan yang dapat dapat menghasilkan medan magnet jika terdapat aliran arus listrik. Maka dari itu, peralatan listrik mempunyai beberapa peranan yang sangat penting untuk meningkatkan medan listrik di sekitar kita dan dapat meningkatkan tegangan intensitas listrik pada paparan medan magnet. Medan magnet dengan Frekuensi Sangat Rendah (ELF) mempunyai rentang frekuensi dari 0 Hz sampai 300 Hz, sehingga dapat dengan mudah ditemukannya arus listrik yang terdapat disekitar kita.(Agustiana et al.,2020)

Radiasi gelombang elektromagnetik mempunyai beberapa spektrum yang luas , mulai dari elektromagnetik yang berfrekuensi sangat rendah hingga elektromagnetik berfrekuensi tinggi, seperti pada sinar gamma. Gelombang elektromagnetik yang berfrekuensi rendah disebut dengan Extremely Low Frequency (ELF) yang mempunyai frekuensi dari 0-300 Hz (Rahman dan Sudarti, 2021). Gelombang elektromagnetik mempunyai medan magnet dan medan listrik yang tidak perlu memerlukan medium magnet dan arah rambat medan magnet dan medan listrik yang sama sama tegak lurus.(Kamalia dan Sudarti,2022). Jika frekuensi yang dimiliki itu rendah, maka medan magnet yang diperoleh energi yang rendah juga. Medan listrik mempunyai karakteristik yang tidak mudah untuk dihalangi dan mampu menebus benda dengan sangat mudah. Efek yang ditimbulkan oleh medan magnet sangat kecil ialah efek non thermal yaitu tidak

menyebabkan berubahnya suhu ketika berinteraksi atau menginduksi.(Wati et al.,2023)

Gelombang elektromagnetik ELF juga dapat mempengaruhi penyakit medis, salah satunya yaitu stroke. Stroke merupakan kondisi neurologis yang sangat merugikan serta menghancurkan dunia. Banyak upaya yang dilakukan untuk melakukan pengobatan yang efektif terhadap stroke, namun prevalensi kondisi medis ini masih tinggi. Paparan elektromagnetik ELF dapat mempengaruhi banyak seluler struktur dan senyawa, seperti pada deoksiribonukleat asam di dalam inti, reproduksi sel, mekanisme sel kematian melalui siklus sel, metabolisme dan lainnya sebagian kerusakan protein. (Ashrafi et al.,2020)

Stroke menjadi salah satu penyakit yang dapat di kurangi dengan medan elektromagnetik. Jenis stroke itu ada dua jenis: stroke hemoragik dan stroke non hemoragik. Stroke hemoragik terjadi karena melemahnya pembuluh darah dan disekitarnya yang kemudian pecah dan bisa menyebabkan gangguan pada otak. Stroke non hemoragik merupakan stroke yang bisa terjadi apabila suatu aliran darah yang menuju ke otak berhenti yang disebabkan oleh aterosklerosis atau penyumbatan kolesterol di dinding pembuluh darah atau dapat terjadi apabila darah yang menyumbat di pembuluh darah menuju otak itu membeku sehingga dapat terjadi pasokan darah yang menuju otak terganggu. Dampak yang ditimbulkan oleh penyumbatan pembuluh darah di otak bisa membuat perfusi jaringan yang menuju ke otak tidak adekuat, dan bisa membuat kematian sel adema di bagian otak, sehingga hal tersebut membuat serabut motoric yang ada pada siste saraf rusak dan mengakibatkan kekuatan otot menurun serta mengakibatkan kecacatan terhadap pasien stroke. Hal hal yang membedakan dari kedua jenis stroke tersebut ialah pada gangguan yang terjadi di pembuluh darah di otak, namun keduanya merupakan kondisi darurat medis yang harus segera ditangani.(Komul et al.,2022).

