

## INHIBISI NYERI DENGAN *TRANCUTANEOUS ELECTRICAL STIMULATION* PADA LANSIA DENGAN KONDISI PARKINSON

### *PAIN INHIBITION WITH TRANSCUTANEOUS ELECTRICAL STIMULATION IN ELDERLY WITH PARKINSON'S CONDITION*

Mariel Daba<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Sarjana Fisioterapi, Fakultas Ilmu Kesehatan, Universitas Medika Suherman, Indonesia

\*Email: [marielfisiomedika@gmail.com](mailto:marielfisiomedika@gmail.com)

Diterima: 29 Mei 2023. Disetujui: 30 Juli 2023. Dipublikasikan: 09 Agustus 2023

**Abstrak:** Parkinson adalah penyakit degenerative progresif yang menyebabkan disfungsi motorik. Pada individu dengan Parkinson juga mengalami gejala non-motorik seperti nyeri. Nyeri adalah salah satu gejala melemahkan yang paling sering dilaporkan di antara individu dengan Parkinson. TENS sebagai pengobatan non-invasif dan non-farmakologis telah digunakan untuk mengobati berbagai nyeri neuropatik. Efek analgesik dari TENS terbukti dapat dicapai melalui mekanisme neurobiologis yang mempengaruhi sistem saraf tepi dan sistem saraf pusat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui intensitas nyeri pada individu dengan Parkinson terhadap penurunan nyeri dengan pemberian TENS pada saraf radial superfisial. Metode dalam penelitian ini adalah *Quasi Experimental* dengan desain penelitian berupa *pretest – posttest group design* pada lansia Parkinson di RSUD Aulia Jakarta Selatan. Pada penelitian ini jumlah sampel sebanyak 12 orang yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu Kelompok kontrol dan Kelompok perlakuan masing-masing kelompok berjumlah 6 orang. Alat ukur yang digunakan adalah VAS yang dilakukan pengukuran pada sebelum dan sesudah diberikan TENS pada masing-masing kelompok. Hasil uji hipotesis dengan *Unpaired T-Test* menunjukkan penurunan nyeri yang signifikan pada kelompok perlakuan (dengan pemberian TENS) dengan *p value* = 0,00\*\* (*p* < 0,05). Kesimpulan dalam penelitian ini adalah perlakuan dengan pemberian TENS terhadap nyeri memberikan efek analgesik pada lansia parkinson.

**Kata Kunci :** Nyeri, TENS, Visual Analog Scale, Lansia, Parkinson

**Abstract:** Parkinson's is a progressive degenerative disease that causes motor dysfunction. Individuals with Parkinson's also experience non-motor symptoms such as pain. Pain is one of the most frequently reported debilitating symptoms among individuals with Parkinson's. TENS as a non-invasive and non-pharmacological treatment has been used to treat a variety of neuropathic pain. The analgesic effect of TENS has been shown to be achieved through neurobiological mechanisms that affect the peripheral nervous system and central nervous system. This study aims to determine the intensity of pain in individuals with Parkinson's against pain reduction by administering TENS to the superficial radial nerve. The method in this study was *Quasi Experimental* with a research design in the form of a *pretest – posttest group design* on the elderly Parkinson's at RSUD Aulia, South Jakarta. In this study, the number of samples was 12 people who were divided into 2 groups, namely the control group and the treatment group, each group consisted of 6 people. The measuring instrument used was the VAS which was measured before and after TENS was given to each group. The results of the hypothesis test with the *Unpaired T-Test* showed a significant reduction in pain in the treatment group (by administering TENS) with *p value* = 0.00\*\* (*p* < 0.05). The conclusion in this study is that treatment with TENS administration of pain has an analgesic effect on the elderly Parkinson's.

