

Кобеляцький Юрій Юрійович

доктор медичних наук, професор

Єхалов Василь Віталійович

кандидат медичних наук., доцент

Минка Надія В'ячеславівна

доктор філософії, асистент

Дніпровський державний медичний університет,

м. Дніпро, Україна

СУЧАСНІ МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ПРИ ЕЛЕКТРОТРАВМІ

Анотація. Рабдоміоліз розвивається у 14 - 42% випадків електричних опіків. Прогноз рабдоміолізу значно варіюється залежно від основної причини та наявності супутньої дисфункції органів. Шкала Мак-Мегона наразі є найбільш широко визнаною прогностичною моделлю в літературі. При прогнозуванні рівень креатинфосфокінази сам по собі може вводити в оману, тоді як ідентифікація пацієнтів за шкалою Мак-Мегона з кількістю балів більше 6 дозволяє точніше та специфічніше ідентифікувати випадки високого ризику.

Ключові слова: електротравма, рабдоміоліз, гостре пошкодження нирок, прогнозування, шкала Мак-Мегона.

Електротравма (ЕТ) - це тяжкий патологічний стан, який характеризується раптовим і неконтрольованим проходженням електричного струму через тіло, що може призвести до пошкодження тканин різних органів і систем та пов'язане з високою захворюваністю та смертністю. Зокрема, високовольтові електричні травми, включаючи дію атмосферної електрики, характеризуються значно вищими показниками захворюваності та смертності порівняно з низьковольтовими контактами через їхню схильність спричиняти глибші

пошкодження тканин і більш серйозні ускладнення. Термічний та прямий електричний вплив електричного струму може викликати поширений некроз м'язової тканини та потенційно спровокувати важкий клінічний стан, відомий як рабдоміоліз [1, с. 5; 2, с. 554].

Рабдоміоліз розвивається у 14 - 42% випадків електричних опіків. Пацієнти з електричними травмами мають значно більшу частоту виникнення та тривалість міоглобінемії, ніж пацієнти з термічними опіками, що обумовлює більш тяжкі ішемію та некроз. Рабдоміоліз - це серйозний клінічний синдром, що після руйнування клітин скелетних м'язів характеризується витоком внутрішньоклітинного вмісту, такого як креатинфосфокіназа (КФК) та вільний міоглобін до кровообігу, що ускладнюється пігмент-індукованим гострим пошкодженням нирок (ГПН), гіперкаліємією, метаболічним ацидозом та дисемінованим внутрішньосудинним згортанням крові (ДВЗ) [3, с. 9; 4, с. 47].

Прогноз рабдоміолізу значно варіюється залежно від основної причини та наявності супутньої дисфункції органів. Хоча загальний рівень смертності в загальній популяції з рабдоміолізом становить 5% - 10%, він може зростати до 20% - 50% у випадках із тяжкими клінічними сценаріями, такими як травма, краш-синдром або спричинений сепсисом рабдоміоліз.

Найважливішим лабораторним показником у діагностиці рабдоміолізу є рівень креатинфосфокінази в сироватці крові. Якщо він перевищує в п'ять разів верхню межу норми (тобто ≥ 1000 Од/л), це зазвичай використовується як діагностичний критерій рабдоміолізу. Однак підвищений рівень КФК сам по собі не є надійним предиктором клінічних результатів, оскільки кореляція між його рівнями та ризиком тяжких ускладнень не завжди лінійна. Тому існує потреба в новітніх системах оцінювання, які можуть допомогти передбачити прогноз у пацієнтів, в яких розвивається рабдоміоліз [1, с. 5; 5, с. 6892].

Шкала Мак-Мегона наразі є найбільш широко визнаною прогностичною моделлю в літературі. Вона включає такі параметри, як вік пацієнта, стать, етіологію рабдоміолізу та початкові лабораторні показники (рівень креатиніну в сироватці крові, КФК, фосфатів, кальцію та бікарбонату). Вона спрямована на

прогнозування потреби в замісній нирковій терапії (ЗНТ) при розвитку гострого міоглобінурійного нефрозу або ризику внутрішньолікарняної смертності у пацієнтів із рабдоміолізом на основі даних, що є доступними на момент госпіталізації. Рівень міоглобіну та креатин-глюкози в сироватці крові відображають тяжкість травми та дозволяють передбачати більш складний клінічний перебіг. Пацієнтам із надзвичайно високими рівнями КФК та лактатдегідрогенази протягом перших двох днів після надходження до стаціонару, ймовірно, знадобиться ампутація кінцівки, і в цій же групі спостерігається найвища летальність. Пацієнти, які потребують застосування екстракорпоральних методів детоксикації складають до 80% смертності від ЕТ [3, с. 9; 6, с. 1068]. Шкала Мак-Мегона була оцінена при різних етіологіях рабдоміолізу та визнана корисною в клінічних умовах. Однак у літературі міститься дуже обмежена кількість даних, що цілеспрямовано застосовують прогностичні системи оцінювання рабдоміолізу, який виникає внаслідок електричної травми [7, с. 105].