2. METODE PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode study literatur yang komprehensif menggunakan Google Scholar atau Google Cendekia dilakukan dari bulan Januari 2024 hingga jurnal ini diterbitkan. Artikel yang diterbitkan dalam bahasa Inggris direview, di mapping dan dimasukkan dalam artikel ini. Penyajian data dilakukan secara deskriptif dan disajikan dalam uraian serta penjelasan. Kata kunci yang digunakan: radiasi, elektromagnetik Extremely Low Frequency (ELF), terapi stroke, dan berbagai literasi. Temuan ini ditinjau secara kritis, dan informasi tersebut disintesis ke dalam artikel tinjauan komprehensif yang menyoroti aplikasi klinis dan arah masa depan.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil

Pengumpulan data literatur google scholar menghasilkan 20 artikel yang mempunyai hubungan signifikan dengan hasil review yang dilakukan. Artikel yang digunakan sebagai data keputusan merupakan artikel internasional yang bersal dari berbagai daerah. Beberapa artikel membahas tentang pengaruh paparan medan magnet ELF, intensitas paparan medan magnet ELF, dan terapi stroke.

Pengaruh Paparan elektromagnetik ELF untuk Terapi Stroke

Hasil yang didapatkan dari artikel review menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara paparan elektromagnetik ELF dan terapi stroke. Salah satu penelitian menemukan peningkatan kekuatan otot pada pasien stroke non hemoragik dengan cara memasukkan tourmaline magnetic sock dan ROM ke dalam rutinitas rehabilitas mereka dan penelitian lain juga menemukan bahwa elektromagnetik sangat rendah ELF dapat memodulasi stress namun untuk pasien stroke belum ada. Penjelasan lebih lanjut terdapat pada tabel 1.

Pada penelitian yang dilakukan oleh (Cichon,N.2017) menunjukkan bahwa iskemia atau reperfusi, terjadi pembentukan spesies oksigen reaktif secara masi, yang diikuti dengan penurunan aktivitas enzim anti oksidan. Medan elektromagnetik frekuensi sangat rendah (ELF-EMF) dapat memodulasi stress oksidatif, namun masih belum ada penelitian antioksidan klinis terhadap pasien stroke otak. Menurut (Ashrafi,F et al.,2020) bahwa paparan Elektromagnetik ELF itu tidak pasti, hala ini mungkin saja terjadi untuk menghasilkan efek biologis, termasuk perubahan ion kesetimbangan yang mengarah pada magnet tak terkompensasi putaran radikal bebas, unsur para magnetik, diamagnetik molekul, serta magnetostriktif dan piezoelektrik ciri dalam suatu jaringan. Bagaian yang utama pada sel dan jaringan termasuk air, kolesterol dan turunannya, yang membentuk struktur kristal dan juga dipengaruhi oleh medan elektromagnetik. Penelitian yang dilakukan (Komul et al.,2022) ialah mengacu pada stroke non hemoragik yang mendapat hasil bahwa yang mempengaruhi kekuatan otot meningkat ialah Kombinasi Tourmaline Magnetic Sock dan ROM aktif. Pada penelitian ini pasien stroke non hemoragik disarankan untuk memasukkan Tourmaline Magnetic Sock dan ROM aktif ke dalam rutinitas mereka. Kombinasi ini juga dapat berfungsi untuk meningkatkan kekuatan otot dan berkontribusi pada proses pemulihan. Selain itu supaya mendapatkan panduan pribadi tentang cara terbaik untuk memasukkan intervensi ini kedalam rehabilitas baru maka dapat dilakukan dengan berkonsultasi dengan ahli kesehatanataupun ahli terapi fisik.