**Keywords :** *Pain, TENS, Visual Analog Scale, Elderly, Parkinson's*

#### PENDAHULUAN

Penyakit Parkinson adalah penyakit degenerative progresif yang ditandai dengan adanya neuron dopaminergic di dalam substansia nigra yang menyebabkan disfungsi motorik [1][2], seperti tremor bradykinesia, ketidakstabilan postur dan kesulitan berjalan [3][4][5]. Pada individu dengan Parkinson juga mengalami banyak gejala non-motorik seperti disfungsi neuropsikiatri, kelelahan, gangguan tidur, disfungsi otonom, gejala sensorik, dan nyeri. Nyeri adalah salah satu gejala melemahkan yang paling sering dilaporkan di antara individu dengan Parkinson [6][7]. Dalam beberapa tahun terakhir nyeri semakin dikenal sebagai gejala non-motorik yang sering terjadi dan memberi

dampak negatif pada kualitas hidup individu dengan Parkinson [8]. Pada tahap awal Parkinson nyeri dinilai sebagai gejala yang paling mengganggu. Nyeri pada Parkinson di klasifikasikan menjadi lima kategori dengan patofisiologi berbeda termasuk musculoskeletal, neuropatik radicular, distonia, ketidaknyamanan akathitic, dan nyeri sentral primer yang dapat muncul pada individu dengan Parkinson [9]. Penelitian terbaru mengklasifikasikan nyeri terkait Parkinson menggunakan klasifikasi berbasis anatomi atau klasifikasi berbasis sindrom [10][11].

Nyeri yang paling umum adalah yang disebabkan oleh sindrom musculoskeletal dan distonia yang bisa terjadi secara intermiten atau persisten, nyeri menyebar, kebas, atau kram,

dikarenakan adanya lesi pada sistem saraf tepi. Definisi nyeri sentral tidak spesifik dan sering disebut sebagai nyeri neuropatik sentral. Mekanisme sindrom nyeri sentral selalu terjadi pada individu Parkinson [7]. Penanganan atau pengobatan untuk nyeri pada Parkinson sangat penting untuk dilakukan, peningkatan nyeri pada Parkinson sering di kaitkan dengan beberapa kondisi salah satu kondisi tersebut adalah adanya korelasi dengan tingkat depresi [12]. Selain itu berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya bahwa nyeri pada Parkinson berkorelasi dengan aspek fisik (gangguan pada fungsi motorik) dan kualitas hidup [13]. Hal tersebut di dukung oleh penelitian lain yang menemukan bahwa tingkat keparahan nyeri pada Parkinson memiliki hubungan yang signifikan dengan tingkat keparahan komplikasi motorik [14]. Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa manajemen nyeri yang tidak tepat dapat menyebabkan perkembangan Parkinson yang lebih cepat dan penurunan kemampuan fungsional. Hal ini menunjukkan bahwa nyeri harus menjadi fokus penting secara keseluruhan dalam penanganan Parkinson.

*Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation* (TENS) sebagai pengobatan non-invasif dan non-farmakologis telah digunakan untuk mengobati berbagai nyeri neuropatik [15]. Efek analgesik dari TENS terbukti dapat dicapai melalui mekanisme neurobiologis yang mempengaruhi sistem saraf tepi dan sistem saraf pusat [16]. TENS menggunakan arus listrik untuk menstimulasi sistem saraf melalui konduktivitas elektroda yang ditempelkan ke permukaan kulit [17] untuk merangsang saraf perifer terutama sebagai pereda nyeri (Johnson, 2021). TENS dapat menginduksi pelepasan endogen opioid, modifikasi transmisi listrik, dan pelebaran pembuluh darah yang akhirnya memberikan bantuan terhadap nyeri neuropatik (Tahmineh Moktari et al, 2020). Respon fisiologis yang dihasilkan oleh TENS adalah dapat menghambat aktivitas dan rangsangan neuron transmisi nosiseptif sentral [18]. Studi neurofisiologis menggunakan TENS pada ekstremitas atas pada individu dengan Parkinson dapat dihambat dengan membangkitkan refleksi kulit melalui stimulasi permukaan daerah kulit tangan punggung yang dipersarafi oleh saraf radial superfisial [19].

Penghambatan nyeri dengan input sematosensori tambahan adalah alasan untuk penggunaan TENS dalam mengurangi nyeri. Berdasarkan beberapa penelitian sebelumnya menyatakan bahwa pemberian TENS efektif dalam meredakan nyeri akut dan kronis dengan dua mekanisme gate kontrol dan sekresi endorfin [20]. Berdasarkan latar belakang dan beberapa hasil penelitian sebelumnya, maka kami berhipotesis dalam penelitian ini bahwa intensitas nyeri pada individu dengan Parkinson dapat dikurangi atau dihambat dengan memberikan Transcutaneous Electrical Nerve Stimulasi (TENS) pada saraf radial superfisial.