Наразі шкала Мак-Мегона успішно використовується для прогнозування смертності та ускладнень після електротравм, вона розраховується на основі клінічних та лабораторних даних. Оцінювані клінічні параметри включають шкалу коми Глазго (*GCS*), шкалу Мак-Мегона та лабораторні показники, такі як гемоглобін, альбумін, кількість лімфоцитів, кількість тромбоцитів, кальцій, фосфат, бікарбонат, креатинін, шпилеві рівні КФК та час їх досягнення. Крім того, до оцінювання залучені тривалість перебування в лікарні та показники смертності [4, с. 47].

Шкала Мак-Мегона розраховується на день госпіталізації з урахуванням віку, статі, біохімічних параметрів пацієнта та етіологічних факторів. Змінні та відповідні їм бали, що використовуються в системі оцінювання, такі: вік 50 - 70 років: 1,5 бала; 71 - 80 років: 2,5 бали; > 80 років: 3 бали, жіноча стать: 1 бал; рівень креатиніну 124 - 194 мкмоль/л: 1,5 бала та > 194 мкмоль/л: 3 бали; рівень кальцію < 1,875 ммоль/л: 2 бали; рівень КФК > 40 000 Од/л: 2 бали; етіологія (причини, що відмінні від судом, непритомності, фізичних навантажень,

прийому статинів, міозиту тощо): 3 бали; рівень фосфатів 1,3 - 1,74 ммоль/л: 1,5 бала та > 1,74 ммоль/л: 3 бали; рівень бікарбонатів < 19 ммоль/л: 2 бали. Сума балів за шкалою Мак-Мегона розраховується таким чином: віковий + гендерний + креатиніну + кальцію + КФК + етіотропний + фосфатів + бікарбонату [7, с. 105; 8, с. 46]. За результатами певних досліджень не було визначено статистично значущої різниці у розподілі за віком чи статтю між тими, хто одужав, та тими, хто не вижив ($p > 0,05$). Однак бал за шкалою GCS був значно нижчим, а бал за шкалою Мак-Мегона значно вищим серед загиблих ($p < 0,05$). У померлих пацієнтів рівні альбуміну, кальцію та бікарбонату були зниженими, тоді як рівні лімфоцитів та креатиніну - значно вищими ($p < 0,05$ для всіх параметрів). Не було виявлено суттєвих відмінностей між групами щодо рівня креатинкінази та її шпилевих рівнів ($p > 0,05$). Ризик розвитку ГПН був значно вищим у групі померлих ($p < 0,05$) [1, с. 5; 9, с. 74].

Наразі визначено, що шкала Мак-Мегона має велику цінність у визначенні прогнозу для життя. Крім того, порогове значення у 6 балів за зазначеною шкалою продемонструвало значну дискримінаційну ефективність між тими, хто одужав, і тими, хто не вижив. При цьому пороговому значенні чутливість шкали Мак-Мегона склала 83,3%, а специфічність – 89,2%. Вірогідність смертності значно зростала у пацієнтів із сумою балів більше 6, і ця ймовірність перевищувала 90%, коли бал досягав 10 або вище. Спостерігалася статистично значуща позитивна кореляція між балами за шкалою Мак-Мегона та відсотковим ризиком ГПН ($p < 0,05$) [1, с. 5; 7, с. 105].

Більшість пацієнтів з ЕТ були молодими чоловіками, що узгоджується з типовою епідеміологією електротравм. Жіноча стать була визначена як незалежний фактор ризику в прогностичній моделі. 30-денна смертність значно зростала в старших вікових групах, із рівнем смертності 10,5% серед пацієнтів похилого віку з рабдоміолізом, а вік був зазначений як незалежний предиктор разом із такими факторами, як індекс коморбідності Чарлсона [8, с. 46]. Значно нижчі бали за шкалою GCS у загиблих пацієнтів підкреслюють прогностичну важливість неврологічного статусу та рівня свідомості, що відображає тяжкість

електричного ураження. Низький бал за шкалою *GCS* може відображати тяжке ураження центральної нервової системи або пов'язану з ним травму, що вказує на поганий прогноз [10, с. 974].

У пацієнтів, які померли, спостерігалися значно нижчі рівні альбуміну, іонізованого кальцію та бікарбонату порівняно з тими, хто вижив. Низький рівень альбуміну, що спостерігається при тяжких електричних травмах, може бути пов'язаний з гострим запаленням та судинним витоком, що вказує на схильність до поліорганної дисфункції та підвищений ризик смертності. Гіпоальбумінемія є добре відомим показником поганого прогнозу в критично хворих пацієнтів, і кілька досліджень показали, що в госпіталізованих з низьким рівнем альбуміну постраждалих спостерігається значно підвищена смертність (34%), на відміну від хворих, хто мав нормальний рівень альбуміну в крові (2%). Аналогічно, низький рівень бікарбонату сироватки (маркер метаболічного ацидозу) та гіпокальціємія (часто внаслідок пов'язаного з рабдоміолізом відкладання кальцію) були більш виражені у тих, хто не вижив. Ці результати узгоджуються з оригінальною моделлю оцінки Мак-Мегона, до якої низькі рівні кальцію та бікарбонату сироватки включено як змінні, що сприяють вищим балам ризику [1, с. 5].