Waktu Paparan Elektromagnetik ELF untuk Terapi Stroke

Dalam penelitian yang dilakukan oleh (Okabe,N.2023) menunjukkan bahwa efek waktu paparan elektromagnetik ELF-EMF pada pemulihan fungsional dianalisis pada tikus setelah stroke fototrombotik menggunakan tiga tes motorik, termasuk tes pasta matriks, tes grid walk, dan uji pelepasan pita perekat. Dalam uji matriks pasta, tikus di semua kelompok menunjukkan gangguan motorik 3 hari setelahnya stroke, diikuti dengan berbagai tingkat pemulihan 32 hari setelahnya pukulan. Berdasarkan analisis histologis mengkonfirmasi bahwa ELF-EMF pengobatan yang dimulai 4 hari setelah stroke tidak memberikan hasil yang signifikan mempengaruhi volume infark atau aktivasi glial, memberikan bukti dampak minimal pada perlindungan saraf. Peneliti lain yang dilakukan oleh (Font,L.P et a.l.,2019) yang menyelamatkan hewan dari stroke iskemik parah dengan medan elektromagnetik sinusoidal tanpa denyut yang menggunakan sampel tikus. Tanpa pengobatan, operasi menyebabkan kematian pada 62% kasus hewan setelah 7 hari. NP-SEMF secara signifikan meningkatkan tingkat kelangsungan hidup sebesar 1,4 kali lipat untuk 10 Hz dan sebesar 2,0 kali lipat untuk 60 Hz. Skala neurologis dinilai setelahnya 24 jam dan 7 hari pasca operasi. Untuk kelompok yang tidak diobati, tidak ada perbedaan statistik yang ditemukan antara 24 jam dan 7 hari. Sebaliknya, pada kelompok NP-SEMF, terdapat perbedaan yang signifikan perbaikan terlihat jelas setelah 7 hari (dari $8,6 \pm 1,2$ menjadi $2,7 \pm 0,5$ untuk 10 Hz, dan dari $8,6 \pm 0,8$ hingga $2,0 \pm 1,1$ untuk 60Hz). Jadi besar medan elektromagnetik sinusoidal tanpa denyut ini dapat meningkatkan keberlangsungan hidup pada tikus.

Penelitian lain yang dilakukan oleh (Weisinger,2022) tentang terapi medan elektromagnetik untuk meningkatkan fungsi motorik pasca stroke yaitu mendapatkan hasil bahwa umur rata rata orang yang terkena stroke adalah 54,7 tahun, 19% nya adalah berjenis kelamin perempuan, skor FMA-UE awal adalah 23,7 dan waktu rata rata dari timbulnya stroke hingga stimulasi pertama adalah 11 hari. Peningkatan yang lebih besar pada FMA-UE dari awal hingga minggu ke 4 terlihat dengan ENTF dibandingkan dengan stimulasi palsu, $23,2 \pm 14,1$ vs. $9,6 \pm 9,0$, $p = 0,007$; perbaikan awal hingga minggu ke 8 adalah $31,5 \pm 10,7$ vs. $23,1 \pm 14,1$.