## METODE PENELITIAN

Metode dalam penelitian ini adalah “Quasi Experimental” dengan desain penelitian berupa pretest – posttest group design untuk melihat pengaruh efek pemberian intervensi modalitas terapeutik (TENS) terhadap Nyeri pada Lansia dengan Parkinson. Populasi target adalah 12 responden di RSUD Aulia Jakarta Selatan. Berdasarkan hasil pemeriksaan sampel lansia dengan keluhan nyeri, mengalami tremor akibat parkinson, dan sudah mendapatkan intervensi TENS selama kurang lebih 3 bulan, berjenis kelamin laki-laki dan perempuan, bersedia mengikuti program penelitian (menandatangani *informed consent*). Pada penelitian ini jumlah sampel sebanyak 12 orang yang dibagi menjadi 2 kelompok yaitu Kelompok kontrol (tanpa pemberian intervensi TENS) dan Kelompok perlakuan, dengan pemberian intervensi TENS dengan Frekuensi tinggi 50-100 Hz dan intensitas rendah selama 10 menit yang masing-masing kelompok berjumlah 6 orang. Pengambilan sampel menggunakan *Nonprobability Sampling* tipe *Purposive Sampling*. Peneliti menggunakan sampel sesuai dengan kriteria tertentu yang dikehendaki oleh peneliti. Penelitian dilaksanakan selama 1 bulan yaitu dari November- Desember 2022.

Variable independent penelitian adalah pemberian TENS dan Variabel dependen penelitian adalah intensitas nyeri pada Lansia dengan Parkinson. Instrument penelitian yang digunakan adalah *Visual Analog Scale* (VAS) yang dilakukan pengukuran pada sebelum dan sesudah diberikan TENS pada masing-masing kelompok. Hasil pengukuran ditampilkan dalam bentuk rerata dan selanjutnya dilakukan analisis data dengan menggunakan uji statistic parametrik yang mengasumsikan bahwa data harus berdistribusi normal. Uji normalitas data dilakukan dengan menggunakan uji *saphiro wilk test* dengan  $p>0,05$  maka data berdistribusi normal, selanjutnya apabila data berdistribusi normal maka dilanjutkan dengan uji *independent t-test* untuk melihat pengaruh efek pemberian TENS terhadap nyeri pada masing-masing kelompok. Program computer yang digunakan dalam penelitian ini adalah Graphpad Prism version 8.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan penelitian yang dilakukan terhadap 12 responden Lansia dengan kondisi Parkinson yang memenuhi kriteria penelitian yang dilakukan sebelum dan sesudah intervensi sebanyak 3 kali dalam seminggu dan selama 1 bulan atau 12 kali intervensi TENS pada kelompok perlakuan yang dilakukan evaluasi nyeri dengan alat ukur VAS (*Visual Analogue Scale*). Karakteristik responden dari hasil Anamnesis pada Lansia didapatkan hasil sebagai berikut:

**Tabel 1.** Karakteristik Responden Penelitian

| Karakteristik | Kelompok Kontrol (n=6) | Kelompok Perlakuan (n=6) |
|---------------|------------------------|--------------------------|
|               | Mean ± SEM             | Mean ± SEM               |
| Umur (th)     | 59,83 ± 0,60           | 60,66 ± 0,66             |
| Berat Badan   | 60,5 ± 0,42            | 60,8 ± 0,54              |
| Tinggi Badan  | 161 ± 0,63             | 161,5 ± 0,71             |

Berdasarkan tabel karakteristik responden penelitian diatas menunjukkan bahwa semua responden dalam penelitian ini adalah lansia dengan rerata usia 59-60 th.

**Tabel 2.** Uji Normalitas Data Penelitian pada Masing-masing Kelompok

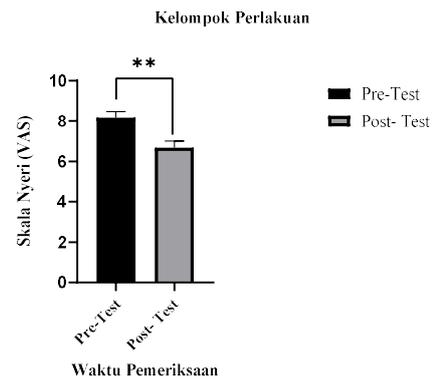
| Kelompok  | <i>Shapiro Wilk Test</i> |                  | Distribusi Data |
|-----------|--------------------------|------------------|-----------------|
|           | <i>P value</i>           |                  |                 |
|           | <i>Pre-Test</i>          | <i>Post-Test</i> |                 |
| Kontrol   | 0,1670                   | 0,2117           | Normal          |
| Perlakuan | 0,2117                   | 0,0911           | Normal          |

Berdasarkan tabel uji normalitas data penelitian diatas menunjukkan bahwa distribusi data dalam penelitian ini adalah berdistribusi normal dengan  $p > 0,05$ . Hal ini menunjukkan bahwa data dalam penelitian ini dapat digunakan dan di lanjutkan ke uji analisis statistik selanjutnya.

