

Artikel Penelitian

Pengaruh Pemberian Terapi rTMS Dengan Kualitas Tidur Pasien Post Stroke Iskemik

The Effect Of rTMS Therapy On The Sleep Quality Of Post Ischemic Stroke Patients

Desfarina¹, Yuliarni Syafrita², Restu Susanti², Reno Bestari²

¹PPDS Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Andalas RSUP DR. M Djamil Padang

²Staf Departemen Neurologi Fakultas Kedokteran Universitas Andalas RSUP DR. M. Djamil Padang

Korespondensi ditujukan kepada Desfarina; desfarina.riri@gmail.com

Editor Akademik: Prof. Dr. dr. Kiking Ritarwan, Sp.N (K), MKT

Hak Cipta © 2025 Desfarina dkk. Ini adalah artikel akses terbuka yang didistribusikan di bawah *Creative Commons Attribution License*, yang mengizinkan penggunaan, distribusi, dan reproduksi tanpa batas dalam media apapun, asalkan karya aslinya dikutip dengan benar.

ABSTRACT

Introduction: Stroke is the second leading cause of death and disability in the world. One of the complications of stroke is sleep disorders. Apart from medication, repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) is an alternative therapy for managing sleep disorders.

Objective: This study aimed to assess the effect of rTMS therapy on the sleep quality of post ischemic stroke patients at RS Dr. M. Djamil Padang.

Method: This analytical observational study utilized a cross sectional design conducted at the Neurological Polyclinic of RS Dr. M. Djamil Padang from August 2023 to February 2024. Samples were taken using consecutive sampling techniques based on inclusion and exclusion criteria. High frequency rTMS stimulation was administered to the left DLPFC (dorsolateral prefrontal cortex) 10 times. Sleep quality was assessed using the Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI) questionnaire. The influence between research variables was tested bivariate using the T test, Mann-Whitney test, Fisher test, and McNemar test.

Results: The average PSQI score in patients before rTMS therapy was 9.83 ± 3.996 , and after rTMS therapy was 4.13 ± 3.327 . Based on the results of bivariate analysis, there is a significant effect between giving rTMS therapy and improving sleep quality in post ischemic stroke patients with a value of $p < 0.001$.

Discussion: Post ischemic stroke patients who underwent rTMS therapy experienced a decrease in average PSQI score with a mean difference of 5.70, and most patients had good sleep quality after undergoing rTMS therapy in this study (75%). Giving high frequency rTMS to the left DLPFC enhances cortical and subcortical stimulation, thereby improving sleep quality.

Keywords: rTMS, sleep quality, stroke, PSQI.

ABSTRAK

Pendahuluan: Stroke merupakan penyebab kematian dan disabilitas terbanyak kedua di dunia. Salah satu komplikasi stroke adalah gangguan tidur. Selain pemberian medikamentosa, repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) merupakan salah satu alternatif terapi untuk mengatasi gangguan tidur.

Tujuan: Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh pemberian terapi rTMS dengan kualitas tidur pasien post stroke iskemik di RS Dr. M. Djamil Padang.

Metode: Penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan desain cross sectional study yang dilakukan di Poliklinik Neurologi RS Dr. M. Djamil Padang selama bulan Agustus 2023-Februari 2024. Sampel diambil dengan teknik consecutive sampling berdasarkan kriteria inklusi dan eksklusi. Stimulasi high frequency rTMS diberikan pada DLPFC (dorsolateral prefrontal cortex) kiri sebanyak 10 kali. Kualitas tidur dinilai dengan kuesioner Pittsburgh Sleep Quality Index (PSQI). Pengaruh antar variabel penelitian diuji secara bivariate menggunakan uji T, uji Mann-Whitney, uji Fisher, dan uji McNemar.

Hasil: Nilai rerata PSQI pada pasien sebelum terapi rTMS adalah $9,83 \pm 3,996$ dan setelah terapi rTMS adalah $4,13 \pm 3,327$. Berdasarkan hasil analisis bivariat, terdapat pengaruh yang signifikan antara pemberian terapi rTMS dengan perbaikan kualitas tidur pasien post stroke iskemik dengan nilai $p < 0,001$.

Diskusi: Pasien post stroke iskemik yang telah menjalani terapi rTMS mengalami penurunan rerata skor PSQI dengan selisih mean 5,70 dan sebagian besar memiliki kualitas tidur yang baik setelah menjalani terapi rTMS pada penelitian ini (75%). Pemberian high frequency rTMS pada DLPFC kiri meningkatkan rangsangan kortikal dan subkortikal sehingga meningkatkan kualitas tidur.