Tabel 1. Radiasi Elektromagnetik ELF untuk Terapi Stroke

Penulis	Intensitas	Hasil
Chicon <i>et al.</i> ,2017	Intensitas medan elektromagnetik yang digunakan pada penelitian ini yaitu ELF-EMF dipaparkan pada bidang ELF-EMF 40 Hz, 7 mT selama 15 menit/hari selama 4 minggu (5 hari seminggu).	Hasil menunjukkan bahwa ELF-EMF menyebabkan peningkatan signifikan dalam status fungsional (ADL) dan mental (MMSE, GDS). Parameter klinis mempunyai korelasi positif dengan tingkat perlindungan antioksidan enzimatis. Bioelektromagnetik.
Font <i>et al.</i> ,2019	Intensitas medan elektromagnetik yang digunakan pada penelitian ini yaitu menggunakan medan elektromagnetik kekuatan 13,5 mT dan frekuensi sinusoidal tak berdenyut sebesar 10 dan 60 Hz selama aplikasi singkat 20 menit	Hasil kami menunjukkan untuk pertama kalinya bahwa paparan NP-SEMF (13,5 mT pada 60 dan 10 Hz) meningkat kelangsungan hidup dan hasil neurologis tikus yang mengalami iskemia serebral dan itu efek ini dimediasi oleh NO, yang menggarisbawahi potensi terapi NP-SEMF yang besar sebagai terapi stroke iskemik.
Ashrafi <i>et al.</i> ,2020	Intensitas medan elektromagnetik yang digunakan pada penelitian ini yaitu elektromagnetik frekuensi sangat rendah pengobatan lapangan (EMF-ELF) dengan daya 1 mT dan laser dalam penolakan dengan panjang gelombang 840 nm untuk 5 hari 45 menit/hari.	Hasil yang diperoleh pada penelitian ini yaitu 52 pasien dengan stroke akut diteliti 2 kelompok yang terdiri dari 26 pasien yang menerima laser dan medan magnet dan kelompok kontrol. Dalam kasus 17 (65,4%) dan 9 (34,6%) laki-laki dan perempuan masing-masing berbanding 10 (38,5%) laki-laki dan 16 (61,5%) perempuan sebagai kontrol. Perbedaan antara kelompok tidak signifikan ($P = 0,09$).
Komul <i>et al.</i> ,2022	Pada penelitian ini tidak menjelaskan besar intensitas medan elektromagnetik, namun penelitian ini menjelaskan tentang <i>Tourmaline Magnetic Sock</i> dan ROM aktif yang dapat mempengaruhi peningkatana	Hasil pada penelitian ini berdasarkan uji pengaruh kombinasi <i>Tourmaline Magnetic Socks</i> dan ROM aktif pada delta kekuatan otot pada dua kelompok diperoleh nilai $P =$

	otot pada pasien stroke non hemoragik	0.010. Kekuatan otot pada kelompok intervensi mengalami peningkatan setelah diberikan perlakuan Tourmaline Magnetic Socks dan ROM aktif dengan nilai $p = 0,000$, sedangkan kekuatan otot pada kelompok kontrol mengalami peningkatan dengan nilai $p = 0,003$. Kombinasi Tourmaline Magnetic Socks dan ROM aktif mempengaruhi peningkatan kekuatan otot pada pasien stroke non hemoragik.
Weisinger <i>et al.</i> ,2022	Intensitas medan elektromagnetik yang digunakan pada penelitian ini yaitu terapi ENTF frekuensi rendah dan intensitas rendah (1–100 Hz, <1 G). Peserta menerima ENTF aktif atau pengobatan palsu selama 40 menit 5 hari/minggu selama 8 minggu; ~tiga dari lima perawatan disertai dengan terapi fisik/kerja bersamaan selama 10 menit.	Hasil yang didapatkan pada penelitian ini yaitu terjadi peningkatan yang lebih besar pada FMA-UE dari awal hingga minggu ke 4 terlihat dengan ENTF dibandingkan dengan stimulasi palsu, $23,2 \pm 14,1$ vs. $9,6 \pm 9,0$, $p = 0,007$; perbaikan awal hingga minggu ke 8 adalah $31,5 \pm 10,7$ vs. $23,1 \pm 14,1$. Efek menguntungkan yang serupa pada minggu ke 8 diamati untuk penilaian UE dan kecacatan global lainnya, termasuk Uji Lengan Penelitian Tindakan (Pinch, $13,4 \pm 5,6$ vs. $5,3 \pm 6,5$, $p = 0,008$), Uji Kotak dan Balok (tangan yang terkena dampak, $22,5 \pm 12,4$ vs. $8,5 \pm 8,6$, $p < 0,0001$), dan Skala Rankin yang dimodifikasi ($-2,5 \pm 0,7$ vs. $-1,3 \pm 0,7$, $p = 0,0005$). Tidak ada efek samping terkait pengobatan yang dilaporkan.
Okabe <i>et al.</i> ,2023	Penelitian ini menggunakan 6 intensitas, diantaranya yaitu intensitas 2.5 G dengan frekuensi 5-16-40 Hz, intensitas 0,35 G dengan frekuensi 5-16-40 Hz, intensitas 2,5 G dengan frekuensi 40 Hz, intensitas 0,35 G dengan frekuensi 40 Hz, intensitas 0,35 G dengan frekuensi 5 Hz, dan yang terakhir	Hasil pada penelitian ini yaitu Sebanyak 72 tikus digunakan. Empat belas tikus yang mati setelahnya stroke dikeluarkan dari penelitian. Kami jug mengecualikan empat tikus yang analisi histologisnya tidak menunjukkan adanya jaringan yang mengalami infark. Oleh

sebagai control dengan intensitas 0 G dengan frekuensi 0Hz.

