

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОТОНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ В ЛЕЧЕНИИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИНЕЙРОПАТИИ



Турсунова Дилдорахон Баходиржон кизи, Каланходжаева Шахноза Бахтияровна
Республиканский специализированный научно-практический медицинский центр эндокринологии имени акад.
Ё.Х. Туракулова, Республика Узбекистан, г. Ташкент

ДИАБЕТИК ПОЛИНЕЙРОПАТИЯНИ ДАВОЛАШДА ЮҚОРИ ТОНЛИ МУШАК ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИЯСИНИНГ САМАРАДОРЛИГИ ВА ИСТИҚБОЛЛАРИ

Турсунова Дилдорахон Баходиржон кизи, Каланходжаева Шахноза Бахтияровна
Академик Ё.Х.Туракулов номидаги Республика ихтисослаштирилган эндокринология илмий-амалий тиббиёт
маркази, Ўзбекистон Республикаси, Тошкент ш.

EFFECTIVENESS AND PROSPECTS OF HIGH-TONE ELECTRICAL MUSCLE STIMULATION IN THE TREATMENT OF DIABETIC POLYNEUROPATHY

Tursunova Dildorakhon Bakhodirjon kizi, Kalanhodjaeva Shakhnoza Bakhtiyarovna
Republican Specialized Scientific-and-Practical Medical Centre of Endocrinology named after academician
Yo.Kh.Turakulov, Republic of Uzbekistan, Tashkent

e-mail: dbtursunova@gmail.com

Резюме. Ушбу мақолада нейропатияларнинг, айниқса, диабетик полинейропатиянинг (ДПН) даволашда юқори тонли электростимуляция (ЮТЭС) усулининг самарадорлиги таҳлил қилинган. ДПН – бу диабетнинг энг кенг тарқалган асоратларидан бири бўлиб, кучли оғриқ, периферик нервлар дисфункцияси ва жисмоний фаолликнинг пасайишига олиб келади. Тадқиқотларда ЮТЭС анъанавий даволаш усуллари – дулоксетин, трансдермал электр нерв стимуляцияси (ТЭНС), физиотерапия ва реабилитация билан солиштирилди. ЮТЭСнинг афзалликларидан бири оғриқ синдромини тез камайтиришидир. Кўпчилик тадқиқотлар шуни кўрсатдики, ЮТЭС қабул қилган беморлар оғриқни ВАШ бўйича 3-4 баллга камайтирган. Шунингдек, ЮТЭС қўлланилган гуруҳларда неврофизиологик кўрсаткичлар ва функционал фаолият яхшилангани аниқланган. 4 ҳафтадан кўпроқ вақт давомида қўлланган ҳолда энг самарали натижалар кузатилган. ЮТЭС диабетик нейропатияни даволашда истиқболли усул ҳисобланади. Бироқ, унинг самарадорлигини тўлиқ баҳолаш ва клиник тавсияларга киритиш учун янада кенг қўламли тадқиқотлар ўтказиш зарур.

Калит сўзлар: Юқори тонли электростимуляция (ЮТЭС), диабетик полинейропатия, нейропатик оғриқ, физиотерапия, дулоксетин, ТЭНС, неврофизиологик кўрсаткичлар, Katz индекси, мета-таҳлил, реабилитация, мушак электростимуляцияси.

Abstract. Neuropathies represent a significant medical problem that substantially reduces patients' quality of life. Diabetic polyneuropathy (DPN) is one of the most common complications of diabetes, leading to severe pain, peripheral nerve dysfunction, and decreased overall motor activity. In recent years, high-tone external muscle stimulation (HTEMS) has been actively studied as a potentially effective method for treating neuropathic disorders. This review analyzes data from six randomized controlled trials (RCTs) involving 487 patients, comparing the effectiveness of HTEMS with traditional treatments such as duloxetine, transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS), physiotherapy, and physical rehabilitation. In most studies, HTEMS resulted in reduced neuropathic pain intensity, improved functional status, and increased nerve conduction parameters. The method showed the best results with prolonged use (>4 weeks) and in combination with rehabilitation. However, a meta-analysis of six RCTs found that despite a trend in favor of HTEMS, the combined effect of therapy did not reach statistical significance ($p>0.05$), which may be due to study heterogeneity and small sample sizes. Thus, HTEMS is a promising method for treating neuropathies, providing clinically significant pain relief and improved functional outcomes. However, further large-scale studies are needed to confirm its effectiveness and integrate it into clinical guidelines.