**Tabel 3.** Pengaruh TENS terhadap Nyeri pada Lansia dengan Parkinson

| Kelompok  | <i>Unpaired T-test</i>        |                                | <i>P Value</i> |
|-----------|-------------------------------|--------------------------------|----------------|
|           | <i>Pre- Test (Mean ± SEM)</i> | <i>Post- Test (Mean ± SEM)</i> |                |
| Kontrol   | 6 ± 0,36                      | 5,83 ± 0,30                    | 0,73           |
| Perlakuan | 8,16 ± 0,30                   | 6,66 ± 0,33                    | 0,00**         |

Berdasarkan hasil analisis data pada masing-masing kelompok menggunakan unpaired T-test untuk melihat pengaruh pemberian TENS terhadap Nyeri pada Lansia dengan kondisi Parkinson. Berdasarkan hasil unpaired T-test pada masing-masing mendapatkan hasil yang berbeda-beda. Hasil unpaired T-test pada kelompok kontrol menunjukkan bahwa tidak terdapat penurunan nyeri yang signifikan pada kelompok kontrol ( $p$  value = 0,73). Sedangkan hasil unpaired T-test pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa terdapat penurunan nyeri yang signifikan pada kelompok perlakuan ( $p$  value = 0,00).



**Gambar 1.** Penurunan Nyeri pada Kelompok Perlakuan Pre dan Post Test

Berdasarkan hasil analisis data dengan menggunakan unpaired T-test ( $p$  value = 0,00\*\*) pada kelompok perlakuan menunjukkan bahwa terdapat penurunan nyeri yang signifikan setelah diberikan TENS pada kelompok perlakuan yang ditampilkan dalam grafik dalam bentuk rerata dan SEM (pretest = 8,16 ± 0,30 dan posttest = 6,66 ± 0,33).

Tujuan dari penelitian ini untuk melihat pengaruh TENS terhadap nyeri pada lansia dengan Parkinson. Penghambatan nyeri dengan input somatosensori tambahan adalah alasan penggunaan TENS dalam mengurangi nyeri. TENS adalah penerapan arus listrik ke kulit untuk kontrol nyeri non-farmakologis. Berdasarkan hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat penurunan intensitas nyeri yang signifikan pada lansia parkinson setelah dilakukan stimulasi permukaan kulit tangan dengan memberikan refleksi pada saraf radial superfisial dengan pemberian TENS. Hasil ini menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pemberian TENS terhadap intensitas nyeri pada lansia parkinson.

Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya pada berbagai kondisi gangguan neurologi pada sistem saraf pusat, yang menemukan bahwa TENS memiliki efek positif dalam mengurangi nyeri dan meningkatkan mobilitas pada pasien dengan nyeri bahu pasca stroke [21]. Penelitian lain juga menemukan bahwa pemberian TENS dengan intensitas 100 Hz selama 8 jam perhari selama 2 minggu secara signifikan mengurangi kejang otot dan nyeri pada pasien multiple sclerosis [16]. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian sebelumnya dalam melihat efektivitas dan tingkat keamanan TENS terhadap nyeri akut dan kronis menemukan bahwa intensitas nyeri lebih rendah selama dan segera setelah pemberian TENS dibandingkan dengan kelompok placebo dan tidak memiliki efek samping [22]. Hal ini menunjukkan bahwa efek TENS dalam mengurangi nyeri neuropatik telah terbukti diberbagai penelitian dan banyak direkomendasikan sebagai pengobatan non-farmakologis untuk kondisi gangguan neurologi pada sistem saraf pusat maupun sistem saraf tepi [16].