Kata Kunci: rTMS, kualitas tidur, stroke, PSQI.

1. Pendahuluan

Stroke merupakan penyebab kematian kedua di dunia menurut

Global Burden of Disease (GBD) 2017, yaitu 80,5 kematian per 100.000 populasi setelah penyakit jantung iskemik pada tahun 2017, dengan 45% kematian merupakan stroke iskemik. Stroke juga menjadi penyebab disabilitas kedua secara global, dengan angka kejadian disabilitas, atau disebut DALYs (*disability-adjusted life-years*) sebesar 132,1 juta, dengan 42% dari angka tersebut terjadi pada stroke iskemik.^[1] Menurut Riset Kesehatan Dasar (RISKESDAS) 2018, prevalensi kejadian stroke di Indonesia adalah 10,9%, meningkat dari 7% pada tahun 2013.^[2] Pasien post stroke biasanya mengeluhkan gangguan tidur atau perubahan pola tidur. Gangguan tidur adalah komplikasi stroke yang sering terjadi pada pasien post stroke, sekitar 40-80%.^[3]

Gangguan tidur yang sering terjadi pada pasien stroke adalah insomnia, sleep apnea, *excessive daytime sleepiness* (EDS) termasuk narkolepsi, serta restless legs syndrome (RLS).^[4] Prevalensi insomnia pada pasien post stroke adalah 38,6%,^[5] sleep apnea sebesar 72%,^[6] *excessive daytime sleepiness* sebesar 40%,^[7] dan restless legs syndrome sebesar 12,4%.^[8] Gangguan tidur post stroke berhubungan dengan aktivitas fisik, demensia, penggunaan obat-obatan psiktropika, dan juga dapat dikaitkan dengan lokasi lesi. Akan tetapi, gangguan tidur post stroke juga dapat disebabkan oleh depresi atau perasaan lelah yang biasanya terjadi pada pasien stroke.^[9] Menurut penelitian yang dilakukan oleh Su, dkk tahun 2014 pada 338 sampel penelitian, 21% dari sampel memiliki waktu tidur total kurang dari 6 jam.^[10]

Beberapa penelitian mengidentifikasi hubungan kejadian stroke dengan beberapa gangguan tidur yang sering terjadi pada pasien post stroke. Penelitian oleh Karaca pada tahun 2017 menunjukkan bahwa 39,1% dari 23 sampel penelitian mengalami gangguan tidur post stroke (dinilai dari skor PSQI).^[10] Hal ini sejalan dengan penelitian yang dilakukan oleh Pasic, dkk tahun 2008 tentang kejadian dan jenis gangguan tidur pada pasien post stroke, dimana 78% dari 200 sampel penelitian mengalami gangguan tidur.^[4] Penelitian yang dilakukan oleh Leppävuori, dkk tahun 2002 menunjukkan stroke juga memiliki hubungan dengan insomnia, yang mana insomnia berkaitan dengan efek fisik dan psikologis yang terjadi pada pasien post stroke.^[11] Penelitian lain yang dilakukan oleh Lee, dkk tahun 2007 dengan menganalisis gangguan tidur pada pasien post stroke, menunjukkan munculnya gerakan tungkai periodik dalam tidur, RLS, bruxism, dan mendengkur.^[8] Gangguan tidur dapat menjadi faktor risiko terjadinya stroke, namun gangguan tidur juga dapat memperburuk penyakit stroke yang diderita.^[12]

Gangguan tidur dapat diatasi dengan pemberian terapi farmakologis dan nonfarmakologis. Pemberian obat penenang (misalnya, benzodiazepin) adalah salah satu terapi farmakologis. Terapi non farmakologis yang terbaru pada pasien post stroke yang mengalami gangguan tidur adalah penggunaan stimulasi *repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* (rTMS).^[13]

Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation (rTMS) adalah proses stimulasi berulang pada area tertentu di otak yang bertujuan untuk meningkatkan plastisitas di otak atau meningkatkan kemampuan otak untuk mereorganisasi dalam bentuk interkoneksi baru pada sel saraf dan meningkatkan rangsangan sel saraf yang mengalami gangguan. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* dapat digunakan dalam berbagai metode untuk memberikan rangsangan kortikal. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* juga digunakan untuk mengukur mekanisme inhibitor dan fasilitator intra kortikal di korteks motorik. Selain itu, *Transcranial Magnetic Stimulation* (TMS) dapat mempengaruhi fungsi otak jika dilakukan berulang kali. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* terdiri dari penerapan serangkaian TMS dengan intensitas yang sama di satu area otak pada frekuensi tertentu yang bervariasi antara 1 hingga 20 atau lebih rangsangan per detik dan dapat memodulasi rangsangan kortikal dan merangsang perubahan jangka panjang neuroplastisitas.^[13]

Kunze dkk, pada tahun 2013 melakukan penelitian dengan menerapkan rTMS pada *dorsolateral prefrontal cortex* (DLPFC) pasien stroke iskemik dengan insomnia, dan prosedur ini mengurangi latensi tidur dan meningkatkan total waktu tidur.^[14] Penelitian ini bertujuan untuk menilai pengaruh terapi rTMS

dengan kualitas tidur pada pasien post stroke iskemik di Poliklinik Neurologi RS Dr. M. Djamil Padang dari bulan Agustus 2023 - Februari 2024 yang dinilai dengan kuesioner *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI).

2. Tujuan

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian terapi *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* (rTMS) terhadap kualitas tidur pasien post stroke iskemik di RS Dr. M. Djamil Padang.

3. Metode

Penelitian ini merupakan studi observasional analitik dengan desain studi potong lintang (*cross sectional study*) yang dilakukan di Poliklinik Neurologi RS Dr. M. Djamil Padang, selama bulan Agustus 2023 - Februari 2024. Sampel diambil dengan teknik *consecutive sampling*. Sampel yang diambil adalah seluruh pasien post stroke iskemik yang menjalani terapi rTMS. Kriteria inklusi adalah pasien post stroke iskemik dengan gangguan tidur yang menjalani terapi rTMS sebanyak 10 kali selama 2 minggu atau 5 kali per minggu. Pasien yang mengkonsumsi obat yang dapat mempengaruhi siklus tidur dikeluarkan dari penelitian karena memiliki efek potensial yang mengganggu hasil penelitian.

Data dasar (demografis) semua sampel diambil, antara lain jenis kelamin, umur, jenis stroke, onset stroke, riwayat hipertensi, dan riwayat diabetes melitus. Kualitas tidur dinilai menggunakan kuesioner *Pittsburgh Sleep Quality Index* (PSQI). Hasil akhir pengukuran PSQI diklasifikasikan sebagai kualitas baik jika hasil PSQI ≤ 5 , sedangkan buruk jika hasil PSQI > 5 . Penilaian PSQI dilakukan oleh subdivisi neurobehaviour untuk menghindari *conflict of interest*. Data yang telah diolah pada tahap sebelumnya akan dianalisis secara bivariat menggunakan program SPSS versi 26.0. Pada tahap pertama, normalitas distribusi data diuji menggunakan analisis Shapiro-Wilk. Selanjutnya, pengaruh antar variabel penelitian akan diuji secara bivariat menggunakan uji T, uji Mann-Whitney, uji Fisher dan uji McNemar. Hasil dianggap bermakna jika nilai $p < 0,05$. Penelitian ini dilakukan dengan selalu memperhatikan etika penelitian, seperti: *anonymity*, *confidentially*, dan *justice*. Penelitian ini diajukan ke komite etik penelitian RS Dr. M. Djamil Padang untuk mendapatkan persetujuan dan dilakukan setelah mendapatkan persetujuan. Penelitian ini telah lulus uji etik dari Tim Komite Etik Penelitian RS Dr. M. Djamil Padang dengan nomor: DP.04.03/D.XVI.XI/203/2024.

4. Hasil

Penelitian ini dilakukan di RS Dr. M. Djamil Padang selama bulan Agustus 2023 - Februari 2024. Jumlah sampel pada penelitian ini adalah 24 subjek. Berdasarkan hasil uji bivariat yang dilakukan, tidak ditemukan adanya hubungan yang signifikan antara variabel usia (nilai $p = 0,252$), onset stroke (nilai $p = 0,250$), jenis kelamin (nilai $p = 0,597$), riwayat hipertensi (nilai $p = 0,446$), dan riwayat diabetes melitus (nilai $p = 0,618$) terhadap kualitas tidur pada pasien yang mendapatkan terapi rTMS (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik dasar pasien setelah terapi rTMS.