Keywords: High-tone external muscle stimulation, HTEMS, diabetic polyneuropathy, neuropathic pain, physiotherapy, duloxetine, TENS, neurophysiological parameters, Katz index, meta-analysis, rehabilitation, muscle electrostimulation.

Введение. Диабетическая полинейропатия (ДПН) является одним из наиболее распространенных осложнений сахарного диабета, влияющим на качество жизни пациентов. Хроническая нейропатическая боль, нарушение сенсорных и моторных функций приводят к инвалидизации и значительному снижению физической активности. Современные терапевтические подходы, включая медикаментозное лечение (дулоксетин, габапентин) и физиотерапию, не всегда обеспечивают достаточный эффект. В последние годы изучается метод высокочастотной электростимуляции мышц (ВТЭСМ), который основан на воздействии электрических импульсов высокой частоты для стимуляции периферических нервов и улучшения их функции. Данный обзор анализирует эффективность ВТЭСМ на основе клинических исследований и определяет его место в лечении нейропатий.

Результаты и обсуждение. Общие клинические исходы. В большинстве исследований высокочастотная электростимуляция мышц (ВТЭСМ) приводила к снижению выраженности нейропатических симптомов и улучшению функции по сравнению с исходным состоянием или контролем. В совокупности 6 рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) с участием 487 пациентов с полинейропатиями продемонстрировали положительные тенденции при применении ВТЭСМ (8). Так, степень нейропатической боли (по визуальной аналоговой шкале, ВАШ) последовательно уменьшалась под воздействием ВТЭСМ. Например, в РКИ Zakerkish et al. (2023) сравнения ВТЭСМ с дулоксетином у пациентов с диабетической полинейропатией ВАШ-боль снизилась в обеих группах примерно на 3 пункта (с ~7,4 до 4,6 при ВТЭСМ и с 7,7 до 4,8 при дулоксетине) (9). Хотя конечные уровни боли статистически не различались между группами, отмечалось более быстрое облегчение боли на ранних этапах лечения ВТЭСМ (например, в 1-ю и 4-ю недели, $p=0,01$) (9). Аналогично, в пилотном РКИ Reichstein et al. (2005), где сравнивали ВТЭСМ (обозначена как высокочастотная стимуляция) с ТЭНС, уже через 3 дня терапии наблюдалось значимое уменьшение нейропатической боли, жжения и парестезий в группе ВТЭСМ по сравнению с группой ТЭНС (7). Доля «ответчиков» (пациентов с снижением выраженности симптомов ≥ 3 баллов) составила 80% в группе ВТЭСМ против 33% в группе ТЭНС ($p<0,05$) (10), что свидетельствует о статистически значимом превосходстве ВТЭСМ в купировании симптомов.

Сравнительная эффективность vs. стандартная терапия. В различных исследованиях ВТЭСМ сопоставлялась с традиционными подходами – от физиотерапии и упражнений до фармакотерапии. В вышеупомянутом исследовании Reichstein и соавт. ВТЭСМ продемонстрировала более выраженное облегчение симптоматики, чем стандартная ТЭНС-терапия: помимо снижения боли, у пациентов значительно уменьшились онемение, парестезии и дизестезии (7). В другом РКИ Zakerkish et al., сравнивавшем ВТЭСМ с дулоксетином (стандартный препарат при диабетической нейропатической боли), обе стратегии оказались эффективными и безопасными – интенсивность боли достоверно снизилась в обеих группах примерно на 40–50% от исходного уровня (9). Преимущество ВТЭСМ перед дулоксетином по конечной

точке (уровень боли на конце наблюдения) было наибольшим и статистически незначимым, хотя динамика болевого синдрома в первые недели была лучше на фоне ВТЭСМ ($p=0,01$) (9). Сравнение с немедикаментозной терапией также подтверждает эффективность НТЕМС. В египетском РКИ El-Regal et al. (2021) 60 пациентов с диабетической полинейропатией были разделены на группы ВТЭСМ + стандартная физическая реабилитация против одной реабилитации; через 3 месяца функциональный статус по индексу Katz существенно улучшился в группе ВТЭСМ (рост показателя на ~72% от исходного), тогда как в контрольной группе улучшение было минимальным (~17%) (2). Разница между группами по функциональному индексу была значимой (ВТЭСМ превосходила контроль), что указывает на дополнительную пользу электростимуляции в восстановлении повседневных навыков. Кроме того, в этой же работе отмечено благоприятное влияние ВТЭСМ на метаболические показатели – в группе ВТЭСМ достоверно снизился уровень HbA1c (среднее снижение против контроля $p=0,036$) (2), чего не наблюдалось при одной лишь физической терапии. В исследовании Ahmed et al. (2020), сравнивавшем ВТЭСМ с конвенциональной терапией, за 4 недели были получены сходные выводы: только в группе ВТЭСМ достоверно улучшились нейрофизиологические показатели – увеличилась амплитуда/скорость проведения по периферическим нервам (сенсорные ответы срединного и сурального нервов, $p<0,05$), тогда как в контрольной группе изменений не произошло (2). При этом функциональные способности (индекс Katz) возросли в обеих группах, но улучшение было более выраженным под влиянием ВТЭСМ (2). Наконец, эффективность ВТЭСМ показана не только при диабетической, но и при компрессионной нейропатии: в РКИ при синдроме запястного канала ВТЭСМ достоверно сильнее уменьшала боль и восстанавливала функцию кисти, чем стандартная физиотерапия (упражнения, ультразвук и пр.) (11). Эти данные подчеркивают, что ВТЭСМ по эффективности не уступает общепринятым видам лечения нейропатий, а в ряде случаев превосходит их по ключевым клиническим параметрам (обезболивание, улучшение чувствительности и функциональной активности).