karena itu, 54 tikus dilibatkan dalam penelitian ini (2,5G/5–16-40 Hz: n=9, 0,35G/5–16-40 Hz: n=8, 2,5G/40 Hz: n=10, 0,35G/40 Hz : n=9, 0,35G/5Hz: n=10, 0G/0Hz: n=8).

Pembahasan

Pengaruh Paparan Elektromagnetik ELF untuk Terapi Stroke

Dari hasil study literatur beberapa jurnal nasional dan internasional didapatkan bahwa pengaruh paparan elektromagnetik ELF untuk terapi stroke itu bermacam macam. Diantara pengaruh paparan elektromagnetik ELF untuk terpai stroke yaitu sebagai salah satu peningkatan otot pada pasien stroke non hemoragik. Selain itu paparan elektromagnetik ELF juga dapat menghasilkan efek biologis, seperti pada perubahan ion kesetimbangan yang mengarah pada magnet tidak terkompensasi putaran radikal bebas. Paparan elektromagnetik ELF juga dapat memodulasi stres oksidatif. Kemudian pengaruh lain elektromagnetik ELF yang diterapkan pada tikus yaitu dapat mengalami iskemia serebral dan efek dimensi oleh NO.

Waktu Paparan Elektromagnetik ELF untuk Terapi Stroke

Dari beberapa penlitian yang dilakukan diperoleh bahwa waktu paparan elektromagnetik ELF berbeda beda. Pada bebrapa penelitian banyak yang menggunakan sampel tikus salah satunya yaitu menggunakan elektromagnetik ELF yang dapat meningkatkan tingkat keberlangsungan hidup sebesar 1,4 kali lipat untuk medan elektromagnetik sebesar 10 Hz dan 2,0 kali lipat untuk 60 Hz. Pada manusia yang berjenis kelamin perempuan waktu paparan lektromagnetik ELF ialah dengan FMA-UE awal adalah 23,7 dan waktu rata rata dari timbulnya stroke hingga stimulasi pertama adalah 11 hari. Peningkatan yang lebih besar pada FMA-UE dari awal hingga minggu ke 4 terlihat dengan ENTF dibandingkan dengan stimulasi palsu, $23,2 \pm 14,1$ vs. $9,6 \pm 9,0$, $p = 0,007$; perbaikan awal hingga minggu ke 8 adalah $31,5 \pm 10,7$ vs. $23,1 \pm 14,1$.

KESIMPULAN

Berdasarkan keterangan keterangan yang didapat maka dapat disimpulkan bahwa radiasi gelombang elektromagnetik memiliki spektrum yang cukup luas yang terdiri dari elektromagnetik dengan frekuensi rendah hingga yang berfrekuensi tinggi seperti sinar gamma. Frekuensi yang terdapat pada gelombang elektromagnetik ELF berkisar dari 0 sampai denga 300Hz. Sedangkan Store merupakan salah satu kondisi neurologis yang paling banyak merugikan serta menghancurkan di dunia. Terlepas dari semua upaya yang telah dilakukan untuk melakukan pengobatan yang efektif terhadap strooke, prevalensi kondisi medis ini masih tinggi. Paparan ELF dapat mempengaruhi banyak seluler struktur dan senyawa, seperti deoksiribonukleat asam dalam inti, reproduksi sel, mekanisme sel kematian melalui siklus sel, metabolisme dan luasnya sebagian kerusakan protein. Salah satu pengaruh paparan elektromagnetim ELF untuk terapi stroke ialah untuk meningkatkan kekuatan otot terhadap pasien stroke non hemoragik. Waktu juga berpengaruh terhadap radiasi elektromagnetik ELF untuk terapi stroke.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina,M.A.D.,Tias,E.R.W.,Nissa'ul,N.,Yushardi.,Anggraeni,F.K.U, & Meilina,I.L.(2023). Analysis of tempe material on extremely low frequency magnetic field radiation.Jurnal Pendidikan Fisika,8(3):395-405. <https://doi.org/10.59052/edufisika.v8i3.29872>
- Ashrafi,F.,Rezaei,A.,Azhideh,A.,Tabbei,F.,Gachkar,L.,Ahmadi,M.A.,Asl,M.Y.,Zali,A, &