Variabel	Kualitas tidur		p-value
	Baik	Buruk	
Usia (mean \pm standar deviasi) (tahun)	57,56 \pm 12,152	64,67 \pm 6,314	0,125*
Onset stroke (median (min-max)) (minggu)	4,00 (1-52)	18,00 (2-104)	0,280*
Jenis Kelamin			
Laki-laki	16 (76,2%)	5 (22,8%)	0,597*
Perempuan	2 (66,7%)	1 (33,3%)	
Riwayat Hipertensi			
Ada	17 (77,3%)	5 (22,7%)	0,446*
Tidak ada	1 (50%)	1 (50%)	
Riwayat Diabetes Melitus			
Ada	4 (66,7%)	2 (33,3%)	0,618*
Tidak ada	14 (77,8%)	4 (22,2%)	

*Uji T, ^b Uji Mann-Whitney, ^c Uji Fisher

Rerata hasil pengukuran PSQI pada pasien sebelum terapi rTMS adalah $9,83 \pm 3,996$. Sedangkan rerata skor PSQI pasien setelah pemberian terapi rTMS adalah $4,13 \pm 3,327$. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat penurunan skor PSQI setelah terapi rTMS dengan selisih rerata skor PSQI pasien stroke sebelum dan

setelah terapi rTMS adalah 5,70.

Pada penelitian ini terdapat 24 pasien post stroke iskemik dengan gangguan tidur yang menjalani terapi rTMS. Setelah menjalani terapi rTMS, sebagian besar pasien memiliki kualitas tidur yang baik (skor PSQI ≤ 5), yakni 18 pasien (75%) dan 6 pasien lainnya (25%) memiliki kualitas tidur yang buruk (skor PSQI >5) (Tabel 2). Berdasarkan hasil analisis bivariat menggunakan uji McNemar, didapatkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara pemberian terapi rTMS dengan kualitas tidur pasien post stroke iskemik di RS Dr. M. Djamil Padang (nilai $p < 0,001$) (Tabel 2).

Tabel 2. Kualitas tidur pasien post stroke sebelum dan setelah terapi rTMS.

rTMS	Kualitas Tidur		p-value
	Baik	Buruk	
Sebelum rTMS	0 (0)	24 (100)	< 0,001 ^d
Setelah rTMS	18 (75)	6 (25)	

^d Uji McNemar

5. Pembahasan

Gangguan tidur merupakan salah satu komplikasi pada pasien stroke. Gangguan ini disebabkan oleh gangguan rangsangan neuron kortikal atau subkortikal, baik hipooksitabilitas maupun hipereksitabilitas. Lesi di bagian kortikal otak dikaitkan dengan kualitas tidur yang buruk, yang merupakan gangguan saat tidur di malam hari, yang menyebabkan penurunan total durasi tidur <6 jam (rata-rata waktu tidur di malam hari pada lansia adalah 6-8 jam). Pada saat yang sama, lesi di bagian subkortikal berhubungan dengan gangguan tidur dalam bentuk rasa kantuk yang berlebihan pada siang hari (meskipun ini juga bisa disebabkan oleh kualitas yang buruk tidur malam hari). Kualitas tidur yang buruk dikaitkan dengan kelelahan, kantuk, gangguan fungsi siang hari, gangguan kualitas hidup yang berhubungan dengan kesehatan, dan peningkatan morbiditas dan mortalitas pasien stroke.^[9]

Transcranial Magnetic Stimulation (TMS) adalah aplikasi neurostimulasi dan neuromodulasi non-invasif, di mana coil yang membawa arus listrik kuat yang singkat dan mengubah dengan cepat arus listrik yang dihasilkan oleh generator dan ditransmisikan pada area kortikal yang ditargetkan, sehingga medan magnet yang kuat yang dihasilkan oleh arus yang mengalir di dalam kumparan menembus tengkorak dan menginduksi arus listrik intrakranial, yang mengakibatkan depolarisasi neuron atau aksonnya. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* memberikan rangkaian gelombang TMS yang berulang-ulang ke otak, sehingga dapat memodulasi rangsangan kortikal dan konektivitas dengan cara yang tahan lama dan berkepanjangan dengan menginduksi perubahan plastis, seperti depresi jangka panjang dan potensial jangka panjang dengan cara yang bergantung pada frekuensi.^[15]

