#### تضعیف وابسته به فاز نوسانات غیر عادی سیستم عصبی

**تقوی، سعید۱ ؛ ولی زاده، علیرضا۱**

*۱ دانشکده فيزيك، دانشگاه تحصیلات تکمیلی علوم پایه، زنجان*

**چكيده**

*نوسانات همگام درون و بین نواحی مغز به پردازش عادی اطلاعات در مغز کمک می­کنند؛ اما در برخی از بیماری­های سیستم عصبی، این نوسانات در مقایسه با مغز سالم تقویت می­شوند. به عنوان مثال می­توان به نوسانات تقویت شده بتا (با فرکانس تقریبی ۲۰ هرتز) که بین قشر و هسته زیرتالاموسی در بیماران پارکینسونی ثبت شده است، اشاره کرد. تحریکِ عمیقِ مغز، درمانی مؤثر برای اختلالات عصبی متنوعی از جمله پارکینسون و لرزش اساسی است. در حال حاضر در روش تحریک عمیق مغز، قطاری از پالس­های الکتریکی با بسامد ثابت توسط الکترود­هایی که در مغز کاشته شده‌اند به محل­های هدف در مغز اعمال می شوند. تحریک عمیق مغز حلقه­بسته یک رهیافت جدید و امید­بخش است که تحریک بر اساس وضعیت بیمار اعمال می­شود. در این رهیافت جدید به جای آنکه از قطاری از پالس­های با بسامد ثابت استفاده کنند، تحریک بر اساس فعالیت مغزی بیمار اعمال می­شود. این روش توانایی زیادی برای پیشرفت در بهره­وری، ثمربخشی و کاهش اثرات جانبی دارد. بهبود این روش وابسته به ابداع کردن یک راهبرد تحریک است که نوسانات فعالیت‌های عصبی که نشانه بیماری هستند را کاهش دهد. یکی از راه‌های رسیدن به این هدف مدل سازی­های نظری و محاسباتی است. این مدل سازی­ها توصیف خوبی از نحوه تغییر نوسانات مغزی بعد از اعمال تحریک ارایه می­دهند. برای مثال، مدل سازی های محاسباتی پیشنهاد می کنند که دامنه نوساناتی که نشانه بیماری هستند را می توان با اعمال تحریک در فازهای مشخصی از نوسانات، اصلاح کرد. در این مطالعه، در نواحی­ای که نوسانات نشانه بیماری را تولید می‌کنند به جای نورون­ها از نوسانگر های جفت شده استفاده می­کنیم و نشان می دهیم که اگر در فاز و دامنه مشخصی تحریک را اعمال کنیم، سیستم عصبی چطور به آن تحریک پاسخ خواهد داد. همچنین نشان می­دهیم که با توجه به منحنی پاسخ فاز نوسانگرها می­توان بهترین زمان اعمال پالس را برای بیشترین کاهش در دامنه نوسان پیش­بینی کرد.*

واژه های کلیدی: *نوسانات مغز، تحریک عمیق مغز حلقه بسته، منحنی پاسخ فاز، مدل کوراموتو.*

Phase-Dependent Suppression of Neuronal Oscillations

**Taghavi, Saeed1; Valizadeh, Alireza1**

*1 Department of Physics, Institute for Advanced Studies in Basic Sciences, Zanjan*

**Abstract**

*While synchronized oscillations within and between brain areas facilitate normal brain processing, excess synchrony usually is accompanied by a brain disease. A prominent example is the amplified persistent beta-frequency (*Hz*) oscillations recorded from the cortex and subthalamic nucleus of Parkinsonian brains. Deep brain stimulation (DBS) is known to be an effective treatment for a variety of neurological disorders, including Parkinson’s disease and essential tremor (ET). A common procedure is to impose a train of pulses with constant frequency via electrodes implanted into the brain. New ‘closed-loop’ approach involves delivering stimulation according to the ongoing brain activity and could improve in terms of efficiency and reduce side effects. The success of closed-loop DBS depends on the design of a stimulation strategy that minimizes oscillations in neural activity associated with symptoms. An important step to this end is to construct a mathematical model, which can describe how the brain oscillations should change when stimulation is applied at a particular state of the system. In this study, we have used a network of coupled oscillators to model the neuronal populations that generate pathological oscillations. We have shown that the amplitude of collective oscillations could be modulated depending on the specific phase at which the stimulation is applied. Also, we could predict the good time for applying stimulation to get the maximum reduction in the oscillation amplitude based on the phase response curve (PRC) of oscillators.*

***Keywords****: Brain Oscillations, Closed-Loop Deep Brain Stimulation, Phase Response Curve, Kuramoto Model.*

*PACS No.*

مرجع‌ها

[1] Ko, Tae-Wook, and G. Bard Ermentrout. "Phase-response curves of coupled oscillators." *Physical Review E* **79**, no. 1 (2009): 016211.

[2] Holt, Abbey B., Dan Wilson, Max Shinn, Jeff Moehlis, and Theoden I. Netoff. "Phasic burst stimulation: a closed-loop approach to tuning deep brain stimulation parameters for Parkinson’s disease." *PLoS computational biology* **12**, no. 7 (2016).

[3] Asllani, Malbor, Paul Expert, and Timoteo Carletti. "A minimally invasive neurostimulation method for controlling abnormal synchronisation in the neuronal activity." *PLoS computational biology* **14**, no. 7 (2018): e1006296.

[4] Holt, Abbey B., Eszter Kormann, Alessandro Gulberti, Monika Pötter-Nerger, Colin G. McNamara, Hayriye Cagnan, Magdalena K. Baaske et al. "Phase-dependent suppression of beta oscillations in Parkinson's disease patients." *Journal of Neuroscience* **39**, no. 6 (2019): 1119-1134.

[5] Weerasinghe, Gihan, Benoit Duchet, Hayriye Cagnan, Peter Brown, Christian Bick, and Rafal Bogacz. "Predicting the effects of deep brain stimulation using a reduced coupled oscillator model." *PLoS computational biology* **15**, no. 8 (2019): e1006575.