- Khoshnoud, R.J. (2020). Affectiveness of extremely low frequency electromagnetic field and pulsed low-level laser therapy in acute stroke treatment. *International Clinical Neuroscience Journal*, 7(3): 127-131. <https://doi.org/10.34172/icnj.2020.13>
- Cichon, N., Bijak, M., Miller, E., & Saluk, J. (2017). Extremely low frequency electromagnetic field (ELF-EMF) reduces oxidative stress and improves functional and psychological status in ischemic stroke patients. *Bio Electro Magnetis*, 38(5): 386-396. <https://doi.org/10.1002/bem.22055>
- Font, L.P., Cardonne, M.M., Kempf, H., Messen, R., Salmon, O.F., Gonzalez, F.G., Lambrechts, I., Rigo, J. M., Brone, B., & Bronckaers, A. (2019). Non-pulsed Sinusoidal Electromagnetic Field Rescues Animals From Severe Ischemic Stroke via NO Activation. *Frontiers In Neuroscience*, 13(3): 1-7. <https://doi.org/10.3389/fnins.2019.00561>
- Goldshmit, Y.M., Shalom, & Ruban, A. (2022). Treatment with Pulsed Extremely Low Frequency Electromagnetic Field (PELF-EMF) Exhibit Anti-Inflammatory and Neuroprotective Effect in Compression Spinal Cord Injury Model. *Biomedicines*, 10(2): 1-13. <https://doi.org/10.3390/biomedicines10020325>
- Kaser, H., Girit, O.B., Majeed, M., Nayak, M., & Bilgin, M.D. (2022). Pterostilbene administration improves the recovery potential of extremely low-frequency magnetic field in acute renal ischemia-reperfusion injury: an FTIR spectroscopic study. *Turkish Journal of Biologi*, 44(1): 48-60. <https://doi.org/10.3906/biy-1907-18>
- Komul, M., Suharsono, S., & Pujiastuti, R.S.E. (2022). Tourmaline magnetic socks dan rom aktif untuk meningkatkan kekuatan otot pasien stroke non hemoragik. *Jurnal Riset Kesehatan Poltekkes depkes Bandung*, 16(1): 21-34. <https://doi.org/10.34011/juriskesbdg.v16i1.2431>
- Kubala, E., Kijjak, D.L., Strazelecka, P., Wieczorek, A., Skomro, P., & Gronwald, H. (2022). Multidisciplinary and nonpharmacological management of pain in temporomandibular disorders (TMDs). *Orofacial Pain as a Challenge in Modern Medicine*. <https://doi.org/10.1155/2022/3604386>
- Lecia, R., Galvani, Q., Patricia, V., Duran, T., & Dias, L.V. (2021). Effect of extremely low frequency magnetic fields on oxidative balance in rat brains subjected to an experimental model of chronic unpredictable mild stress. *BMC Neurosci*, 22(52): 22-52. <https://doi.org/10.1186/s12868-021-00656-x>
- Mahaki, H., Jabarivasal, K., Sardarian, & Zamani, A. (2020). Effects of various densities of 50 Hz electromagnetic field on serum IL-9, IL-10, and TNF- α levels. *International Journal of Occupation and Environmental Medicine*, 11(1). <https://doi.org/10.15171/2Fijoem.2020.1572>
- Mattoson, M.A., & Simko, M. (2019). Emerging medical applications based on non-ionizing electromagnetic fields from 0 Hz to 10 THz. *Medical Devices: Evidence and Research*, 12(19): 347-368. <https://doi.org/10.2147/MDER.S214152>
- Mild, K.H., Lundsrom, & Wilen, J. (2019). Non-ionizing radiation in swedish health care—exposure and safety aspects. *Journal Of Enviromental Research and Public Helath*, 16(7): 1-29. <https://doi.org/10.3390/ijerph16071186>
- Okabe, N., Hovanesy, M., Azarapetian, S., Dai, W., Weisinger, B., Parabucki, A., Balter, S.R., Shohami, E., Segal, Y., & Carmichael, S.T. (2023). Theta frequency electromagnetic stimulation enhances functional recovery after stroke. *Translational Stroke Research*. <https://doi.org/10.1007/s12975-023-01202-z>
- Panata, M., Buttera, & Filomeni, G. (2019). 50-Hz magnetic field impairs the expression of iron-related genes in the in vitro SOD1G93A model of amyotrophic lateral sclerosis. *International Journal of Radiation Biology*, 95(3): 368-377. <https://doi.org/10.1080/09553002.2019.1552378>
- Paolucci, T., Parto, D., Pallegriano, R., Sina, O., Fero, A., Astolfo, S.D., Franceshelli, O., Patrino, A., Fusco, A., & Pesce, M. (2023). Combined rehabilitation protocol in the treatment of osteoarthritis of the knee: comparative study of extremely low-frequency magnetic fields and soft elastic knee brace effect. *Healthcare*, 11(9): 1-12. <https://doi.org/10.3390/healthcare11091221>
- Patchana, T., Agrawal, D.K., Connet, D., Baron, D., & Miulli, D. (2023). Immunomodulatory effect of electromagnetic field in the treatment of traumatic brain injury. *Journal Biotechnol*