Mekanisme rTMS mungkin terkait dengan pengaruh pada efek saluran kalsium, ekspresi *N-methyl-d-aspartate* (NMDA), ekspresi *alpha-amino-3-hydroxy-5-methyl-4-isoxazolepropionic acid* (AMPA), pelepasan neurotransmitter (misalnya, serotonergik, dopaminergik, GABA-ergik, dan glutamatergik, dan neurotransmisi kolinergik), faktor neurotropik dan perubahan sistem neuroendokrin, dan perubahan morfologi dan konektivitas fungsional, dan bahkan regulasi gen. *Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation* dapat memulihkan beberapa perubahan rangsangan kortikal yang diamati pada beberapa gangguan neuropsikiatri dan neurologis, seperti gangguan depresi mayor, tinitus, stroke, dan lain sebagainya. Efek terapeutik jangka panjang dari rTMS telah diindikasikan sehingga memberikan dasar ilmiah yang lebih kuat untuk peran klinisnya dalam modulasi sirkuit saraf, misalnya pada insomnia.^[15]

Dalam sebuah penelitian terhadap pasien dengan insomnia primer (Feng, dkk, 2019), kadar neurotransmitter asam γ -aminobutyric (GABA) dan kadar faktor neurotropik yang dihasilkan otak (BDNF) dalam serum darah diukur sebagai indikator objektif. (Datta, dkk, 2015; Gottesman 2002). Potensi yang ditimbulkan oleh motorik (MEP) juga diukur untuk mencerminkan rangsangan kortikal. Analisis hasil setelah rTMS

menemukan peningkatan kadar GABA dan BDNF serum, penurunan potensi bangkitan motorik yang menunjukkan berkurangnya rangsangan kortikal, dan peningkatan skala PSQI. Studi ini menemukan tingkat BDNF dan GABA yang lebih tinggi pada pasien dengan skor PSQI yang lebih rendah (kualitas tidur meningkat).^[16]

Jumlah pasien post stroke iskemik yang menjalani terapi rTMS pada penelitian ini adalah 24 orang. Setelah menjalani terapi rTMS, sebagian besar pasien post stroke memiliki kualitas tidur yang baik (75%). Pada penelitian ini terdapat penurunan rerata skor PSQI dengan selisih mean 5,70. Tidak hanya itu, penelitian ini juga menemukan adanya pengaruh yang signifikan antara pemberian terapi rTMS dengan perbaikan kualitas tidur pasien post stroke iskemik dengan nilai $p < 0,001$. Hasil penelitian ini serupa dengan hasil penelitian Armalia dkk tahun 2019 yang juga menemukan adanya perbaikan kualitas tidur pasien post stroke setelah dilakukan rTMS yang ditandai dengan penurunan rerata skor PSQI. Penelitian tersebut juga menunjukkan bahwa terdapat pengaruh yang signifikan antara terapi rTMS dengan kualitas tidur pasien stroke iskemik (nilai $p=0,000$).^[17]

Pada penelitian ini, stimulasi high frequency rTMS diberikan pada DLPFC kiri sebanyak 10 kali selama 2 minggu atau 5 kali per minggu. Stimulasi high frequency rTMS pada DLPFC kiri dapat memodulasi eksibilitas dan menginduksi plastisitas neuron sehingga meningkatkan rangsangan kortikal dan subkortikal yang akhirnya menyebabkan long term potentiation dan meningkatkan kualitas tidur.^[16,18]

Penelitian ini memiliki keterbatasan. Keterbatasan penelitian ini yaitu belum menilai efek jangka panjang dari pemberian terapi rTMS terhadap kualitas tidur pasien post stroke iskemik.

6. Kesimpulan

Pasien post stroke iskemik yang diberikan terapi rTMS mengalami perbaikan kualitas tidur yang ditunjukkan dengan penurunan rerata skor PSQI. Hasil penelitian ini menyimpulkan bahwa terdapat pengaruh pemberian terapi rTMS terhadap perbaikan kualitas tidur pasien post stroke iskemik di RS Dr. M. Djamil Padang sehingga terapi rTMS dapat menjadi salah satu terapi pilihan untuk gangguan tidur pasien post stroke iskemik.

7. Ucapan Terimakasih

Ucapan terima kasih penulis ucapkan kepada Prof. Dr. dr. Yuliarni Syafrita, Sp.N (K), Dr. dr. Restu Susanti, Sp.N (K), M. Biomed dan dr. Reno Bestari, Sp.N sebagai pembimbing dalam menyelesaikan penelitian ini, serta kepada semua staf Departemen Neurologi, perawat dan teman-teman PPDS Neurologi RS Dr. M. Djamil Padang yang telah memberi dukungan kepada penulis.