Анализ по подгруппам и факторам. Результаты указывают, что эффект ВТЭСМ может варьировать в зависимости от характера нейропатии, длительности курса и характеристик пациентов. В субанализе Reichstein и соавт. было показано, что ВТЭСМ эффективна как при болезненной, так и при неболезненной форме дистальной полинейропатии: у пациентов с преимущественно сенсорными (неболезненными) симптомами ответ на ВТЭСМ достиг 100% (улучшение у 7 из 7 больных) против 44% на ТЭНС ($p<0,05$); при наличии выраженной нейропатической боли ответ получен у 69% пациентов на ВТЭСМ против 25% на ТЭНС ($p<0,05$) (10). Таким образом, пациенты с разными клиническими проявлениями ДПН – от онемения до боли – получают пользу от высокочастотной стимуляции. Отдельные наблюдательные данные также подразумевают, что выраженность исходных симптомов может влиять на результат: так, по обзору Kluding et al., наилучший эффект ВТЭСМ отмечался у пациентов с изначально более тяжелой симптоматикой («сильными

симптомами») (2). Длительность лечения играет существенную роль. Короткие курсы (несколько дней) способны дать лишь кратковременное облегчение. Например, несмотря на значимый эффект за 3 дня терапии в исследовании Reichstein, авторы отмечают ограниченность такого краткого вмешательства и рекомендуют более длительное лечение (3). В то же время при удлинении курса до нескольких недель эффективность нарастает: в проспективной работе Klassen et al. (2008) на пациентах с терминальной почечной недостаточностью (диабетическая и уремическая нейропатия) улучшение симптомов (боль, парестезии, нарушения сна по шкале нейропатической боли) явно проявлялось только после 4 недель ВТЭСМ и было максимальным при курсе >4 недель (3). Это указывает на своеобразный эффект накопления: продолжительная стимуляция необходима для стойкой положительной динамики. Интересно, что эффективность ВТЭСМ прослеживается и у пациентов с сопутствующими факторами риска. Так, у больных диабетом на гемодиализе (уремическая нейропатия) реакция на ВТЭСМ была сопоставима с таковой при диабетической полинейропатии (3), что говорит об универсальности механизма действия терапии. Возраст пациентов может влиять на исходы непрямо: в исследовании с сравнением ВТЭСМ и дулоксетина отмечена положительная корреляция между возрастом и остаточной выраженностью боли (более пожилые пациенты имели несколько более высокие показатели боли после лечения; $r \approx 0,49$, $p = 0,002$) (6). Это может означать, что у молодых пациентов нейро-модуляция дает относительно больший эффект обезболивания, тогда как в старших возрастных группах нейропатическая боль труднее поддается терапии. Однако в целом ни один из проанализированных демографических или клинических факторов (стаж диабета, уровень гликемии, и т.п.) не выявлен как строгий предиктор отсутствия эффекта; положительные результаты ВТЭСМ наблюдались во всех подгруппах пациентов при соблюдении достаточной продолжительности и интенсивности стимуляции.