- Biomed.6(1):32-36. <https://doi.org/10.26502/jbb.2642-91280069>
- Shayeghan,M.,Forouzesheh,F.,Ansari,A.M, & Javidi,M.A.(2021). DNMT1 and miRNAs: possible epigenetics footprints in electromagnetic fields utilization in oncology. *Medical Oncology*.38:(125). <https://doi.org/10.1007/s12032-021-01574-y>
- Thoni,V.,Olivia,R.,Mauracher,D, & Egg,M.(2021). Therapeutic nuclear magnetic resonance affects the core clock mechanism and associated hypoxia-inducible factor-1. *Journal of Biological and Medical Rhythm Research*.38(8):1120-1134. <https://doi.org/10.1080/07420528.2021.1910288>
- Toda,T.,Ito,M.,Takeda.,J.,Masuda,A.,Hattori,N.,Mohri,K, & Ohno,K.(2021). Extremely low-frequency pulses of faint magnetic field, weaker than the geomagnetic field, induce mitophagy to rejuvenate mitochondria.*Research Square*. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-528037/v1>
- Usman,J.D.,Isyaku,M.U, & Fsanmade.(2020). Evaluation of heart rate variability, blood pressure and lipid profile alterations from dual transceiver mobile phone radiation exposure.*Journal of Basic and Clinical Physiology and Pharmacology*.32(5):951-957. <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2020-0047>
- Weisinger,B.,Pandey,D.P.,Saver,J.L.,Hochberg,A.,Bitton,A.,Doniger,G.M,Lifshitz.,Vardi,O.,Shohami,E.,Segal,Y.,Balter,S.R.,Kay,Y.D.,Alter,A.,Prasad,A & Bornstein,N.M.(2022). Frequency-tuned electromagnetic field therapy improves post-stroke motor function: A pilot randomized controlled trial.*Frontiers In Neurology*,13(2):1-12. <https://doi.org/10.3389/fneur.2022.1004677>