TENS berperan dalam mengaktifkan jalur penghambat dari otak tengah dan batang otak untuk

menghambat rangsangan nosiseptif di sumsum tulang belakang [23]. Hal ini menunjukkan bahwa TENS lebih efektif dalam mereduksi rasa sakit dengan gerakan dibandingkan dengan nyeri diam. TENS paling efektif dalam mengurangi sakit ketika ada rangsangan berbahaya yang sedang berlangsung seperti aktivitas fisik atau latihan yang menyebabkan terjadinya pengurangan rangsangan sentral dan membantu meningkatkan pusat penghambatan rasa sakit [23]. Penelitian neurofisiologis sebelumnya yang menemukan bahwa stimulasi permukaan daerah punggung kulit tangan yang dipersarafi oleh saraf radial superfisial menggunakan TENS dapat menghambat tremor ekstremitas atas pada lansia Parkinson [19].

Pada penelitian ini TENS diberikan dengan frekuensi tinggi dan intensitas rendah menunjukkan terjadi penurunan intensitas nyeri yang signifikan. Hasil penelitian ini sesuai dengan penelitian neurobiologis yang menunjukkan bahwa pemberian TENS dengan frekuensi tinggi dan intensitas rendah maksimal ketika rangsangan nosiseptif diberikan secara homotopikal, yaitu ke tangan yang sama yang menerima TENS menghasilkan efek analgesik yang lebih kuat daripada TENS dengan frekuensi rendah dan intensitas tinggi [24]. Hal ini menunjukkan bahwa efek analgesik maksimal dari TENS frekuensi tinggi dan intensitas rendah sebagai penanda saraf terhadap sensitivitas nyeri pada individu sebagai treatment dalam menangani nyeri [25].

## KESIMPULAN

Dalam penelitian ini kami melakukan uji hipotesis pengaruh TENS terhadap intensitas nyeri pada lansia dengan Parkinson dapat menyebabkan penurunan yang signifikan. Hasil penelitian ini mendukung hipotesis penelitian bahwa nyeri pada lansia dengan kondisi Parkinson dapat dihambat oleh refleksi kutaneous dengan penggunaan TENS dan memberikan efek analgesik pada lansia parkinson.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Tysness, O. B., & Storstein, A. (2017). Epidemiology of Parkinson's Disease. *Journal Neural Transm*, 124: 901-905.
- [2] Galvez, G., Recuero, M., Canuet, L., and Del-Pozo, F. (2018). Short-term effects of binaural beats on eeg power, functional connectivity, cognition, Gait and anxiety in Parkinson's disease. *Int. J. Neural. Syst.* 28:1750055.
- [3] Ly, K., Cloutier, A., and Yang, J. (2016). "Quantitative motor assessment, detection, and suppression of Parkinson's disease hand tremor: a literature review," in *ASME International Design Engineering Technical Conference/Computer and Information in Engineering Conference (IDETC/CIE) in Charlotte, NC*.
- [4] Carvajal-Castano, H. A., Lemos-Duque, J. D., and Orozco-Arroyave, J. R. (2021). Effective detection of abnormal gait patterns in