8. Daftar Pustaka

- [1] Avan A, Digaleh H, Napoli M D, Stranges S, Behrouz R, Shojaeiababaei G, et al. Socioeconomic status and stroke incidence, prevalence, mortality, and worldwide burden: An ecological analysis from the Global Burden of Disease Study 2017. *BMC Med.* 2019;17(191):1-30.
- [2] Kementerian Kesehatan Republik Indonesia. Riset Kesehatan Dasar 2018. Jakarta: Kementerian Kesehatan Republik Indonesia; 2019. Tersedia di: https://kesmas.kemkes.go.id/assets/upload/dir_519d41d8cd98f00/files/Hasil-risikesdas-2018_1274.pdf
- [3] Al-Dughmi M, Al-Sharman A, Stevens S, Siengsukon CF. Sleep characteristics of individuals with chronic stroke: a pilot study. *Nat Sci Sleep* 2015;7:139.
- [4] Pasic Z, Smajlovic D, Dostovic Z, Kojic B, Selmanovic S. Incidence and types of sleep disorders in patients with stroke. *Med Arh.* 2011;65(4):225–8.
- [5] Leppävuori A, Pohjasvaara T, Vataja R, Kaste M, Erkinjuntti T. Insomnia in ischemic stroke patients. *Cerebrovasc Dis.* 2002;14(2):90–7.
- [6] Johnson KG, Johnson DC. Frequency of sleep apnea in stroke and TIA patients: A meta-analysis. *J Clin Sleep Med.* 2010;6(2):131–7.

- [7] Sterr A, Herron K, Dijk DJ, Ellis J. Time to wake-up: Sleep problems and daytime sleepiness in long-term stroke survivors. *Brain Inj.* 2008;22(7–8):575–9.
- [8] Lee SJ, Kim JS, Song IU, An JY, Kim YI, Lee KS. Poststroke restless legs syndrome and lesion location: Anatomical considerations. *Mov Disord.* 2009;24(1):77–84.
- [9] Suh M, Choi-Kwon S, Kim JS. Sleep disturbances after cerebral infarction: role of depression and fatigue. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2014;23:1949–55.
- [10] Kim MS, Hwang PH, Lee DY. A case of a girl with Arnold-Chiari type 1 malformation with precocious puberty. *Korean J Fam Med* 2018;39:54.
- [11] Karaca B. Factors affecting poststroke sleep disorders. *J Stroke Cerebrovasc Dis* 2016;25:727–3
- [12] Khot SP, Morgenstern LB. Sleep and Stroke. *Stroke.* 2019;50:1612–7. Martínez-Cancino DP, Azpiroz-Leehan J, Jiménez-Ángeles L, García-Quintanar A, Santana-Miranda R. Effects of high frequency rTMS on sleep deprivation: a pilot study 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). *IEEE*; 2016. p. 5937–40.
- [13] Martínez-Cancino DP, Azpiroz-Leehan J, Jiménez-Ángeles L, García-Quintanar A, Santana-Miranda R. Effects of high frequency rTMS on sleep deprivation: a pilot study 2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC). *IEEE*; 2016. p. 5937–40.
- [14] Brown, Ritchi E, dkk. Translational approaches to influence sleep and arousal. *Brain Research Bulletin.* 185 (2022) 140-161.
- [15] Sun, Nianyi, dkk. The Effect of Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation for Insomnia: a Systematic Review and Meta-analysis. *Sleep Medicine.* 2020. doi: 10.016/j.sleep.2020.05.020/
- [16] Oroz R, Kung S, Croarkin PE, Cheung J. Transcranial Magnetic Stimulation Therapeutic Applications on Sleep and Insomnia: a Review. *BMC.* (2021) 5:3. <https://doi.org/10.1186/s416006-020-00057-9/>
- [17] Armalia A, Tammase J, Akbar M, Basri MI. The influence of repetitive transcranial magnetic stimulation toward improvement of post ischemic stroke patient's quality of sleep. *Medicina Clinica Practica.* 2021;4(1);1-6.
- [18] Lanza G, Fisicaro F, Cantone M, Pennisi M, Cosentino FII, Lanuzza B, et al. Repetitive Transcranial Magnetic Stimulation in Primary Sleep Disorders. *Sleep Medicine Reviews.* 2023; 67:101735.