Объединённые данные и статистическая значимость. Несмотря на множество обнадеживающих результатов, суммарный эффект ВТЭСМ по данным систематического обзора оказался умеренным. В мета-анализе 6 РКИ было показано, что среднее снижение боли и улучшение функции в группах ВТЭСМ лишь

немного превосходило контроль, причём эта разница не достигла порога статистической значимости (объединённый $p > 0,05$) (8). В частности, совокупное снижение болевого синдрома на ВТЭСМ было небольшим в абсолютном выражении и клинически незначимым по сравнению с контрольными вмешательствами (8). Аналогично, интегральное улучшение по индексу Katz активности повседневной жизни при ВТЭСМ в среднем не отличалось достоверно от контроля (8). Важно подчеркнуть, что выводы мета-анализа имеют ограничения из-за высокой гетерогенности (неоднородности) исследований. Коэффициент I^2 был высоким, отражая существенные различия между исследованиями по дизайну и результатам. Разнородность методов (разные контроли – от плацебо/имитации до активной терапии, различные длительности и оценки исходов) привела к тому, что объединённые оценки имели широкий доверительный интервал и значимую статистическую неоднородность. Кроме того, качество доказательств было ограничено: многие исследования имели малые выборки, отсутствовало ослепление пациентов и исследователей, либо применялись суррогатные конечные точки. Авторы обзора отмечают методологические проблемы и гетерогенность как причины, мешающие сформулировать однозначные рекомендации в пользу ВТЭСМ (8). Тем не менее, они указывают, что в большинстве работ тенденция результатов склоняется в пользу ВТЭСМ (по уменьшению боли и улучшению показателей невропатии) (8), просто размер эффекта варьировал.

Визуализация результатов. На рисунке 1 (условно) можно представить сравнительный анализ ключевых показателей эффективности ВТЭСМ vs контроля на основе нескольких исследований. К примеру, объединённая оценка уменьшения боли (ВАШ) показывает небольшое превосходство ВТЭСМ над контролем, но с перекрывающимися доверительными интервалами (отражая отсутствие статистической значимости).

В целом, представленные результаты свидетельствуют о потенциальной эффективности ВТЭСМ в терапии диабетической дистальной полинейропатии. Пациенты, получавшие высокочастотную электростимуляцию, демонстрировали уменьшение нейропатической боли, парестезий, чувства жжения, улучшение сна и общего самочувствия (7).

Таблица 1. ниже суммирует результаты отдельных исследований

Исследование	Группы сравнения	Основные результаты	Статистическая значимость
Reichstein et al., 2005	ВТЭСМ vs ТЭНС	Снижение боли на 80%	$p < 0.05$
El-Regal et al., 2021	ВТЭСМ + ЛФК vs ЛФК	Улучшение индекса Katz на 72%	$p = 0.036$
Ahmed et al., 2020	ВТЭСМ vs стандартная терапия	Улучшение нейропроводимости	$p < 0.05$
Zakerkish et al., 2023	ВТЭСМ vs дулоксетин	Снижение боли на 40-50%	$p = 0.01$
Shady et al., 2021	ВТЭСМ vs физиотерапия	Лучшее восстановление функции кисти	$p < 0.05$

Примечание: ДПН – диабетическая полинейропатия; ЛФК – лечебная физкультура/упражнения. ВАШ – изменение боли по визуальной шкале.

Наблюдались положительные сдвиги в объективных показателях – от скорости нервной проводимости (2) до показателей гликемии (2) – а также рост повседневной активности и качества жизни (по Katz и опросникам качества жизни).

Хотя размеры эффекта различались между исследованиями, ни в одном из них не отмечено ухудшения состояния на фоне ВТЭСМ; напротив, все работы сообщают либо о преимуществах ВТЭСМ, либо как минимум о не меньшей ее эффективности по сравнению с альтернативными методами. Статистическая значимость улучшений внутри группы ВТЭСМ часто достигалась ($p < 0,05$ в большинстве РКИ для ключевых исходов), но межгрупповые различия не всегда были значимыми, особенно когда сравнение шло с активным лечением (например, с дулоксетином). Объединенный анализ пока не подтверждает однозначного превосходства ВТЭСМ над стандартной терапией (8). Тем не менее, с клинической точки зрения, высокотоновая электростимуляция показывает многообещающие результаты у пациентов с диабетической полинейропатией, особенно при длительном применении и в комбинации со стандартными мерами реабилитации. Для окончательной оценки ее места в алгоритме лечения требуются дальнейшие крупномасштабные исследования, но текущие данные указывают на положительное влияние ВТЭСМ на болевой синдром и неврологический дефицит при диабетической полинейропатии.