Крім того, підвищений рівень креатиніну та лімфоцитів у пацієнтів, які не вижили, вказує на роль у прогнозуванні ГПН та запальної реакції. Підвищений рівень креатиніну в сироватці крові відображає порушення ниркової перфузії та навантаження вільним міоглобіном під час надходження до стаціонару та безпосередньо включається до шкали Мак-Мегона. Кожен додатковий бал наведеної шкали відповідає приблизному діапазону креатиніну в 132,6 - 150,28 мкм/л. Середні рівні креатиніну були значно вищими серед пацієнтів, які не вижили, що вказує на потенційне раннє ураження нирок. Попередні дослідження підкреслюють, що розвиток ГПН в пацієнтів з рабдоміолізом при електротравмі значно підвищує смертність (більш, ніж на 20 %). Проте для прогнозування необхідності ЗНТ в серії досліджень оцінювання рівню КФК > 5000 Од/л мало чутливість 83%, а специфічність лише 55%. Тому було зроблено

висновок, що рівень КФК сам по собі може вводити в оману, тоді як ідентифікація пацієнтів за шкалою Мак-Мегона > 6 дозволяє точніше та специфічніше ідентифікувати випадки високого ризику.

Ризик смертності значно зростає у пацієнтів за шкалою Мак-Мегона ≥ 6 і перевищував 90% у тих, хто мав оцінку 10 або більше. Отже низька сума балів щільно пов'язана із виживанням, проте високий бал не завжди вказує на неминучу смерть, оскільки певна кількість пацієнтів з високим балом вижила.

Шкала Мак-Мегона має велике значення для прогнозування внутрішньолікарняної смертності серед пацієнтів, у яких розвинувся рабдоміоліз внаслідок електротравми. Ці результати свідчать про те, що рання стратифікація ризику при рабдоміолізі може дозволити ідентифікувати осіб із високим ризиком смертності [10, с. 974].

Як підкреслюється в літературі, пацієнти з балами Мак-Мегона > 6 вимагають інтенсивної терапії та застосування методів екстракорпоральної детоксикації. Таким чином, використання шкали Мак-Мегона є доцільним при прогнозуванні внутрішньолікарняної смертності у випадках рабдоміолізу, що був спричинений електричною травмою. Оцінка ≥ 6 пов'язана зі значно підвищеним ризиком смертності, тоді як нижчі бали достовірно вказують на сприятливий прогноз. Вищенаведене вказує на те, що шкала Мак-Мегона може бути ефективно застосована в окремому клінічному контексті, а саме при електричних травмах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Şen. A., Yaman M., Durgun H.M. Evaluation of McMahon score for predicting mortality in electrical injury-induced rhabdomyolysis: a retrospective study, *Postgraduate Medical Journal*, 2026, Vol. 00. P. 1-7. doi: <https://doi.org/10.1093/postmj/qgag036>.
2. Şen A., Yaman M., Ülgüt Ş.G., et al. McMahon Score as a predictor of mortality in lightning-associated rhabdomyolysis. *BMC Nephrol*, 2025, Vol. 7, no 26(1).

P. 554.

3. Kravets O.V., Yekhalov V.V., Mynka N.V., Stanin D.M., Martynenko D.A. Acute kidney injury in electrical trauma. *Pain, Anaesthesia & Intensive Care*, 2026, no 1. P. 7-12.
4. Yaman M., Şen A., Durgun H.M., et al. Evaluating the McMahon score for predicting mortality in earthquake-induced rhabdomyolysis: a retrospective study. *Postgrad Med J*, 2024, Vol. 23, no 101(1191). P. 45-49.
5. Lim A.K.H. Predicting Acute Kidney Injury in Acute Rhabdomyolysis. *J Clin Med*, 2025, Vol. 29, no 14(19). P. 6892.
6. Giles T., King K., Meakes S., Weaver N., Balogh Z.J. Traumatic rhabdomyolysis: rare but morbid, potentially lethal, and inconsistently monitored. *Eur J Trauma Emerg Surg*, 2024, Vol. 50, no 3. P. 1063-1071.
7. Mathew M., Pillai S.C.B. Clinical outcomes of rhabdomyolysis & validation of McMahon Score for risk prediction. *Indian J Med Res*, 2024, Vol.159, no 1. P.102-108.
8. Morin A.G., Somme D., Corvol A. Rhabdomyolysis in older adults: outcomes and prognostic factors. *BMC Geriatr*, 2024, Vol. 24, no 1. P. 46.
9. Alp A., Arslan B., Genek D.G., Huddam B. Rhabdomyolysis following electrical injury without acute kidney injury. *Journal of Emergency Practice and Trauma Volume*. 2023. Vol.9, no 1, P. 72-75.
10. Santos C., Vallejo A., Del Pino J., Manzano R. 974: Predictive value of McMahon score in traumatic rhabdomyolysis: one-year retrospective cohort study. *Critical Care Medicine*, 2026. Vol. 54, no 3S. P. 974.