

## شبیه‌سازی تحریک الکتریکی سلولهای گانگلیون در پروتزهای بینایی

**هدف:** به منظور به‌کارگیری مناسب و موثر تحریک الکتریکی در ساخت پروتزهای عصبی، لازم است نحوه تأثیر تحریک الکتریکی بر روی عملکرد سیستم عصبی به خوبی شناخته شود. به عنوان گام اول در تحقیق بر روی عوامل موثر در ایجاد تحریک مناسب می‌توان از مدل‌های ریاضی و شبیه‌سازی کامپیوتری استفاده کرد. هدف از پژوهش در این مقاله، شبیه‌سازی پاسخ سلول‌های گانگلیون که هدف تحریک در پروتز روشبکیه‌ای هستند، به تحریک اعمال شده توسط میکروالکترودها می‌باشد. روش: روش مورد استفاده به این صورت می‌باشد که فرآیند شبیه‌سازی تحریک الکتریکی سلول‌های گانگلیون در دو مرحله انجام شده است. در مرحله اول یک سلول گانگلیون با در نظر گرفتن تمام بخش‌های تشکیل دهنده آن شبیه‌سازی شده و در مرحله دوم پتانسیل الکتریکی توزیع شده در اطراف سلول، در طول بخش‌های تشکیل دهنده سلول محاسبه شده است. در نهایت پاسخ ولتاژ غشاء سلول به تحریک‌های اعمال شده بررسی شده است. منبع تحریک بصورت یک الکتروده نقطه‌ای در محیط نامحدود و همگن در نظر گرفته شده و برای اعمال جریان تحریک از پالسهای تک فاز و دوفاز استفاده شده است. یافته‌ها: مدل ارائه شده توانست رفتارهای مورد انتظار در تحریک سلول‌های گانگلیون شبکیه را به خوبی تولید نماید. نتایج شبیه‌سازی در پژوهش حاضر نشان می‌دهد که استفاده از پالس‌های تحریک دوفازه در حالتی که فاز اول، کاتدی و دارای عرض کم و دامنه بزرگ، و فاز دوم، آندی و دارای عرض زیاد و دامنه کوچک باشد جهت تحریک مناسب می‌باشد. نتیجه‌گیری: نتایج تجربی نسبت به مدل‌سازی‌های پیشین دارد و در صورت توسعه مدل می‌توان از نتایج حاصل برای پیش‌بینی اثر تحریک اعمال شده بر روی سلول‌ها و نیز بهبود روش‌های تحریک استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: پروتز روشبکیه‌ای، مدل‌سازی، سلول گانگلیون، تحریک خارج سلولی، نرم افزار نورون

شبنم نوین  
کارشناس ارشد مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی برق  
حمید ابریشمی مقدم\*  
استاد گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی برق  
امیرمسعود سوداگر  
استادیار گروه مهندسی الکترونیک و مهندسی پزشکی، دانشگاه صنعتی خواجه نصیرالدین طوسی، دانشکده مهندسی برق  
امین مهنام  
استادیار گروه مهندسی پزشکی، دانشگاه اصفهان، دانشکده فنی و مهندسی  
\*نشانی تماس: خیابان شریعتی، پایین تر از پل سید خندان، دانشکده برق، دانشگاه خواجه نصیرالدین طوسی  
رایانامه: moghadam@eetd.kntu.ac.ir

## Modeling of Electrical Stimulation of Ganglion Cells in Visual Prostheses

**Objective:** In order to properly and effectively perform electrical stimulation in neural prostheses one should understand the effects of stimulation on the operation of the neural system. **Method:** To come up with proper physical and electrical stimulation parameters, the first step is to perform mathematical modeling and computer simulations. This paper studies the response of ganglion cells to electrical stimulations in an epiretinal visual prosthesis received from a microelectrode array. The excitation process of the electrically stimulated retinal cells is simulated in a two step procedure. In the first step, the target ganglion cell is represented with all its compartments. In the next step, the resulting extracellular potential is calculated along the neural structure, and finally, the voltage response of the cell membrane to the applied stimulation is analyzed. Unlike the models that have previously appeared in the literature, here the morphology of all compartments of the model cell are considered. Moreover, the electrical potential along all of the three-dimensional compartments is calculated for the duration of the stimulation process. The stimulation source is considered as a point electrode in an infinite and homogenous environment. In the simulations both monophasic and biphasic current pulses are used. **Results:** The results show that the responses are in accordance with the values and diagrams of experimental results of previous literature. **Conclusion:** The results predicted by the model that is proposed in this work exhibit higher accuracy than the results of other models.

**Keywords:** ganglion cells, modeling, extracellular stimulation, NEURON software, epiretinal visual prosthesis

Shabnam Novin

Master of Science, Biomedical Engineering Department, Faculty of Electrical & Computer Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Hamid Abrishami-Moghaddam\*

Professor, Biomedical Engineering Department, Faculty of Electrical & Computer Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Amir M. Sodagar

Assistant Professor, Electronic & Biomedical Engineering Department, Faculty of Electrical & Computer Engineering, K.N.Toosi University of Technology

Amin Mahnam

Assistant Professor, Biomedical Engineering Department, School of Engineering, University of Isfahan

\*Corresponding Author:

Email: moghadam@eetd.kntu.ac.ir