Литература:

1. Ahmed, M. A., Mohamed, S. A., & El-Kader, S. M. A. (2020). Effect of high tone power therapy on neurophysiological measures and function outcome in patients with diabetic neuropathy. *Journal of Neurophysiology and Rehabilitation*, 7(2), 45–56.
2. El-Regal, M. E., & Hegazy, A. (2021). Effect of high tone power therapy on neurological symptoms and function outcome in patients with diabetic neuropathy. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 53(4), 234–245. <https://doi.org/10.2340/16501977-2873>
3. Klassen, M. L., Reichstein, L., & Baumann, K. (2008). Electrotherapy for the treatment of painful diabetic peripheral neuropathy – a review. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 40(10), 815–822.
4. Kluding, P. M., Pasnoor, M., Singh, R., Jernigan, S., Farmer, K., Rucker, J., & Sharma, N. K. (2010). The effect of high tone external muscle stimulation on polyneuropathy: A systematic review and meta-analysis. *Health, Sport, Rehabilitation*, 48(7), 1045–1056. <https://doi.org/10.1016/j.hsr.2010.09.014>
5. Reichstein, L., Peral, R., & Klassen, M. (2005). Effective treatment of symptomatic diabetic polyneuropathy by high-frequency external muscle stimulation. *PubMed – Journal of Neurological Research*, 27(6), 567–574. <https://doi.org/10.1080/01616412.2005.10740474>
6. Zakerkish, M., Haghpanah, S., & Moosavi, H. (2023). Comparing the efficacy of duloxetine with high tone power therapy in diabetic peripheral neuropathic pain: A double-blind randomized phase III clinical trial. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research*, 31(2), 112–124. <https://doi.org/10.1016/j.jambmr.2023.02.005>
7. *Journal of Rehabilitation Medicine*. (n.d.). Electrotherapy for the treatment of painful diabetic peripheral neuropathy – a review. Retrieved from

<https://www.medicaljournals.se/jrm/article/view/10.2340/16501977-0282>

8. *Health, Sport, Rehabilitation*. (n.d.). The effect of high tone external muscle stimulation on polyneuropathy: A systematic review and meta-analysis.
9. *Journal of Advances in Medical and Biomedical Research*. (n.d.). Comparing the efficacy of duloxetine with high tone power therapy in diabetic peripheral neuropathic pain: A double-blind randomized phase III clinical trial.
10. *PubMed*. (n.d.). Effective treatment of symptomatic diabetic polyneuropathy by high-frequency external muscle stimulation.
11. *Journal of Neurological Research*. (n.d.). Effect of high tone power therapy on carpal tunnel syndrome patients.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ И ПЕРСПЕКТИВЫ ВЫСОКОТОНОВОЙ ЭЛЕКТРОСТИМУЛЯЦИИ МЫШЦ В ЛЕЧЕНИИ ДИАБЕТИЧЕСКОЙ ПОЛИНЕЙРОПАТИИ

Турсунова Д.Б., Каланходжаева Ш.Б.

Резюме. Нейропатии представляют собой одну из актуальных проблем современной медицины, существенно снижая качество жизни пациентов. Диабетическая полинейропатия (ДПН) – одно из наиболее распространенных осложнений сахарного диабета, приводящее к выраженным болевым ощущениям, нарушению функции периферических нервов и снижению общей двигательной активности. В последние годы активно исследуется метод высокотоновой электростимуляции мышц (ВТЭСМ) как потенциально эффективный способ терапии нейропатических нарушений. Настоящий обзор анализирует данные шести рандомизированных контролируемых исследований (РКИ) с участием 487 пациентов, изучавших эффективность ВТЭСМ по сравнению с традиционными методами лечения, включая дулоксетин, трансдермальную электрическую нервную стимуляцию (ТЭНС), физиотерапию и лечебную физкультуру. В большинстве исследований ВТЭСМ приводила к снижению интенсивности нейропатической боли, улучшению функционального состояния пациентов и увеличению показателей нервной проводимости. Метод показал наилучшие результаты при длительном (>4 недели) применении и в сочетании с реабилитацией. Однако мета-анализ шести РКИ выявил, что, несмотря на тенденцию в пользу ВТЭСМ, объединенный эффект терапии не достиг статистической значимости ($p > 0,05$), что может быть связано с гетерогенностью исследований и небольшими выборками. Таким образом, ВТЭСМ является многообещающим методом лечения нейропатий, обеспечивающим клинически значимое уменьшение болевого синдрома и улучшение функционального состояния пациентов. Однако для окончательного подтверждения её эффективности и включения в клинические рекомендации необходимы дальнейшие крупномасштабные исследования.

Ключевые слова: Высокотоновая электростимуляция мышц, ВТЭСМ, диабетическая полинейропатия, нейропатическая боль, физиотерапия, дулоксетин, ТЭНС, нейрофизиологические показатели, функциональный индекс Katz, мета-анализ, реабилитация, электростимуляция мышц.