- Parkinson's disease patients using kinematics, nonlinear, and stability gait features. *Hum. Mov. Sci.* 81:102891.
- [5] Zhang, Z., Hong, R., Lin, A., Su, X., Jin, Y., and Gao, Y. (2021). Automated and accurate assessment for postural abnormalities in patients with Parkinson's disease based on kinect and machine learning. *J. Neuroeng. Rehabil.* 18:169.
  - [6] Bonnet, A. M., Jutras, M. F., Czernecki, V., Corvol, J. C., & Vidailhet, M. (2012). Nonmotor Symptoms in Parkinson's Disease in 2012: Relevant Clinical Aspects. *Parkinson's Disease*, 2012, 198316.
  - [7] Skogar, Orjan and Lökk, J. (2016). Pain management in patients with Parkinson's disease: challenges and solutions. *Journal of Multidisciplinary Healthcare*, 30(9), 469–479.
  - [8] Nguy V, Barry BK, Moloney N, et al. (2020). The associations between physical activity, sleep, and mood with pain in people with Parkinson's disease: an observational cross-sectional study. *J Parkinsons Dis*, 10:1161–1170.
  - [9] Coimbra MR, Almeida-Leite CM, de Fariafortini I, Christo PP, Scalzo PL. (2021). King's Parkinson's Disease Pain Scale (KPPS): cross-cultural adaptation to Brazilian Portuguese and content validity. *Clin Neurol Neurosurg*, 208:106815.
  - [10] Valkovic P, Minar M, Singliarova H, et al. (2015). Pain in Parkinson's disease: a cross-sectional study of its prevalence, types, and relationship to depression and quality of life. *PLoS One*, 10: e0136541.
  - [11] Camacho-Conde JA, Campos-Arillo VM. (2020). The phenomenology of pain in Parkinson's disease. *Korean J Pain*, 33:90–96.
  - [12] Rana AQ, Qureshi AR, Rahman L, Jesudasan A, Hafez KK, Rana MA. (2016). Association of restless legs syndrome, pain, and mood disorders in Parkinson's disease. *Int J Neurosci*. 126(2):116–120.
  - [13] Qureshi, A. R., Khizar, M., Eraad, J., Paul, D. A., Shamli, Y., Mohamed, O., Mulaffer, T., Qureshi, D., Affan, M., Abdul, D., & Rana, Q. (2021). pharmacological therapies for pain management in Parkinson's disease: A systematic review. *Acta Neurologica Scandinavica*, December, 1–17.
  - [14] Mylius V, Brebbermann J, Dohmann H, Engau I, Oertel WH, Moller JC. (2012). Pain sensitivity and clinical progression in Parkinson's disease. *Mov Disord*, 26:2220–2225.
  - [15] Gibson W, Wand BM, O'Connell NE. (2017). Transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for neuropathic pain in adults. *Cochrane Database Syst Rev*, 9:CD011976.
  - [16] Mokhtari, T., Ren, Q., Li, N., Wang, F., Bi, Y., & Hu, L. (2020). Transcutaneous Electrical

- Nerve Stimulation in Relieving Neuropathic Pain: Basic Mechanisms and Clinical Applications. *Curent Pain and Headache Reports*, 24(14), 2–14.
- [17] Aminisaman, J., Karimpour, H. A., Hemmatpour, B., Mohammadi, S., Darvishi, S., & Kawyannejad, R. (2020). Journal of Acupuncture and Meridian Studies Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on the Pain Intensity During Insertion of Needle in Patients Undergoing Spinal Anesthesia: A Randomized Controlled Study. *Journal of Acupuncture and Meridian Studies*, 13(3), 83–86.
- [18] Johnson, M. I. (2021). Resolving Long-Standing Uncertainty about the Clinical Efficacy of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation (TENS) to Relieve Pain: A Comprehensive Review of Factors Influencing Outcome. *57(378)*, 1–35.
- [19] Hao, M., Xu, S., Hu, Z., Xu, F., Niu, C. M., Xiao, Q., & Lan, N. (2017). Inhibition of Parkinsonian tremor with cutaneous afferent evoked by transcutaneous electrical nerve stimulation. *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, 14(75), 1–13.
- [20] Johnson, M. I., Jones, G., Paley, C. A., & Wittkopf, P. G. (2019). The clinical efficacy of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain: a protocol for a meta-analysis of randomised controlled trials (RCTs), 9(e029999): 1–8.
- [21] Kilinc, M., Livanelioglu, A., Yildirim, S. A., & Tan, E. (2014). Effects of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation in Patients with Peripheral and Central Neuropathic Pain. *J Rehabil Med*, 46(1): 454–460.
- [22] Johnson, M. I., Paley, C. A., Jones, G., Mulvey, M. R., & Wittkopf, P. G. (2022). Efficacy and safety of transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) for acute and chronic pain in adults: A analysis of systematic review and meta studies. *BMJ*, 12(e051073): 1–12.
- [23] Noehren, B., Dailey, D. L., Rakel, B. A., Vance, C. G. T., Zimmerman, M. B., Crofford, L. J., & Sluka, K. A. (2015). Protocols Effect of Transcutaneous Electrical Nerve Stimulation on Pain, Function, and Quality of Life in Fibromyalgia: A Double-Blind Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy*, 95(September):129–140.
- [24] Peng W. W, Tang ZY, Zhang FR, Li H, Kong YZ, Iannetti G. D., and Hu, L. (2019). Neurobiological mechanisms of TENS-induced analgesia. *NeuroImage*. 195 (March): 396–408.
- [25] Hu, L., & Iannetti, G. D. (2019). Neural indicators of perceptual variability of pain across species. *PNAS*, 116(5):1782–1791.